

HANDREIKING EXPLOSIEVEILIGHEID

KOELINSTALLATIES EN WARMTEPOMPEN

ONTWERP EN BEOORDELING VAN EXPLOSIERISICO'S BIJ BRANDBARE KOUDEMIDDELEN

Deze handreiking geeft een toelichting op het beoordelen van explosiegevaar bij koelinstallaties en warmtepompen met brandbare koudemiddelen, met focus op ontwerpkeuzes in geval van lekkage.

Versie november 2026
Uitgegeven door: NVKL

Dit document is bedoeld als ondersteuning en vervangt geen wet- en regelgeving of fabrikantvoorschriften.

Dit document is opgesteld door NVKL met medewerking van experts uit de sector

Nederlandse vereniging voor ondernemingen op het gebied van koudetechniek en luchtbehandeling
Korenmolenlaan 4, 3447 GG Woerden, 088 - 40 08 490, info@nvkl.nl, www.nvkl.nl



VOORWOORD

Deze handreiking is ontwikkeld door een werkgroep van experts uit de sector, met brede praktijkervaring in het ontwerpen en realiseren van koelinstallaties en warmtepompen met brandbare koudemiddelen. De inhoud is tot stand gekomen op basis van actuele wet- en regelgeving, praktijkrichtlijnen en de inzichten uit het vakgebied.
De focus van deze handreiking ligt op het ontwerp van koelinstallaties volgens EN378.

Het doel is om ontwerpers, adviseurs en installateurs te ondersteunen bij het maken van veilige keuzes en het voldoen aan de geldende eisen rondom explosieveiligheid. De handreiking geeft informatie over risicoanalyse, ventilatie, zone-indeling en documentatie, zodat veilig werken met brandbare koudemiddelen zoals R290 mogelijk wordt gemaakt.
Let op: Raadpleeg altijd de gebruikshandleiding van de leverancier van de apparatuur. De instructies en veiligheidsmaatregelen van de fabrikant zijn leidend en dienen te allen tijde gevolgd te worden. Deze handreiking is bedoeld als aanvulling en ondersteuning, niet als vervanging van product specifieke voorschriften.

Wij hopen dat deze handreiking bijdraagt aan een veilige en verantwoorde toepassing van koelinstallaties met brandbare koudemiddelen.
Dit document is zowel voor koelinstallaties als voor warmtepompen van toepassing.

HANDREIKING EXPLOSIEVEILIGHEID
KOELINSTALLATIES EN WARMTEPOMPEN

Nederlandse vereniging voor ondernemingen op het gebied van koudetechniek en luchtbehandeling
Korenmolenlaan 4, 3447 GG Woerden, 088 - 40 08 490, info@nvkl.nl, www.nvkl.nl

INHOUD

VOORWOORD 2
INLEIDING 4
1. WETTELIJK KADER 5
2. EXPLOSIEGEVAAR BIJ KOELINSTALLATIES 6
2.1 INLEIDING 6
2.2 BRAND- EN EXPLOSIEPREVENTIE VOLGENS EN 378 6
2.3 STAPPEN BIJ EXPLOSIEVEILIG ONTWERP 7
2.3.1 START MET EEN RISICOANALYSE 7
2.3.2 BEOORDEEL DE DICHTHEID VAN DE INSTALLATIE 7
2.3.3. IDENTIFICEER GEVARENBRONNEN (MOGELIJKE LEKKAGEPUNTEN) 7
2.3.4. BEPAAL HET POTENTIELE LEKDEBIET 7
2.3.5 BEOORDEEL DE VENTILATIECONDITIES 8
2.3.6 VOER DE GEVARENZONE INDELING UIT 8
2.3.7 BEPAAL VEILIGHEIDSAFSTANDEN 8
2.3.8 CONTROLEER HET ONTWERP OP ONTSTEKINGSBRONNEN 8
2.3.9 LEG ALLE KEUZES EN BEREKENINGEN VAST IN DOCUMENTATIE 8
3. BEOORDELING VAN EXPLOSIEGEVAAR 9
3.1 DICHTHEID VAN APPARATUUR 9
3.1.1 TECHNISCH DICHT (NORMAAL DICHTE APPARATUUR) 9
3.1.2 DUURZAAM TECHNISCH DICHTE APPARATUUR 9
3.2 GEVARENBRONNEN 9
3.3 BEPALING VAN HET POTENTIELE LEKDEBIET 10
3.4 VENTILATIE 10
3.4.1 ALGEMEEN 10
3.4.2 BESCHIKBAARHEID VAN VENTILATIE 10
3.4.3 VENTILATIE VAN SYSTEMEN IN OMKASTINGEN 11
3.5 GEVARENZONE – INDELING 12
3.5.1 GEVARENZONES 12
3.5.2 GEVARENZONES BIJ SYSTEMEN IN EEN GEVENTILEERDE OMKASTING 13
3.6 OMVANG VAN DE GEVARENZONE 14
3.6.1 ZONE AFMETING 15
3.6.2 VOORBEELDEN 17
3.7 ONTSTEKINGSBRONNEN 18
3.8 MARKERING EN DOCUMENTATIE 18
BIJLAGE 1 WET- EN REGELGEVING 19
BIJLAGE TOELICHTING LEL 21

INLEIDING

Bij het ontwerpen en plaatsen van koelinstallaties die werken met brandbare koudemiddelen, is explosieveiligheid een aandachtspunt. Brandbare koudemiddelen, zoals R-290 (propaan), R-600 (butaan) en R-600a (iso-butaan), brengen specifieke risico's met zich mee die tijdens het hele traject , van ontwerp tot installatie, zorgvuldig moeten worden beheerst.
Deze handreiking helpt installateurs en ontwerpers om een veilig ontwerp te maken en te werken volgens de geldende wet- en regelgeving, zoals de Arbowet, Machine Richtlijn, PED, ATEX-richtlijnen . Hierbij wordt gebruik gemaakt van relevante normen zoals de normenreeks EN 378 en praktijkrichtlijnen als NPR 7600, NPR 7910-1 en NEN-EN-IEC 60079-10-1.
Deze handreiking richt zich op het ontwerp van installaties, die niet voldoen aan EN 60335-serie. Voor warmtepompen en airconditioners die wel voldoen aan deze productstandaard en voorzien zijn van CE-markering, is het uitgangspunt dat er geen aanvullende maatregelen ten aanzien van explosieveiligheid voor het product genomen moeten worden.

De geleverde apparatuur moet voorzien zijn van duidelijke installatievoorschriften met aandacht voor explosiegevaar, mogelijke veiligheidsafstanden en een deugdelijke gebruikershandleiding.

IN DEZE HANDREIKING WORDT INGEGAAN OP:

- wettelijk kader
- lekdichtheid van installaties
- ventilatie
- gevarenzone-indeling
- veiligheidsafstanden
- markering en documentatie

1. WETTELIJK KADER

Het ontwerp van koelinstallaties met brandbare koudemiddelen valt onder een breed wettelijk kader. Hoewel de fabrikant niet verantwoordelijk is voor de gebruiksfase, moet hij wel voldoen aan alle wettelijke eisen die gelden tijdens ontwerp en fabricage. Daarnaast is de fabrikant verplicht bepaalde documentatie te leveren.

De fabrikant moet daarom tijdens het ontwerp:

- duidelijk aangeven welke risico's samenhangen met het gekozen koudemiddel, de drukapparatuur en de elektrische componenten;
- informatie meegeven over mogelijke lekscenario's, ventilatie-eisen, maximale vullingen en veiligheidsafstanden;
- specificeren welke maatregelen nodig zijn om explosie- of gezondheidsrisico's te voorkomen;
- documentatie aanleveren die een veilige installatie, ingebruikname en exploitatie ondersteunt.

De installateur moet de installatie plaatsen en in bedrijf stellen conform de documentatie van de fabrikant. Hij moet de installatie uitvoeren volgens de specificaties en veiligheidsvoorwaarden die door de fabrikant zijn vastgesteld en beoordelen of de opstellingsruimte, ventilatie en veiligheidsafstanden in de praktijk voldoen aan de eisen zoals vastgelegd in de documentatie van de fabrikant en de van toepassing zijnde wet- en regelgeving.

Daarnaast moet hij de gebruiker instrueren over veilig gebruik, controles en onderhoud en informatie aanleveren voor het explosieveiligheidsdocument (EVD) dat opgesteld moet worden door de gebruiker.
In bijlage 1 staan de wet- en regelgeving, richtlijnen en normen die relevant zijn voor de veiligheid bij koelinstallaties met brandbare koudemiddelen.

