



Handleiding ATEX-Richtlijn A

153/2023

Algemene informatie explosieveiligheid voor de
mengvoederindustrie

Handleiding ATEX-Richtlijn 153 2023
Deel A Algemene informatie
explosieveiligheid voor de
Mengvoederindustrie

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	3
2	WETTELIJK KADER	4
2.1	EUROPESE WETGEVING	4
2.1.1	<i>Oorsprong ATEX 153 richtlijn</i>	4
2.1.2	<i>Oorsprong ATEX 114 richtlijn</i>	5
2.2	NEDERLANDSE WETGEVING	5
2.2.1	<i>Rol bedrijf</i>	6
2.2.2	<i>Rol Kerndeskundige</i>	7
3	ALGEMENE PROBLEMATIEK	8
3.1	SOORTEN EXPLOSIES.....	8
3.2	EXPLOSIE-EFFECTEN	8
3.3	EXPLOSIEKARAKTERISTIEKEN VASTE STOFFEN EN GASSEN	8
3.3.1	<i>Explosiegebied en explosiegrenzen</i>	8
3.3.2	<i>Karakteristieke temperatuur</i>	10
3.3.3	<i>De minimale ontstekingsenergie (M.O.E.)</i>	11
3.3.4	<i>De maximale drukstijgsnelheid (KST-waarde)</i>	11
3.3.5	<i>Maximale explosiedruk (P_{max})</i>	11
3.3.6	<i>Brandgetal (BZ)</i>	12
3.4	BRANDBARE STOFFEN.....	12
3.5	ONTSTEKINGSBRONNEN	13
3.5.1	<i>Hete oppervlakken van apparatuur</i>	14
3.5.2	<i>Vlammen, hete gassen en gloeiende deeltjes</i>	14
3.5.3	<i>Mechanisch opgewekte vonken</i>	14
3.5.4	<i>Elektrische apparatuur</i>	15
3.5.5	<i>Optreden van statische elektriciteit</i>	15
3.5.6	<i>Bliksemontladingen</i>	17
3.5.7	<i>Exotherme reacties inclusief zelfontsteking van poeders</i>	17
3.5.8	<i>Elektromagnetische velden in het radiofrequentiegebied van 9^3Hz tot $3 \times 10^{11}\text{Hz}$</i>	17
3.5.9	<i>Elektromagnetische straling in het optische gebied van 3×10^{11} tot $3 \times 10^{15}\text{Hz}$</i>	18
3.5.10	<i>Zwerfstromen</i>	18
3.5.11	<i>Ioniserende straling</i>	18
3.5.12	<i>Ultrasoon geluid</i>	18
3.5.13	<i>Adiabatische compressie en schokgolven</i>	18
3.6	INVLOED VAN PROCESPARAMETERS OP ONTSTEKINGSBRONNEN.....	18
4	PLAATSEN WAAR EXPLOSIEGEVAAR KAN OPTREDEN	20
4.1	GEVARENZONE-INDELING EN GEVARENBRONNEN.....	20
4.2	AARD EN HOEVEELHEID BRANDBARE STOF	20
4.3	KLASSE VAN DE GEVARENBRONNEN.....	21
4.4	DE KLASSE VAN DE GEVARENZONE WORDT BEPAALD DOOR:	21
4.4.1	<i>Continue gevaarbron</i>	21
4.4.2	<i>Primaire gevaarbron</i>	21
4.4.3	<i>Secundaire gevaarbron</i>	21
4.5	ONDERDELEN DIE NIET ALS GEVARENBRON WORDEN BESCHOUWD	22
4.6	LEKDEBIET VAN DE GEVARENBRON	22
4.7	STOF AFZETTINGEN	22
4.8	VENTILATIEOMSTANDIGHEDEN	23
4.9	AFMETING VAN DE GEVARENZONE.....	24

5	INVENTARISEREN EN BEOORDELEN VAN DE RISICO'S	25
5.1.1	<i>Beoordeling van de explosierisico's.....</i>	26
5.1.2	<i>Risico reducerende maatregelen</i>	26
5.1.3	<i>Aanpak met betrekking tot de mengvoederindustrie.....</i>	27
6	RISICO REDUCERENDE MAATREGELLEN	28
6.1	ALGEMEEN	28
6.2	VOORKOMING VAN EXPLOSIES.....	28
6.2.1	<i>Vermijden van fijn verdeelde brandbare stof.....</i>	28
6.2.2	<i>Vermijden van zuurstof.....</i>	29
6.2.3	<i>Voorkomen van ontstekingsbronnen.....</i>	29
6.2.3.1	<i>Beheersmaatregelen tegen hete oppervlakken</i>	29
6.2.3.2	<i>Beheersmaatregelen tegen vlammen, hete gassen en gloeiende delen.....</i>	30
6.2.3.3	<i>Beheersmaatregelen tegen mechanische vonken</i>	30
6.2.3.4	<i>Elektrotechnische beheersmaatregelen.....</i>	31
6.2.3.5	<i>Beheersmaatregelen tegen statische elektriciteit</i>	32
6.2.3.6	<i>Beheersmaatregelen tegen blikseminslag.....</i>	33
6.2.3.7	<i>Beheersmaatregelen tegen exotherme reacties.....</i>	33
6.2.3.8	<i>Beheersmaatregelen tegen elektromagnetische straling in het optisch gebied.....</i>	34
6.3	TE NEMEN ORGANISATORISCHE MAATREGELLEN.....	34
6.3.1	<i>Werkzaamheden in een gezoneerd gebied.....</i>	34
6.3.2	<i>Schoonmaakbeleid.....</i>	34
6.3.3	<i>Coördinatieverplichtingen.....</i>	35
6.3.4	<i>Scholing van de werknemers.....</i>	35
6.3.5	<i>Werkprocedures en vergunningen.....</i>	36
6.3.6	<i>Management of change.....</i>	36
6.3.7	<i>Onderhoud en inspecties</i>	36
6.4	BEPERKING VAN DE GEVOLGEN	37
6.4.1	<i>Explosie-onderdrukking</i>	37
6.4.2	<i>Drukvaste constructies</i>	37
6.4.3	<i>Drukstootvaste constructies.....</i>	37
6.4.4	<i>Explosiedrukontlasting.....</i>	37
6.4.5	<i>Scheiding en compartimentering.....</i>	39
6.4.6	<i>Brandbestrijding.....</i>	41
6.4.7	<i>Keuze van de toe te passen preventie- en beheersmaatregelen.....</i>	41
7	NORMVERWIJZINGEN/ GEBRUIKTE LITERATUUR.....	43
8	TERMEN EN DEFINITIES	44

1 Inleiding

Bedrijven in de mengvoederindustrie kunnen worden geconfronteerd met het gevaar van explosies en in mindere mate met gasexplosiegevaar. Elk bedrijf dient met betrekking tot dit onderwerp te voldoen aan de geldende wetgeving. Sinds de inwerkingtreding van de Europese Sociale 'ATEX-richtlijn 137', zijn er nieuwe verplichtingen voor de werkgevers. Om ondernemingen in staat te stellen deze regelgeving na te leven en om de bedrijven in de sector te beschermen tegen eventuele explosies, is door Nevedi, in samenspraak met BFA de ATEX handleiding 2005 gemaakt. Deze handleiding is voor het eerst in 2012 herzien. In de huidige actualisatie wordt ook aandacht besteed aan gasexplosiegevaar. Daarnaast is de handleiding aangepast aan de laatste wetgeving en inzichten op het gebied van explosieveiligheid. Nevedi is de personen, oftewel de ATEX werkgroep, die hebben meegewerkt aan deze handleiding zeer erkentelijk voor hun inzet en collegiaal ingebrachte expertise.

Deze ATEX handleiding is gesplitst in twee delen:

Deel A behandelt de algemene explosieproblematiek. Tevens wordt het wettelijke kader besproken, wordt aandacht besteed aan de plaatsen waar explosiegevaar kan optreden en wordt een methode geboden voor het inventariseren en beoordelen van de risico's, alsmede de beheersing van deze risico's door het benoemen van technische en organisatorische maatregelen.

Deel B biedt een standaard document voor het opstellen van een explosieveiligheidsdocument. Nevedi heeft in 2002 een ATEX handleiding ontwikkeld met betrekking tot de zonering. Deze handleiding is in dit gedeelte verwerkt. Verder bevat dit deel een matrix die gebruikt kan worden voor het opstellen van een risicoanalyse en een ontstekingsanalyse.

De verplichting tot het opstellen van een gevarezone-indeling en het opstellen van een explosieveiligheidsdocument is opgenomen in de ATEX 153 (voorheen de ATEX 137 richtlijn).

De mengvoederindustrie heeft meer te maken met het gevaar van stofexplosies dan met het gevaar van gasexplosie. In deze handleiding komt dan ook voornamelijk de stofexplosieproblematiek aan bod. Omdat het echter niet ondenkbaar is dat er binnen de mengvoederindustrie ook wordt gewerkt met brandbare vloeistoffen en/of gassen (denk aan accu's, butaan, aardgas, acetyleen of autobrandstoffen), wordt er ook aandacht besteed aan het gasexplosiegevaar. Bij het opstellen van de handleiding is gebruik gemaakt van de Nederlandse Praktijk Richtlijnen NPR-7910-1 (Gevarezone-indeling met betrekking tot gasontploffingsgevaar) en NPR 7910-2 (Gevarezone-indeling met betrekking tot stofontploffingsgevaar) van het Nederlands Normalisatie Instituut.

De informatie in deze uitgave wordt te goeder trouw gepubliceerd. Nevedi aanvaardt geen verantwoordelijkheid noch aansprakelijkheid voor de eventuele directe of indirecte gevolgen die voort zouden kunnen vloeien uit het gebruik van deze uitgave.

Deze uitgave mag niet worden veelevoudigd, in enige vorm of op enige wijze openbaar gemaakt worden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Het dupliceren van deze uitgave is slechts toegestaan na uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

2 Wettelijk kader

2.1 Europese wetgeving

Er zijn twee Europese richtlijnen op het gebied van veiligheid in verband met gas/damp- en stofexplosiegevaar:

- 1999/92/EG ofwel ATEX 153 (voorheen ATEX 137).
- 2014/34/EU ofwel ATEX 114 (voorheen 94/9 EG ofwel ATEX 95).

In het verdrag tot Oprichting van de Europese Unie wordt in artikel 95, de economische paragraaf, gesteld dat er geen handelsbelemmeringen tussen de onderlinge lidstaten mogen zijn. In dit kader is er één kwaliteitsrichtlijn voor alle landen van de Europese Unie ten behoeve van apparaten en beveiligingssystemen voor het gebruik in explosieve atmosferen opgesteld. Deze richtlijn is op 4 april 2016 geactualiseerd en overgegaan in de richtlijn 2014/34/EU of ATEX 114. In artikel 137 van het verdrag wordt er ook aandacht geschonken aan de veiligheid en gezondheid van werknemers. Met de komst van de nieuwe ATEX 114 richtlijn is de ATEX 137 hernoemd in de ATEX 153, inhoudelijk zijn er echter geen wijzigingen in deze richtlijn doorgevoerd.

Door deze bepalingen worden 'alle Europese neuzen' dezelfde kant op gezet. Alle landen binnen de Europese Unie verplichten zich de richtlijnen die onder dit verdrag vallen te respecteren en in hun landelijke wetgeving te implementeren.

2.1.1 Oorsprong ATEX 153 richtlijn

In het kader van de bescherming van de werknemers is de Europese Arbo-kaderrichtlijn 89/391/EEG opgesteld. De richtlijn beschrijft vooral het voorkomen van ongevallen en de bescherming tegen beroepsrisico's door het op een rij zetten en beoordelen van risico's op de werkplek. De richtlijn beoogt het niveau van bescherming van de gezondheid en veiligheid van werknemers in de hele Europese Unie te verhogen en het aantal arbeidsongevallen en beroepsziekten te verminderen.

Onder deze kaderrichtlijn valt een aantal bijzondere richtlijnen, waaronder de richtlijn 1999/92 EG betreffende minimumvoorschriften voor de verbetering van de gezondheidsbescherming en van de veiligheid van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen (vijftiende bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1 van de Richtlijn 89/391/EEG). Deze richtlijn is beter bekend als de ATEX 153 richtlijn en wordt ook wel de Arbo-richtlijn betreffende explosiegevaar genoemd. In artikel 3 wordt een prioriteitsstelling conform de arbeidshygiënische strategie gehanteerd. Deze luidt als volgt:

Ter voorkoming van en bescherming tegen explosies, zoals bedoeld in artikel 6, lid 2 van Richtlijn 89/391/EEG, dient de werkgever met de aard van zijn bedrijf overeenstemmende technische en/of organisatorische maatregelen te treffen, met prioriteitsaanduiding en volgens de volgende grondbeginselen:

1. Het voorkomen van het ontstaan van explosieve atmosferen of, wanneer dat gezien de aard van het werk niet mogelijk is,
2. het vermijden van de ontsteking van explosieve atmosferen en
3. het beperken van de gevolgen van een explosie, teneinde de gezondheid en de veiligheid van de werknemers te bevorderen.

De richtlijn beschrijft verder dat de explosierisico's op een systematische wijze moeten worden geïnventariseerd en beoordeeld. Door een pakket van technische en organisatorische maatregelen, zoals scholing en het coördineren van werkzaamheden op potentieel explosiegevaarlijke plaatsen, moeten de risico's tot een aanvaardbaar niveau worden gereduceerd.

Een gevarenclassificatie op papier moet deel uitmaken van het onderzoek. Het geheel moet schriftelijk in een Explosieveiligheidsdocument (EVD) worden vastgelegd.

De richtlijn, toen nog de 137 richtlijn, is op 1 juli 2003 in werking getreden. Arbeidsplaatsen die voor deze datum in gebruik zijn genomen, hadden tot 1 juli 2006 de tijd om aan de richtlijn te voldoen. Deze arbeidsplaatsen hoeven alleen aan bijlage A van deze richtlijn te voldoen. Dit houdt in dat alle daar aanwezige bestaande apparatuur die niet aan de ATEX 95 of 114 richtlijn voldoet, maar wel explosie veilig is, nog gewoon gebruikt mag worden. Of deze veilig gebruikt kan worden, moet door een risicoanalyse schriftelijk worden aangetoond. De risico-inventarisatie en -evaluatie is een belangrijk onderdeel van het explosie veiligheidsdocument.


Arbeidsplaatsen die na 1 juli 2006 in gebruik zijn genomen, moeten aan bijlage A en B van de richtlijn voldoen en zijn dus verplicht om explosie veilige apparatuur te installeren die aan de ATEX 95 of 114 richtlijn voldoet.

Om deze reden is de ATEX 95 (vanaf 2016 de ATEX 114) al in 2003 ingevoerd zodat de leveranciers genoeg tijd hebben gehad om hun apparatuur op deze richtlijn af te stemmen.

E.e.a. kan in het volgende schema worden verduidelijkt.

Tabel 1: Te volgen richtlijnen / normen voor apparatuur.

Type apparatuur	Vóór 2003	Ná 2003	Ná 20-4-2016
Elektrisch (stof)	NEN1010	ATEX 95	ATEX 114
Mechanisch (stof)	Ontstekingsanalyse volgens ATEX 153	ATEX 95	ATEX 114
Elektrisch (gas)	EG richtlijn 76/117 EEC	ATEX 95	ATEX 114
Mechanisch (gas)	Ontstekingsanalyse volgens ATEX 153	ATEX 95	ATEX 114

Alle apparatuur in een potentieel explosie-gevaarlijke omgeving (dus ook mechanische apparatuur zoals hamermolens of elevatoren) met eigen ontstekingsbronnen en aangeschaft ná 2003 moeten zichtbaar aan de ATEX 95 of 114 voldoen. Dit moet zijn aangegeven op de typeplaat d.m.v. het  teken en in de documentatie. De leverancier moet dus aangeven welke maatregelen hij heeft genomen om het explosierisico te beperken.

Het is daarom essentieel om al in de ontwerpfasen van een installatie goed over de explosie veiligheidsdocument met een gedegen ontstekingsanalyse op te stellen.

2.1.2 Oorsprong ATEX 114 richtlijn

Als er een gevarencategorie-indeling gemaakt is, moet de apparatuur in de gevarencategorie zones explosie veilig worden uitgevoerd. Nieuw te installeren apparatuur moet hierbij aan de ATEX 114 richtlijn voldoen.

De richtlijn beschrijft een aantal essentiële veiligheidseisen aan apparatuur voor gebruik op potentiële explosiegevaarlijke plaatsen. De zwaarte van de eisen die aan de apparatuur worden gesteld, is afhankelijk van de kans dat een explosieve atmosfeer aanwezig is.

2.2 Nederlandse wetgeving

Bovengenoemde Europese richtlijnen hebben niet direct rechtskracht voor Nederlandse bedrijven, maar doordat deze richtlijnen onverkort zijn overgenomen in de Nederlandse wetgeving, zijn de bedrijven verplicht aan de wetgeving te voldoen. Zo is dit ook met de andere landen binnen de Europese Unie.

Explosie veilige apparatuur, geproduceerd in een ander land binnen de Europese Unie, mag dus in een bedrijf op Nederlands grondgebied in een gevarencategorie worden geïnstalleerd, mits deze geschikt is voor de zone. Apparatuur ingevoerd van buiten de Europese Unie moet aan de ATEX 114 richtlijn voldoen en van een conformiteitsverklaring zijn voorzien voordat deze op Nederlands grondgebied in bedrijf genomen mag worden. Dit geldt voor zowel de elektrische als mechanische apparatuur in gevarencategorie zones.

In Nederland kennen we de Arbwet. Dit is een kaderwet waaronder een aantal Algemene Maatregelen van Bestuur vallen: de Arbeidsomstandighedenbesluiten.

In artikel 3 van de Arbowet wordt beschreven dat de werkgever de arbeid zodanig moet organiseren en de arbeidsplaatsen zo moet inrichten, alsmede zodanige productie- en werkmethoden moet toepassen, dat dit voor de werknemers geen nadelige invloed op de gezondheid en veiligheid oplevert. Hierbij moet de werkgever de arbeidshygiënische strategie toepassen. Dit betekent dat de gevaren eerst aan de bron moeten worden bestreden alvorens beschermingsmiddelen aan de werknemer te verstrekken.

De ATEX 153 richtlijn is geïmplementeerd in het Arbo-besluit onder artikel 3.5.a.t/m f. en is daarmee in de Arbowet verankerd.

De ATEX 114 richtlijn is geïmplementeerd in de Warenwet onder het Warenwetbesluit explosieveilig materieel en vindt daarmee zijn wettelijke status.

2.2.1 Rol bedrijf

Een onderzoek naar de explosieveiligheid mag door de werkgever zelf worden uitgevoerd. Omdat er specifieke kennis van de processen en installaties nodig is om de risico's te kunnen inventariseren, worden er meestal deskundigen ingeschakeld.

Een explosieveiligheidsdocument heeft een aantal verplichte onderdelen die stapsgewijs moet worden doorlopen:

- Stap 1: Inventarisatie van aanwezige stoffen en hun eigenschappen.
- Stap 2: Bepalen van de gevarenbronnen en het indelen van de gevarenzones.
- Stap 3: Een identificatie van actieve ontstekingsbronnen en het beoordelen van de explosierisico's.
- Stap 4: Het beschrijven van de manier waarop de arbeidsplaatsen, arbeidsmiddelen en beveiligingsinstallaties zijn ontworpen, worden gebruikt en worden onderhouden.
- Stap 5: Het beschrijven van de technische en organisatorische maatregelen die zijn genomen om explosies te voorkomen of de gevolgen er van te beperken.
- Stap 6: Het beschrijven welke coördinatiemaatregelen worden genomen als er meerdere werkgevers op één werkplek werkzaam zijn.

