



# AMMONIAKKI KYLÄÄINEENA

---

## TURVALLISESTI

TAPIO ALIJOKI » LAURA PULKKI » TIMO PUPUTTI  
TOIMITTANUT MIKA KAPANEN

2022

## ESIPUHE

**Edellinen ammoniakkilaitoksia** koskeva opas oli laadittu jo vuosituhannen alussa, joten oppaan päivittäminen oli paikallaan muun muassa ajan mittaan muuttuneen lainsäädännön ja ilmastomuutokseen vastaamisen myötä. Historiallista perspektiiviä tuo se tosiasia, että ammoniakki on maailman vanhin yhtäjaksoisesti käytössä oleva kylmäaine, jota on käytetty jo yli 150 vuotta. Vaikka **Carl von Lindeä** pidetään ammoniakkin pioneerinä, **David Boyle** kehitti ensimmäisen jäädytyskäyttöön tarkoitetun ammoniakkikompressorin vuonna 1872, neljä vuotta ennen Linden ammoniakkikoneistoa. Boyle valmisti vuoteen 1884 mennessä peräti 200 ammoniakkikompressoria, joista suurimmalla osalla jäädytettiin Texasissa tuotettua lihaa. Vuodesta 1876 alkaen pääosin Englantiin vietiin vuosittain lihaa 1,1–1,4 Mt.

**Ammoniakki on** yksi ympäristöystävällisimmistä kylmäaineista. Se kuuluu ns. luonnollisiin kylmäaineisiin, ja sen ilmastokokonaislämmitysvaikutusta kuvaava GWP-arvo ja otsonikerrokselle haitallisuutta kuvaava ODP-arvo kumpikin ovat 0. Ammoniakki on yksi energiatehokkaimmista kylmäaineista laajalla lämpötilojen käyttöalueilla. Kun entistä enemmän kiinnitetään huomio energian kulutukseen, ovat ammoniakkikoneistot turvallinen ja ympäristöä säästävä ratkaisu. Lisäksi ammoniakki on merkittävästi halvempi kuin HFC-kylmäaineet.

Koska ammoniakki on myrkyllinen ja tietyillä pitoisuuksilla palava kylmäaine, sitä on tämän vuoksi käsiteltävä varoen ja ammoniakkikoneistojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon turvallisuus. Muista kylmäaineista poiketen ammoniakkin hajun vuoksi se havaitaan jo hyvin pieninä pitoisuuksina. Ammoniakki on myös ilmaa kevyempää, jolloin vuotokohdasta höyry suuntautuu ylöspäin.

Ammoniakki ei ole yleispätevä kylmäaine, vaan se soveltuu erityisesti teollisiin ja raskaisiin kaupallisiin sovelluksiin. Ammoniakin myrkyllisyys, palavuus ja materiaalien yhteensopivuus pitää ottaa huomioon. Kuitenkin maailmassa on valtava määrä ammoniakkikoneistoja, joissa nämä haasteet on onnistuneesti hoidettu. Kaikki nykyiset kylmäaineet, myös ammoniakki, ovat turvallisia käyttäjille ja ympäristölle, vain huolellisuus ja osaaminen ratkaisevat.

**Tämä opas** on valmistunut Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry:n, Suomen Kylmäyhdistys ry:n, Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston kemikaaliasiantuntijoiden ja Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) asiantuntijoiden, kylmälaitoksia käyttävien sekä valmistavien yritysten yhteistyön tuloksena.

### **Pauli Tarna**

toiminnanjohtaja, Suomen Kylmäyhdistys ry.

toimitusjohtaja, Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry.