2. EXPLOSIEGEVAAR BIJ KOELINSTALLATIES

2.1 INLEIDING

Bij koelinstallaties met brandbare koudemiddelen kan in geval van lekkage een explosieve atmosfeer ontstaan. Dit gebeurt wanneer het gas zich mengt met lucht in een concentratie tussen de onderste explosiegrens (LEL) en de bovenste explosiegrens (UEL). De LEL is de laagste concentratie waarbij een gas kan ontsteken.

De Arbowet hanteert als veiligheidsgrens 10% van de LEL. Dit betekent dat maatregelen erop gericht moeten zijn te voorkomen dat de koudemiddelconcentratie in de omgeving van een mogelijke ontstekingsbron boven deze 10%-waarde komt.

Ontwerpmaatregelen hebben tot doel het risico op ontsteking van brandbare koudemiddelen te minimaliseren.

Dit gebeurt door:
- beperken van de inhoud;
- lekkages te voorkomen;
- eventuele lekkages snel te verdunnen of af te voeren;
- ontstekingsbronnen te vermijden of te beveiligen,

Deze handreiking richt zich op het beoordelen van explosierisico's in het ontwerp van koelinstallaties in geval van lekkage. De maximale koudemiddelvulling maakt eveneens onderdeel uit van het ontwerp, maar valt buiten de scope van deze handreiking. De daarvoor geldende limieten zijn vastgelegd in EN 378-1:2016, bijlage C, en NPR 7600:2020.

2.2 BRAND- EN EXPLOSIEPREVENTIE VOLGENS EN 378

Artikel 6.2.14 van NEN EN 378-2:2016 vormt het uitgangspunt voor de beoordeling van brand en explosiegevaar bij koelinstallaties met brandbare koudemiddelen. Dit artikel vereist dat het explosiegevaar expliciet wordt beoordeeld. De uitwerking hiervan, waaronder de beoordeling van de dichtheid van apparatuur, gevarenbronnen, het potentiële lekdebiet, ventilatie, gevarenzone indeling, veiligheidsafstanden en ontstekingsbronnen, is in deze leidraad uitgewerkt in paragrafen 3.1 t/m 3.7.

Voor warmtepompen en airconditioners voor huishoudelijke en soortgelijke toepassingen geldt EN 60335-2-40.

Deze norm verwijst naar:
- NEN EN IEC 60079-14 (ontwerp, keuze en opstelling van elektrische installaties),
- NEN EN IEC 60079-15 (beschermingswijze 'n').

Installaties binnen het toepassingsgebied van EN 60335 series worden geacht aan de eisen van EN 378-2 (paragraaf 6.2.14) te voldoen.

Paragraaf 6.2.14 stelt dat installaties die werken met brandbare koudemiddelen zodanig ontworpen moeten zijn dat gelekt gas niet kan stromen of blijven hangen op locaties waar onderdelen zich bevinden die warmte of vonkvorming kunnen veroorzaken.

Dit geldt zowel:
- onder normale bedrijfsomstandigheden,
- als bij het optreden van een koudemiddellek.

Om te bepalen of zich ontstekingsbronnen bevinden op plaatsen waar gas kan lekken of blijven hangen, moet worden gebruikgemaakt van NEN EN IEC 60079-10-1.

Deze norm helpt bij het bepalen van:
- de ligging van een gevarenzone,
- de grootte van de zone,
- de ventilatiecondities

Blijkt uit de analyse dat de installatie elektrische of mechanische onderdelen bevat die een ontstekingsbron kunnen vormen binnen een gevarenzone, dan moet de fabrikant maatregelen nemen.

Dit kan door:
- het explosieveilig uitvoeren van apparatuur,
- het verplaatsen van de ontstekingsbron buiten de zone.

Apparatuur vormt geen ontstekingsbron wanneer deze:
1. buiten de mogelijke brandbare zone (gevarenzone) is geplaatst, **of**
2. voldoende wordt geventileerd, zodanig dat de concentratie van koudemiddel bij de apparatuur nooit boven 10% van de LFL komt **of**
3. voldoet aan de eisen voor explosieveilige apparatuur voor zone 2 of zone 1 zoals genoemd in artikel 3.5e van het Arbeidsomstandighedenbesluit, **of**
4. voor elektrische apparatuur: wanneer de maximale energie van een vonk of vlamboog in het circuit te laag is om de laagst brandbare concentratie van het gebruikte koudemiddel te ontsteken.

Opmerking:
Artikel 6.2.15 hanteert een waarde van 50% van de LFL voor ventilatie. In Nederland hanteert de Arbowet 10% van de LFL.

2.3 STAPPEN BIJ EXPLOSIEVEILIG ONTWERP

In deze paragraaf wordt op hoofdlijnen de route beschreven die gevolgd moet worden bij het ontwerp van de koelinstallatie. In figuur 1 staan de stappen vermeld. In hoofdstuk 3 zal hier dieper op in gegaan worden.

2.3.1 START MET EEN RISICOANALYSE

Het ontwerp moet gemaakt worden door een competent persoon volgens ISO 22712. Allereerst moet er een risico-beoordeling gemaakt worden. In deze beoordeling moeten alle relevante gevaren worden benoemd. Ook moet hij aangeven welke maatregelen nodig zijn om ervoor te zorgen dat het risico aanvaardbaar is — zowel in het ontwerp als tijdens de hele levensduur van de apparatuur. Breng mogelijke risico's in kaart, zoals lekpunten, ontstekingsbronnen en ventilatiecondities. De uitkomsten bepalen welke maatregelen in het ontwerp noodzakelijk zijn. NEN EN ISO 12100:2010 beschrijft hoe de risicoanalyse uitgevoerd kan worden.

2.3.2 BEOORDEEL DE DICHTHEID VAN DE INSTALLATIE

Onderzoek of het systeem:

- duurzaam technisch dicht, of
- technisch dicht (normaal dicht)

De mate van dichtheid bepaalt of gevarenbronnen aanwezig kunnen zijn en beïnvloedt de kans op een explosieve atmosfeer. Zie ook § 3.1.

2.3.3. IDENTIFICEER GEVARENBRONNEN (MOGELIJKE LEKKAGEPUNTEN)

Breng alle componenten in kaart waar koudemiddel kan ontsnappen, zoals flenzen, afsluiters, kranen, compressoren en afblaasleidingen. Deze gevarenbronnen vormen de basis voor verdere berekeningen en zone indeling.

2.3.4. BEPAAL HET POTENTIELE LEKDEBIET

Gebruik hiervoor:

- NEN EN IEC 60079-10-1, Bijlage B (gatdiameters en rekenmethoden), of
- De leksimulatieproef uit EN 378:2 2016, Bijlage I. Een leksimulatieproef laat gecontroleerd koudemiddel vrijkomen onder de meest ongunstige omstandigheden om te controleren of de concentratie onder 50% van de LFL blijft.

Het lekdebiet bepaalt hoe groot en hoe snel een gaswolk zich kan vormen.

2.3.5 BEOORDEEL DE VENTILATIECONDITIES

Ventilatie beïnvloedt direct of er een explosieve atmosfeer kan ontstaan en hoe groot die wordt.

Bepaal of de ventilatie:

- natuurlijk is of mechanisch,
- bij mechanische ventilatie, of er sprake is van matig, voldoende of goede beschikbaarheid.,
- bij mechanische ventilatie of de ventilatie enkelvoudig of dubbel uitgevoerd is.

Dit heeft grote invloed op de zoneklasse (0/1/2) en de zoneafmeting.

2.3.6 Voer de gevarenzone-indeling uit

Op basis van:

- gevarenbronnen,
- lekdebiet,
- ventilatie,
- opstellingscondities,

worden de zones bepaald volgens NEN EN IEC 60079-10-1 of NPR 7910-1. Op basis hiervan wordt vastgesteld welke apparatuur geschikt is voor deze zones (ATEX categorie).

Ook als er geen zones ontstaan (NGG of NE), moet dit goed worden onderbouwd en gedocumenteerd.

2.3.7 Bepaal veiligheidsafstanden

Bereken de benodigde veiligheidsafstanden via de rekenmethoden uit NEN EN IEC 60079-10-1.

geldt onder andere voor:

- afblaasleidingen,
- uitstromingsopeningen,
- geventileerde omkastingen.

2.3.8 Controleer het ontwerp op ontstekingsbronnen

Breng alle elektrische en mechanische componenten in kaart die een ontstekingsbron kunnen vormen.

Bepaal per locatie of:

- ATEX geschikte apparatuur nodig is, of
- de bron buiten de zone kan worden geplaatst, of
- er maatregelen nodig zijn om ontsteking te voorkomen.

2.3.9 Leg alle keuzes en berekeningen vast in documentatie

Documenteer:

- risicoanalyse,
- zone-indeling,
- berekeningen voor ventilatie en lekdebiet,
- veiligheidsafstanden,
- toegepaste maatregelen en ontwerpkeuzes.