Verder moet een explosieveiligheidsdocument vóór de aanvang van de werkzaamheden (bij nieuw op te richten arbeidsplaatsen) worden opgesteld en wanneer er belangrijke wijzigingen plaatsvinden moet het document worden herzien.

Rol personeel

De organisatie moet de informatie prijsgeven om een goede risicoanalyse te kunnen maken. Daarbij gaat het niet zelden om vertrouwelijke informatie betreffende de productieprocessen en apparatuur.

Directie

De directie is eindverantwoordelijk voor de uitvoering van de maatregelen. Zij moet de middelen (tijd, geld en mensen) vrijmaken voor de uitvoering van de risico-inventarisatie en -evaluatie en de implementatie van de maatregelen. Verder dient zij de invoering van de maatregelen op een actieve manier te ondersteunen. Dit kan bijvoorbeeld door het bijwonen van de ATEX scholing aan de medewerkers, waardoor de betrokkenheid wordt getoond.

Overig betrokken personeel

Het overig betrokken personeel speelt een belangrijke rol bij het uitvoeren van de risico-inventarisatie.

2.2.2 Rol Kerndeskundige

Een explosieveiligheidsdocument is een verdiepende RIE en onderdeel van de algemene risico-inventarisatie en -evaluatie.

Bij een bedrijf met meer dan 25 werknemers moet het EVD in gevolge artikel 5 en 14 van de Arbowet dus wettelijk worden getoetst door een kerndeskundige, zoals een gecertificeerde hogere veiligheidskundige, arbeidshygiënist, arbeids- en organisatiedeskundige die op het gebied van explosieveiligheid voldoende kennis heeft.

Gecertificeerde deskundigen staan geregistreerd in het register van Hobéon SKO (Hoger Veiligheidskundige, Arbeidshygiënist en Arbeids- en Organisatiedeskundige).

3 Algemene problematiek

Zonder kennis van de algemene begrippen rond brand- en explosiegevaar is het moeilijk om de materie te begrijpen en de risico's in te schatten. Daarom worden in onderstaande paragrafen belangrijke begrippen uitgelegd.

3.1 Soorten explosies

Er zijn verschillende soorten explosies, die elk een andere oorzaak hebben. Zo zijn er fysische explosies en chemische explosies. Fysische explosie is bijvoorbeeld een bijna bevestigde drukhouder met een gas- of thermische explosie. In deze handleiding wordt daar niet verder op in gegaan.

Chemische explosies kunnen in twee soorten worden onderverdeeld:

- Gasexplosie ten gevolge van de ontsteking van een brandbaar damp- of gasmengsel (gassen en dampen gedragen zich nagenoeg hetzelfde bij een explosie).
- Stofexplosie ten gevolge van de ontsteking van een brandbaar stof-luchtmengsel.

3.2 Explosie-effecten

De bij een explosie optredende drukgolven en drukstoten kunnen schade aan de omgeving veroorzaken, ook al zijn de drukken relatief laag.

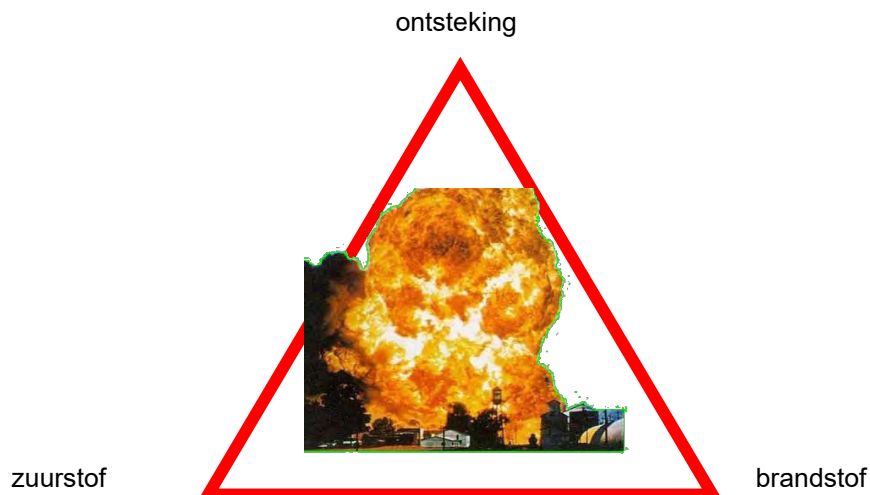
De effecten van een explosie op de mens kunnen ernstig zijn:

- Verbranding.
- Verstikking.
- Schade door drukgolven en rondvliegende brokstukken of instorting.
- Schade door blootstelling aan schadelijke stoffen.

3.3 Explosiekaracteristieken vaste stoffen en gassen

3.3.1 Explosiegebied en explosiegrenzen

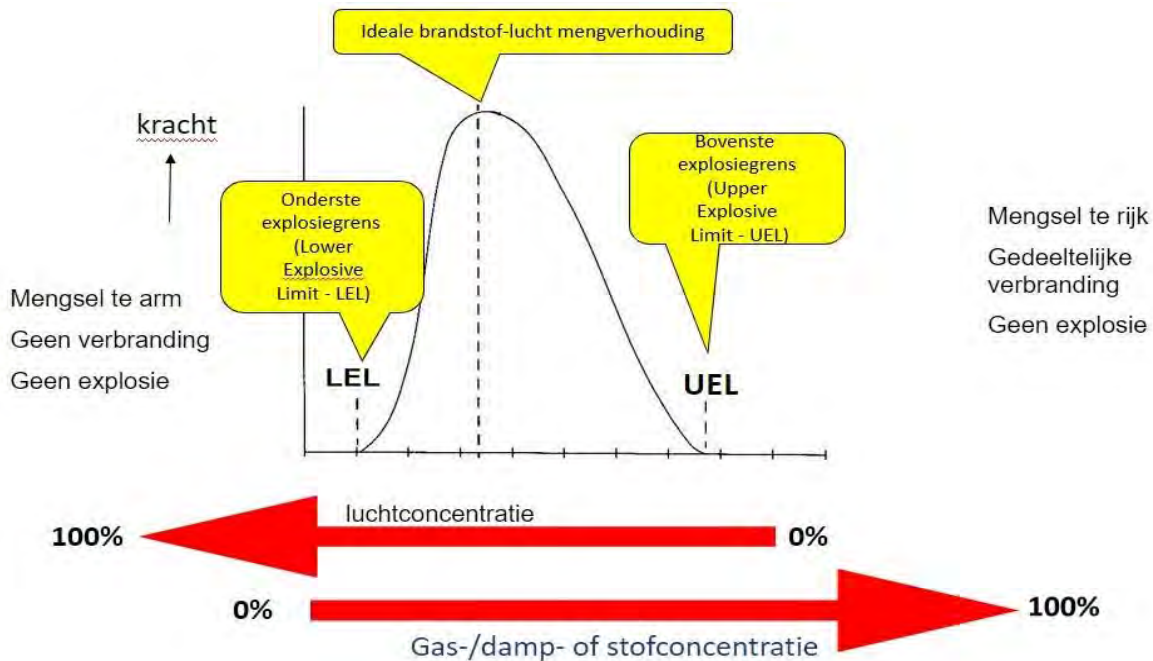
Voor brand zijn drie zaken van belang: zuurstof, brandstof en een ontsteking. Dit is bekend als de branddriehoek.



Figuur 1: Branddriehoek

Als een van deze drie zaken wordt weggenomen, kan er geen brand plaatsvinden.

De explosiegrenzen zijn de grenzen van een brandbaar gas of stofwolk waarbinnen het explosiegevaar aanwezig is (het explosiegebied). Er is een ondergrens en een bovengrens. De ondergrens is de LEL (Lowest Explosion Level), de bovengrens is de UEL (Upper Explosion Level). In onderstaande tekening wordt dit schematisch weergegeven.



Figuur 2: Weergave explosiegebied

Niet alle mengsels van brandbare stof en lucht zijn explosief. De concentratie van het brandstof-luchtmengsel moet binnen de LEL en de UEL liggen. Beneden deze concentratie is het mengsel te arm aan de brandbare stof om het te kunnen ontsteken. Voor de meeste gassen en dampen liggen de explosiegrenzen vast en kunnen bijvoorbeeld worden opgezocht in de MSDS bladen van de leveranciers of chemiekaarten.

De LEL ligt voor veel mengvoedergrondstoffen tussen 30 en 100 g/m³.

Ofschoon deze concentratie laag schijnt te zijn, komt ze voor als een zeer dichte wolk. Dergelijke stofconcentraties komen zelden voor in bedrijfsruimten. Stofexplosies kunnen zich vooral voordoen in de procesuitrusting zoals molens, mixers, zeven, drogers, filters, silo's en pneumatische transportsystemen.

In de praktijk wordt voor vaste stoffen de Lower Explosion Level weinig gebruikt voor de beoordeling van explosierisico's. De concentratie in industriële installaties kan variëren door de niet-homogeniteit van het stof-luchtmengsel. Wanneer deze parameter toch gebruikt wordt, moet rekening worden gehouden met het feit dat de Lower Explosion Level wijzigt als de temperatuur stijgt.

Vlampunt

Dit is de laagste vloeistoftemperatuur waarbij onder zekere genormaliseerde omstandigheden uit een vloeistof dampen in een zodanige hoeveelheid worden afgegeven dat een brandbaar mengsel van damp en lucht kan worden gevormd. Als een vloeistof wordt opgeslagen met een temperatuur lager dan het vlampunt, of de omgevingstemperatuur is lager dan het vlampunt, vindt er onvoldoende verdamping plaats om een brandbare damp te vormen. Er zal dan geen explosieve atmosfeer boven het vloeistofoppervlak ontstaan.

Dampdruk van vloeistoffen.

De dampdruk van vloeistoffen bepaalt mede of er snel een explosieve atmosfeer ontstaat.

Vloeistoffen met een hoge dampdruk zoals aceton verdampen snel en zullen bij morsen en gebruik sneller een brandbare atmosfeer vormen dan stoffen die een lage dampdruk. De dampdruk is afhankelijk van de vloeistoftemperatuur. Bij verhogen van de temperatuur neemt de dampdruk toe.

Dichtheid van het gas/damp-luchtmengsel.

De dichtheid van het damp-luchtmengsel of gas bepaalt waar de explosieve atmosfeer ontstaat. Lichte dampen of gassen, b.v. waterstofgas, stijgen op en vormen de explosieve atmosfeer tegen het plafond van een ruimte. Bij zware gassen of dampen moet men er rekening mee houden dat de explosieve atmosfeer juist laag bij de grond blijft en in kelders, riolen en putten zal verzamelen.

3.3.2 Karakteristieke temperatuur

De term karakteristieke temperatuur heeft betrekking op de temperatuur waarbij een stof onder bepaalde omstandigheden een specifiek brandgedrag vertoont. Hieronder worden de meest karakteristieke temperaturen verder uitgesplitst.

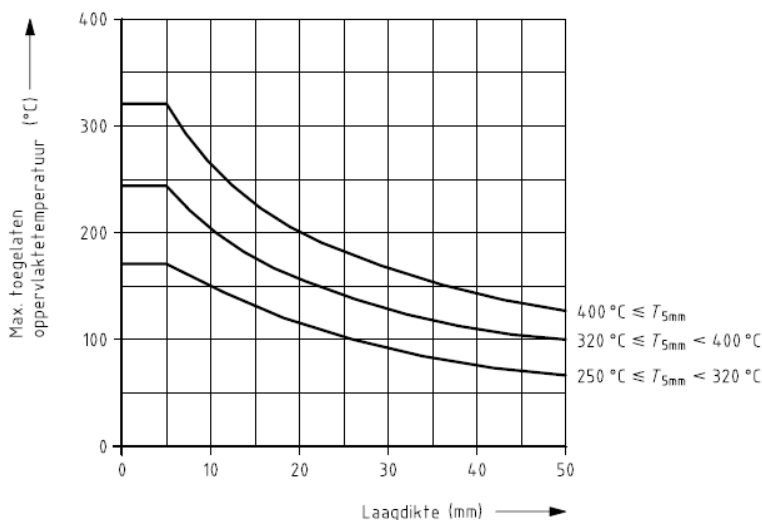
De glimtemperatuur (T_{glim} ; ook wel smeultemperatuur genoemd)

Dit is de laagste temperatuur van een oppervlak, waarbij de daarop gelegen stoflaag spontaan tot ontbranding komt. T_{glim} hangt af van de dikte van de stoflaag omdat de stoflaag als een isolatiedeken zal optreden. Bovendien is T_{glim} afhankelijk van de omgevingstemperatuur. T_{glim} wordt zelden bereikt in normale gebruiksomstandigheden van toestellen in mengvoederbedrijven.

T_{glim} van een stoflaag wordt bepaald door een stoflaag van 5 mm dik, op een verwarmde plaat te plaatsen. De temperatuur van de plaat wordt verhoogd, tot ontvlaming van de stoflaag wordt waargenomen.

Stoflagen die dikker zijn dan 5 mm zullen door het isolerend effect bij lagere temperaturen gaan gloeien. Dit wordt in onderstaande figuurtabel zichtbaar gemaakt.

Tabel 2: Maximale oppervlakte temperatuur /laagdikte (Bron: NPR7910-2 NEN 2010)



Een frequent optredend fenomeen is dat een stoflaag bij opwarming niet gaat smeulen, maar gaat smelten. Dit betekent dat de stof geen T_{glim} heeft, hetgeen niet betekent dat de opwarming van de stoflaag ongevaarlijk zou zijn. Bij het smelten kunnen immers brandbare gassen vrijkomen die met de omgevingslucht een explosief mengsel vormen.

De minimale ontstekingstemperatuur (MOT)

De minimale ontstekingstemperatuur van een stofwolk is de laagste temperatuur van een heet oppervlak waarbij, wanneer er een stofwolk onder bepaalde omstandigheden langs geleid wordt, dit aanleiding geeft tot ontsteking van de stofwolk. Deze temperatuur is niet gelijk aan de temperatuur die in de stofwolk heerst.

Samen met de glimtemperatuur is de minimale ontstekingstemperatuur van stoffen mede bepalend voor de keuze van apparatuur en in het bijzonder voor de temperatuurklasse waartoe ze moeten behoren.

Een stofwolk kan door de smeulende of brandende stoflaag ontstoken worden. Om dit te vermijden moet de oppervlaktetemperatuur van warme oppervlakken en elektrische toestellen 75°C beneden de glimtemperatuur van de stoflaag (met laagdikte die in de praktijk te verwachten valt) gehouden worden.

De directe ontsteking van een stofwolk op een warm oppervlak of elektrische apparatuur kan worden vermeden als de temperatuur van het warme oppervlak beperkt blijft tot 2/3 van de minimale ontstekings temperatuur van de stofwolk.

De zelfontstekingstemperatuur van gassen en dampen (ZOT).

Dit is nagenoeg hetzelfde als de MOT van een stofwolk. Wordt een gas of damp langs een heet oppervlak geleid dan zal, als het oppervlak heter is dan de ZOT, het gas of de damp worden ontstoken. Alcohol heeft bijvoorbeeld een ZOT van 400°C (Bron Gestis). Een oppervlak dat heter is dan 400°C zal een brandbare alcohol damp ontsteken. Om deze redenen mag een oppervlak niet warmer zijn dan 80% van ZOT, dus in dit geval 320°C.

3.3.3 De minimale ontstekingsenergie (M.O.E.)

De ontstekingsenergie is de energie die nodig is om een explosief mengsel tot ontsteking te brengen. De minimale ontstekingsenergie is de hoeveelheid energie waarmee een mengsel over het volledige explosieve gebied net tot ontsteking gebracht kan worden. Voor veel vaste stoffen ligt de minimale ontstekingsenergie tussen 1mJ en 1kJ. Deze energie kan door meerdere bronnen geleverd worden. De potentiële ontstekingsbronnen worden verder besproken in paragraaf 3.5.

Door het toevoegen van een brandbaar gas aan een stofwolk kan de minimale ontstekingsenergie sterk gereduceerd worden. Deze zogenaamde hybride mengsels blijken bovendien explosief te zijn bij stof- en gasconcentraties die onder de onderste explosiegrens liggen van het pure stof en gas. Vooral bij oplosmiddel bevattende stoffen (bijvoorbeeld bij extractie) kan een hybride mengsel ontstaan. Ook wanneer een stof gevoelig is voor zelfopwarming of broei, kunnen broeigassen ontstaan die aanleiding kunnen geven tot een hybride mengsel.

Bij vloeistoffen en gassen is de M.O.E aanmerkelijk lager dan van vaste stoffen. De stof is dan ook veel makkelijker te ontsteken.

3.3.4 De maximale drukstijgsnelheid (KST-waarde)

Hiermee wordt de heftigheid van de explosie aangegeven. Het getal geeft de drukstijgsnelheid in bar/m/s. De snelheid wordt volgens de NEN-EN-13673-2 in een bolvormig vat met een inhoud van 1m³ bepaald. Afhankelijk van de uitkomsten worden de stoffen volgens onderstaande tabel in stofklassen ingedeeld.

Tabel 3: Indeling stofklasse

KST waarde in bar/m/s	Heftigheid stofexplosie	Stofklasse
0	geen	0
> 0 ≤ 200	zwak	1
> 200 ≤ 300	sterk	2
> 300	zeer sterk	3

De deeltjesgrootte en de vochtigheidsgraad van het stof beïnvloeden de KST-waarde. Veel organische stoffen hebben een KST-waarde van circa 100 bar/m/s. Bij ontploffing van een dergelijke stof binnen een volume van 1 m³ kan de drukstijgsnelheid bereikt worden in orde grootte van 100 bar/m/s. In een volume van 1000 m³ duurt dit slechts 10 keer langer.

De meeste mengvoedergrondstoffen vallen in een lage stofexplosieklasse (stofklasse 1, laag tot matig explosief, voor een standaard monster met mediaandiameter < 0.063mm.

3.3.5 Maximale explosiedruk (P_{max})

De maximale explosiedruk geeft de optredende druk weer. De druk wordt in een bolvormige vat van 1m³ volgens NEN-EN-13673 bepaald. De bepaalde drukken kunnen worden gebruikt om de sterkte van apparatuur te bepalen. De bepaalde drukken worden in bar opgegeven en aangeduid met P_{max}.

3.3.6 Brandgetal (BZ)

Het brandgetal is een maat voor de voortplantingssnelheid van de vlam over een stoflaag en loopt van 1 tot 6. In onderstaande tabel wordt dit verduidelijkt.

Tabel 4: brandgetal

Brandgetal	Waargenomen gedrag
BZ 1	Stof ontsteekt niet
BZ 2	Stof ontsteekt doch dooft snel
BZ 3	Stof ontsteekt en gloeit (glimmen) plaatselijk maar breidt zich niet uit
BZ 4	Uitbreiding van gloeien (glimbrand)
BZ 5	Uitbreiding van open brand met vlammen
BZ 6	Explosieve verbranding en uitbreiding

Bij stoffen met brandgetallen hoger dan BZ 2 of 3 moet rekening worden gehouden met branduitbreiding in de apparatuur. Daarnaast zullen er ook gloeiende delen mee getransporteerd worden en aanleiding zijn voor brand en een explosie in de apparatuur.