# SISÄLLYSLUETTELO

Esipuhe	2
Sisällysluettelo	3
<b>1. JOHDANTO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. AMMONIAKIN OMINAISUUKSISTA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Ammoniakkin kemialliset ominaisuudet	7
2.2 Ammoniakkin luokitukset ja merkinnät	8
2.2.1 Vedetön ammoniakki	8
2.2.2 Ammoniakkin liuokset	8
2.2.3 Kylmäaineiden turvallisuusluokitus	9
2.3 Ammoniakkin käyttökohteet kylmätekniikassa	10
2.3.1 Isot elintarvikevarastot	10
2.3.2 Elintarviketeollisuus	10
2.3.3 Prosessiteollisuus	10
2.3.4 Jääradat	10
2.3.5 Lämpöpumput	11
2.3.6 Ammoniakki-hiilidioksidi -järjestelmät	11
2.3.7 Kaukojäähdytys ja kaukolämpö	11
2.3.8 Ammoniakkia käyttävä kemianteollisuus	11
2.4 Ammoniakkin tulevaisuudesta	12
<b>3. AMMONIAKKILAITOKSEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN.....</b>	<b>13</b>
3.1 Mitä ammoniakkilaitoksen sijoitukselta vaaditaan?	13
3.1.1 Ammoniakkiin liittyvien riskien arviointi	13
3.1.2 Onnettomuusvaaran huomioiminen laitoksen sijoittamisessa	14
3.1.2.1 Laitokset, alle 100 kg	14
3.1.2.2 Laitokset, 100 kg–10 tn	14
3.1.2.3 Isot laitokset ja erityistapaukset	15
3.1.3 Ammoniakkilaitoksen vaikutus ympäristöön	16
3.1.4 Kaavoitus ja laitoksen sijoittuminen	16
3.1.5 Laitteiston suurin sallittu ammoniakkitäytös	16
3.1.5.1 Sijoitusluokat	17
3.1.5.2 Pääsilyluokat	17
3.1.5.3 Esimerkki ammoniakkitäytöksen määrittämiseksi	18
3.2 Ammoniakkilaitokselle asetettavia vaatimuksia	19
3.2.1 Kemikaaliturvallisuuslaki ja sen asetukset	19
3.2.2 Painelaitelaki ja sen asetukset	20
3.2.3 Vaatimukset konehuoneelle	20
3.2.4 Muut tilat	25
3.2.5 Sulku-, suoja- ja varolaitteet	25
3.2.5.1 Sulkulaitteet	25
3.2.5.2 Kaasunilmaisimet	26
3.2.5.3 Varolaitteet	27
3.2.6 Nesteiskujen ehkäisy	28
3.2.7 Putkien kannakointi, eristys ja korroosiosuojaus	29
3.2.8 Ilmanvaihtolaitteet	31
3.3 Ammoniakkilaitoksen rakentaminen ja käyttöönotto	32
3.4 Ammoniakkilaitoksen muutostyöt	32