Deze informatie moet worden aangeleverd aan de opdrachtgever voor het explosieveiligheidsdocument (EVD).

Stappenplan explosieveilig ontwerp

1. **Start met een risicoanalyse**
   Begin met een beoordeling van gevaren en maatregelen gedurende de levensduur
2. **Beoordeel dichtheid van de installatie**
   Onderzoek de mate van dichtheid van het systeem
3. **Identificeer gevarenbronnen**
   Breng mogelijke lekkagepunten in kaart
4. **Bepaal het potentiële lekdebiet**
   Bereken de grootte van het mogelijke lek
5. **Beoordeel de ventilatiecondities**
   Ga na welke ventilatiemogelijkheden aanwezig zijn
6. **Voer de gevarenzone-indeling uit**
   Bepaal de zones rondom de gevarenbron
7. **Bepaal de omvang van de gevarenzone**
   Bereken de afstand vanaf de gevarenbronnen tot de grens van de gevarenzone
8. **Controleer het ontwerp op ontstekingbronnen**

3. BEOORDELING VAN EXPLOSIEGEVAAR

Voor koelinstallaties met brandbare koudemiddelen moet worden beoordeeld of er gevaar is voor explosie. Deze beoordeling en indeling gebeurt volgens de norm NEN-EN-IEC 60079-10-1 of de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 7910-1. Het uitgangspunt in deze handreiking is dat koelinstallatie/warmtepomp niet wordt opgesteld in een gevaarlijk gebied, maar gevarenbronnen heeft die aanleiding kunnen geven tot een mogelijk explosieve atmosfeer. De koelinstallatie kan zelf een explosieve atmosfeer veroorzaken.

3.1 DICHTHEID VAN APPARATUUR

Het risico op een explosieve atmosfeer wordt verkleind door de dichtheid van de installatie. De dichtheid wordt beschreven in EN1127-1 Annex B, Tightness of equipment. Annex B introduceert een classificatie van apparatuur op basis van de mate van dichtheid.

Daarin is er een onderscheid tussen twee soorten apparatuur:

- Technisch (Normaal) dichte apparatuur: hierbij zijn onder normaal bedrijf geen gevaarlijke lekkages te verwachten. Alleen bij een storing kan er mogelijk een kleine hoeveelheid brandbare stof vrijkomen.
- Duurzaam technisch dichte apparatuur : hierbij zijn gedurende de levensduur van de installatie ook onder abnormale bedrijfsomstandigheden en bij storingen de kans op lekkages verwaarloosbaar klein, dankzij goed ontwerp en onderhoud.

3.1.1 TECHNISCH DICHT (NORMAAL DICHTE APPARATUUR)

Bij technisch dichte apparatuur is tijdens normaal gebruik geen lekkage te verwachten. Als er toch iets vrijkomt, is dat zeldzaam en van korte duur. Deze apparatuur voldoet alleen als technisch dicht als:

1. Het zo is opgebouwd dat het normaal dicht blijft dankzij het ontwerp voor de specifieke toepassing aangegeven door de fabrikant van de apparatuur.
2. Wanneer één van de dichtheidstests of dichtheidsmonitoringen/controles geschikt voor de toepassing, bijvoorbeeld door het gebruik van schuim-producerende middelen of lekdetectoren of indicatoren, geen duidelijke lekkages aan het licht brengt

Voorbeelden van normaal dichte apparatuur:

- Flensverbindingen met een gladde afdichting, zonder speciale eisen.
- Pompen met slechts één keerring om lekkage tegen te gaan.
- Schroefdraadverbindingen die drukdicht zijn gemaakt met een geschikt afdichtmiddel (zoals schroefdraden volgens NEN-EN 10226).

3.1.2 DUURZAAM TECHNISCH DICHTE APPARATUUR

Duurzaam technisch dichte apparatuur is zo ontworpen dat er tijdens de hele levensduur geen lekkage optreedt. Zelfs bij storingen wordt geen gevaarlijke situatie verwacht.

Deze apparatuur is alleen 'duurzaam technisch dicht' als:

- Het ontwerp ervoor zorgt dat de installatie hermetisch dicht blijft bij normaal gebruik, zoals bedoeld door de fabrikant.
- Dit ook aantoonbaar blijft tijdens normaal gebruik én bij te verwachten storingen, bijvoorbeeld via goed en gedocumenteerd onderhoud.

Apparatuur valt hieronder als er door goed ontwerp, betrouwbare constructie, goed onderhoud en goede werking vrijwel geen kans is op lekkage – zelfs bij storingen. Als een passende lektest of controle geen lek aantoont, dan wordt de apparatuur als duurzaam technisch dicht beschouwd.

Voorbeelden van apparatuur die 'duurzaam technisch dicht' zijn, zijn:

- Gelaste apparatuur en hardsoldeerverbindingen;
- Asdoorvoeringen waarbij lekkage is uitgesloten door een speciale pakkingbusconstructie (bijv. dubbel 'seal' met inert gas onder overdruk in de ruimte tussen de 'seals', of zelfnastellende seals)

3.2 GEVARENBRONNEN

De mate van dichtheid van de installatie bepaalt in hoeverre het vrijkomen van koudemiddel kan worden verwacht. Indien een installatie niet als duurzaam technisch dicht kan worden aangemerkt, moeten de plaatsen waar koudemiddel kan ontsnappen worden beschouwd als potentiële gevarenbronnen. Koudemiddelen kunnen op verschillende manieren vrijkomen, bijvoorbeeld via lekkende afdichtingen, flenzen, afsluiters en uit afblaasleidingen. Bij koelinstallaties en warmtepompen komt koudemiddel normaal gesproken niet vrij tijdens normaal gebruik. Als dit wel gebeurt, is dat meestal door een storing. De plekken waar brandbare stoffen kunnen vrijkomen, noemen we gevarenbronnen. De hoeveelheid die daar kan lekken (het lekdebiet) bepaalt mede hoe groot de gevarenzone is.

Gevarenbronnen zijn plaatsen waar brandbare gassen of dampen kunnen ontsnappen. Ze worden verdeeld

in drie typen:

1. Continue gevarenbron – Hierbij lekt er voortdurend gas of damp. Komt zelden voor in koelinstallaties.
2. Primaire gevarenbron – Hierbij is er af en toe lekkage tijdens normaal gebruik. Ook deze komt zelden voor bij koelinstallaties.
3. Secundaire gevarenbron – Hierbij is lekkage tijdens normaal gebruik niet waarschijnlijk, maar kan het wel een korte tijd gebeuren bij een storing.

In koelinstallaties en warmtepompen gaat het meestal om secundaire gevarenbronnen.

Voorbeelden daarvan zijn:

- Flenzen, schroefverbindingen en koppelingen
- Kranen en afsluiters (met een enkele afdichting)
- Pompen en compressoren
- Afdichtingen ('seals') van roterende assen die normaal gesloten zijn

3.3 BEPALING VAN HET POTENTIELE LEKDEBIET

Voor 'technisch dichte' apparatuur en installaties moet het lekdebiet van de te verwachte storingen worden bepaald. Het lekdebiet is afhankelijk van de gatgrootte van de potentiële lekbron en de druk van het koudemiddel.
In NPR 7910-1:2021 is er een indeling in twee grootten:

1) Kleine bronnen met een debiet van circa 1 g/s
2) Grote bronnen met een debiet tussen circa 1 g/s en circa 10 g/s.

Bij koelinstallaties die werken met brandbare koudemiddelen moet op basis van de vereenvoudigde methode uit de NPR 7910-1 worden uitgegaan van een lekdebiet van 1-10 g/s. Deze benadering leidt tot resultaten die in de praktijk onwenselijke consequenties (bijv. grote ventilatiebehoefte, grote zone) kunnen hebben en daarom is het beter om gedetailleerde op de specifieke situatie toegesneden berekeningen of proeven uit te voeren, zoals beschreven in 2.3.4. van deze handreiking.

Voor het berekenen van het lekdebiet wordt bijlage B uit NEN-EN-IEC-60079-10-1 gebruikt. In Tabel B1 "Suggested hole cross sections for secondary grade of releases" staat de gatgrootte van potentiële lekbronnen en in B7 staan de berekeningen voor het lekdebiet.

Een andere methode is het uitvoeren van de leksimulatieproef zoals omschreven in de NEN-EN-378-2 Bijlage I. Met een leksimulatieproef wordt beoordeeld of een lekkage van een brandbaar koudemiddel kan leiden tot een gevaarlijke gasconcentratie. Hierbij wordt koudemiddel in dampfase vrijgelaten op het meest kritische lekpunt van de installatie, onder de meest ongunstige opstellings- en bedrijfsomstandigheden. Tijdens de proef wordt de gasconcentratie gemeten. De concentratie mag niet hoger worden dan 50% van de onderste explosiegrens (LFL). Hiermee wordt aangetoond dat geen gevaarlijke explosieve atmosfeer ontstaat.