3.4 Brandbare stoffen

Er worden binnen de mengvoederindustrie veel verschillende stoffen verwerkt. Hieronder wordt van een aantal veel gebruikte stoffen de explosieparameters weergegeven. Nevedi heeft een database voor haar leden beschikbaar gesteld waar de explosieparameters van de meest voorkomende stoffen binnen de mengvoederindustrie in terug te vinden zijn.

Daarnaast zijn op de website <https://staubex.ifa.dguv.de/?lang=e> de explosiekenmerken van een groot aantal stoffen uit de agrarische sector weergegeven. Bedrijven kunnen ook de explosie eigenschappen van hun eigen stoffen in een gespecialiseerd onderzoekslaboratorium laten bepalen. De kosten hiervoor zijn ca. € 5.000 per monster.

Opmerking: De waardes zijn verkregen van deze sites, zij dienen als voorbeeld en zijn slechts ter indicatie. De gebruiker van deze richtlijn moet voor zijn situatie zelf de explosieparameters van een van de bovengenoemde databanken betrekken.

Tabel 5: Explosieparameters vaste stoffen

Naam van de stof	LEL (g/m ³ lucht)	MOE/MIE (mJ bij 20 °C)	MOT, stofwolk (°C)	Tglim (MOT stoflaag in °C)	Kst waarde (bar/m/sec)	St	Pmax (bar)	BG
Aardappelwit	30	200	640	450	106	1	7,2	
Bietenpulp	60	>1000	460	270	165	1	9,4	4
Gerst	125	>10	380	280	83	1	7,7	4
Graanstof uit filter	125		510	300	131	1	9,2	
Krijt	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	0
L-Threonine	50-60	77-105	400	223	113	1	6,5	
L-Tryptophane	20	In lucht: 13	700	210	198	1	8,4	1
Mais	30	> 300	530	280	75	1	9,4	4
Maismeel	60	>10	440	350	127	1		2
Melkpoeder	60	>100	540	410	72	1		
Methionine	30	> 9	390		143	1	9,4	5
Soya	125	10	430	420	81	1		2
Tarwe	60	>10	370	290	112	1	9,3	4
Tryptofaan	20	13 (in lucht)	700	210	198	1	8,4	
Weipoeder	60	>100	540	> 420	53	1	6,7	3
Zonnepitschroot	125	--	430	350	44	1	7,9	2
Zout	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	0

Let op: De waarden zijn sterk afhankelijk van o.a. de samenstelling, de fijnheid, het vochtgehalte en de omgevingstemperatuur en kunnen behoorlijk variëren!

Stoffen met deeltjesgrootte < 0,5mm kunnen onder bepaalde omstandigheden stofexplosie-gevoelig zijn. Fijn stof is licht en stuift gemakkelijk en zal bij opwerveling een brandbare stofwolk geven.

In onderstaande tabel worden enkele van de veel voorkomende gassen en vloeistoffen weergegeven. Ook deze tabel dient slechts als voorbeeld en de gebruiker van deze richtlijn moet voor zijn situatie zelf invulling geven aan de tabel.

Tabel 6: Explosieparameters vloeistoffen en gassen

Vloeistof/ gas	Vlampunt (°C)	Z.O.T. (°C)	M.O.E.(mJ)	LEL- UEL	Relatieve dichtheid van het gas-luchtmengsel t.o.v. de lucht
Palmolie	162	Geen opgave	Geen opgave	Geen opgave	Geen opgave
Waterstof	brandbaar gas	560	0,01	4,0 – 76,0	0,07
Acetyleen	brandbaar gas	305	0,02	2,3 - 80	0,9
Zuurstof	niet brandbaar, doch bevordert de brand van andere stoffen				

Alleen bij de vloeistoffen met een vlampunt lager dan de omgevings- of verwerkingstemperatuur kan er zoveel brandbare damp ontstaan dat er een brandbaar damp-luchtmengsel ontstaat. Als de temperatuur in de gebouwen niet wordt beheerst, hanteert de NPR 7910-1 als maximale omgevingstemperatuur 40°C. Alleen de vloeistoffen met een vlampunt van 45°C of lager kunnen dan bij onbedoeld vrijkomen een gevaar opleveren (veilige marge is 5°C.)

Zuurstof en acetyleen worden in de werkplaats en in de productie voor het lassen en branden gebruikt.

Waterstofgas komt vrij bij het opladen van de accu's. Tot 0,5 mtr. boven de accu's moet daarom rekening gehouden worden met de vorming van een explosieve atmosfeer.

3.5 Ontstekingsbronnen

Ontstekingsbronnen kunnen een explosieve atmosfeer ontsteken en zo een explosie of brand veroorzaken. Niet alle ontstekingsbronnen vormen een gevaar. Dit hangt af van de energie die een bron levert en de energie die nodig is om een explosieve wolk te kunnen ontsteken.

In NEN-EN-1127-1 zijn de volgende 13 types ontstekingsbronnen gedefinieerd:

1. Hete oppervlakken van apparatuur.
2. Vlammen en hete gassen.
3. Mechanische vonken.
4. Elektrische apparatuur.
5. Statische elektriciteit.
6. Bliksem.
7. Exotherme reactie.
8. Elektromagnetische straling in het optisch gebied.
9. Elektromagnetische straling in het radiofrequentie gebied.
10. Zwerfstromen.
11. Ioniserende straling.
12. Adiabatische compressie en schokgolven.
13. Ultrasoon geluid.

Betreffende stofexplosiegevaar zijn niet alle hierboven vermelde ontstekingsbronnen in staat om een stofwolk te ontsteken, alleen nummer 1 t/m 8 spelen met betrekking tot stofexplosiegevaar een rol. Deze voor stofexplosies relevante ontstekingsbronnen worden verder verklaard.

Bij gassen en dampen moet men in principe rekening houden met alle hierboven weergegeven ontstekingsbronnen en beoordelen of deze voor de bedrijfssituatie relevant zijn.

Daarnaast moet het vrijkomen van gassen en dampen zoveel mogelijk aan de bron worden bestreden door het vrijkomen ervan te voorkomen of te beperken.

3.5.1 Hete oppervlakken van apparatuur

Naast directe ontsteking van een stof-luchtmengsel door een heet oppervlak kan ook het stof dat in een laag op dat hete oppervlak ligt aanleiding geven tot vorming van een smeulnest dat vervolgens weer de ontstekingsbron kan zijn van het stof-luchtmengsel.

Voorbeelden van hete oppervlakken die een ontstekingsrisico kunnen inhouden:

- Oppervlakken van hete apparaten zoals verwarmingen, drogers, motoren, stoomleidingen, leidingen van thermische olie, schoorstenen en afgasleidingen.
- Oppervlakken die zijn verhit door las-, soldeer- of slijpwerkzaamheden.
- Onderdelen van machines die mechanisch opwarmen (molens en mixers) of carters van machines, opgewarmd door geleiding en onvoldoende gesmeerde bewegende onderdelen van toestellen (lagers en afdichtingen).
- Oververhitte kabels of stroomgeleiders door overbelasting.
- Warmgelopen elektromotoren, lampen, verwarmingsweerstand, transformatoren en remmen.

Bij wrijving kunnen hete oppervlakken ontstaan. In tegenstelling tot impactverschijnselen, waarbij mechanische vonken kunnen worden gevormd, is wrijving een proces van lange duur waarbij objecten langs elkaar wrijven. De hitte wordt hierbij trapsgewijs geaccumuleerd. Bekende voorbeelden zijn:

- Lagers, draaiende assen aanlopen.
- Slecht uitgelijnde en gebroken machineonderdelen.
- Verstopt raken en ontstoppen van materialen.
- Aanlopen afstelling van aandrijfeenheden, riemoverbrengingen.
- Aanlopen afstelling van transporteenheden (slippen van een transportband).
- Wrijvingskoppelingen.
- Mechanische remmen.

De te treffen preventieve maatregelen situeren zich dan ook voornamelijk op het vlak van het plannen en uitvoeren van onderhoud. Het verlagen van de snelheid en het voorzien van temperatuurbewaking zijn andere mogelijke preventieve maatregelen. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.3.1).

Tevens kunnen uit veel organische stoffen o.a., wanneer opgewarmd, brandbare gassen ontsnappen die gemengd met de omgevingslucht een ontplofbaar mengsel kunnen vormen. In zulke gevallen moeten de maatregelen bescherming bieden tegen zowel gasontploffingsgevaar als stofontploffingsgevaar.

3.5.2 Vlammen, hete gassen en gloeiende deeltjes

Vlammen zijn verbonden met verbrandingsreacties. Als producten van deze reacties worden hete gassen geproduceerd en vaak ook gloeiende deeltjes. Vlammen en hun hete reactieproducten kunnen een ontplofbare atmosfeer tot ontsteking brengen. Omdat de vlamtemperaturen boven 1000 °C liggen, behoren vlammen tot de meest effectieve ontstekingsbronnen. Zij liggen ruim boven de minimale ontstekingstemperatuur van de stoffen. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.2.3).

3.5.3 Mechanisch opgewekte vonken

Door wrijving, stoten of schurende bewerkingen, zoals slijpen, kunnen deeltjes van vaste materialen worden losgemaakt. Deze deeltjes kunnen voldoende energierijk zijn om ontplofbare stof-luchtmengsels te ontsteken of in afgezet brandbaar stof een smeulproces op gang te brengen dat vervolgens tot een ontsteking van een stofwolk kan leiden. Belangrijke voorwaarde voor het ontstaan van mechanische vonken is een hoge relatieve snelheid tussen twee elkaar rakende voorwerpen. De vonken kunnen ontstaan wanneer harde materialen met elkaar in contact komen:

- Bij bewerkingen met mechanisch aangedreven gereedschap, zoals boren, slijpen of schuren. Bij slijpen liggen de snelheden veel hoger dan bij boren, waardoor ook veel meer mechanische vonken kunnen worden opgewekt. De energie in vonken van slijpschijven is hoger dan de ontstekingsenergie van de meeste mengsels.
- Wanneer vreemde voorwerpen in de installatie raken en daar in contact komen met snel bewegende onderdelen zoals de bladen van een ventilator.
- Bij het losraken van onderdelen in een draaiende machine, zoals ventilatorbladen die in aanraking komen met de behuizing. Om te vermijden dat hierbij vonken ontstaan, kunnen speciale niet-vonkende materialen worden gebruikt.
- Bij het storten van materiaal in bunkers door laadschoppen e.d..
- Bij aanlopers (ventilatoren, drijfriemen, transportbanden, elevatorbakken).

Het vermogen van het ontsteken wordt in twee categorieën ingedeeld, te weten een hoge en een lage energie-inhoud.

IJzer of koolstofstaal, titanium, zirkonium en aluminium hebben een hoge energie-inhoud.

Nikkel en koper hebben een lage energie-inhoud.

Metalen die een hoog percentage nikkel en chroom bevatten, zoals roestvaststaal, zullen minder makkelijk verbranden waardoor de kans op mechanische vonkvorming lager is.

Om deze reden worden de omtreksnelheden bij koolstofstaal beperkt, terwijl bij roestvaststaal veel hogere snelheden toelaatbaar zijn. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.2.3).

Ook speelt de combinatie van de M.O.E. en de M.O.T. een rol bij de ontstekingskansen van een stofwolk. Zo kan een stofwolk van een product met een M.O.E. van 100 mJ en een M.O.T. van 350°C niet door mechanische vonken worden ontstoken. Heeft het product echter een M.O.E. van 10 mJ bij dezelfde M.O.T. dan een stofwolk wel ontsteekbaar door wrijvings- en slijpvonken en niet door slag of stootvonken.

Heeft het product een M.O.E. die nog lager is, bijvoorbeeld 1 mJ, dan is het erg ontstekingsgevoelig en kan het zelf door slag,- of stootvonken worden ontstoken.

Om hier zelf een inschatting van te maken is er een handige telefoon-app, EX TOOLS, beschikbaar gesteld door de Intercontinental Association of Experts For Industrial Explosion Protection IND EX.

3.5.4 Elektrische apparatuur

Een elektrische vonk kan ontstaan als een stroomvoerend elektrisch circuit wordt onderbroken of als twee geleiders van verschillende potentiaal zo dicht bij elkaar worden gebracht dat de isolatiewaarde of doorbraakveldsterkte van de lucht tussen de geleiders overschreden wordt. In principe kan iedere bediening van een elektrische schakelaar een elektrische vonk geven.

Enkele potentiële bronnen van elektrische vonken zijn:

- Relais.
- Elektrische motoren of generatoren met koolborstels en sleepringen of commutatoren.
- Schuifweerstand.
- Sleepcontacten en stroomafnemers.

Door stringen kunnen vonken ontstaan in elektrische apparatuur die tijdens normaal bedrijf geen vonken veroorzaakt zoals:

- Smeltveiligheden.
- Slechte contacten en onbedoelde onderbrekingen in stroomkringen.
- Kortsluitingen en aardsluitingen.

Als algemene preventiemaatregel geldt, dat elektrische installaties zoveel mogelijk geweerd dienen te worden uit die delen van de installatie waar explosief stof aanwezig kan zijn. Wanneer dit niet mogelijk is, zal aangepast, stofdicht materiaal moeten worden geïnstalleerd.

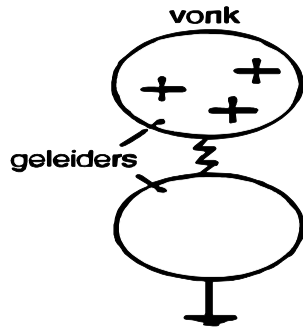
Bovendien moet de aandrijving van gereedschap dat gebruikt wordt in een explosiegevaarlijke atmosfeer explosie veilig uitgevoerd zijn. In geen geval mag normaal elektrisch handgereedschap met open collector gebruikt worden. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.2.3).

3.5.5 Optreden van statische elektriciteit

Het komt voornamelijk doordat twee stoffen langs elkaar bewegen, bijvoorbeeld stof langs de wand van de buis van een stofafzuiging of het lopen over vloerbedekking. Door de wrijving raakt de stof elektrisch geladen. De mate van oplading is sterk afhankelijk van de elektrische geleidbaarheid van een stof. Een elektrisch isolerende stof zal zijn lading lang behouden, een geleidende stof zal zijn lading snel verliezen en dus ook niet hoog opladen.

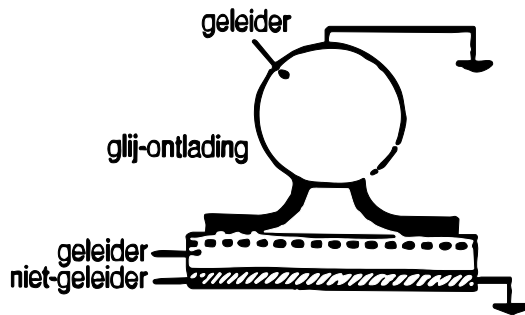
Volgens het Arbo-informatieblad 25 zijn er diverse ontladingssoorten te onderscheiden:

Vonkontladingen. Deze hebben een hoge energie-inhoud tot 1.000 mJ, ze ontstaan als twee verschillend geladen geleiders bij elkaar in de buurt komen waarbij de doorslagsterkte van lucht wordt behaald (4 kV.).



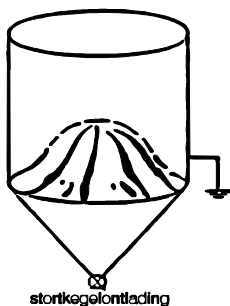
Figuur 3: Grafische voorstelling van een elektrostatische vonk
(Bron: Arbeidsveiligheid nr 65 Stofexplosies ,G.Huys, Kluwer Editorial 23/03/1998)

Glijontladingen. Deze zijn te vergelijken met vonkontladingen en ontstaan door intensieve wrijving van twee stoffen.



Figuur 4: Grafische voorstelling van een glijontlading
(Bron: Arbeidsveiligheid nr 65 Stofexplosies ,G.Huys, Kluwer Editorial 23/03/1998)

Stortkegelontladingen



Figuur 5: Grafische voorstelling van een stortkegelontlading
(Bron: Arbeidsveiligheid nr 65 Stofexplosies ,G.Huys, Kluwer Editorial 23/03/1998)

Statische elektriciteit is in staat om bij een ontlading een explosieve atmosfeer te ontsteken. Niet alle ontladingssoorten zijn in staat een ontsteking te veroorzaken. Dit hangt af van de ontstekingsgevoeligheid. Bij een beoordeling moeten de ontstekingsparameters van de stoffen en de procescondities in ogenschouw worden genomen. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.2.3).

Tabel 7: Overzicht elektrostatische ontladingen

Type ontlading	Beschrijving	Energie-inhoud in mJ	Potentiële ontstekingsbron voor stof-luchtmengsel
Vonk	Ontlading tussen 2 geleiders die op verschillende potentiaal staan (dus 1 niet of onvoldoende geaard) Bijvoorbeeld opgeladen persoon.	tot 10.000 (25 à 40)	Sterk
Stortkegel	Slecht geleidend poeder (weerstand > 10 ¹⁰ Ohm) in een geaarde silo.	< 25	Minder sterk
Glij	Zoals bij pneumatisch transport van poeder door een geaarde of geleidende leider voorzien van een dunne niet geleidende coating.	tot 3000	Sterk

3.5.6 Bliksemontladingen

Bliksem is een voor de hand liggende ontstekingsbron van explosies. Bovendien kan een blikseminslag zeer grote elektrische spanningen, zogenaamde overspanningen, veroorzaken in geleiders. Door geleiding kan deze overspanning verplaatst worden tot ver buiten de directe invloedssfeer van de blikseminslag. Daar kan een elektrische overslag in de vorm van een vonk plaats vinden die een explosie of brand kan veroorzaken. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.2.3).

3.5.7 Exotherme reacties inclusief zelfontsteking van poeders

Open vuur en smeulende stoffen, die reeds besproken werden bij de thermische bronnen, zijn in feite beiden chemische reacties tussen een brandstof en zuurstof waarbij warmte vrijkomt. Men spreekt van exotherme reacties. Een minder bekende exotherme reactie is de zogenaamde zelfverhitting. Onder zelfverhitting wordt de ontsteking verstaan die optreedt zonder tussenkomst van een vreemde ontstekingsbron zoals een mechanische vonk of heet voorwerp. Zelfverhitting zal in de praktijk optreden bij stoffen die bij lage temperatuur al voldoende warmte produceren en die bovendien die warmte slecht naar de omgeving kunnen afstaan zoals wanneer de stof in grote hoeveelheden is opgeslagen en thermisch goed is geïsoleerd. De volgende types kunnen onderscheiden worden:

Broei ontstaat vooral bij opgeslagen stoffen met vochtgehaltes hoger dan circa 20%, waarbij er eerst biologische broei ontstaat. In dit stadium wordt door bacteriewerking kooldioxide gevormd. De temperatuur kan tot boven 70°C oplopen. In uitzonderlijke situaties gaat dit stadium over in chemische broei waarbij er sprake is van gloeiverschijnselen. Hierbij wordt voornamelijk koolmonoxide gevormd. Koolmonoxide is uiterst giftig en brandbaar.

Oxidatie: Oxidatie kan optreden bij opgeslagen poeders waarbij smeulnesten gevormd worden die bij omscheppen van de poederhoop een mogelijke ontstekingsbron kan vormen voor stof-luchtmengsels die bij dat omscheppen ontstaan. Pyrofore stoffen zijn stoffen die bij contact met lucht spontaan ontbranden, zelfs wanneer er sprake is van een goede warmte-afgifte. Reden daarvoor is het snelle verloop van de chemische reactie bij lage temperaturen. Ontleding: Ontledingsreacties kunnen een ontstekingsbron vormen wanneer bij de ontleding warmte vrijkomt.