<b>4. AMMONIAKKILAITOKSEN TURVALLINEN KÄYTTÖ.....</b>	<b>33</b>
4.1 Käytönaikainen valvonta ja painelaitteiden määräaikaistarkastukset	33
4.2 Laitteiden kunnonseuranta käytön aikana	33
4.2.1 Päivittäinen seuranta ja määräaikaishuollot	34
4.2.2 Käyttöpäiväkirja	35
4.3 Opastus ja käyttöohjeet	35
4.3.1 Ohjeet käyttöpaikalla	35
4.3.2 Käyttöohjekirja	36
4.4 Henkilöstön koulutus	37
4.5 Pelastussuunnitelmat	37
4.5.1 Pelastussuunnitelma	37
4.5.2 Sisäinen pelastussuunnitelma	38
4.6 Ulkopuolisille tiedottaminen onnettomuusvaaroista	39
4.7 Pelastuslaitoksen perehdyttäminen kylmälaitoksen toimintaan	39
4.8 Ammoniakin vaikutus ihmiseen ja ensiapu	41
4.8.1 Välittömät vaikutukset	41
4.8.2 Toistuvan altistumisen vaikutukset	41
4.8.3 Nestemäisen ammoniakin aiheuttamat vammat	41
4.8.4 Kaasumaisen ammoniakin aiheuttamat vammat	42
4.8.5 Ensiapu	42
4.9 Suojavarusteet vuototilanteessa	43
4.9.1 Hengityssuojain	43
4.9.2 Suojakäsineet ja -vaatetus	43
4.10 Käsittely ja varastointi	43
<b>5. TYYPILLISET VAARATILANTEET JA EHKÄISY.....</b>	<b>44</b>
5.1 Käytönaikaiset ammoniakki vuodot ja niiden ehkäiseminen	45
5.1.1 Yleisimmät käytönaikaiset vuototilanteet	45
5.2 Korjaus- ja kunnossapitotöiden aikaiset onnettomuudet	46
5.3 Asennusvirheistä ja ulkopuolisista tekijöistä aiheutuneet onnettomuudet	48
5.4 Ammoniakkipäästön käyttäytyminen	48
5.4.1 Ammoniakin leviäminen laitoksen ulkopuolelle	49
<b>6. ONNETTOMUUDET JA PELASTUSTOIMINTA.....</b>	<b>50</b>
6.1 Pelastustoiminta vuototilanteessa	50
6.2 Palo ja räjähdys	51
6.3 Alueen puhdistaminen ja jätteiden käsittely	51
6.4 Onnettomuuden raportointi ja tutkinta	52
<b>7. KYLMÄLAITOSTA KOSKEVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET .....</b>	<b>54</b>
7.1 Lait ja asetukset	54
7.2 Standardit	54
7.3 Kirjallisuutta ja ohjeita	55
7.4 Aihepiiriin internet-osoitteita	55

<b>LIITE 1. TURVALLISUUS KYLMÄLAITOKSEN KUNNOSSAPITOTÖISSÄ .....</b>	<b>56</b>
1. Kunnossapitotyöt	56
2. Tiedotus, opastus ja koulutus	56
3. Vaaroja	56
4. Työlupa ja ohjeet	56
5. Tyhjennys ja paineettomuus	57
6. Kohteen erottaminen putkistoista	57
7. Sähkölaitteiden erottaminen	58
8. Välineiden varaaminen	58
9. Tuuletus	58
10. Ammoniakin lisäys	58
11. Erityisiä toimenpiteitä	59
<b>LIITE 2. HYVIÄ KÄYTÄNTÖJÄ AMMONIAKKIKYLMÄLAITOKSEN TURVALLISUUDEN VARMISTAMISEKSI .....</b>	<b>60</b>
1. Suunnittelu ja rakentaminen	60
1.1 Tilat	60
1.2 Ammoniakkilaitteisto	560
1.3 Turvallisuus ja varojärjestelyt	60
2. Käyttö, kunnossapito ja koulutus	61
2.1 Koulutus	61
2.2 Kunnossapito	61
2.3 Käyttö	61
3. Varautuminen onnettomuustilanteisiin	62
3.1 Turvavarusteet	62
3.2 Toiminta onnettomuustilanteessa	62
<b>LIITE 3. AMMONIAKIN OMINAISUUKSIA JA MERKINTÖJÄ.....</b>	<b>63</b>
Ammoniakin tunnistetietoja	63
Ammoniakin fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia	64
Ammoniakin kuljetusluokitus ja -merkinnät	65
Vedetön ammoniakki	65
Ammoniakin vesiliuos	65
Työhygieeniset raja-arvot	66

# 1. JOHDANTO

**Tämä opas** on suunnattu kylmä-, jäähdytys- ja lämpöpumppulaitoksia käyttäville sekä kyseisten laitteiden hankintaa suunnitteleville tahoille. Näin ollen oppaassa ei ole selvitetty kylmäteknikan perusteita. Oppaassa termillä kylmälaitos tarkoitetaan kaikkia laite- ja laitostyyppisiä, kuten kylmä-, jäähdytys- ja lämpöpumppulaitteita ja -laitoksia, joissa käytetään ammoniakkiä kylmäaineena. Ammoniakkilaitoksen käyttäjän ja tilaajan on ymmärrettävä ainakin siihen liittyvät minimivaatimukset, mitä ne ovat ja miksi niitä vaaditaan. Jokaisen toimijan on muistettava, ettei lainsäädännöstä johtuvia vastuita voi siirtää sopimusteitse toiselle toimijalle.