3.4 VENTILATIE

3.4.1 ALGEMEEN

Voor installaties die niet volledig voldoen aan 'duurzaam technisch dicht' kan ventilatie voorkomen dat koudemiddel, dat mogelijk vrijkomt door lekkages, zich ophoopt tot concentraties die een explosie- of gezondheidsrisico vormen. Door voldoende ventilatie wordt het vrijgekomen koudemiddel zo sterk verdund dat de concentratie onder de onderste explosiegrens (LEL) blijft, waardoor ontsteking onmogelijk wordt, of tot onder gevaarlijke blootstellingslimiet gebracht wordt. Er moet worden voorkomen dat koudemiddel naburige ruimten, trappenhuizen, gangen of drainagesystemen binnendringt; vrijkomend gas moet naar buiten worden afgevoerd.

Daarom geldt het volgende:

- Er mag geen lucht tussen verblijfsruimten en machinekamer of technische ruimte stromen, tenzij via een gesloten kanaal.
- De machinekamer of technische ruimte moeten voldoende geventileerd zijn voor normaal gebruik (minstens 4 x per uur verversen) en noodsituaties.
- De ventilatie moet onafhankelijk zijn van andere systemen en gericht zijn op directe afvoer naar buiten.
- Voldoende toevoer van buitenlucht moet worden gewaarborgd, met goede verdeling zonder 'dode hoeken'. Buitenluchtopeningen moeten recirculatie voorkomen. Er moet worden geventileerd naar een plek waar voldoende lucht beschikbaar is om het gelekte koudemiddel te verdunnen zoals de buitenlucht of een grote verblijfsruimte.

De plaats waar de apparatuur wordt opgesteld — buiten in de open lucht of binnen in een machinekamer of technische ruimte — heeft invloed op de grootte van de gevaarzone. Ook de manier waarop de ventilatie is uitgevoerd, de ventilatiecapaciteit (bijvoorbeeld matig of voldoende) en de beschikbaarheid daarvan (zoals zwak, voldoende of goed) bepalen samen hoe groot de zone wordt. In NPR 7910-1 (en in NEN EN IEC 60079-10-1) staat beschreven hoe je de benodigde ventilatiecapaciteit moet berekenen.

3.4.2 Beschikbaarheid van ventilatie

De beschikbaarheid van ventilatie is van invloed op de zoneklasse (0,1,2) en de zoneafmeting, zie tabel 3.1. In onderstaand overzicht staan de begrippen die in NPR7910-1 gebruikt worden. Er is een onderscheid tussen enkelvoudige en dubbel uitgevoerde ventilatie. Een enkelvoudig ventilatiesysteem bestaat uit één ventilator of één luchtstroomvoorziening, zonder back-up of automatische uitvalbeveiliging. Als deze ventilatie uitvalt, is er geen directe vervanging of automatische uitschakeling van de gevarenbron.

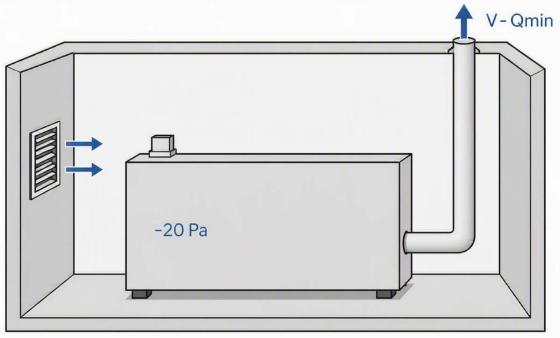
Begrip NPR 7910-1	Toelichting
Buitenlucht	De lucht kan vrij bewegen, er zijn geen muren of obstakels. De luchtsnelheid is meestal meer dan 2 meter per seconde en zelden kleiner dan 0,5 m/s).
Beperkte ventilatie	De ruimte wordt natuurlijk geventileerd zonder gebruik van ventilatoren, bijvoorbeeld via ramen of roosters.
Gematigde capaciteit	Er is genoeg ventilatie om te zorgen dat bij een gaslek de concentratie onder 25% van LEL blijft.
Voldoende capaciteit	De ventilatie is sterk genoeg om het gasniveau heel laag te houden (minder dan 10% van LEL).
Goede beschikbaarheid	Er zijn twee aparte ventilatiesystemen (dubbele uitvoering). Eén is actief, de ander staat standby. Als de eerste uitvalt, begint de tweede automatisch. Beide zorgen ervoor dat er onderdruk is (lucht wordt naar buiten gezogen). Er wordt direct gemeten of de luchtstroom werkt, niet indirect door stroomopname of toerental van de ventilatormotor.
Geen ventilatie (VV < 1)	Er is nauwelijks of geen luchtverversing.

3.4.3 Ventilatie van systemen in omkastingen

Een omkasting moet geventileerd zijn. Een geventileerde omkasting is een behuizing rondom de koelinstallatie die voorkomt dat lucht uit de omkasting naar de omliggende ruimte kan stromen.

De omkasting is uitgerust met een ventilatiesysteem dat de lucht gecontroleerd afvoert via een daarvoor bestemd ventilatiekanaal naar de buitenlucht, of naar een ruimte die groot genoeg is om dit veilig te verwerken zonder risico's voor mensen of schade aan eigendommen.

Een omkasting geldt alleen als geventileerde omkasting als deze voldoet aan de eisen voor geventileerde omkastingen uit EN 378-2:2016 6.2.15 (prEN 378-2 : 2025 6.2.14), deze worden hieronder nader toegelicht.



Figuur 2 *Geventileerde omkasting in een ruimte*

De omkasting moet voorzien zijn van ventilatieopeningen of kanalen die zorgen voor toevoer van lucht in de omkasting. In de omkasting moet een negatieve druk van 20 Pa of meer zijn en de luchthoeveelheid naar buiten moet ten minste Qmin zijn. Qmin is de benodigde volumestroom voor ventilatie (m^3/h).

Qmin moet als volgt worden berekend:
$Qmin = 15 \times s \times (m_c/\rho) \geq 2\ m^3/h$

15 : is de constante waarmee de leksnelheid van 4 min wordt omgezet in een zware leksnelheid (1/h);
s : 4 (veiligheidsfactor);
m_c : de massa aan vulling van koudemiddel (kg);
ρ : de volumieke massa van het koudemiddel bij atmosferische druk bij 25 °C (kg/m^3).

Het ventilatiesysteem in de omkasting moet als volgt functioneren:

1. Het systeem moet altijd aan staan. De luchtstroom moet continu worden gecontroleerd. Als de luchtstroom onder het minimale niveau (Qmin) komt, schakelt de koelinstallatie binnen 10

seconden automatisch over naar een veilige modus. In deze veilige modus worden alle ontstekingsbronnen uitgeschakeld, zoals elektrische apparaten en ventilatoren (als die niet geschikt zijn voor gebruik in explosiegevaarlijke omgevingen – dus niet ATEX-gecertificeerd). Deze veilige modus blijft actief totdat de luchtstroom weer op het juiste niveau is.

Of:

2. Er moet een sensor aanwezig zijn die gasvormig koudemiddel kan meten. Deze sensor moet het ventilatiesysteem inschakelen voordat het gasniveau 10% van de onderste explosiegrens (LEL/LFL) bereikt. De sensor moet nabij de bodem worden aangebracht, zo dicht mogelijk bij potentiële gevarenbronnen. De sensor en het ventilatiesysteem moeten regelmatig worden gecontroleerd, zoals de fabrikant dat voorschrijft. Als er een storing is, moet dat duidelijk zichtbaar of hoorbaar worden aangegeven. De installatie moet dan automatisch overschakelen naar een veilige stand, waarbij de ventilator blijft draaien totdat de storing is opgelost.

Hoewel de installatie in een geventileerde omkasting is geplaatst, geldt dat wanneer er sprake is van enkel uitgevoerde ventilatie, er een gevarenzone buiten de omkasting kan ontstaan (tenzij het systeem duurzaam technisch dicht is). Er zal een gevarenzone-indeling gemaakt moeten worden. Deze moet opgenomen worden in de documentatie voor de opdrachtgever.

In hoofdstuk 3.5.2 tabel 1 staat vermeld welke zoneklasse er geldt buiten de omkasting en wat de omvang van de zone is. Deze zonering is ook van toepassing bij de uitblaasopeningen van de ventilatiekanalen.