Exotherme reacties ontstaan vooral als twee (vloeibare) chemicaliën bij elkaar komen of de reactie van acetyleen met olie.

Hierbij kunnen brandbare gassen vrijkomen; daarnaast ontstaat er een warmte die als ontstekingsbron kan fungeren. (Zie verder voor beheersmaatregelen par 6.2.3).

3.5.8 Elektromagnetische velden in het radiofrequentiegebied van 9³Hz tot 3x10¹¹Hz

Deze worden opgewekt door alle systemen die radiofrequente elektrische energie opwekken, b.v. radio- en televisiezenders, mobil telefoons en radarantennes. Deze energie wordt opgevangen door de metalen constructies waarbij een elektrische spanning wordt opgewekt. Dunne draden kunnen gaan gloeien en er kunnen vonken worden opgewekt bij het maken of verbreken van een contact.

3.5.9 Elektromagnetische straling in het optische gebied van 3×10^{11} tot 3×10^{15} Hz

Sterke lichtbronnen zoals laserlicht, flitslicht, sterke lampen en zonlicht dat door lenswerking of weerkaatsing wordt geconcentreerd, kan door stofdeeltjes zo sterk worden geabsorbeerd dat deze deeltjes de ontstekingsbron gaan vormen. (Zie verder voor beheersmaatregelen par. 6.2.3).

3.5.10 Zwerfstromen

Dit zijn elektrische stromen die zich onbedoeld of langs onbedoelde weg door de aarde en door metalen constructies voortbewegen. Zij kunnen door verhitting of vonkvorming ter plaatse van slechte verbindingen in de constructies de ontsteking van een ontplofbare atmosfeer veroorzaken. Zij ontstaan o.a. door lassen aan de constructie bij niet goed aangesloten massaklem, aardsluiting in elektrische installaties of blikseminslag.

3.5.11 Ioniserende straling

Straling opgewekt door UV-stralers, röntgenbuizen of radioactieve stoffen kan een explosieve atmosfeer (vooral van stofdeeltjes) ontsteken door energieabsorptie. Tevens kan ontleding van de stoffen optreden waarbij onstabiele ontledingsproducten ontstaan die kunnen ontsteken.

3.5.12 Ultrasoon geluid.

Dit zijn golven met een frequentie tussen 20 kHz en 800 MHz. Bij gebruik hiervan wordt een groot gedeelte van de uitgezonden energie geabsorbeerd in vaste stoffen en vloeistoffen. Door inwendige wrijving zal de temperatuur stijgen, in extreme gevallen tot boven Z.O.T. of M.O.T.

3.5.13 Adiabatiese compressie en schokgolven.

Door adiabatiese compressie of schokgolven kunnen zulke hoge temperaturen worden bereikt dat een explosieve atmosfeer kan worden ontstoken. Als gas plotseling onder hoge druk vrijkomt, kan er een schokgolf ontstaan die vooral bij reflectie in bochten van leidingwerk of kanalen hoge temperaturen kan veroorzaken.

Opmerkingen

In relatie tot de hierboven vermelde ontstekingsbronnen moet worden opgemerkt dat er geen harde lijn valt te trekken tussen ontstekingsbronnen die wel en die niet betreffende explosieveiligheid een rol van betekenis spelen.

De deskundigheid en ervaring van de personen die een dergelijke risico-inventarisatie en -beoordeling uitvoeren, spelen dan ook een grote rol. Zij dienen samen met andere medewerkers binnen het bedrijf op een gestructureerde manier na te gaan welke ontstekingsbronnen relevant- en significant in relatie tot brand of explosies zijn.

Het staat voorop dat de installaties en werkwijzen onder de voorkomende bedrijfsomstandigheden en bij eventuele voorziene storingen moeten worden beoordeeld. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met eventuele wisselwerkingen tussen de installaties of installatiedelen onderling.

3.6 Invloed van procesparameters op ontstekingsbronnen

De minimale ontstekingsenergie is van een groot aantal factoren afhankelijk. Zo geeft een verhoging van de vochtigheid van de omgevingslucht een betere elektrische geleiding van de lucht waardoor accumulatie van elektrostatische ladingen moeilijker zal plaatsvinden.

Ook moet worden opgemerkt dat bij verhoogde procestemperaturen zoals in drogers, de M.O.E. sterk wordt verlaagd. Een product met een onder laboratorium omstandigheden (20°C) bepaalde M.O.E. van 100 mJ zal in een droger bij een temperatuur van 170°C een M.O.E. van 1 tot 3 mJ hebben. E.e.a. komt doordat er veel minder energie nodig is om een explosieve atmosfeer te ontsteken, daardoor zullen ontstekingsbronnen die normaal niet effectief genoeg zijn bij verhoogde procestemperaturen wel tot ontsteking van een explosieve atmosfeer kunnen leiden.

Verder valt het volgende op te merken:

- Bij deeltjesgrootte boven 0.5mm zijn poeders door mengsels van stoffen niet meer tot ontsteking te brengen.
- In het algemeen daalt de minimale ontstekingsenergie bij toenemende temperatuur van de stofwolk. De verklaring valt te geven doordat het mengsel al opgewarmd is, waardoor er minder ontstekingsenergie nodig is om het mengsel te ontsteken.
- In het algemeen daalt de minimale ontstekingsenergie bij dalende turbulentiegraad van de stofwolk.
- De minimale ontstekingsenergie daalt bij een lagere vochtigheidsgraad.

De uitvoering van de risicobepaling van explosies komt in principe neer op het beantwoorden van de vragen:

- Wat is de kans op een explosie?
- Wat is de ernst van een explosie?

Bij het bepalen van de kans dat een stof-luchtmengsel tot ontploffing zal komen, zijn onder andere de volgende parameters van belang:

- De glimtemperatuur van de stoflaag.
- De ontstekings temperatuur van de stoflaag en de stofwolk.
- De minimale ontstekingsenergie.

Voor de vorming van een explosieve atmosfeer en ontsteking van gassen en dampen zijn de volgende parameters van belang:

- Het vlampunt.
- De dampdruk.
- De dichtheid van het gas-luchtmengsel.
- De ontstekings temperatuur van het gas of de damp.
- De minimale ontstekingsenergie.
- De geleidbaarheid van een vloeistof.

De mogelijke ernst van een explosie is een functie van de mogelijke explosiedruk en de drukopbouw in functie van de tijd. Hoe groter de druk en hoe langer de duur van een stofexplosie, des te groter zal de potentiële schade zijn. De volgende parameters zijn hierbij van belang:

- De maximale explosiedruk.
- De maximum drukstijgingsnelheid.

Een probleem is dat alle bovengenoemde explosieparameters onder laboratoriumomstandigheden worden bepaald. De actuele bedrijfsomstandigheden kunnen afwijken van de testomstandigheden waardoor het moeilijk is om exacte waarden voor de bedrijfsomstandigheden vast te stellen. Men moet dan ook de grootste voorzichtigheid bij het vaststellen van de explosieparameters in acht nemen.

4 Plaatsen waar explosiegevaar kan optreden

4.1 Gevarenzone-indeling en gevarenbronnen

Op grond van een aantal hierna te noemen aspecten, kan een gevarenzone-indeling worden opgesteld en is het mogelijk om de omvang hiervan te bepalen.

De volgende aspecten zijn hiervoor bepalend:

- Aard en hoeveelheid van de aanwezige brandbare stof.
- Klasse van de gevarenbron.
- Lekdebiet van de gevarenbron.
- Ventilatieomstandigheden/afzuiging.
- Schoon huishouden.
- Frequentie, tijdsduur en omstandigheden waaronder brandbaar stof vrijkomt/aanwezig is.

De NPR 7910-1 en 2 geven aanwijzingen voor het opstellen van een gevarenzone-indeling op plaatsen waar gevaar voor explosies aanwezig is.

4.2 Aard en hoeveelheid brandbare stof

Het opstellen van een gevarenzone-indeling is noodzakelijk wanneer meer dan een bepaalde minimale hoeveelheid brandbare stof aanwezig is of gevormd kan worden. Overeenkomstig NPR7910-2 (voor stof) is de verplichte gevarenzone-indeling als volgt:

Tabel 8: Indelingsplicht

Deeltjesgrootte	Hoeveelheid in apparatuur	Hoeveelheid in omgeving/gebouwen
< 0,1 mm	≥ 0,1 kg	≥ 50 kg
0,1-0,5 mm	≥ 1 kg	≥ 500 kg

Stofmengsels met daarin deeltjes < 0,1 mm en deeltjes tussen 0,1 en 0,5 mm zijn indelingsplichtig als de fracties van de hoeveelheden ten opzichte van de minimale hoeveelheden van beide deeltjesgrootte-klassen samen minimaal gelijk zijn aan 1.

Overeenkomstig de NPR7910-1 (voor gas) is de verplichte gevarenzone-indeling als volgt:

Tabel 9: Verplichting tot gevarenzone-indeling gassen/dampen

Vloeistof/gas	Kookpunt	Vlampunt	GHS-klasse	Buitensituatie	Binnensituatie
gas	n.v.t.	n.v.t.	2 cat. 1,2	≥ 50 kg	≥ 5 kg
aerosol	n.v.t.	n.v.t.	3 cat. 1,2	≥ 50 kg	≥ 5 kg
vloeistof	≥ 35°C	< 23°C	6 cat. 3	≥ 50 kg	≥ 5 kg
vloeistof	> 35°C	< 23°C	6 cat. 2	≥ 500 kg	≥ 50 kg
vloeistof	> 35°C	> 23° ≤ 60°C	6 cat. 3	≥ 5.000 kg	≥ 500 kg
vloeistof	> 35°C	> 60°C	n.v.t.	≥ 5.000 kg	≥ 500 kg

Brandbare gassen, tot vloeistof verdichte gassen en brandbare vloeistoffen met een vlampunt < 23°C geven bij overschrijding van bovengenoemde minimale hoeveelheden altijd aanleiding tot gevarenzone-indeling. Brandbare vloeistoffen met een vlampunt ≥ 23°C alleen als:

- Het vlampunt lager is dan de maximale omgevingstemperatuur, of minder dan 3°C boven die maximale omgevingstemperatuur ligt.
- De stof kan vrijkomen met een temperatuur boven het vlampunt.

4.3 Klasse van de gevarenbronnen

4.4 De klasse van de gevarenzone wordt bepaald door:

- Aard van de gevarenbron (waarschijnlijkheid, frequentie, tijdsduur en omstandigheden waarmee stof vrijkomt).
- Aard van de stofafzettingen (frequentie, tijdsduur, omstandigheden en hoeveelheden waarmee een brandbare droge stof vrijkomt).
- Plaatselijke ventilatieomstandigheden (wordt een stof plaatselijk afgezogen en in welke mate?)
- Is sprake van schoon huishouden rond de stofafzettingen?

Een gevarenbron is die plaats waar een brandbare stof, vermengd met lucht, kan vrijkomen zodat een explosieve atmosfeer kan ontstaan.

Hierbij zijn drie klassen te onderscheiden:

- Continue gevarenbron.
- Primaire gevarenbron.
- Secundaire gevarenbron.

4.4.1 Continue gevarenbron

Dit is een bron met een uitstroming die ononderbroken of voortdurend, gedurende lange perioden of herhaaldelijk plaatsvindt.

Voorbeelden hiervan zijn o.a. het inwendige van de apparatuur, de binnenkant van silo's, cyclonen, filters, (pneumatische) transportsystemen en of open vaten. Plaatsen waar continu stofwolken of gassen aanwezig zijn, veroorzaken zone 20 voor stof en zone 0 voor gas of damp.

4.4.2 Primaire gevarenbron

Dit is een gevarenbron met een uitstroming die onder normaal bedrijf waarschijnlijk af en toe plaatsvindt.

Voorbeelden hiervan zijn o.a.:

- Plaatsen waar tijdens normaal bedrijf regelmatig stof kan vrijkomen, zoals vul- en aftappunten en stortplaatsen die frequent gebruikt worden, waarbij er geen stofemissie-beperkende maatregelen zoals plaatselijke deugdelijke stofafzuiging zijn genomen.
- Binnenkant van apparatuur, silo's die maar af en toe worden gevuld.
- Pakkingen van asdoorvoeringen van bijvoorbeeld pompen voor vloeistoffen die tijdens normaal bedrijf kunnen lekken.
- Lekbakken voor vloeistoffen.
- Breekbare apparatuur zoals onbeschermd kijk- en peilglazen voor vloeistoffen.
- Bemonsteringspunten.

Een primaire gevarenbron geeft zone 21 voor stof en zone 1 voor gas of damp.

4.4.3 Secundaire gevarenbron

Een gevarenbron met een uitstroming die onder normaal bedrijf niet waarschijnlijk is en waar het, wanneer dit toch gebeurt, van korte duur is.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Opslag van zakgoed (bij scheuren van zakken, waarbij het stof niet onmiddellijk wordt opgeruimd).
- Flexibele verbindingen tussen installatieonderdelen die kunnen scheuren of doorslijten.
- Omgeving van mangaten en drukontlastingen zoals explosieluiken, breekplaten en uitblaasleidingen van filters en afzuigsystemen.
- Gebieden die normaal zone 21 zijn, maar waar maatregelen zijn genomen, bijvoorbeeld afzuigen van het stof volgens de eisen uit de NPR7910-2.
- Kranen en afsluiters.
- Seals en pakkingbussen van roterende asdoorvoeringen die normaal dicht zijn.
- Beschermd kijk- en peilglazen.

Een secundaire gevarenbron geeft in beginsel zone 22 voor stof en zone 2 voor gas of damp.

4.5 Onderdelen die niet als gevaarbron worden beschouwd

Apparatuur en onderdelen waarvan het onwaarschijnlijk is dat er lekkage optreedt, worden niet als gevaarbron gezien. Voorbeelden daarvan zijn:

- Dichte apparatuur zoals drukvaten, pijpen en buizen.
- Vlakke flensverbindingen, waarbij er geen stof kan vrijkomen.
- Flensverbindingen in goed onderhouden gasleidingsystemen met geodoriseerd gas hoeven in principe niet als gevaarbron aangemerkt te worden. Deze installaties kunnen als dicht worden beschouwd. De flens-, schroefdraad- en knelverbindingen in het gasleidingsysteem worden niet aan grote druk-, temperatuurwisselingen en trillingen of drukstoten blootgesteld en zullen geen aanleiding tot lekkages geven. Er hoeft daarom volgens NPR7910-1 par.7.4 geen gevaarzone-indeling te worden gemaakt, Mits er geen accumulatie van gas kan plaatsvinden door de ruimte op natuurlijke wijze en minste éénmaal per uur te ventileren
- Spuitbussen vallen onder het regime van de z.g. "Limited Quantities" (aangegeven op de doos of krimpfolie met UN nr. 1950 of 2037). Volgens paragraaf 6.2 van de NPR 7910-1 kan de hoeveelheid die eventueel vrij kan komen een klein risico veroorzaken. Daarom is een gevaarzone-indeling niet zinvol. Dit geldt alleen als ze in hun oorspronkelijke en ongestoorde verpakkingen worden bewaard.

4.6 Lekdebiet van de gevaarbron

Betreffende het vrijkomen van gassen of dampen worden de gevaarbronnen wat betreft lekdebiet in twee klassen verdeeld:

- Kleine bronnen met een lekdebiet tot 1 g/s;
- Grote bronnen met een lekdebiet tussen 1 en 10 g/s.

Lekdebieten groter dan 10 g/s behoren onder normale bedrijfscondities niet voor te komen.

Op plaatsen waar veel kleine bronnen aanwezig zijn, kunnen deze als één grote bron worden beschouwd.

4.7 Stofafzettingen

Het tweede uitgangspunt van een stofgevaarzone-indeling zijn stoflagen, dat wil zeggen de plaatsen waar stoflagen gedurende een bepaalde tijd aanwezig kunnen zijn. In apparatuur waar poeders worden bewerkt of verwerkt, kan ook vaak niet worden voorkomen dat stoflagen ontstaan omdat dit tot het proces behoort.

In principe kan de dikte van stoflagen buiten de apparatuur door schoon huishouden worden beperkt.

De gevaren van stoflagen zijn:

- Het ontstaan van secundaire stofexplosies.
- Smeulbranden, brand en stofexplosies door de ontsteking van opgewerveld stof.

Brandbaar stof wordt, in tegenstelling tot gassen en dampen, niet automatisch door ruimtelijke ventilatie verwijderd of verdund.

Stofemissies in de omgeving kunnen na verloop van tijd stofafzettingen geven, die weer kunnen opwervelen. Een explosie in apparatuur kan aanleiding zijn tot een secundaire explosie. Verder geleidt het afgezette stof de warmte slecht, waardoor de temperatuur in de stoflaag boven de glimtemperatuur kan komen en het stof kan gaan smeulen.

Om deze redenen moet het afgezette stof zodanig worden verwijderd zodat er over grote oppervlakken (vloeren, kanalen, staalconstructiedelen en leidingen) een niet riskante dikte ontstaat. Speciale aandacht verdient hierbij de elektrische apparatuur zoals motoren en lampen en hete oppervlakken (stoomleidingen, snel draaiende delen en andere warme apparatuur). Schoonmaken dient bij voorkeur te gebeuren door stofzuigen of opvegen, indien mogelijk nat.

Als sprake is van schoon huishouden en dit vastgelegd is in procedures en werkinstructies en afgezet stof blijft over het algemeen niet langer dan 8 uur liggen, dan mag de klasse van de stofafzetting 1 klasse lichter genomen worden. Over het algemeen kan men een indeling als volgt weergeven.

Tabel 10: Uitvoeringsniveau schoon huishouden

Schoon huishouden	Dikte van de stoflaag	Aanwezigheid van een stoflaag	Zone-indeling
Goed	Verwaarloosbaar (geen voetstappen zichtbaar)	Niet van toepassing	NGG
Voldoende	Niet verwaarloosbaar	< 8 uur aaneengesloten	22
Slecht	Niet verwaarloosbaar	> 8 uur aaneengesloten	21

4.8 Ventilatieomstandigheden

Ventilatie is een van de aspecten die van invloed is op de gevarenzone-indeling.

Met een goed werkend en gewaarborgd ventilatiesysteem wordt voorkomen dat er brandbare mengsels in de omgeving kunnen vrijkomen, waardoor de zone aangepast moet worden.

Hierbij zijn er drie omstandigheden namelijk:

- In de buitenlucht;
- In een open gebouw;
- In een gesloten gebouw.

Buitenlucht

In de buitenlucht hoeft er in het algemeen geen stofgevaarzone-indeling gemaakt te worden.

Er dienen alleen zone-indelingen gemaakt te worden voor die delen van procesapparatuur waarvan de binnenkant in directe verbinding met de buitenlucht staat waar zich op dat moment een stofluchtmengsel kan bevinden. Wanneer een explosief mengsel wordt ontstoken, kan de vlam terugslaan in de apparatuur.

Gevarenbronnen betreffende gassen en dampen zijn opgesteld in de buitenlucht als ze voldoen aan de volgende criteria:

- Er zijn geen wezenlijke hindernissen aanwezig die de natuurlijke luchtbewegingen belemmeren.
- De luchtsnelheden zijn hoger dan 2 m/s en zelden lager dan 0,5 m/s.