## Oppaan keskeisenä sisältönä on

- » erilaisten kylmäaineena ammoniakkiä käyttävään laitokseen liittyvien riski- ja vaaratekijöiden tunnistaminen
- » riskien ja vaarojen ehkäisy ja minimointi huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella
- » laitoksen turvallinen käyttö sisältäen myös huollon, kunnossapidon ja mahdolliset muutostyöt
- » turvallinen toiminta onnettomuustilanteessa.
- » liitteissä on esitetty hyvien käytäntöjen mukaisia luetteloja ammoniakkilaitoksen turvallisuuden varmistamiseksi.

Oppaan tavoitteena on varmistaa kylmäaineena ammoniakkiä käyttävän laitoksen turvallisuus kaikissa toimitusketjun vaiheissa hankinnasta ja suunnittelusta käyttöön saakka. Näkökohdat on käsitelty toimitusketjun mukaisessa järjestyksessä:

1. suunnittelu
2. rakentaminen ja toteutus
3. käytönaikainen toiminta, johon kuuluu myös varautuminen onnettomuuksiin ja pelastustoiminta onnettomuustilanteessa.

**On erityisesti** huomattava, että suurin osa turvallisuuteen ja laitoksen turvallistamiseen vaikuttavista tekijöistä ja liittyvistä ratkaisuksista tehdään jo suunnitteluvaiheessa. Näin ollen laitoksen hyvän suunnittelun tärkeyttä ei voi korostaa liikaa.

Suunnittelulla varmistetaan muun muassa suunnitteluvaatimusten täyttäminen, kuinka laitos toimii ja kuinka sitä ohjataan ja kuinka varmistetaan turvallisuus ja huolettavuus. Suunnittelussa myös valitaan tarvittavat laitteet ja oikeat raaka-aineet, mitoitetaan oikein päälaitteet, valitaan oikeat venttiilit ja muut laitteet sekä oikeat materiaalit, mikä vaikuttaa hitsausvaatimuksiin.

Laitoksen sijainti vaikuttaa myös ympäristönsä turvallisuuteen. Laitoksen rakentamisen aikana varmistetaan suunnittelussa tehtyjen valintojen ja turvallisuuden toteutuminen. Lopuksi laitoksen käytönaikainen turvallisuus varmistetaan muun muassa henkilöstön ohjeistamisella ja koulutuksella turvalliseen käyttöön sekä säännöllisellä huollolla.

Tässä oppaassa asioita käsiteltäessä on otettu huomioon:

1. lainsäädännön vaatimukset
2. standardien velvoittavat vaatimukset
3. standardien ei-velvoittavat vaatimukset (ehdotukset)
4. hyvä suunnittelutapa, käytännön tietotaito ja alan hyvät käytännöt.



## 2. AMMONIAKIN OMINAISUUKSISTA

**Ammoniakkia käytetään** yhä enemmän kylmälaitteiden jäähdytysaineena, koska halogenoitujen hiilivetyjen käyttöä on rajoitettu niiden ympäristövaikutusten vuoksi. Ammoniakin käyttöä jäähdytysaineena puoltavat esimerkiksi seuraavat tekijät:

- » ammoniakilla ei ole otsonikerrosta heikentävää eikä ilmaston lämpenemistä edistävää vaikutusta
- » ammoniakki on hinnaltaan edullinen kylmäaine
- » ammoniakilla on hyvät termodynaamiset ominaisuudet ja tästä johtuva hyvä energiatehokkuus
- » ammoniakki soveltuu käytettäväksi laajalla lämpötila-alueella, esimerkiksi pakaste- että kylmävarastojen lämpötiloissa
- » ammoniakki ei aiheuta syöpää eikä mutaatioita
- » pistävä haju varoittaa ammoniakkivuodosta jo vaarattomina pitoisuuksina (5-50 ppm)
- » kompressorin voiteluöljy erottuu hyvin ammoniakista ja laskeutuu pohjalle
- » yli 100 vuotta yhtäjaksoisesti käytössä ollut kylmäaine
- » vakiintunut käyttö kylmäaineena.