3.5 GEVARENZONE – INDELING

3.5.1 GEVARENZONES

Een gevarenzone is een specifiek afgebakend gebied rondom een installatie, systeem of apparaat waarin een explosieve atmosfeer aanwezig kan zijn. Dit betekent dat in dat gebied een mengsel van lucht en brandbare stoffen (zoals gassen of dampen) in een concentratie kan voorkomen die potentieel explosief is. Gevarenzones worden gedefinieerd op basis van de kans dat deze explosieve atmosfeer zich voordoet en de duur van de aanwezigheid van deze atmosfeer. Door het gebied op deze manier in te delen, kan worden bepaald welke categorie apparatuur er veilig gebruikt kan worden.

Bij de bepaling van de apparatuur wordt rekening gehouden met eigenschappen van het gas, zoals:

- de energie die nodig is om het te ontsteken (materieelgroep)
- de temperatuur waarbij het kan ontsteken (temperatuurklasse)

De norm NEN-EN-IEC 60079-10-1 beschrijft hoe je een gevarenzone moet bepalen, maar verwijst voor de praktische uitvoering naar nationale richtlijnen. In Nederland is dat de NPR 7910-1.

Note : Als op een werkplek brandbare stoffen worden gebruikt die onder bepaalde omstandigheden kunnen leiden tot een explosie, moet de gebruiker de risico's en de te nemen maatregelen vastleggen in een explosieveiligheidsdocument (EVD). Dit is een verplichting op grond van het Arbeidsomstandighedenbesluit (zie artikel 3.5a t/m 3.5f) [9]. Onderdeel van het EVD is het indelen van gebieden waar explosieve atmosferen kunnen heersen in gevarenzones als bedoeld in bijlage I van de ATEX-richtlijn, namelijk 1999/92/EG, ook wel ATEX 153 genoemd.

In de praktijk komt het nog regelmatig voor, vooral bij minder risicovol geachte of ondergeschikte activiteiten, dat geen RI&E is opgemaakt en dus ook geen gevarenzone-indeling gemaakt is. Leveranciers of installateurs die hiermee worden geconfronteerd, behoren de opdrachtgever te wijzen op de verplichting in het Arbeidsomstandighedenbesluit [9] van het beschikbaar hebben van een EVD met daarin vastgelegd de gevarenzone-indeling, met het advies deze alsnog te laten opmaken. Immers, bij

het ontwerp van de technische installatie en bij de keuze van het materiaal behoort met de gevarenzone-indeling rekening te worden gehouden. Zonder gevarenzone-indeling kan de keuze voor het toe te passen materiaal niet verantwoord worden bepaald.

Tabel 3.1 — Indeling van gebieden waar een explosieve atmosfeer kan voorkomen in gevarenzones

Zone	Omschrijving	Veroorzaakt door een
0	plaats waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht voortdurend, gedurende lange perioden of herhaaldelijk aanwezig is [BRON: Bijlage I, richtlijn 1999/92/EG]	Continue bron
1	plaats waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, onder normaal bedrijf waarschijnlijk af en toe aanwezig kan zijn [BRON: Bijlage I, richtlijn 1999/92/EG]	Primaire bron
2	plaats waar de aanwezigheid van een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, onder normaal bedrijf niet waarschijnlijk is en waar, wanneer dit toch gebeurt, het verschijnsel van korte duur is [BRON: Bijlage I, richtlijn 1999/92/EG]	Secundaire bron

Als een koelinstallatie zich bevindt in een gevarenzone die door een andere bron wordt veroorzaakt, moet de installatie voldoen aan de eisen van de apparatencategorie zoals beschreven in artikel 1, eerste lid, van het Warenwetbesluit explosieveilig materieel 2016 [15].

Dit betekent voor:
- Gevarenzone 0: gebruik van categorie 1G-apparatuur.
- Gevarenzone 1: gebruik van categorie 1G- of categorie 2G-apparatuur.
- Gevarenzone 2: gebruik van categorie 1G-, categorie 2G- of categorie 3G-apparatuur.

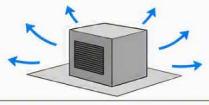
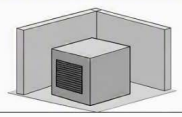
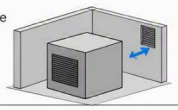
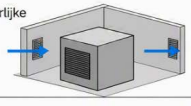
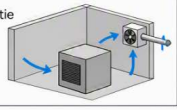
Een koelinstallatie, waarin alleen flens- en schroefverbindingen, afsluiters, opnemers en compressoren zijn gebruikt, zou kunnen worden aangemerkt als een secundaire bron. Dit zou betekenen dat er een zone 2 wordt gecreëerd rond deze componenten. In deze zone is lekkage van het koudemiddel tijdens normaal bedrijf onwaarschijnlijk, en als dit toch gebeurt, is het slechts van korte duur (zie ook NPR 7910-1:2020+C1:2021).

Dat betekent dat in de ruimte waarin deze koelinstallatie staat opgesteld alle apparatuur minimaal categorie 3 volgens 2014/34/EU (ATEX 114) moet zijn. Dit is verplicht vanuit Arbeidsomstandighedenbesluit artikel 3.5e onder e.

3.5.2 GEVARENZONES BIJ SYSTEMEN IN EEN GEVENTILEERDE OMKASTING

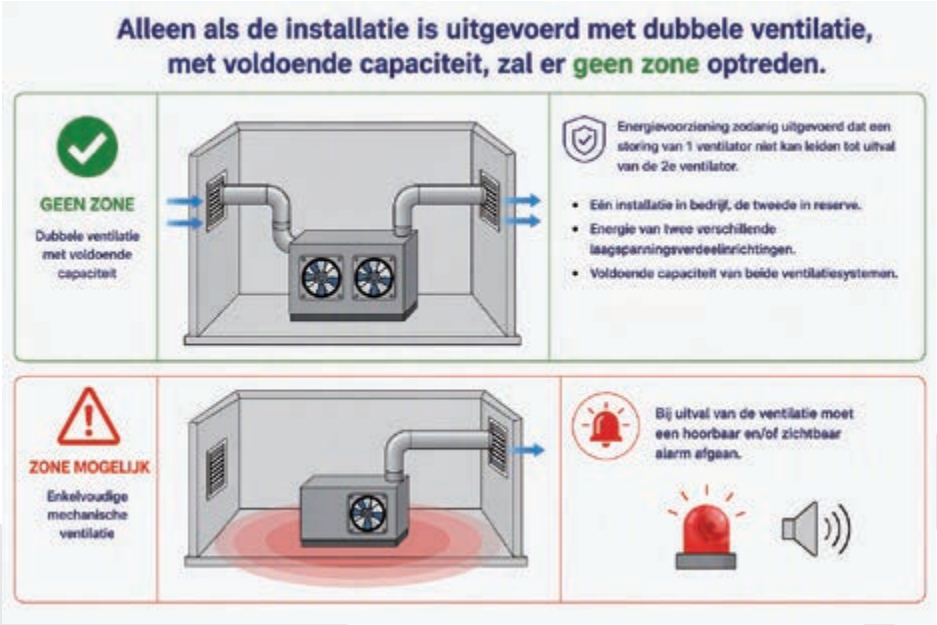
In tabel 3.2 staan de zoneklasse en de omvang van de zone voor koelinstallaties in een geventileerde omkasting die zijn uitgevoerd met een enkele ventilator en voldoen aan de eisen van EN 378-2:2016 par 6.2.15. De omvang van de zone is te vinden in tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6.

Tabel 3.2 Zoneklasse en omvang van de zone.

	Ventilatie buiten de omkasting	Zoneklasse rondom de uitstroomopeningen van de omkasting	Grootte zone
1	Buitenlucht 	2	Voor de omvang van de zone zie tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6
2	Geen ventilatie 	1	Over de gehele ruimte (opstellingsplaats)
3	Beperkte natuurlijke ventilatie 	2	Over de gehele ruimte
4	Voldoende natuurlijke ventilatie 	2	Voor de omvang van de zone zie tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6
5	Mechanische ventilatie 	2	Voor de omvang van de zone zie tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6

De omvang van de zone in tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6 zijn afstanden rondom een geventileerde omkasting uitgevoerd met enkele ventilator. Alleen als de installatie is uitgevoerd met dubbele ventilatie, met voldoende capaciteit, zal er **geen zone** optreden.
De energievoorziening van de ventilatie moet dan zodanig zijn dat een storing van 1 ventilator niet kan leiden tot uitval van de 2e ventilator. Eén installatie behoort steeds in bedrijf te zijn, de tweede in reserve. Dat kan door de energie van twee verschillende laagspanningsverdeel-inrichtingen te betrekken.

Als de mechanische ventilatie in de geventileerde omkasting enkelvoudig is uitgevoerd en uitvalt, moet er een hoorbaar en/of zichtbaar alarm afgaan.