Open gebouw

Bij gasontploffingsgevaar (NPR-7910-1) kent men het begrip "open gebouw". Een gebouw wordt als "open gebouw" betiteld als de open gedeelten van de wanden de onderstaande afmetingen hebben:

- Horizontaal is de totale open lengte minstens 50% van de omtrek, gelijkmatig over minstens drie wanden verdeeld.
- Verticaal is de totale open hoogte minstens 2,5 meter, zodanig over de hoogte van het gebouw verdeeld, dat zowel de laag boven de vloer als direct onder het dak een vrije doorstroming mogelijk is. Ruimten onder hellende daken moeten hierbij ook voldoende worden geventileerd.

Voor stofontploffingsgevaar is dit niet van toepassing. Hiervoor gelden dezelfde condities als voor een "gesloten gebouw".

Gesloten gebouw

In een gesloten gebouw onderscheiden we betreffende gasexplosiegevaar de volgende ventilatieomstandigheden:

Geen ventilatie

De ventilatievoud is kleiner dan éénmaal per uur.

Beperkte ventilatie

De lucht wordt zonder mechanische hulpmiddelen ververst door natuurlijke trek via schoorstenen, ventilatiekokers of permanente openingen in vloeren, wanden of plafonds. Hierbij moet door berekening aangetoond kunnen worden dat dit ten minste met éénmaal per uur gebeurt.

Kunstmatige ruimtelijke ventilatie

Hierbij wordt de gehele ruimte mechanisch ververst door een systeem met voldoende capaciteit op een zodanige wijze dat er geen dode hoeken zijn.

Bij stofexplosiegevaar geeft ruimtelijke ventilatie in tegenstelling tot gasontploffingsgevaar geen reductie voor afmeting of klasse van de gevarezone.

Een plotseling aangezette ruimtelijke ventilatie kan afgezet stof doen opwaaien en een explosieve stofwolk creëren. Vrijkomend stof uit een gevaarbron zal altijd lokaal uitzakken en stofafzettingen vormen.

Kunstmatige plaatselijke ventilatie

Kunstmatige plaatselijke ventilatie wordt verkregen door afzuiging direct aan de bron. Deze ventilatie moet zo worden uitgevoerd dat het vrijkomende stof door voldoende lichtsnelheid meegevoerd wordt. Bij gassen en dampen moet het optredende lekdebiet zodanig afgezogen worden dat de brandbare damp of gas onmiddellijk tot maximaal 10% LEL wordt verdund.

(Zie voor verdere uitleg NPR7910-1 paragraaf 8.4.4 en NPR7910-2 paragraaf 5.6.3.1).

Groot gebouw

In een groot gebouw kunnen gassen en dampen door natuurlijke ventilatie sterk worden verdund waardoor het explosiegevaar afneemt.

Om aan dit criterium te voldoen moet er sprake zijn van de volgende regels:

- De hoogte tussen een dichte vloer en het eerstvolgende plafond moet minstens 8 meter zijn.
- De horizontale doorsnede van de ruimte is zo groot dat de luchtlag van 1 meter dikte onder het plafond (gassen / dampen lichter dan lucht) of boven de vloer (gassen / dampen zwaarder dan lucht), minstens driemaal de hoeveelheid gas of damp die uit alle gevaarbronnen gedurende 1 uur kan ontsnappen, kan verdunnen tot de LEL.
- Het gebouw moet zonder mechanische hulpmiddelen vijf,- tot tienmaal per uur in de gehele ruimte ververst worden.

4.9 Afmeting van de gevarezone

De afmeting van een stofgevaarzone wordt bepaald door:

- Binnen of buiten.
- Komt stof onder druk vrij of niet.
- Migreert het stof.
- Schoon huishouden.
- Stofwolk of stoflaag.

Stofopwerveling

Door bepaling van een aantal parameters zoals ventilatie, kan door berekening de grootte van de stofwolk bepaald worden. Ook kan aan de hand van een praktijksituatie, waarbij het stof vrijkomt, de grootte van de stofwolk worden bepaald.

Dit is in een aantal situaties niet mogelijk, een installatie heeft veel emissiepunten waarbij het stof ook nog eens met een puls kan vrijkomen zodat het vrijwel onmogelijk wordt om de grootte van de stofwolk te bepalen. Daarom worden die delen van de installatie waar het stof vrij kan komen integraal beschouwd en wordt de gehele ruimte als bijbehorende gevarezone ingedeeld.

Stofafzetting

De grootte van de zone wordt bepaald door schoon huishouden ofwel de mate van verwijderen van het stof waardoor de stofafzettingen worden voorkomen. Bij het toepassen van schoon huishouden heeft de zone de afmeting van 3 meter rondom de stofafzettingsplaats met een hoogte van 2 meter. Als geen sprake is van schoon huishouden, strekt de zone zich uit over het gehele oppervlak van de stofafzettingsplaats met een hoogte van 2 meter.

In zijn algemeenheid is de gevarezoneklasse overeenkomstig de klasse van de gevaarbron. De uiteindelijke gevarezone-indelingstekening in bijlage 2 is gebaseerd op twee aspecten:

- Klasse van de gevarezone.
- Afmeting van de gevarezone.

5 Inventariseren en beoordelen van de risico's

Het is van belang om de explosierisico's altijd voor de gehele installatie en voor alle omstandigheden te beoordelen. Het gaat daarbij om het inventariseren van de gevarenbronnen en zones en de actieve ontstekingsbronnen waarbij er ook gekeken moet worden naar ontstekingsbronnen die niet aan de werking van de apparatuur zijn verbonden zoals broei, blikseminslag of statisch ontladingen.

Bij ontsteking van een stofwolk of gaswolk ontstaat een explosie en een grote vuurbal met een volume dat mogelijk 10 keer zo groot is als het oorspronkelijke volume van deze wolk. Als dit voorkomt in een machine, filter of andere apparatuur, kan deze door de optredende explosiedruk beschadigen.

Om een beoordeling van de risico's te kunnen maken, moet men een ontstekingsanalyse maken.

In deze analyse wordt eerst de kans op een explosie nader uitgewerkt door in stap 1 eerst de kans op een explosieve atmosfeer te bepalen. Vervolgens wordt in stap 2 de kans op een actieve ontsteking van een explosief mengsel nader bepaald. Zonder explosieve atmosfeer met een gelijktijdige ontsteking kan er immers geen explosie optreden.

De kans op een explosie wordt met behulp van een afgeleide versie van de Kinney & Wiruth methode geïdentificeerd. Hierbij is de Blootstellingsfrequentie (B) omgezet naar de mate van het vrijkomen van stofwolken en dampen (O).

Om e.e.a. te verduidelijken is een onderverdeling in procenten van de bedrijfsduur van de installatie van de installatie gemaakt.

Vervolgens is de waarschijnlijkheid van het risico omgezet naar de waarschijnlijkheid (W) waarmee een ontstekingsbron actief kan worden. De NEN 1127 maakt een indeling naar de begrippen "voortdurend of frequent, zelden en zeer zelden". Deze gehanteerde begrippen zijn in de verklaringen van de Kinney & Wiruth risicofactoren overgenomen en vereenvoudigd.

Voor de beoordeling in welke apparatuur er zich een explosieve atmosfeer kan vormen en of er gelijktijdig een ontstekingsbron met voldoende ontstekingskracht aanwezig kan zijn om de atmosfeer te ontsteken, kan men gebruik maken van het template risico inventarisatie in bijlage 1 van deel B.

In deze tabel wordt voor elk relevant installatiedeel (stortput, grondstofelevatoren, kettingtransporteur, grondstoffensilo's, schroeftransporteur) een beoordeling van de kans op een explosieve atmosfeer en de kans op het actief worden van een ontstekingsbron gemaakt. Vervolgens kan men een inschatting van het effect maken, waardoor het risico wordt bepaald. De tabellen 11 t/m 14 behoren dan ook in de risico identificatie tabel terug te komen en wordt als volgt aangegeven.

Tabel 11: Risicofactor explosieve atmosfeer

De mate van vrijkomen van dampen en stofwolken.		
Frequentie van optreden (O)	Gevarenzone	Waarde
Onwaarschijnlijk (nihil)	N.V.T.	0,5
Zeldzaam (< 0,1% bedrijfsduur van de installatie van de installatie/activiteit)	22 / 2	1
Frequent (0,1 - 10% bedrijfsduur van de installatie van de installatie/activiteit)	21 / 1	6
Continu (> 10% bedrijfsduur van de installatie van de installatie/activiteit)	20 / 0	10

Tabel 12: Risicofactor ontstekingsbron

De mate van het optreden van actieve ontstekingsbronnen.		
Waarschijnlijkheid (W)		Waarde
Verwaarloosbaar	praktisch onmogelijk	0,1
Zeer zelden	bij zeer zeldzame storingen	1
Zelden	bij voorzienbare storingen	3
Voortdurend	voortdurend aanwezig of te verwachten bij normaal bedrijf	10

Om te kunnen bepalen of de combinatie van de optredende explosieve atmosferen in combinatie met een ontsteking een risico vormt, wordt het effect bepaald.

Het effect kan worden uitgedrukt in gedefinieerde niveaus waarvan er één of meerdere uit iedere gevaarlijke gebeurtenis kunnen voorkomen. Het effect kan als volgt worden bepaald:

Tabel 13: Te verwachten effecten

Effect (E)		Waarde
Laag	Geen of verwaarloosbaar letsel en geen of verwaarloosbare systeemschade.	3
Ernstig	Lichamelijk letsel met verzuim of enige systeemschade.	7
Zeer ernstig	Ernstig lichamelijk letsel met invaliditeit, of ernstige systeemschade.	15
Catastrofaal	Een of meer doden en totaal systeemverlies met mogelijke schade buiten de inrichting.	40

5.1.1 Beoordeling van de explosierisico's

Het risico kan worden omschreven als een product van kans en effect. Er wordt een kwalitatieve beoordeling gegeven met betrekking tot de kans op een explosie en de te verwachten gevolgen voor de omgeving. De risico's worden in overeenstemming met de Kinney & Wiruth methode ingedeeld in klassen.

Met betrekking tot de risico-inschatting en -beoordeling moet het volgende worden opgemerkt:

- Het exacte risico is moeilijk in te schatten; veel is afhankelijk van externe factoren buiten de apparatuur. Daarom kan alleen een kwalitatieve benadering worden gegeven.
- Het aanvaardbare restrisico is eveneens moeilijk te bepalen. Algemeen kan worden gesteld dat in ieder geval de werknemers geen gevaar mogen lopen.

Tabel 14: Risiconiveau

Risicoklasse (R)	Risico score (W x O x E)	Actie
Aanvaardbaar	< 20	Toegestaan met in achtname van een deugdelijk systeem van veiligheidsprocedures en controles.
Belangrijk	≥ 20 < 200	Correctie nodig. Per ontstekingsbron enkelvoudige beveiligingen op apparaten en systemen aanbrengen
Hoog	≥ 200 < 400	Directe maatregelen. Per ontstekingsbron dubbele onafhankelijke beveiligingen op apparaten aanbrengen
Onaanvaardbaar	> 400	Werkzaamheden direct stoppen

5.1.2 Risico reducerende maatregelen

Om de risico's tot een aanvaardbaar niveau te reduceren, zijn er maatregelen nodig.

De maatregelen zijn er primair op gericht om explosieve atmosferen of ontsteking van deze atmosferen te voorkomen. De risico reducerende maatregelen zijn afhankelijk van de aard van de ontstekingsbron en het mogelijk optreden van een explosieve atmosfeer. Er kunnen zich diverse oplossingen voordoen. In het volgende hoofdstuk wordt hier verder aandacht aan besteed.

De risico beperkende maatregelen kunnen in technische en organisatorische maatregelen worden onderverdeeld. Tussen de verschillende maatregelen is een duidelijke samenhang aanwezig. Zo is het vereiste risico verlagende effect pas aanwezig als het pakket van technische maatregelen samen met de organisatorische maatregelen wordt uitgevoerd. Om het effect van een maatregel te bepalen, kan men vervolgens een herberekening van het risiconiveau uitvoeren.

Het deels uitvoeren van de benoemde maatregelen heeft een beperkte invloed op het risiconiveau. De maatregelen moeten dan ook zoveel mogelijk gecombineerd worden uitgevoerd.

U dient als gebruiker van de installatie(s) zelf, in overeenstemming met de prioriteit, datums en verantwoordelijkheden aan de maatregelen te koppelen.

5.1.3 Aanpak met betrekking tot de mengvoederindustrie

Het proces binnen de mengvoederindustrie kan grofweg worden gescheiden in een van de volgende deelprocessen met hun specifieke installatiedelen:

- Grondstoffeninname en -opslag
- Inname van mineralen, premixen en andere hulpstoffen met blaasleidingen en opslagsilo's
- Dosereren
- Malen en mengen
- Persen en opslag in gereed productsilo's
- Gereed product opslag
- Bulkwagenbelading en afzaklijnen

Bij het opstellen van een algemene risico analyse, behorende bij het explosieveiligheidsdocument, is het zaak de installatie in deelprocessen te verdelen en vervolgens de aanwezigheid van een explosieve stofatmosfeer en de ontstekingsbronnen te inventariseren.

Verder zijn er nog diverse ondersteunende processen noodzakelijk voor de bedrijfsvoering:

- Stoomketelinstallaties
- Compressorinstallaties
- Krachtstroominstallatie

Als men de explosiegevaren beschouwt, zijn de grootste risico's aan de grondstoffenkant aanwezig. Aan deze zijde van het proces worden de stoffen in droge toestand verwerkt en is er een grotere kans op de aanwezigheid van vreemde delen in de producten. Deze vreemde delen kunnen vonken veroorzaken die de stofwolken van stuivende producten in de apparatuur tot ontsteking kunnen brengen.

Bij de inname van grondstoffen via blaastransport, kan zich statische elektriciteit vormen, wat een ontstekingsbron kan zijn voor een stofwolk tijdens het vullen van de silo.

Bij het malen van de grondstoffen vormt de molen een mogelijk probleem voor stofbranden en explosies. De omtreksnelheid is hoog en vreemde delen kunnen aanleiding zijn voor vonkvorming. Het product in de molen kan een brand- of stofexplosie veroorzaken.

Bij het opstellen van een analyse moet men bedacht zijn op mogelijke vlamdoorslag. Bij een stofexplosie in een elevator is het mogelijk dat de vlammen doorslaan naar geschakelde installatiedelen zoals het afvoertransport en daaraan gekoppelde silo's.

Een vonk of een heet oppervlak zal niet snel een explosie in de hamermolen veroorzaken, de molen is immers gevuld met product en de stofconcentratie ligt daardoor boven de onderste explosiegrens. Wel kunnen gloeiende delen bij de uitvoer van de molen naar de onderbunker een stofexplosie initiëren.

Verder moet bij analyse van de explosierisico's aandacht worden besteed aan de risico's tijdens:

- Normaal bedrijf
- Opstarten en uit bedrijf gaan van een installatie
- Onderhoud en reparatie

Zo kan er in transporteurs onder normale bedrijfsomstandigheden geen stofwolk aanwezig zijn omdat de transporteur is gevuld met product. Tijdens het vullen/de aanvoer van de installatie kan deze stofwolk wel aanwezig zijn, waardoor toch aandacht aan het voorkomen van de ontstekingsbronnen moet worden besteed.

Vooraf tijdens onderhoud en reparatie is de kans op een explosie groot. Dit komt enerzijds door de aanwezigheid van product in de apparatuur, anderzijds kan bij het schoonmaken of reparatie van de installatie, gebruik worden gemaakt van brandgevaarlijke gassen of vloeistoffen. Om deze redenen kan een Taak Risico Analyse (TRA) uitkomst bieden. Door het maken van een TRA bij werkzaamheden die niet dagelijks uitgevoerd worden of door mensen die niet bekend zijn met de risico's van de werkzaamheden, worden van elke taakstap de risico's geanalyseerd en maatregelen bedacht.

6 Risico reducerende maatregelen

6.1 Algemeen

In het Arbeidsomstandighedenbesluit staat vermeld dat het de verplichting is van de werkgever technische en/of organisatorische maatregelen te nemen ter voorkoming van en bescherming tegen explosies volgens de volgende grondbeginselen:

1. Het voorkomen van het ontstaan van explosieve atmosferen.
2. Het vermijden van de ontsteking van explosieve atmosferen.
3. Het beperken van de gevolgen van een explosie.

Deze maatregelen kunnen betrekking hebben op:

- De organisatie van de onderneming, met inbegrip van de gebruikte werk- en productiemethodes.
- De inrichting van de arbeidsplaats.
- De keuze en het gebruik van arbeidsmiddelen en van collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen en van werkkleding.
- De toepassing van een aangepaste veiligheids- en gezondheidssignalering.
- De bekwaamheid, de opleiding en de informatie van alle werknemers, met inbegrip van aangepaste instructies.
- De noodprocedures.

6.2 Voorkoming van explosies

Om een explosie te kunnen veroorzaken, moeten tegelijkertijd op dezelfde plaats aanwezig zijn (de branddriehoek):

- Een brandbare stof in fijn verdeelde vorm.
- Een oxidatiemiddel (in het algemeen zuurstof uit de omgevingslucht).
- Een ontstekingsbron, die de nodige energie kan leveren voor het initiëren van de oxidatiereactie.

De preventie van explosies zal dan ook bestaan uit ervoor te zorgen dat minstens één van deze elementen ontbreekt. Binnen de apparatuur zullen dergelijke preventieve maatregelen vaak niet uitvoerbaar zijn. Buiten de apparatuur komen preventieve maatregelen, die gericht zijn op het voorkomen van de aanwezigheid, het afzetten of opwervelen van brandbaar stof als ook het regelmatig verwijderen van afgezet stof, wel in aanmerking. Daarnaast moet het vrijkomen van brandbare vloeistoffen met een vlampunt lager dan de omgevingstemperatuur en brandbare gassen worden voorkomen.

6.2.1 Vermijden van fijn verdeelde brandbare stof

Het middel bij uitsteking om explosieve mengsels te vermijden, bestaat er in producten te gebruiken die geen aanleiding kunnen geven tot explosies.

Een andere preventieve maatregel is, buiten de explosiegrenzen van het stof te werken.

Het toevoegen van vloeistoffen als stofbeheersing wordt wel in de mengvoederindustrie toegepast.

Het toevoegen van bijvoorbeeld kleine hoeveelheden minerale olie, plantaardige olie of lecithine aan graanpoeder, blijkt efficiënt om stofwolken te vermijden.

Het risico op een explosie kan significant gereduceerd worden op 2 manieren:

- De stofwolken in de procesapparatuur zijn minder gevoelig voor ontsteking en explosie.
- Het vrijkomen en de afzetting van fijn stof wordt sterk verminderd.

Ter voorkoming of beperking van de aanwezigheid van brandbaar stof buiten de apparatuur kunnen de volgende maatregelen getroffen worden:

- Alleen gebruik maken van gesloten of stofdichte apparatuur.
- Bevestigingen in stevige lekvrije flenzen.
- Door onderdruk in de installatie te handhaven, kan voorkomen worden dat uit openingen stof naar buiten komt. Als het wegvallen van de onderdruk direct gevaar kan opleveren, moet de installatie uitvallen en/of niet kunnen worden ingeschakeld.
- Indien mogelijk het werken met stoffige producten in de omgevingslucht vermijden.
- Plaatsen waar niet te vermijden is dat stof uit de apparatuur ontsnapt, voorzien van een afzuiginstallatie.
- Afgezet stof moet worden verwijderd. Voor schoonmaakwerkzaamheden mag geen gebruik gemaakt worden van perslucht. Ook stofzuiginstallaties moeten explosieveilig zijn uitgevoerd.