Ammoniakin heikkoja puolia kylmäainekäytössä ovat:

- » myrkyllisyys ihmisille ja vesieliöille
- » ammoniakkivuoto sisätilaan saattaa aiheuttaa räjähdysvaaran
- » ammoniakki syövyttää eräitä metalleja.

Ammoniakin vaikutusta ihmiseen ja onnettomuustilanteessa tarvittava ensiapu on kuvattu kappaleessa 4.8 *Ammoniakin vaikutus ihmiseen ja ensiapu*.

### 2.1 AMMONIAKIN KEMIAALLISET OMINAISUUDET

**Ammoniakki (NH<sub>3</sub>; R717)** on normaaliolosuhteissa myrkyllinen, väritön, voimakkaasti pistävän hajuisen, ilmaa kevyempi ja erittäin ärsyttävä kaasu, joka voidaan helposti nesteyttää värittömäksi nesteeksi. Kun yksi litra nesteytettyä ammoniakkia höyrystyy ilmakehän paineessa, muodostuu noin 750 litraa ammoniakkikaasua. Ammoniakin vaikutusta ihmiseen ja onnettomuustilanteessa tarvittava ensiapu on kuvattu kappaleessa 4.8.

Ammoniakki reagoi kiivaasti ja lämpöä kehittäen happojen ja hapettimien kanssa. Aine voi muodostaa räjähtäviä yhdisteitä kullan, hopean ja elohopean sekä näiden yhdisteiden kanssa. Halogeenit (fluori, kloori, bromi ja jodi), hypokloriitti ja etyleenioksidi voivat aiheuttaa räjähdyksen sekoituessaan ammoniakin kanssa.

Ammoniakki liukenee hyvin veteen vapauttaen samalla lämpöä. Ammoniakki on emäs, jonka vesiliuos reagoi alkalisesti. Nestemäinen ammoniakki liuottaa monia alkalimetalleja sekä kalsiumia, strontiumia ja bariumia. Ammoniakki syövyttää erityisen voimakkaasti kuparia, mutta myös alumiinia, hopeaa ja sinkkiä sekä näiden seoksia. Rauta ja teräs puolestaan eivät reagoi ammoniakin kanssa.

Suljetuissa tiloissa ammoniakki muodostaa syttyvän seoksen ilman kanssa pitoisuuksien ollessa 16–25 tilavuus-% välissä. Tästä syystä historian aikana on tapahtunut ilma-ammoniakkiseoksen räjähdystä, vaikka ammoniakki ei ole helposti syttyvää. Ulkona ammoniakin pitoisuus on yleensä syttymisrajan alapuolella. Näin palo rakennuksen tai säiliön ulkopuolella on epätodennäköinen. Aineen palamistuotteina muodostuu typen oksideja.

Ammoniakki ja sen hajoamistuotteet ovat vesistöjä rehevöittäviä ravinteita. Ammoniakki on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Jopa 1 mg/l pitoisuus voi tappaa kaloja. Tämän perusteella ammoniakki luokitellaan ympäristölle vaaralliseksi.