3.6 OMVANG VAN DE GEVARENZONE

De gevarenzone beschrijft waar een explosieve atmosfeer kan voorkomen, de omvang bepaalt hoe ver deze gevarenzone zich uitstrekt ten opzichte van de gevarenbron.

In de gevarenzone mogen alleen materialen, installaties en werkzaamheden worden toegepast die geschikt zijn voor die zone (ATEX conform). Buiten deze zone wordt het gebied als niet gevaarlijk beschouwd.

In NPR 7910-1:2020+C1:2021 staan de eisen en de berekeningen voor het bepalen van de omvang van de zone.

De omvang wordt bepaald door verschillende factoren, waaronder de aard van het koudemiddel, de werkdruk van het systeem en de configuratie van de installatie.

Afblaasleidingen
Bij uitstroomopeningen zoals die bij een afblaasleiding is ook gevarenzone aanwezig. Afblaasleidingen en veerveiligheden zijn mogelijke gevarenbronnen, omdat bij het afblazen brandbaar gas kan vrijkomen.

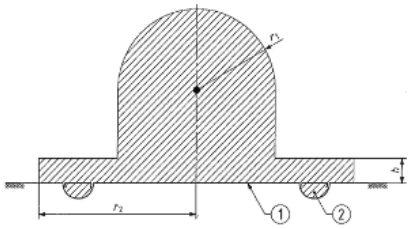
De norm schrijft voor dat:
- De zone rondom de uitlaat van een afblaasleiding of veerveiligheid moet worden ingedeeld als een explosiegevaarlijk gebied (gevarenzone), afhankelijk van hoe vaak en hoeveel gas er kan ontsnappen.
- De omvang van deze zone wordt bepaald door het maximale debiet (hoeveelheid gas per tijdseenheid) dat kan vrijkomen, de ventilatie ter plaatse (buitenlucht of binnenruimte), en de klasse van de gevarenbron (continu, primair of secundair).
- In de buitenlucht wordt vaak een bolvormige zone aangehouden met een straal van 1 meter (bij kleine lekkages) of 7 meter (bij grotere lekkages), tenzij uit berekeningen blijkt dat een andere afstand nodig is.

De uitlaat van een afblaasleiding moet zo worden geplaatst dat het gas zich veilig kan verspreiden en niet in afgesloten ruimten of bij luchtinlaten terechtkomt.

Hoedjesmodel
Om de verspreiding van brandbare dampen of gassen die zwaarder zijn dan lucht te begrijpen wordt in NPR7910 / IEC 60079-10-1 het hoedjesmodel gebruikt. Dit is een weergave van de vorm van de gevarenzone die zich bij het punt van lekkage vormt. Dit 'hoedje' geeft het gebied aan waar de concentratie

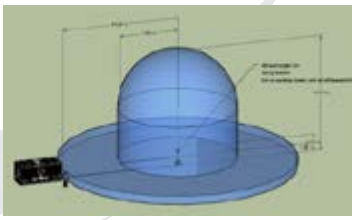
van brandbare dampen hoog genoeg is om een explosie te veroorzaken als er een ontstekingsbron aanwezig is.

Legenda
1 = Bodem
2 = Voldoende geventileerde put of goot rondom
r1 = bolstraal
r2 = 2 * r1
h = hoogte



In NPR 7910-1:2020 +C1:2021 staan de afmetingen van de zone voor gassen zwaarder dan lucht, gebaseerd op de eerder vermelde lekdebieten van <1 en 1-10 g/s. Voor het lekdebiet van 1-10 g/s geldt:

r1 = 7 meter
r2 = 14 meter
h = 1 meter



3.6.1 Zone afmetingen bij geventileerde omkasting cf. 6.2.15

De afmetingen van de zone in tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6 zijn gebaseerd op de berekening van het lekdebiet volgens §3.3 en op de voorgestelde gatgrootten per component zoals opgenomen in tabel 3.3.

De fabrikant moet beoordelen welke componentcategorie en bijbehorende gatgrootte het best aansluit bij de werkelijke uitvoering van de installatie.

Voor andere situaties of componenten die niet binnen de uitgangspunten van tabel 3.3 vallen, moet het lekdebiet worden bepaald volgens Bijlage B en C van NEN-EN-IEC 60079-10-1

Tabel 3.3 gatgrootte en componenten

Gatgrootte S (mm²)	Toepassingen / Componenten
0,025 mm²	Semi-hermetische gesloten compressoren; Semi-hermetische gesloten pompen; Flenzen met spiraalgewonden pakking of geklemde verbinding; Klepsteel met o ring afdichting
0,1 mm²	Pers-/klemverbindingen; Instrument-/sensorverbindingen tot 10 mm diameter
0,25 mm²	Vlakke of verhoogde flensverbindingen met samengeperste vezelpakking; Klepsteel met stopbuspakking
0,4 mm²	Extern aangedreven compressor met dubbele asafdichting; Kleine radiusbochten in warmtewisselaars
0,7 mm²	Verbindingen die niet voldoen aan ISO 14903; Onderdelen die niet voldoen aan ISO 14903; Andere niet-gespecificeerde koppel- of type verbindingen; Flareverbindingen (conische knelkoppeling)
1 mm²	Extern aangedreven compressor; Extern aangedreven pomp

Tabel 3.4.1 zone-afmeting r1 (m), gatgrootte 0,025 mm²

Propaan (R290) ontwerpdruk 21 bar(g) max. Tgas (pers) 65˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 13 bar(g) max. Tgas (pers) 45˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 4 bar(g) max. Tgas (pers) 2˚C	Isobutaan (R600a) ontwerpdruk 8 bar(g) max. Tgas (pers) 62˚C
1,0	**1,0**	**1,0**	**1,0**

Tabel 3.4.2 zone-afmeting r1 (m) , gatgrootte 0,1 mm2

Propaan (R290) ontwerpdruk 21 bar(g) max. Tgas (pers) 65˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 13 bar(g) max. Tgas (pers) 45˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 4 bar(g) max. Tgas (pers) 2˚C	Isobutaan (R600a) ontwerpdruk 8 bar(g) max. Tgas (pers) 62˚C
1,0	**1,0**	**1,0**	**1,0**

Tabel 3.4.3 zone-afmeting r1 (m) , gatgrootte 0,25 mm²

Propaan (R290) ontwerpdruk 21 bar(g) max. Tgas (pers) 65˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 13 bar(g) max. Tgas (pers) 45˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 4 bar(g) max. Tgas (pers) 2˚C	Isobutaan (R600a) ontwerpdruk 8 bar(g) max. Tgas (pers) 62˚C
1,6	**1,3**	**1,0**	**1,1**

Tabel 3.4.4 zone-afmeting r1 (m) , gatgrootte 0,4 mm²

Propaan (R290) ontwerpdruk 21 bar(g) max. Tgas (pers) 65˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 13 bar(g) max. Tgas (pers) 45˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 4 bar(g) max. Tgas (pers) 2˚C	Isobutaan (R600a) ontwerpdruk 8 bar(g) max. Tgas (pers) 62˚C
1,9	**1,6**	**1,2**	**1,4**

Tabel 3.4.5 zone-afmeting r1 (m) , gatgrootte 0,7 mm²

Propaan (R290) ontwerpdruk 21 bar(g) max. Tgas (pers) 65˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 13 bar(g) max. Tgas (pers) 45˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 4 bar(g) max. Tgas (pers) 2˚C	Isobutaan (R600a) ontwerpdruk 8 bar(g) max. Tgas (pers) 62˚C
2,6	**2,1**	**1,3**	**1,8**

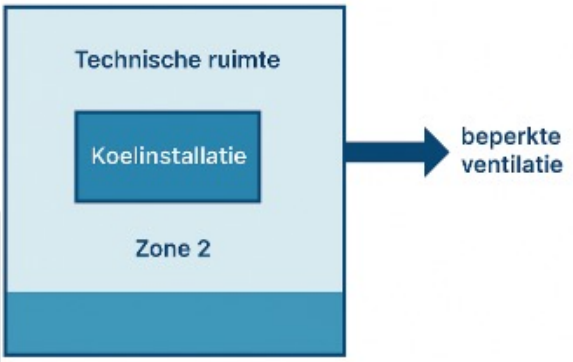
Tabel 3.4.6 zone-afmeting r1 (m) , gatgrootte 1,0 mm²

Propaan (R290) ontwerpdruk 21 bar(g) max. Tgas (pers) 65˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 13 bar(g) max. Tgas (pers) 45˚C	Propaan (R290) ontwerpdruk 4 bar(g) max. Tgas (pers) 2˚C	Isobutaan (R600a) ontwerpdruk 8 bar(g) max. Tgas (pers) 62˚C
3,1	**2,5**	**1,6**	**2,1**

3.6.2 VOORBEELDEN

Koelinstallatie opgesteld in een technische ruimte met beperkte ventilatie
Deze installatie voldoet aan EN378-2 , Paragraaf 6.2.14

- Leidt tot zone 1 in de technische ruimte wanneer er sprake is van beperkte / geen ventilatie
- Leidt tot zone 2 wanneer er sprake is van beperkte ventilatie met gematigde capaciteit



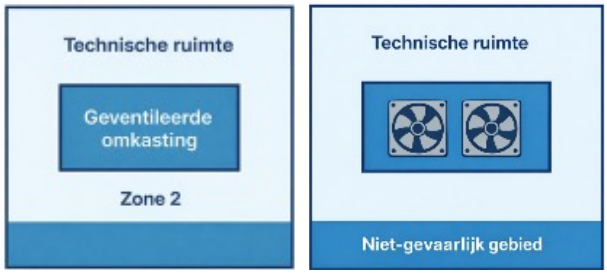
Koelinstallatie opgesteld in de buitenlucht
De installatie is buiten opgesteld zonder obstakels in de directe nabijheid

- Secundaire gevarenbronnen zoals flenzen leiden dan tot een zone 2, met een omvang uit de tabellen 3.4.1 t/m 3.4.6
- Rondom de installatie wordt een zone 2 aangehouden
- In deze zone 2 mag alleen ATEX-apparatuur geïnstalleerd zijn.