Om het voorkomen van brandbare gassen en dampen in ruimtes te beperken kan men de volgende stappen ondernemen:

- Vloeistoffen met hoge vlampunten toepassen.
- Ontluchtingen naar buiten brengen.
- Apparatuur gesloten houden.
- Gemorst vloeistoffen direct opruimen.

6.2.2 Vermijden van zuurstof

Omgevingslucht bevat circa 21% zuurstof. Als stof gemengd wordt met lucht die minder zuurstof bevat zal het mengsel minder gemakkelijk ontstoken kunnen worden, daarnaast zal de verbranding niet optimaal verlopen waardoor een explosie minder heftig is.

6.2.3 Voorkomen van ontstekingsbronnen

6.2.3.1 Beheersmaatregelen tegen hete oppervlakken

De preventie van ontsteking van stof door hete oppervlakken, wordt meestal gerealiseerd door de oppervlaktetemperaturen van objecten te beperken tot ongeveer 75°C beneden de glimtemperatuur van stoflagen of tot 2/3 van de minimum ontstekingstemperatuur van stofwolken, waarbij de laagste van deze temperaturen bepalend is.

Beperking van de oppervlaktetemperatuur kan o.a. bereikt worden door:

- Isolatie van warme oppervlakken. De isolatie moet stofdicht worden uitgevoerd, zodat er geen stofophoping in de isolatie kan plaatsvinden.
- Beperking van de snelheid van draaiende onderdelen, toerenwachters en scheefloopbeveiliging op elevatoren.
- Lagertemperatuurbewaking op hamermolens.
- Opstellen en toepassen van preventieve onderhoudsschema's.



foto 1 / 3: Isolatiedekens versus stofdichte isolatie

6.2.3.2 Beheersmaatregelen tegen vlammen, hete gassen en gloeiende delen

Vlammen en hete gassen.

Onder open vuur en vlammen worden verbrandingsprocessen verstaan die in direct contact met de omgevingslucht plaatsvinden. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij:

- Vuurhaarden, kachels, waakvlammen, lucifers.
- Werkzaamheden als lassen, snijbranden, solderen, dakdekkerswerkzaamheden en afbranden van verf.

Open vuur en vlammen kunnen tot explosies leiden. De temperatuur en energie in een vlam zijn altijd hoger dan de minimum ontstekings temperatuur van een brandbare stof. Het vermijden van open vuur en vlammen is dus noodzakelijk. Dit kan geregeld worden door een (heet)werkvergunning en een rookverbod.

Hete gassen ontstaan met name bij droogprocessen. Vooral bij direct gestookte droogprocessen, waarbij het product direct door de afgassen wordt gedroogd, moet men bedacht zijn op hoge temperaturen dicht tegen de minimum ontstekings temperatuur van een stofwolk. Men moet zoveel mogelijk gebruik maken van indirect gestookte drogers. De drogers moeten te allen tijde bewaakt worden met een temperatuurbeveiliging die de installatie bij temperatuuroverschrijding uitschakelt. Aanvullend kan men de volgende maatregelen nemen:

- Zo min mogelijk dode hoeken en delen in de installatie waar stof kan ophopen.
- Blussysteem.

Smeulen.

Brandbaar opgehoopt stof kan onder bepaalde omstandigheden aanleiding geven tot inwendige verbranding en hoge temperaturen. De hitte kan niet snel worden afgevoerd, waardoor de temperatuur van het opgehoopte stof stijgt. Komt deze smeulende stofzone in een stofwolk terecht, dan kan een stofexplosie ontstaan.

Door een gelimiteerde aanvoer van zuurstof kan smeulend stof koolmonoxide en andere brandbare gassen ontwikkelen. Zo kan zich een explosief gasmengsel boven de stoflaag vormen. Wanneer een smeulende stofzone dit gasmengsel bereikt (bijvoorbeeld bij het legen van een bunker) kan dit ontstoken worden. Hierdoor kan opgehoopt stof op bijvoorbeeld een draagbalk verspreid worden en resulteren in een secundaire stofexplosie. Veel materialen zijn gevoelig voor spontane opwarming bij gewone omgevingstemperaturen.

Spontane opwarming kan in zekere mate beperkt worden door:

- Materiaal op te slaan in verschillende kleine ruimtes in plaats van in een grote ruimte.
- Materiaal regelmatig laten circuleren en de warmteafvoer te verbeteren.
- Inertisering (inspuiten van een ruimte met inerte gassen zoals kooldioxide).
- Materiaal opslaan bij een verlaagde temperatuur.

Bovengenoemde beveiligingen moeten fail safe worden uitgevoerd, zodat bij uitval de apparatuur een veilige stand aanneemt.

6.2.3.3 Beheersmaatregelen tegen mechanische vonken

De stortput uitvoeren met een rooster met een zo beperkt mogelijke maaswijdte. Stenen en andere ongerechtigheden en dus vonkvorming in de elevatoren worden daardoor voorkomen. Ook kan gedacht worden aan ontvangstmagneten om het ijzer op te vangen.

Ook kan er aanvullend een stenenvanger en magneten na de stortput worden geplaatst.

Bij draaiende en bewegende delen, zoals elevatoren en hamermolens kunnen mechanische vonken ontstaan. Vonkvorming kan worden voorkomen door:

- Het toepassen van niet vonkende materialen.
- Scheefloopdetectie op elevatoren.
- Omtrek- en transportsnelheden beperken tot maximaal 1 m/s bij ijzer op ijzer.
- Magnetten, stenenvangers en metaaldetectie voor hamermolens en elevatoren, eventueel in combinatie met automatische afschakeling van de installatie indien de aanwezigheid van vreemde voorwerpen wordt vastgesteld.
- Omtreksnelheden maximaal 2,5 m/s bij risico van aanslaan en aanlopen.

Slijpen en lassen aan apparatuur die in gebruik en/of niet leeg en schoon is, moet worden voorkomen. Ook moet de omgeving van de werkplek vooraf worden schoongemaakt. Bij las- en slijpwerkzaamheden in gevarenczones is een werkvergunning verplicht.

Voordat er vuurgevaarlijke werkzaamheden zoals lassen, slijpen of branden worden uitgevoerd moet voorafgaande aan de werkzaamheden schriftelijk worden vastgesteld dat een explosieve atmosfeer niet aanwezig is of kan ontstaan. De apparatuur moet dan ook uit bedrijf worden genomen, veilig gesteld en worden ontdaan van productresten volgens een Lock-Out/ Tack-out/ Try-out procedure (LOTOTO).

Dit proces wordt ook wel “de-zoneren” ofwel het tijdelijk opheffen of reduceren van de gevarenczone genoemd.

De-zoneren moet uitgevoerd worden volgens de eisen uit de NTA-7914 , door deskundig persoon worden uitgevoerd en schriftelijk worden vastgelegd.

Een goed middel daarvoor is het uitvoeren een Taak Risico Analyse (TRA) met behulp van een veiligheidskundige met ATEX ervaring samen met de procesdeskundigen uit het bedrijf waar de werkzaamheden worden uitgevoerd (zie voor verder informatie NTA 7914).



Foto 2: Slijpen in gevarenczone

6.2.3.4 Elektrotechnische beheersmaatregelen

In de onderstaande paragrafen wordt aangegeven aan welke algemene eisen de te nemen maatregelen en apparatuur moeten voldoen om tot een aanvaardbaar veiligheidsniveau te komen. De gevarenczone-indeling vereist indeling van de elektrische apparatuur in drie categorieën. Deze worden hieronder beschreven:

Categorie 1.

De apparaten bieden een zeer hoog beschermingsniveau. Zelfs bij uitzonderlijke storing (uitval) moet het apparaat het vereiste veiligheidsniveau garanderen.

Categorie 2.

De apparaten bieden een hoog beschermingsniveau. Bij gebruikelijke of frequente storingen moet het apparaat het vereiste veiligheidsniveau garanderen.

Categorie 3.

De apparaten bieden een normaal beschermingsniveau. Bij normaal gebruik moet het apparaat blijven functioneren en het vereiste veiligheidsniveau garanderen.

Relatie tussen gevarenczone en keuze apparatuur

De toepassing van de categorie is afhankelijk van de gevarenczone.

Zone 20: Categorie 1D apparatuur (EPL Da)

Zone 21: Categorie 1D of 2D apparatuur (EPL Db)

Zone 22: Categorie 1D, 2D of 3D apparatuur (EPL Dc)

Zone 0: Categorie 1G apparatuur (EPL Ga.)

Zone 1: Categorie 1G of 2G apparatuur (EPL Gb.)

Zone 2: Categorie 1G, 2G of 3G apparatuur (EPL Gc.)

NGG: Geen categorie-eis voor de apparatuur

Aan elektrische apparatuur in de handel gebracht na de inwerkingtreding van de ATEX productrichtlijnen (Atex 95 of 114), verder verwoord in het warenwetbesluit Explosieveilig materieel, en dat wordt gebruikt in ATEX-zones m.b.t. stof worden een aantal verdere eisen gesteld:

- Het elektrische materiaal moet voldoen aan de in de NEN-EN-IEC 60079 reeks gestelde eisen.
- Het elektrische materiaal moet voldoen aan de Europese richtlijn 2014/34/EU (ATEX 114).
- De toegestane temperatuurklasse wordt berekend aan de hand van de maximaal toegestane oppervlaktetemperatuur. Dit is de laagste waarde van de glimtemperatuur of de minimum ontstekings temperatuur van de stof (zie tabel 4).

Voor bescherming tegen explosieve gas/dampluchtmengsels zijn er drie categorieën en principes, die hier toegepast mogen worden. Ze worden in onderstaande overzichten weergegeven.

Aan elektrische apparatuur in ATEX-zones m.b.t. gas wordt een aantal verdere eisen gesteld. Deze zijn:

- Het elektrische materiaal moet voldoen aan de NEN-EN-IEC 60079-14: Elektrisch materiaal voor plaatsen waar gasontploffingsgevaar kan heersen – deel 14: Elektrisch installaties in gevaarlijke gebieden.
- Het elektrische materiaal moet voldoen aan de Europese richtlijn ATEX 114.

6.2.3.5 Beheersmaatregelen tegen statische elektriciteit

Aard alle opgestelde machines, blaas-, en afzuigleidingen en constructies. Ook verplaatsbare machines moeten worden geaard.

Apparaten die met de hoofdstaalconstructie zijn verbonden, zijn in principe al geaard en hoeven niet extra worden doorverbonden.

Verbind flenzen en pijpwerk door, die door pakkingen, lijm, of emallering worden gescheiden. Ook geschilderde flenzen moeten worden doorverbonden, de verf kan isolerend werken waardoor de bouten geen elektrische geleidende verbinding vormen.

Flexibele overgangen, slangen en compensatoren tussen pers- en zuigleidingen moeten worden overbrugd. Dit kan door een aparte aardedraad aan te sluiten of de inwendige versterkingsdraad aan de (metalen) leiding vast te maken.



Gebruik bij slangen langer dan 5 meter, antistatische slangen. Lange slangen met een metaalinlage kunnen gevaarlijk zijn. Het product laadt zeker bij hoge vulsnelheden snel op en kan in de slang naar de metaalinlage ontladen.

Vervang slechte en gecorrodeerde overbruggingen, deze geleiden slecht.



Elevatorbanden moeten antistatisch worden uitgevoerd. Vooral aan de grondstoffenkant is dit van belang.

Sluit na reparatie of vervanging van machines en onderdelen altijd de aarddraad weer aan en controleer de werking.

Omwikkel kunststofleidingen niet met metaalgaas.

Gebruik antistatische filters.

Laat de aarding en potentiaalvereffening ten minste eens per drie jaar door een daartoe bevoegd bedrijf controleren. Bij grote wijzigingen en verbouwingen van de installatie moet deze voor ingebruikname worden gecontroleerd.

6.2.3.6 Beheersmaatregelen tegen blikseminslag

De beheersmaatregelen tegen blikseminslag kunnen worden onderverdeeld in uitwendige en inwendige bliksembeveiliging. De uitwendige bliksembeveiliging bestaat uit een opvanginrichting, afgaande leidingen en een aardingssysteem.

De opvanginrichting (bliksembeveiliging) zorgt ervoor dat de bliksem opgevangen wordt voordat hij het object raakt. De afgaande leidingen zorgen ervoor dat de bliksemstroom buiten het object om naar de aarde wordt geleid. Het aardingssysteem zorgt er tenslotte voor dat de bliksemstroom zich goed in de bodem kan verspreiden. De opvanginrichting moet worden gecontroleerd door een erkend bedrijf.

Inwendige bliksembeveiliging bestaat uit:

- Aarding van alle metalen delen aan het aardnet.
- Het aanbrengen van overspanningsbeveiligingen op het elektrische systeem.

Daarnaast kan men bij dreigend onweer een stortverbod in de stortput overwegen; bij het storten kunnen stofwolken ontstaan die door blikseminslag kunnen worden ontstoken.

6.2.3.7 Beheersmaatregelen tegen exotherme reacties

Broei

Broei kan worden voorkomen door droge opslag en controle van het vochtgehalte van de opgeslagen grondstoffen.

Preventief:

- Controle van de bulkstoffen (van zowel de grondstoffen als het gereed product) op vochtpercentage.
- First in first out system.
- Opslag in droge overdekte gebouwen en gesloten silo's.
- Detectievoorziening door bijvoorbeeld camera's, temperatuurmetingen of koolmonoxide- en kooldioxidemeting.
- De bulkstoffen niet samendrukken en de opslaghoogte in loodsen beperken.

Het beperken van de opslaghoogte kan broei voorkomen. Zoals in paragraaf 3.5.7 aangegeven, is er een kans op broei bij vochtgehaltes > 20%. Samengevat zijn de maatregelen te verdelen in preventieve- en repressieve maatregelen.

Opmerking

Bij toepassing van een detectiesysteem via een koolmonoxidemeting moet ook een kooldioxidemeting worden aangebracht. Broei kent twee stadia; biologische en chemische broei. In het biologische stadium wordt kooldioxide gevormd. Om broei vroegtijdig te ontdekken, moet een verhoogd kooldioxidegehalte worden gedetecteerd.

Repressief:

- Broeinesten verwijderen door deze bijvoorbeeld met een shovel uit te rijden.
- Silo's blussen met kooldioxide of stikstof en vervolgens leeghalen (wees bedacht op stofexplosiegevaar door gloeiende delen in combinatie met stofwolken).

6.2.3.8. Beheersmaatregelen tegen elektromagnetische straling in het optisch gebied

Om ontsteking door gebundelde lichtstralen tegen te gaan, mag in silo's, filters en andere stof bevattende apparatuur en in gezoneerde ruimten, alleen explosieveilige verlichting worden gebruikt. Men moet in het bijzonder bedacht zijn op gebruik van niet-explosieveilige halogeenverlichting. Deze wordt heet en kan een stof-luchtmengsel ontsteken.

6.3 Te nemen organisatorische maatregelen

6.3.1 Werkzaamheden in een gezoneerd gebied

Behoudens de plaatsen waar er min of meer sprake is van continue vorming van explosieve atmosferen (zone 0/20) geeft de zoneklasse geen informatie over het moment waarop de explosieve atmosfeer kan ontstaan.

Werkzaamheden in een gezoneerd gebied mogen alleen worden aangevangen als er zeker gesteld is dat er geen explosieve atmosfeer aanwezig is of kan ontstaan en/of er geen ontstekingsbronnen aanwezig zijn of kunnen worden gevormd.

In gebieden waar de stofconcentratie hoger is dan de lower explosion level, mogen de werkzaamheden niet worden aangevangen of moeten ze onmiddellijk en zonder uitstel worden gestopt. In de praktijk is bij optredende stofwolken de lower explosion level moeilijk aan te tonen. Hou daarbij een veilige ondergrens aan. Stop de werkzaamheden bij een zicht kleiner dan 4 meter. In gezoneerde gebieden mogen werkzaamheden met een verhoogd risico zoals lassen, slijpen, open vuur, etc. slechts worden aangevangen als vooraf mogelijk risico op vrijkomen van brandbaar stof in het werkgebied is vastgesteld en aantoonbaar passende maatregelen zijn genomen om dit risico te verkleinen of uit te sluiten.

Werkzaamheden in gebieden met explosiegevaar ten gevolge van brandbare gassen of dampen:

- Een werkgebied wordt als veilig beschouwd als de gas- of dampconcentratie <10% LEL.
- Bij werkzaamheden in een zone 2 gebied moet de gas- of dampconcentratie op de werkplek regelmatig worden gecontroleerd (minimaal 2 maal per werkdag).
- Bij werkzaamheden in een zone 1 gebied moet de gas- of dampconcentratie op de werkplek continu worden gecontroleerd.
- In een zone 0 gebied mogen alleen werkzaamheden uitgevoerd worden als de bron van gas of damp weggenomen is. De gas- of dampconcentratie op de werkplek moet hierbij continu worden gecontroleerd.
- In een zone 0 of zone 1 gebied mogen werkzaamheden met een verhoogd risico zoals lassen, slijpen open vuur, etc. slechts worden begonnen, als vooraf tevens mogelijk risico op het vrijkomen van brandbare gassen of dampen in het werkgebied is vastgesteld, en passende maatregelen zijn genomen om dit risico te verkleinen of uit te sluiten.

6.3.2 Schoonmaakbeleid

Een actief schoonmaakbeleid is vastgelegd in procedures. Er moet specifiek worden gelet op:

- Stofafzettingen met een laagdikte op grote oppervlakken (vloeren, kanaaldelen en leidingen > Ø 250 mm) > 0,1 mm. Deze stofafzettingen zijn te herkennen aan zichtbare voetstappen in het stof.
- Stoflagen op hete oppervlakken, zoals stoomleidingen en thermische olieleidingen.
- Stof op elektrische installatiedelen bijvoorbeeld elektromotoren en schakelkasten.
- Stofhopen uit lekkages.
- Stofafzettingen op plaatsen waar brandgevaarlijke werkzaamheden worden verricht.

Al deze stoflagen en stofopeenhopingen moeten zo spoedig mogelijk opgeruimd worden.

Stofopeenhopingen op hete oppervlakken met een laagdikte > 5 mm moeten onmiddellijk na constatering worden opgeruimd.

6.3.3 Coördinatieverplichtingen

Voor zover van elkaar onafhankelijke personen of werkploegen tegelijkertijd en bij elkaar in de buurt werkzaam zijn, kunnen deze elkaar onverwacht in gevaar brengen. De reden voor deze gevaren ligt vooral in het feit dat de betrokkenen zich in eerste instantie alleen op hun eigen opdracht concentreren. Begin, aard en omvang van de werkzaamheden van personen in de buurt zijn vaak niet of onvoldoende bekend.

Typische gevolgen van slechte afspraken tussen eigen personeel en personeel van derden met bijzondere explosierisico's zijn:

- Personeel van derden kent het omgevingsgevaar bij de opdrachtgever en de gevolgen voor de eigen werkzaamheden niet.
- De betreffende afdelingen van het bedrijf van de opdrachtgever weten mogelijk niet dat personeel van derden in het bedrijf werkt en/of welke potentiële risico's door de uitgevoerde werkzaamheden in het bedrijf worden geïntroduceerd.
- De leidinggevenden van de opdrachtgever wordt niet verteld hoe zij en hun personeel zich moeten gedragen ten opzichte van personeel van derden.