## 2.2 AMMONIAKIN LUOKITUKSET JA MERKINNÄT

**Kemikaalit jaetaan** ryhmiin muun muassa terveys- ja turvallisuusvaikutusten mukaan. Käytännössä tämä tarkoittaa kylmäaineiden osalta jaottelua niiden myrkyllisyyden ja syttymisherkkyiden mukaan. Euroopan Unionin lainsäädännössä puhtaiden kylmäaineiden ja seoskylmäaineiden turvallisuusluokitus (vaaraluokitus) perustuu ns. CLP-asetukseen (EY-asetus N:o 1272/2008). CLP-asetuksen mukainen luokitus koskee muun muassa kylmäaineiden varastointia, teollista käsittelyä ja kuljetusta. CLP-asetuksen mukaisten luokitusten lisäksi kemikaaleilla voi olla myös sovelluskohtaisia luokituksia, kuten esimerkiksi käytettäessä kylmäaineena.

Tarkasta voimassa olevat ja päivitettyt tiedot esimerkiksi ammoniakkin käyttöturvallisuustiedotteesta tai Työterveyslaitoksen julkaisemasta OVA-ohjeesta ([www.ttl.fi/ova/ammoniakki](http://www.ttl.fi/ova/ammoniakki)). EU:n Kemikaaliviraston ECHA:n sivuilla on esitetty laajemmin ammoniakkin ominaisuuksia sekä kulloinkin voimassa olevat merkinnät ([echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals](http://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals)).

### 2.2.1 Vedetön ammoniakki

#### Ammoniakki, vedetön (nesteytetty tai kaasumainen)

CLP-asetuksen ((EY) N:o 1272/2008) mukaiset varoitusmerkinnät

#### Varoitusmerkit

Huomiosana: VAARA



#### Vaaralausekkeet

H221: Syttyvä kaasu.

\* H331: Myrkyllistä hengitettynä.

H314: Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.

H400: Erittäin myrkyllistä vesieläöille.

\* Vähimmäisluokitus.

#### Turvalausekkeet

Ennaltaehkäisyyn, pelastustoimenpiteisiin, varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät turvalausekkeet valitaan aineen vaaraluokituksen ja käyttötapojen perusteella.

### 2.2.2 Ammoniakin liuokset

#### Ammoniakkiliuos ... % (tavallisesti ammoniakkin vesiliuos)

CLP-asetuksen ((EY) N:o 1272/2008) mukaiset varoitusmerkinnät

#### Varoitusmerkit

Huomiosana: VAARA





## Vaaralausekkeet

H314: Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa.

H400: Erittäin myrkyllistä vesielioille.

## Turvausekkeet

Ennaltaehkäisyyn, pelastustoimenpiteisiin, varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät turvausekkeet valitaan aineen vaaraluokituksen ja käyttötapojen perusteella.

## 2.2.3 Kylmäaineiden turvallisuusluokitus

**Kylmäaineiden turvallisuusluokituksia** määritetään kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n työryhmässä TC86. Luokitukset julkaistaan ensin standardissa ISO 817, josta tiedot otetaan muun muassa standardisarjaan SFS-EN 378. Standardeissa määritellään muun muassa kylmäjärjestelmien ja -laitteiden sisältämien kylmäaineiden enimmäistäytösmääristä ja laitteiden rakenteesta ja sijoituspaikasta.

Ammoniakki on luokiteltu standardin ISO 817 mukaisesti turvallisuusluokkaan B2L. Ensimmäinen kirjain kuvaa myrkyllisyysluokkaa ja sitä seuraava numero-kirjain-yhdistelmä syttyvyysluokkaa.

## Myrkyllisyysluokitus

Kylmäaineet jaetaan kahteen ryhmään niiden myrkyllisyyden mukaan.

**Ryhmä A** Kylmäaineet, joiden työperäisen altistuksen raja-arvo  $\geq 400$  ppm.

**Ryhmä B** Kylmäaineet, joiden työperäisen altistuksen raja-arvo on alle 400 ppm.

## Syttyvyysluokitus

Kylmäaineet jaetaan nykyisin neljään ryhmään perustuen niiden alemman syttymisrajan (LFL), palonopeuden ja palamislämmön mukaan. Alempi syttymisraja on kylmäaineen minimipitoisuus, joka aiheuttaa liekin syttymisen kylmäaineen ja ilman homogeenisessa seoksessa.