Opstelling in een geventileerde omkasting
De installatie moet voldoen aan EN378-2 paragraaf 6.2.14 en 6.2.15 .

- Dit kan alsnog leiden tot een zone 2 rondom de omkasting
- Alleen als de installatie is uitgevoerd met dubbele ventilatie met voldoende capaciteit is er sprake van een niet gevaarlijk gebied.



3.7 ONTSTEKINGSBRONNEN

Voorbeelden van ontstekingsbronnen zijn:
- Aan/uit-schakelaars, stopcontacten en lichtschakelaars
- Compressorrelais, klixons, timers en standaard thermostaten
- Ventilatoren, motoren en andere elektromotorische delen
- Contacten die vonken of boogvorming kunnen veroorzaken

Ook een oppervlak warmer dan de zelfontbrandingstemperatuur (Voor R290 is de grens ca. 470°C kan een explosieve atmosfeer ontsteken.
Voorbeelden:
- Compressoren
- Motorbehuizingen
- CV ketels, geisers en andere warmtebronnen
- Uitlaat of warme leidingen

Volgens artikel 3.5e van het Arbobesluit moet apparatuur in gevarenzones voldoen aan de volgende categorieën:
- Zone 0 : categorie 1
- Zone 1: categorie 1 of 2
- Zone 2: categorie 1, 2 of 3

Om risico door elektrostatische ontlading te beperken moeten:
- leidingen en machines worden geaard,
- elektrisch isolerende verbindingen worden vermeden of voorzien van overgangsaarding,
- overgangsaarding corrosiebestendig zijn,
- bijzondere maatregelen worden getroffen bij leidingen met thermische isolatie, namelijk het aanbrengen van overgangsaarding onder thermische isolatie, waarbij speciale aandacht nodig is om corrosie te voorkomen.

3.8 MARKERING EN DOCUMENTATIE

Op plaatsen waar een explosieve atmosfeer kan voorkomen, behoren volgens de richtlijnen bepaalde borden te worden aangebracht die voor het risico van explosiegevaar waarschuwen. Dit zijn gele driehoekige borden met in het zwart de letters 'Ex'.



Figuur 3 Waarschuwingsbord bij een gevarenzone

Voor het explosieveiligheidsdocument (EVD) dat de opdrachtgever volgens de wet (Arbobesluit) verplicht is op te stellen, moet de koeltechnisch installateur informatie aanleveren over de risico's en de technische maatregelen die genomen zijn om explosieveiligheid te borgen.

Deze informatie bestaat uit:

A. Algemene gegevens
- Omschrijving installatie (type, merk, serienummer)
- Gebruikt koudemiddel (type + hoeveelheid in kg)
- Installatielocatie en opstelling (buiten, binnen, machinekamer, etc.)

B. Risico-inventarisatie
- Overzicht van mogelijke lekkagebronnen
- Risicobeoordeling van lekkage (soort lekkage, ernst)
- Scenario's van lekkage (klein/groot lek, breuk)

C. Zone-indeling en explosierisico
- Zoneringsrapportage (volgens NEN-EN-IEC 60079-10-1 of NPR 7910-1)
- Plattegrond met aangegeven explosiegevaarlijke zones (0, 1 of 2)
- Onderbouwing of berekening van zone-omvang
- Indien geen zones: motivering waarom geen explosiegevaar aanwezig is

D. Ventilatievoorzieningen
- Omschrijving ventilatiesysteem (natuurlijk/mechanisch)
- Berekening ventilatiecapaciteit (luchtverversingen per uur)
- Locatie en type toevoer- en afvoersystemen

E. Detectie- en alarmeringssystemen
- Omschrijving gasdetectie (type, detectielimieten, plaats sensoren)
- Omschrijving van gekoppelde alarm- en noodstopsystemen

F. Toegepaste beveiligingsmaatregelen
- Specificatie explosieveilige apparatuur (ATEX-certificering waar nodig)
- Noodstopvoorzieningen en afblaasvoorzieningen
- Aanvullende maatregelen zoals compartimentering of lekbakken

G. Instructies en onderhoud
- Gebruiksbeperkingen en waarschuwingen voor de opdrachtgever
- Schema voor onderhoud en inspectie (incl. gasdetectie en ventilatie)
- Periodieke controles explosieveiligheidsmaatregelen

BIJLAGE 1 WET- EN REGELGEVING

Europese richtlijnen:
ATEX 114 (2014/34/EU): Voor apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik in potentieel explosieve omgevingen (verplicht voor fabrikanten). Deze richtlijn is opgenomen in het Warenwetbesluit explosieveilig materieel.

ATEX 153 (1999/92/EG) : In geval van lekkage van een brandbaar koudemiddel kan er een kans op explosiegevaar aanwezig zijn. ATEX 153 is dan van toepassing. Dit is in Nederland vastgelegd in de Arbowet en het Arbobesluit.

PED-richtlijn (2014/68/EU): deze richtlijn stelt eisen aan drukapparatuur en samenstellen, waaronder koelinstallaties.

De fabrikant moet:
- bepalen in welke PED-categorie de componenten vallen (I t/m IV);
- ontwerp en sterkteberekeningen uitvoeren;
- materiaalkeuzes documenteren;
- conformiteitsprocedures uitvoeren (modulen A t/m H);
- CE markering en technische documentatie leveren.

NEN EN 378-2 is gedeeltelijk geharmoniseerd met de Machinerichtlijn en PED-richtlijn, waardoor toepassing helpt om aan de richtlijn te voldoen.

De Machinerichtlijn (2006/42/EG): stelt essentiële veiligheidseisen aan ontwerp en bouw van machines.

Voor koelinstallaties betekent dit:
- uitvoeren van een risicobeoordeling van alle mechanische, elektrische, thermische en drukrisico's;
- veilige bouw van drukdelen, ventilatoren, schakelkasten en bedieningsorganen;
- opstellen van een EG verklaring van overeenstemming;
- leveren van gebruiksinstructies inclusief restgevaren.

NEN EN 378-2 is gedeeltelijk geharmoniseerd met de Machinerichtlijn en PED-richtlijn. Het volgen van deze norm helpt om aan de richtlijnen te voldoen.

Nationale wet- en regelgeving.
Warenwetbesluit explosieveilig materieel is de Nederlandse wetgeving waarmee de Europese ATEX 114-richtlijn (2014/34/EU) is geïmplementeerd.
Warenwetbesluit Drukapparatuur (WBDA) / Warenwetregeling Drukapparatuur (WRDA).
Deze nationale regels vormen de implementatie en praktische uitwerking van de Richtlijn Drukapparatuur (PED – 2014/68/EU). Het WBDA en de WRDA bepalen welke eisen gelden bij ontwerp, fabricage, keuring, installatie en gebruik van drukapparatuur in koelinstallaties.
De wet maakt een duidelijk onderscheid tussen de verplichtingen voor fabrikanten (leveranciers / ontwerpers) en gebruikers (exploitanten/eigenaren).

Besluit Activiteiten Leefomgeving (BAL):
In 3.2.5 van het BAL staan regels voor koelinstallaties met koolwaterstoffen. Als de inhoud meer dan 5 kg is staan er eisen in paragraaf 4.33. Deze eisen omvatten onder andere:

Ontwerp, installatie en beheer moeten zodanig zijn dat:
- de installatie veilig kan functioneren;
- deze snel en veilig uit bedrijf kan worden genomen;
- onveilige situaties worden voorkomen.