De opdrachtgever is volgens de wettelijke bepalingen in de Arbowet en het Arbeidsomstandighedenbesluit verantwoordelijk voor de coördinatie van de uitvoering van alle maatregelen die betrekking hebben op de gezondheid en veiligheid van werknemers, alle andere werkgevers die de werkplek delen voor hun eigen werk voor de uitvoering.

Voor de coördinatie neemt de coördinator deze verplichtingen op zich, met name bij werkzaamheden in, of in verband met, explosiegevaarlijke plaatsen of bij werkzaamheden met brandbare stoffen die kunnen leiden tot een gevaarlijke explosieve atmosfeer, dient ervan te worden uitgegaan dat men elkaar in gevaar kan brengen, ook wanneer dat aanvankelijk niet duidelijk is. In geval van twijfel wordt daarom voorgesteld dat de opdrachtgever een coördinator aanstelt.

In principe heeft de werkgever c.q. zijn coördinator de taak de werkzaamheden van de betrokken werkploegen, onafhankelijk van de vraag tot welk bedrijf zij behoren, op elkaar af te stemmen. Men moet de mogelijke risico's doorzien die kunnen ontstaan doordat men elkaar in gevaar brengt en om eventueel te kunnen ingrijpen. Hij moet daarom op tijd op de hoogte zijn van de ophanden zijnde werkzaamheden.

De taken van de werkgever c.q. zijn coördinator omvatten het uitvoeren van inspecties ter plaatse en het voeren van afstemmingsgesprekken alsmede de planning, controle en eventueel nieuwe planning van arbeidsprocessen vanwege storingen in het werkproces. Normaal vermeldt de opdrachtgever als werkgever in het explosieveiligheidsdocument het doel van de coördinatie en de maatregelen en procedures voor de uitvoering ervan in een "Checklist Coördinatiemaatregelen".

6.3.4 Scholing van de werknemers

De werknemers dienen door een scholing op de hoogte te worden gesteld van de op de arbeidsplaats bestaande explosiegevaaren en de getroffen voorzorgsmaatregelen. Deze scholing moet erop wijzen hoe het explosiegevaar ontstaat, op welke plaatsen op de arbeidsplaats dit gevaar aanwezig is en de te nemen maatregelen.

Door goed geschoolde medewerkers wordt de veiligheid in het bedrijf aanmerkelijk vergroot. Mogelijke afwijkingen van het nagestreefde proces worden sneller herkend en gecorrigeerd. De scholing van de werknemers dient herhaald te worden. Ook is het raadzaam om, na afloop van de scholing, schriftelijk te toetsen of alle deelnemers de inhoud van de scholing hebben begrepen.

6.3.5 Werkprocedures en vergunningen

Het gebruik van procedures en controlelijsten voorkomt mede het ontstaan van explosieve atmosferen en het ontsteken hiervan, doordat men op een gestructureerde en controleerbare manier deze inventariseert en teniet doet. De volgende procedures en vergunningen moeten minimaal worden toegepast:

- Heetwerkvergunning/brandgevaarlijke werkzaamheden.
- Lock-Out/ Tack-out/ Try-out procedure (LOTOTO).
- Taak Risico Analyse (TRA) bij het uitvoeren van risicovolle niet alledaagse werkzaamheden aan installaties.
- Procedure werken in besloten ruimte.
- Werken aan elektrische installaties.
- Schoonmaakprocedure.
- Ontruimingsprocedure.

In de instructies moet worden vermeld welke maatregelen genomen moeten worden om een explosieve atmosfeer alsmede ontsteking hiervan te voorkomen.

6.3.6 Management of change

Verandering aan installaties, de organisatie of het proces kunnen van invloed zijn op de explosieveiligheid binnen het bedrijf. Daarom moeten, voorafgaande aan deze wijzigingen, de risico's worden beoordeeld. De volgende aandachtspunten moeten hierbij in acht worden genomen:

- Het explosieveiligheidsdocument moet zorgvuldig worden gearhiveerd en beheerd. Wijzigingen aan de installaties die invloed op de zone-indeling kunnen hebben, moeten vooraf aan een deskundige of groep van deskundigen ter beoordeling worden voorgelegd.
- Het verdient aanbeveling de gevarezone-indelingen regelmatig door een deskundige of groep van deskundigen te laten toetsen (interval een keer per jaar).
- Inspectie en onderhoud aan de elektrische installaties moeten worden uitgevoerd door een deskundig persoon, bijvoorbeeld een bevoegd NEN 3140 inspecteur.
- De inspectie in gezoneerde gebieden (ruimte met stofexplosiegevaar) moet daarbij volgens de NEN-EN-IEC 60079-17 worden uitgevoerd. De NEN-EN-IEC 60079-17 beveelt hier een interval van 3 jaar aan.

6.3.7 Onderhoud en inspecties

De explosieveiligheid wordt mede bepaald door de staat van onderhoud van de installaties en hun beveiligingen. Installaties en hun beveiligingen moeten dan ook goed en regelmatig worden onderhouden. Hierbij gelden de volgende eisen:

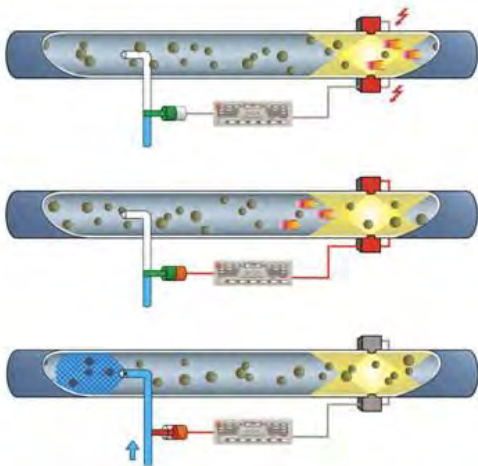
- Inspectie en onderhoud van de installaties en hun beveiligingen moet volgens de voorschriften van de leverancier worden uitgevoerd.
- Inspectie en onderhoud aan de elektrische installaties moeten worden uitgevoerd door een deskundig persoon, bijvoorbeeld een bevoegd NEN 3140 inspecteur. De inspecties van gezoneerde gebieden moet daarbij volgens de NEN-EN-IEC 60079-17 worden uitgevoerd. De NEN-EN-IEC 60079-17 beveelt hier een interval van 3 jaar aan.

6.4 Beperking van de gevolgen

6.4.1 Explosie-onderdrukking

Onder bepaalde omstandigheden kan verhindert worden dat de ontsteking van een explosief mengsel zich ontwikkelt tot een explosie. Men spreekt dan van explosieonderdrukking. Het principe van explosieonderdrukking bestaat eruit dat de ontsteking door detectoren wordt gedetecteerd en een beveiligingssysteem in werking gesteld waardoor ofwel de verbranding stopt ofwel de leiding afsluit waarin het vlamfront voortloopt. Daardoor zal de maximaal ontwikkelde explosiedruk een vooraf bepaalde waarde niet kunnen overschrijden en zal geen of slechts een beperkte schade aangericht worden. Belangrijk is hierbij op te merken dat de beschermde toestellen de verlaagde explosiedruk moeten kunnen weerstaan en eventuele verbindingen naar andere toestellen ook beschermd moeten worden. Proefondervindelijk werd vastgesteld dat de toepassing van explosieonderdrukking een doelmatige en efficiënte bescherming biedt binnen de volgende algemeen geldende grenzen (ref.: Handboek Explosiebeveiliging, Kluwer en Ten Hagen & Stam):

- Volumes tot ongeveer 1000 m³.
- Voor poeders met KST = 300 bar.m/s.



Figuur 6: Detectie en waterblussysteem (Bron: Flamex.)

6.4.2 Drukvlaste constructies

Apparatuur en installaties die in staat zijn de hoogste druk die een inwendige explosie kan veroorzaken te doorstaan zonder blijvende vervorming en zonder dat de explosie zich uitbreidt tot de omringende atmosfeer, worden drukvast genoemd. Voor ontwerp en vervaardiging kunnen de voor drukhoudende apparatuur geldende voorschriften worden gebruikt (bijvoorbeeld BS 5500).

Over het algemeen is het de regel dat grote installaties niet kunnen worden ontworpen of aangepast om weerstand te bieden aan de maximale explosiedruk. Daarom wordt deze beveiligingstechniek slechts toegepast voor relatief kleine en nieuwe installaties.

Bij explosies in aaneengesloten vaten treedt drukopbouw op, waarbij de druk heel hoog kan oplopen. De hoogte van dergelijke drukken is moeilijk te voorspellen en het is moeilijker om de apparatuur voldoende sterk te bouwen. Compartimenteringsmaatregelen zijn dan noodzakelijk.

6.4.3 Drukstootvlaste constructies

Men spreekt van een drukstootvlaste constructie als de constructie in staat is de explosie te weerstaan en te verhinderen dat die zich tot de omringende atmosfeer uitbreidt maar daarbij wel blijvend vervormd wordt. Ook voor het ontwerp en vervaardiging van dergelijke constructies kan gebruik gemaakt worden van de voor drukhoudende apparatuur geldende voorschriften.

6.4.4 Explosiedrukontlasting

Om de door een explosie in een apparaat of systeem ontwikkelde overdruk te beperken, kunnen explosieluiken en -panelen of breekplaten aangebracht worden. Deze moeten open gaan of bezwijken bij een zo lage overdruk dat hierdoor geen schade aan het apparaat of de installatie aangericht kan worden. Het principe van drukontlasting berust dus op het creëren van een zwakke plek in de te beveiligen installatie. Een apparaat dat door drukontlasting beschermd wordt, moet drukvast of drukstootvast zijn uitgevoerd ten opzichte van de gereduceerde explosiedruk.

De ontlastopening dient voldoende groot te zijn om de snelheid waarmee de druk in de installatie zal stijgen met uitstroming te kunnen compenseren. Bij het ontwerp van ontlastopeningen moet daarom o.a. aandacht besteed worden aan:

- De te verwachten snelheid waarmee de druk in de installatie stijgt ten gevolge van een stofexplosie, de $(dp/dt)_{max}$ -waarde.
- De aanspreekdruk van de ontlastvoorziening.
- De bezwijkdruk van de installatie.
- Het oppervlak van de ontlastvoorziening. Voor de berekening van deze factor werden een aantal methodes ontwikkeld (bijvoorbeeld de Duitse norm VDI 3673).

De belangrijkste ontlastconstructies zijn:

- Breekplaten zijn veruit het meest toegepaste systeem voor explosiedrukontlasting.
- Membranen die bestaan uit een raamwerk dat bespannen is met een dun plastic- of metaalfolie.
- Panelen, opgebouwd uit een stijve constructie die in een raamwerk is gevat of veerbelast is.
- Deuren of zogenaamde scharnierende panelen.

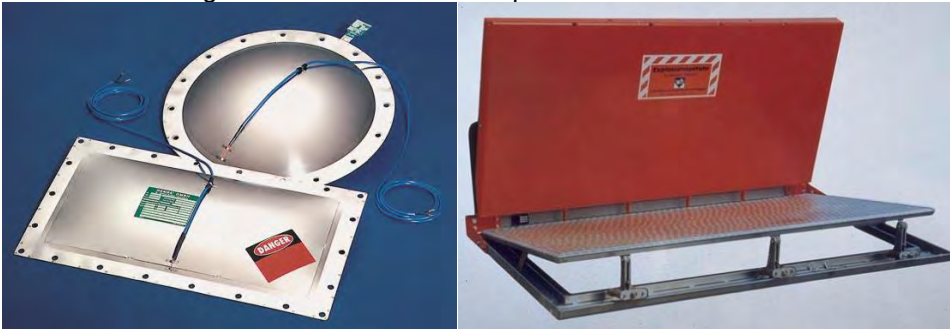


Foto 3a en 3b: Explosiepaneel en explosiedeur (bron: Handboek Win Vent 2003)

Bij explosiedrukontlasting moet rekening gehouden worden met het uittreden van hete verbrandingsgassen en brandbaar stof, vlamverschijnselen en drukontwikkeling. Mensen en installaties worden zo bedreigd. De ontlasting moet daarom zoveel mogelijk in de buitenlucht plaatsvinden en altijd in een ongevaarlijke richting zoals via het dak omhoog, niet naar bedrijfsruimten of op verkeerswegen. Indien de ontlasting niet rechtstreeks in de buitenlucht kan plaatsvinden, kan de explosiedruk mogelijk naar een veilige zone worden afgeleid via bijvoorbeeld een schouw of buis. Het aanbrengen van dergelijke afblaaskanalen heeft wel enkele nadelen:

- De doorstroming van brandend product is aan weerstand onderhevig.
- Door turbulentie in de schouw kunnen tegendrukken ontstaan die zelfs hoger kunnen zijn dan explosiedrukken.
- Niet verbrand stof-luchtmengsel kan in de schouw tot ontvlaming komen en het ontluhtingsproces verstoren.



Foto 4: Explosie in filter met drukontlasting (Bron: Handboek Win Vent 2003)

Dergelijke kanalen dienen dan ook zonder bochten en zo kort mogelijk te worden uitgevoerd. Wanneer de explosiedrukontlasting niet naar de vrije atmosfeer of naar een veilige zone kan worden geleid, kan gebruik worden gemaakt van zogenaamde vlamdovers. Dit is een vlammenfilter waarin de oppervlaktetemperatuur van de vlam verlaagd wordt tot beneden de ontstekings temperatuur van de brandstof waardoor de vlam gedoofd wordt.



Foto 5: Vlamdovers op hamermolenonderbunker

6.4.5 Scheiding en compartimentering

Installatiedelen waarin explosies kunnen optreden, dienen op ruime afstand geplaatst te worden van gebouwen, installaties of andere plaatsen waar zich veel mensen kunnen bevinden. Dit zal zeker van toepassing zijn wanneer het niet mogelijk is met voldoende zekerheid te waarborgen dat geen ontploffing optreedt en de apparatuur ook niet zo kan worden uitgevoerd dat de ontploffing te beheersen is.

Bovendien moet de installatie worden omgeven door voldoende stevige muren of wallen die verhinderen dat weggeslingerde delen schade aanrichten. De toegang tot dergelijk geïsoleerd opgestelde installatieonderdelen behoort te worden geregeld en tot het noodzakelijke te worden beperkt. In principe mogen alleen personen aanwezig zijn als er geen ontploffingsgevaar bestaat, bijvoorbeeld als de installatie buiten bedrijf is.

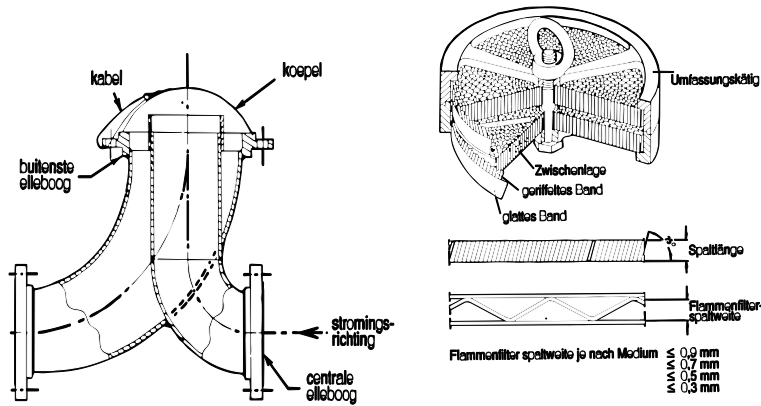
Stofexplosies kunnen zich verplaatsen van een procesonderdeel naar een ander via de verbindingsleidingen tussen de twee procesonderdelen. Kan de explosie zich verder ontwikkelen en is er voldoende brandstof en lucht aanwezig, dan zal de deflagratie steeds in snelheid toenemen. In bepaalde omstandigheden kan de deflagratie overgaan in een detonatie. Wegens de drukstoten die hierbij ontstaan moet dit worden vermeden.

Compartimentering houdt in dat de explosie in de verbindingsleiding tijdig wordt gestopt door bijvoorbeeld het sluiten van een klep of het injecteren van een blusmiddel. Voor de meeste technieken geldt dat de minimale lengte van de verbindingsleiding 6 meter moet zijn. Kortere buizen geven te weinig tijd om de noodzakelijke maatregelen te treffen.

Indien de stofexplosie van twee kanten kan komen, zijn verbindingsleidingen van minstens 12 meter noodzakelijk. De compartimentering kan gerealiseerd worden met behulp van:

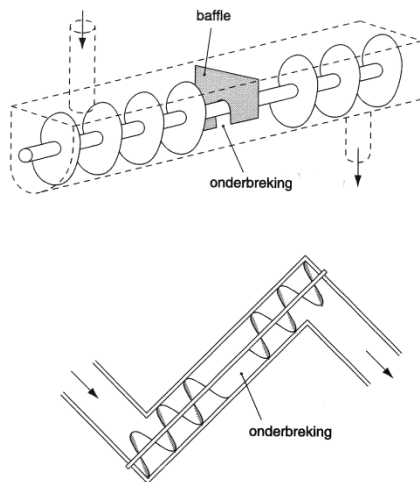
- Passieve mechanische systemen.
- Actieve mechanische systemen.
- Actieve chemische systemen.

De passieve mechanische systemen leiden de vlam af naar een veilige zone (fig.7a) of koelen de vlam af zodanig dat de ontstekings temperatuur van het onverbrande medium niet meer wordt bereikt (fig.7b).



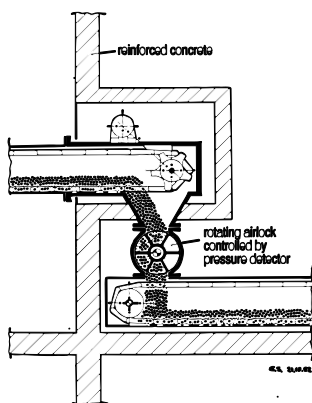
Figuur 7a: Afdelen van de vlam via explosieslot. Figuur 7b Vlamdoover (Bron: Arbeidsveiligheid nr. 36, 1998)

Men kan ook gebruik maken van de procesonderdelen, zoals doseerschroeven en draaisluizen, als isolators tegen explosiedoorslag. De massa poeder in een doseerschroef kan bij een juist ontwerp van de schroef voldoende tegendruk leveren om de explosiedruk te weerstaan. Daarvoor wordt het blad van de schroef onderbroken zodat er een soort permanente poederprop aanwezig is. Bij trogvormige schroefbehuizingen moeten de bovenkant van de trog van plaatselijk baffles voorzien worden om vlamoverslag over de schroef te voorkomen.



Figuur 8: Baffles in doseerschroef (Bron: Handboek explosiebeveiliging, Kluwer 2003)

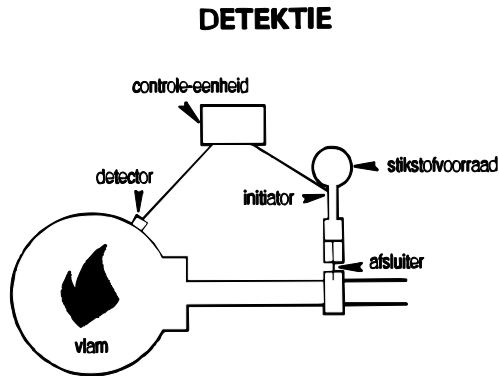
De draaisluizen fungeren als een soort vlamdoover waarbij het vlamfront van de stofexplosie wordt gesmoord in de nauwe spleten tussen de rotor en het huis van de draaisluis.