**Luokka 1** Ei esiinny liekin etenemistä ilmakehän paineessa (101,3 kPa) ja 60 °C lämpötilassa.

**Luokka 2L** (alhaisempi syttyvyys), kaikki seuraavat vaatimukset täytyttävä:

- » liekin etenemistä esiintyy ilmakehän paineessa (101,3 kPa) ja 60 °C lämpötilassa,
- » alempi syttymisraja (LFL) on  $> 3,5$  tilavuus-%,
- » palamislämpö  $< 19$  MJ/kg, ja
- » maksimipalonopeus  $\leq 10$  cm/s ilmakehän paineessa (101,3 kPa) ja 23 °C lämpötilassa.

**Luokka 3** (korkeampi syttyvyys), seuraavat vaatimukset täytyttävä:

- » liekin etenemistä esiintyy ilmakehän paineessa (101,3 kPa) ja 60 °C lämpötilassa ja
- » alempi syttymisraja (LFL) on  $\leq 3,5$  tilavuus-% TAI
- » palamislämpö  $\geq 19$  MJ/kg.

Turvallisuusluokat		Myrkyllisyysluokitus	
		Pienempi myrkyllisyys, ryhmä A	Suurempi myrkyllisyys, ryhmä B
Syttyvyysluokitus	Korkeampi syttyvyys, 3	A3 (mm. hiilivedyt)	B3
	Alhaisempi syttyvyys, 2L	A2L (usea uusi seos ja HFO-aine)	B2L (ammoniakki)
	Syttyvä, 2	A2 (harvinainen)	B2
	Ei syttyviä, 1	A1 (usea HFC-aine ja hiilidioksidi)	B1

Taulukko 1. Kylmäaineiden turvallisuusluokituksen periaatteet.

## 2.3 AMMONIAKIN KÄYTTÖKOHTEET KYLMÄTEKNIKKASSA

**Ammoniakkia käytetään** useissa kylmätekniikan käyttökohteissa. Käytettävä ammoniakki on vedetöntä ammoniakia (kpl. 2.2.1). Vain erittäin harvoissa tapauksissa on käytetty ammoniakin vesiliuosta (kpl. 2.2.2). Käytännössä vesiliuos on käytössä muutamassa jääradan putkistossa (kpl. 2.3.4).

### 2.3.1 Isot elintarvikevarastot

**Ammoniakki on** yleisesti käytetty kylmäaine isojen kylmä- ja pakkasvarastojen kylmäkoneistoissa. Jos varastoissa tarvitaan molempia lämpötilatasoja, rakennetaan laitos yleensä kaksiasteiseksi, jolloin säädetään optimaalinen lopputulos sekä investointikustannusten että käyttökustannusten osalta. Laitostyyppinä on lähes aina pumppulaitos, jolloin ammoniakki kiertää jäähdytettävissä kohteissa. Käyttötalous on hyvä, ja sulatukset on helppo toteuttaa kuumakaasusulatuksina. Haittapuolena on suuri ammoniakkimäärä ja siihen liittyvä mahdollinen vuotoriski.

Tämän vuoksi on yhä enemmän siirrytty epäsuoriin järjestelmiin etenkin kylmävarastojen osalta (varaston lämpötila-alue 0...+15 °C). Tällöin varastoissa kiertää erillinen mataliin lämpötiloihin soveltuva lämmönsiirtoneste, ja laitoksen ammoniakkikäytöstä voidaan pienentää sekä rajoittaa sen käyttö erilliseen kylmäkonehuoneeseen. Seurauksena on kuitenkin suurempi energian kulutus ja jonkin verran monimutkaisempi laitosrakenne.