Het BAL verwijst hiervoor naar NPR 7600. Een installatie voldoet in ieder geval aan de BAL doelvoorschriften wanneer zij voldoet aan aangewezen hoofdstukken uit deze NPR richtlijn.
Verder geldt bij installaties vanaf 5 kg een meldingsplicht (4 weken van tevoren) en bij installaties vanaf 100 kg is een omgevingsvergunning vereist.

Arbowet en Arbobesluit
De Arbowet verplicht werkgevers om de veiligheid en gezondheid van werknemers te waarborgen.
Bij brandbare koudemiddelen betekent dit dat explosierisico's moeten worden geïnventariseerd, beoordeeld en beheerst.

Arbowet — artikelen 3 en 5

Werkgevers moeten:
- een Risico Inventarisatie en Evaluatie (RI\&E) uitvoeren;
- maatregelen treffen volgens het arbeidshygiënisch stappenplan;
- zorgen dat werknemers veilig met installaties kunnen werken.

Arbobesluit — artikelen 3.5a t/m 3.5f
Deze artikelen verplichten werkgevers tot:
- het opstellen en actueel houden van een explosieveiligheidsdocument (EVD);
- het indelen van gebieden in zones (0, 1, 2) waar explosieve atmosferen kunnen ontstaan;
- het voorkomen van ontstekingsbronnen;
- het nemen van technische én organisatorische maatregelen;
- het gebruik van geschikt materieel conform het Warenwetbesluit explosieveilig materieel.

Normen

IEC 60335-2-40
Deze internationale norm specificeert de veiligheidseisen voor elektrische warmtepompen, airconditioners en ontvochtigers voor huishoudelijk en soortgelijk gebruik. De norm behandelt onder andere constructie, bescherming tegen elektrische schokken, brandgevaar, en aanvullende eisen voor het gebruik van brandbare koudemiddelen.

IEC 60335-2-89
Deze norm beschrijft de veiligheidseisen voor commerciële koelkasten en diepvriezers, zoals gebruikt in winkels, horeca en supermarkten. De eisen richten zich op ontwerp, constructie, bescherming tegen brand en explosie, en veilige toepassing van deze apparaten in commerciële omgevingen.

Normenreeks NEN-EN-IEC 60079 (explosieveiligheid)
Deze normenreeks beschrijft internationale eisen en richtlijnen voor het ontwerpen, installeren, gebruiken en onderhouden van elektrische en niet-elektrische apparatuur in omgevingen waar een explosiegevaar door gas, damp of stof kan optreden (zogenaamde ATEX-zones). De normen behandelen onder andere zone-indeling, selectie van geschikte apparatuur, installatievoorschriften en onderhoudsmaatregelen.

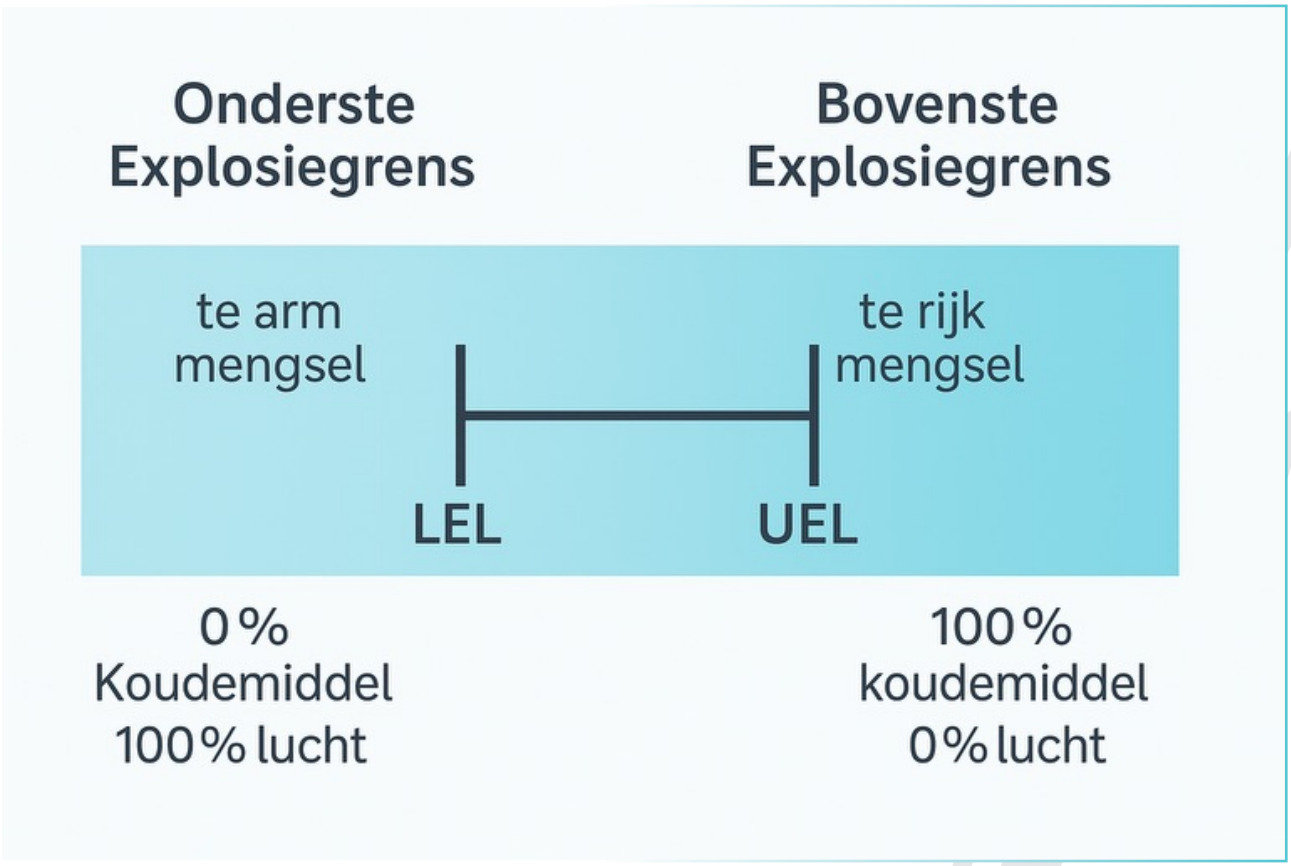
Normenreeks NEN-EN 378 (veiligheidseisen voor koelinstallaties);
NEN-EN 378 is de Europese normenreeks voor veiligheids- en milieueisen voor koelinstallaties en warmtepompen. NEN-EN 378-2 is deels geharmoniseerd onder de PED en Machinerichtlijn (zie NEN-EN 378-2:2016 bijlage ZA & ZB). Deze norm verwijst ook weer naar de NEN EN IEC 60079 10-1.

Relevante praktijkrichtlijnen:
NPR 7600: deze richtlijn biedt praktische invulling voor het ontwerpen en beheren van koelinstallaties met brandbare koudemiddelen.

NPR 7910-1: De Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 7910-1 is de nationale richtlijn voor Nederland en geeft informatieve aanwijzingen bij het opstellen van een gevarenzone-indeling met betrekking tot gasexplosiegevaar. Deze praktijkrichtlijn dient als praktisch hulpmiddel ter nadere uitvoering van NEN-EN-IEC 60079 10-1, en behoort in samenhang met die norm te worden gelezen.

BIJLAGE TOELICHTING LEL

De brandbaarheid/ explosiviteit van het koudemiddel wordt uitgedrukt in LFL/ LEL waarde. Dat is de onderste ontvlambaarheids- en ontstekingsgrens, de minimale concentratie van koudemiddel dat in staat is een vlam in stand te houden in een homogeen mengsel van koudemiddel en lucht. Daarnaast is er een bovenste ontstekingsgrens (UEL), de lucht is dan te verzadigd met koudemiddel. Er zal pas verbranding optreden als de koudemiddelconcentratie in de lucht tussen de onderste en bovenste ontvlambaarheidsgrens is en er een ontstekingsbron is. Een gaswolk met een concentratie onder de LEL-waarde is niet explosiegevaarlijk. Het mengsel is dan "te arm", dat geldt ook als je boven de UEL-waarde komt, het mengsel is "te rijk". Let wel als je gaat ventileren, zal het "te rijke" mengsel verdunnen waardoor je wel in een explosief gebied kan komen!



In onderstaande tabel staan de waarden voor enkele brandbare koudemiddelen

Koudemiddel	Klasse	brandsnelheid	Explosiegrenzen LEL - UEL (vol%)	Ontstekings temperatuur
R290	A3	1.5 m/s	1,7 - 9.5 %	470 °C
R600A	A3	0,35 m/s	1,3 - 8,4 %	460 °C
R32	A2L	0,3 m/s	14,4 - 29,3 %	647 °C