Figuur 9: Draaisluis als explosiebarrière (Bron: Arbeidsveiligheid nr. 36, 1998)

Een andere mogelijkheid is een installatieonderdeel te isoleren door zowel aan de ingang als de uitgang een klep te installeren en de sturing zo te voorzien dat steeds minstens 1 klep gesloten is.

De actieve mechanische systemen zullen na detectie in de beginfase de explosie mechanisch isoleren met behulp van bijvoorbeeld een snelafsluiter, zodat de voortplanting van de vlam verhindert wordt.



Figuur 10: Actief mechanisch systeem: explosieklep (bron: arbeidsveiligheid nr 36 1998)

De actieve chemische isolatiesystemen bestaan uit een detector, een controle-eenheid en een drukvat gevuld met een blusmiddel. Door de snelle injectie van het blusmiddel in de verbindingleiding wordt verhindert dat de vlam zich voortplant.

Dergelijke systemen worden soms toegepast bij onder andere:

- De breker- en maalinstallatie.
- De ingangsdetectie op smeulend product.

Alle systemen moeten worden voorzien van de nodige controle- en alarmeringsapparatuur om bij storingen een automatische noodstop van de installatie te kunnen realiseren.

6.4.6 Brandbestrijding

Vaak ontstaat brand ten gevolge van een explosie. De schade veroorzaakt door brand kan beperkt worden door:

- De bedrijfsgebouwen oordeelkundig in te delen in brandbestendige compartimenten.
- Te zorgen voor aangepaste en voldoende brandbestrijdingsmiddelen. Uiteraard moeten de werknemers opgeleid worden in de bediening van deze brandbestrijdingsmiddelen.
- Te zorgen voor een intern calamiteitenplan.

6.4.7 Keuze van de toe te passen preventie- en beheersmaatregelen

Welke maatregelen toepasbaar zijn, zal in de eerste plaats afhangen van de resultaten van de risicoanalyse en dus ook van de zone-indeling. Hierbij zal rekening gehouden moeten worden met de algemene preventieprincipes. Maar ook economische criteria zullen meespelen in de keuze van maatregelen.

In ieder geval zullen zowel bestaande als nieuwe bedrijven niet alleen de wettelijk opgelegde maatregelen moeten treffen, maar ook alle mogelijke organisatorische maatregelen al dan niet expliciet vermeld in de wetgeving. Niet expliciet in de wetgeving vermelde maatregelen van technische of constructieve aard, maar bijvoorbeeld opgenomen in normen of andere codes van goede praktijk zoals sectorstudies, kunnen relatief eenvoudig toegepast worden bij het ontwerp van nieuwe installaties. Dit is echter niet zo voor bestaande installaties, waar rekening gehouden zal moeten worden met technische en economische belemmeringen.

Twee factoren zijn de kostprijs en de effectiviteit van de voorgestelde maatregel. Afsluitend wordt in onderstaande tabel 15. op dit gebied een vergelijking gemaakt tussen de belangrijkste veiligheidsmaatregelen van technische aard die bestaan op het vlak van de stofexplosieveiligheid. Deze tabel geeft alleen een idee van de gemiddelde waarde van de betrouwbaarheid en de kostprijs van de beveiligingssystemen tegen stofexplosies.

Tabel 15: Overzicht van mogelijke technische explosiebeveiligingen (1= meest gunstig / 5 = minst gunstig)

Systeem	Betrouwbaarheid	Installatiekosten nieuw	Installatiekosten bestaand	Rendement
Isolatie	1	1	5	2
Opsluiting (druk(stoot)vast)	2	4	4	1
Drukontlasting	3	2	1	3
Onderdrukking	4	5	3	4
Inertisering	5	3	2	5

7 Normverwijzingen/ gebruikte literatuur

NPR-7910-1 Gevarenzone-indeling m.b.t. gasontploffingsgevaar (NEN 2020).

NPR-7910-2 Gevarenzone-indeling m.b.t. stofontploffingsgevaar (NEN 2020).

Europese richtlijn 1999/92/EG (ATEX 153) Richtlijn van het Europese Parlement en de Raad van 16 december 1999 betreffende minimumvoorschriften voor verbetering van de gezondheidsbescherming en van de veiligheid van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen.

Europese richtlijn 94/9/EG (ATEX 95) Richtlijn van het Europese Parlement en de Raad van 23 maart 1994 inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de Lidstaten betreffende apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen.

RICHTLIJN 2014/34/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen (herschikking)

Richtlijn 89/391/EEG van de Raad van 12 juni 1989 betreffende de tenuitvoerlegging van maatregelen ter bevordering van de verbetering van de veiligheid en de gezondheid van de werknemers op het werk.

76/117/EEC - Equipment for use in potentially explosive atmosphere 94/9/EC - ATEX (equipment for use in potentially explosive atmosphere).

Status report on combustible dust national emphasis program, Osha, 2009.

NEN-EN-13673-2 (en): Bepaling van de maximale ontploffingsdruk en de maximale stijging van de ontploffingsdruk van gassen en dampen - Deel 2: Bepaling van de maximale graad van stijging van de ontploffingsdruk, NEN 2005.

NEN-EN-13673-1 (en): Bepaling van de maximale ontploffingsdruk en de maximale snelheid van drukstijging van gassen en dampen - Deel 1: Bepaling van de maximale ontploffingsdruk, NEN 2003.

Bia report combustion and explosion characteristics of dusts / H Beck, N. Glinke , C Möhlmann Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit. 13/1997.

NEN –EN 1127-1 (nl): Ontploffbare atmosferen- Voorkoming van en bescherming tegen ontploffingen – deel 1: Grondbeginselen en methodologie, .

AI blad 25; Preventie van zware ongevallen door gevaarlijke stoffen, SDU uitgevers .

NPR-CLC-IEC/TR 60079-32-1(en) Explosive atmospheres - Part 32-1: Electrostatic Hazards - Guidance (IEC/TS 60079-32-1:2013, IDT)
Combustion, Irvin Glassman, Academic Press, Orlando 1987.

Explosionschutz, W. Bartknecht , Springer Verlag 1993.

WinVent 3.0: Rekenprogramma ontwikkeld door Siwek en Cesana o.a. voor bepaling fysische factoren op effectiviteit ontstekingsbronnen.

NEN-EN-IEC 60079-17: Explosieve atmosferen - Deel 17: Inspectie en onderhoud van elektrische installaties.

NTA 7914: Explosieve atmosferen – Tijdelijk gebruik van niet-ATEX-apparaten in explosiegevaarlijk gebied (NEN 2022)

8 Termen en definities

Hieronder worden de termen en definities weergegeven die in dit rapport gebruikt worden.

- Atmosferische omstandigheden: Conditie van de omgeving waar de druk kan variëren tussen 80 kPa en 110 kPa en de temperatuur tussen -20°C en +40°C en waar het zuurstofgehalte 21(±1)% (volumepercent) bedraagt.
- Beheersbare dikte: Stofafzetting die door schoon huishouden tot zodanige dikte wordt beperkt dat geen stofontploffingsgevaar in de ruimte kan ontstaan.
- BIA: Duits instituut (samenwerkend beroepsverband) voor arbeidsveiligheid. De website bevat een database met stoffen en hun eigenschappen: <http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/stoffdb/index.jsp> (zie ook voorbeelden in bijlage 4).
- Bovenste explosiegrens (UEL): Concentratie van fijn verdeeld brandbaar stof in lucht waarboven geen ontplofbaar atmosfeer wordt gevormd.
- Brandbaar stof: Fijn verdeelde brandbare vaste stof die door opwerveling in lucht onder atmosferische omstandigheden een ontplofbaar mengsel kan vormen.
- Dampdruk: Druk die wordt uitgeoefend wanneer een vaste stof of vloeistof in evenwicht is met de eigen damp, en die afhankelijk is van de stof en van de temperatuur.
- Deflagratie: Type ontploffing waarbij de verbrandingssnelheid kleiner is dan de snelheid van het geluid (340 m/s). Door de hoge temperatuur wordt de warmte voor het vlammenfront uit getransporteerd, waardoor een volgende laag tot een verbrandingsreactie komt.
- Detonatie: Type ontploffing waarbij de verbrandingssnelheid hoger is dan de snelheid van het geluid (snelheid van 1000 tot 10.000 m/s.) Bij deze snelheid worden schokgolven opgewekt. Detonaties zijn bij stofexplosies in de industrie zeer uitzonderlijk.
- De-zoneren: Alle brandbare stoffen weg nemen of reduceren zodat een explosieve atmosfeer wordt voorkomen. De te bewerken installatieonderdelen moeten vrij zijn van brandbare stoffen door deze leeg te maken en te reinigen. Tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden mogen deze stoffen niet terechtkomen op de plaats waar gewerkt wordt. Door deze maatregelen te treffen kan het gebied tijdelijk worden beschouwd als een Niet Gevaarlijk Gebied.
- Directe ontsteking: Ontsteking van een ontplofbaar stof-luchtmengsel door een actieve ontstekingsbron
- Gebied: Driedimensionale ruimte.
- Geleidbaarheid: In verband met statische lading; mate waarin een stof elektrisch stroom kan geleiden. Opmerking: Op een stof met een geringe geleidbaarheid (isolerend materiaal) kan lading accumuleren (statische oplading). Een materiaal wordt als isolerend beschouwd, als de soortelijke weerstand $10^8 \Omega \text{m}$ of de oppervlakteweerstand meer dan $10^8 \Omega$ bedraagt.
- Geleidend stof: Stof met een soortelijke weerstand kleiner dan of gelijk aan $10^3 \Omega \text{m}$.
- Gevaarlijk gebied: Gebied waarbinnen een ontplofbaar stof-luchtmengsel aanwezig is of kan zijn, waardoor speciale voorzieningen ten aanzien van ontstekingsbronnen nodig zijn.
- Gevarenbron: Plaats waar brandbaar stof kan vrijkomen (als opgewerveld stof of een stofwolk) of waar afgezet brandbaar stof (stofafzetting) kan worden opgewerveld zodat een ontplofbaar stof-luchtmengsel kan ontstaan.
 - Continue gevarenbron: Plaats waar brandbaar stof, met lucht vermengd, voortdurend of gedurende lange perioden kan vrijkomen (denk aan meer dan 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
 - Primaire gevarenbron: Plaats waarvan te verwachten is dat er regelmatig of incidenteel tijdens normaal bedrijf brandbaar stof, met lucht vermengd, kan vrijkomen (denk aan 0,1% tot 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
 - Secundaire gevarenbron: Plaats waarvan het niet te verwachten is dat er tijdens normaal bedrijf brandbaar stof, met lucht vermengd, kan vrijkomen, en indien dit vrijkomen wel gebeurt dan is dat niet frequent en gedurende korte perioden (denk aan minder dan 0,1% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
- Gevarenzone-indeling: Indeling van gevaarlijke gebieden in zones, afhankelijk van de waarschijnlijkheid van het aanwezig zijn van een ontplofbare atmosfeer.
- Glimtemperatuur (T_{glim}): De laagste temperatuur van een oppervlakte waarbij de daarop gelegen stoflaag spontaan tot ontbranding komt.

- **Hybride mengsel:** Mengsel van fijn verdeeld brandbaar stof en brandbaar gas met lucht.
Opmerking: Bij een lagere concentratie brandbaar gas dan 20% van de lower explosion level van dit gas, kan het hybride mengsel in de meeste gevallen worden beschouwd als een stof-luchtmengsel. Boven deze concentratie behoort rekening te worden gehouden met mogelijk lagere minimum ontstekings temperatuur, hogere ontploffingsdruk en grotere drukstijgsnelheid dan bij een enkelvoudig mengsel.
- **Indirecte ontsteking:** Wijze van ontsteking waarbij een stofwolk niet direct wordt ontstoken, maar waarbij de ontsteking en meestal het ontstaan van een stofwolk wordt veroorzaakt door een daaraan voorafgaand proces (bijvoorbeeld broeien, smeulen of brand).
- **K_{st}-waarde van brandbaar stof:** Maximale drukstijgsnelheid van het meest ontplofbare stof-lucht mengsel in een bolvormige volume van 1m³.
- **Maximum explosiedruk van brandbare stof (p_{max}):** Hoogste druk die ontstaat bij een ontploffing in een afgesloten ruimte, die geheel met het mengsel met de optimale concentratie van de desbetreffende stof en lucht is gevuld.
- **Minimum ontstekingsenergie van een brandbaar mengsel (MOE):** Kleinste energiehoeveelheid van een capacitieve elektrische ontlading die in staat is om een mengsel met een optimale concentratie van stof met lucht te ontsteken.
- **Minimum ontstekings temperatuur (MOT):** De laagste temperatuur van een verhit verticaal oppervlak dat het daarmee in contact komende mengsel van stof en lucht met een optimale concentratie nog juist ontsteekt.
- **Migrerend stof:** Stofdeeltjes die zo klein zijn en bestaan uit materiaal met een zo lage dichtheid, dat dit stof zich over de gehele ruimte verspreidt.
- **Niet gevaarlijk gebied (NGG):** Gebied waarbinnen geen ontplofbare atmosfeer wordt geacht voor te komen in zodanige mate, dat speciale voorzieningen ten aanzien van ontstekingsbronnen nodig zijn.
- **Normaal bedrijf:** Situatie waarin het materieel binnen zijn ontwerp parameters werkt.
- **Omvang van de zone:** Afstand in elke richting van de rand van de gevaarbron tot het punt waar het gevaar, gerelateerd aan de desbetreffende zone, geacht wordt niet meer te bestaan.
- **Ontplofbare atmosfeer:** Mengsel van brandbare stoffen in de vorm van poeder, stof, gruis of vezels, met lucht, onder atmosferische omstandigheden, waarin na ontsteking de verbranding zich verspreidt door het gehele onverbrande mengsel.
- **Onderste explosie grens (LEL):** Concentratie van fijn verdeeld brandbaar stof in lucht waaronder geen ontplofbare atmosfeer wordt gevormd.
- **Primaire stofafzetting:** Plaats waar afgezet brandbaar stof door regelmatig verwijderen niet langdurig aanwezig is (denk aan 0,1% tot 10% van de bedrijfsduur van de installatie van de installatie of van de duur van een activiteit).
- **Relatieve dampdichtheid:** Verhouding van de massa van een bepaald volume gas (damp) tot die van eenzelfde volume lucht bij gelijke temperatuur en druk.
- **Schoon huishouden:** Het regelmatig controleren en verwijderen van stofafzettingen.
- **Smeul temperatuur:** Laagste temperatuur van een horizontaal oppervlak waarbij een op dat oppervlak afgezette laag stof van 5mm dikte gaat smeulen.
- **Stof:** Kleine vaste deeltjes (< 0,5 mm) in de atmosfeer die daaruit door hun eigen gewicht neerslaan, maar eerst enige tijd in de lucht kunnen blijven zweven (inclusief vezels, stof en gruis zoals gedefinieerd in ISO 4225).
- **Stofwolk:** Opgewerveld stof.
- **Suspensie:** Heterogeen mengsel van een vaste stof in een vloeistof, er zweven kleine vaste stofdeeltjes in de vloeistof. De vloeistof is troebel.
- **Turbulentiegraad:** Mate van luchtwisselingen tussen ruimten onderling. De turbulentiegraad speelt vooral een rol bij de verdunning van brandbare dampen en gassen.
- **Ventilatie**
 - **Kunstmatige plaatselijke ventilatie:** Luchtverversing ter plaatse van en specifiek voor een bepaalde gevaarbron, zoals de luchtverversing in een apparaatomkasting of een puntafzuiging. Kunstmatige plaatselijke ventilatie is zo uitgevoerd dat voldoende luchtsnelheid wordt gegenereerd om ter plaatse vrijkomend stof mee te voeren. Hierbij wordt onder andere rekening gehouden met de impuls van het vrijkomende stof, de vorm, de deeltjesgrootte, de deeltjesgrootte-verdeling en de soortelijke massa van dat stof.
 - **Goed uitgevoerde en absoluut gewaarborgde ventilatie:** Wanneer ontplofbare mengsels aanwezig kunnen zijn, moet een geheel van het openbare net onafhankelijke energievoorziening, waarop bij storting van het openbare net automatisch wordt omgeschakeld, te allen tijde voorhanden is. De ventilatie-installatie behoort dubbel te zijn uitgevoerd, zoals omschreven onder extra waarborgen.

- Goed uitgevoerde ventilatie met extra waarborgen: De continuïteit van de ventilatie is gewaarborgd door het dubbel uitvoeren van de ventilatie-installatie, waarbij de energie van twee verschillende verdeelinrichtingen wordt betrokken. Eén installatie behoort steeds in bedrijf te zijn, de tweede in reserve. Uitval van de in werking zijnde ventilator start automatisch de reserve; tevens geeft deze situatie aanleiding tot een alarm, waarna de eerste installatie direct wordt hersteld. Indien ook de reserve-installatie weigert, volgt afschakeling van alle niet-explosieveilige elektrische apparatuur, alsmede van eventuele andere ontstekingsbronnen in de betrokken ruimten. De aanwezigheid van de luchtstroom wordt rechtstreeks bewaakt.
- Vlampunt: Laagste vloeistoftemperatuur waarbij onder zekere genormaliseerde omstandigheden uit een vloeistof dampen in een zodanige hoeveelheid worden afgegeven dat een brandbaar gasmengsel van damp en lucht kan worden gevormd.
- Zelfontstekingstemperatuur: Laagste temperatuur van een verhit oppervlak waarbij, onder gespecificeerde omstandigheden, ontsteking van een brandbare stof in de vorm van een gas- of dampmengsel met lucht zal plaatsvinden.
- Zones: Ingedeelde gebieden, gebaseerd op frequentie en duur van de potentiële aanwezigheid van ontplofbare atmosfeer (stofafzettingen worden ook in de beschouwing meegenomen).
- Zone 20: Gebied waarbinnen tijdens normaal bedrijf een ontplofbaar stof-luchtmengsel voortdurend of gedurende lange perioden aanwezig is (denk aan meer dan 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
- Zone 21: Gebied waarbinnen tijdens normaal bedrijf de kans op aanwezigheid van een ontplofbaar stof-luchtmengsel groot is ten gevolge van vrijkomen uit een gevarenbron en/of opwerveling van gedurende langere perioden aanwezig afgezet stof (denk aan 0,1% tot 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
- Zone 22: Gebied waarbinnen tijdens normaal bedrijf de kans op aanwezigheid van een ontplofbaar stof-luchtmengsel gering is en waar dergelijke mengsels slechts kortstondig kunnen bestaan ten gevolge van vrijkomen uit een gevarenbron en/of opwerveling van gedurende langere perioden aanwezig afgezet stof (denk aan minder dan 0,1% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
- Zone 0: Gebied waarbinnen een explosieve gasatmosfeer voortdurend of gedurende lange perioden of regelmatig aanwezig is. (denk aan meer dan 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
- Zone 1: Gebied waarbinnen de aanwezigheid van een explosieve gasatmosfeer bij normaal bedrijf af en toe te verwachten is (denk aan 0,1% tot 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).
- Zone 2: Gebied waarbinnen de aanwezigheid van een explosieve gasatmosfeer bij normaal bedrijf onwaarschijnlijk is en waarbinnen een dergelijke gasatmosfeer, indien aanwezig, slechts zelden en gedurende een korte periode zal bestaan stof (denk aan minder dan 10% van de bedrijfsduur van de installatie van een installatie of van de duur van een activiteit).



adres Braillelaan 9
2289 CL Rijswijk

t +31 (0) 85 77 319 73

info@graancao.nl
www.graancao.nl



@Nevedi



[LinkedIn Nevedi](#)