Yhä enemmän on myös varastojäähdytyksessä siirrytty käyttämään hiilidioksidia kylmäaineena. Isoissa pakkasvarastoissa voidaan käyttää myös hiilidioksidin ja ammoniakin yhdistelmää, jolloin varastossa kiertävä ammoniakki korvataan hiilidioksidilla (katso myös kohta 2.3.6). Suurimpana argumenttina tälle ratkaisulle on se, että näin voidaan välttää mahdollisessa kylmäaineen vuototilanteessa varastoitavien tuotteiden pilaantuminen. Laitoksen käyttötalous saadaan kuitenkin pidettyä hyvällä tasolla.

### 2.3.2 Elintarviketeollisuus

**Elintarviketeollisuus on** suurin ammoniakkilaitosten käyttäjäryhmä. Kyseisellä teollisuudella on laaja ja monipuolinen jäähdytyksen tarve tuotannon eri vaiheissa. Myös tarvittavat jäähdytystehot ovat suuria, ja siksi ammoniakki on säilyttänyt asemansa jo sadan vuoden ajan. Laitoksilta vaaditaan myös hyvää käyttötaloutta, luotettavuutta sekä sopeutumista erilaisiin tuotannon muutoksiin ja laajennuksiin elinkaarensa aikana. Siksi perinteinen ammoniakkipumppulaitos tai / ja siihen yhdistetty epäsuora liuosjärjestelmä tarjoavat keskitetyn ratkaisun kaikkiin tehtaassa tarvittaviin jäähdytyskohteisiin, kuten esimerkiksi eri tuotteiden pikajäähdytys ja -pakastus, tuotevarastot, työskentelytilojen jäähdytys tai ilmastonin jäähdytys.

Ammoniakkia käyttäviä elintarviketehtaita ovat lihateollisuus, valmisruokateollisuus, meijeriteollisuus, virvoitusjuoma- ja panimoteollisuus, kalateollisuus, leipomot sekä vihannes- ja marjateollisuus.

### 2.3.3 Prosessiteollisuus

**Prosessiteollisuus käyttää** pääasiallisesti erilaisten nesteiden jäähdytykseen käytettäviä koneistoja. Myös näissä kohteissa tarvittavat tehot ovat suuria ja lämpötilatasot vaativia. Samoin sopeutuminen erilaisiin kuormitusvaihteluihin asettaa haasteita laitteille. Hyvien termodynaamisten ominaisuuksien vuoksi ammoniakki soveltuu hyvin näihin kohteisiin, ja siksi erilaiset tehdasvalmiit koneikkoratkaisut ovat yleisiä. Kun käytetään epäsuoraa jäähdytystä, voidaan ammoniakkikäytös saada hyvin pieneksi ja rajoittaa sen käyttö vain erilliseen konehuoneeseen.

### 2.3.4 Jääradat

**Jäärata vaatii** jäähdytetylle alueelle mittavan jäähdytysputkiston. Tämän vuoksi muoviputkisto on yleinen ratkaisu edullisen hinnan ja helpon asennettavuuden vuoksi. Muoviputkistossa yleisimmin kiertävä suola- tai glykoliliuos jäähdytetään konehuoneessa olevalla jäähdytysyksiköllä. Tähän tarkoitukseen ammoniakkikoneisto soveltuu hyvin. Ammoniakkikierto voidaan rajoittaa kokonaan konehuoneeseen, jolloin kentän käyttäjille ei muodostu haittaa mahdollisissa vuototilanteissa. Käyttökustannukset oikein mitoi-

tetuissa laitoksissa ovat pienimmät tämän tyyppisissä ratkaisuisa, kun kylmäaineena käytetään ammoniakkia. Useimmiten myös laitevalmistajien vakiotuotteina olevat ammoniakkijäähdytysyksiköt soveltuvat sellaisenaan jääratakäyttöihin.

Käytettäessä epäsuoraa lauhdutusta voidaan lämmöntalteenotto toteuttaa pienin investoinnein ja siten pienentää jäähallin lämpöenergian tarvetta

**Huomio!** Joissakin jääradoissa on jääradan putkistoissa kiertävänä liuksena ammoniakin vesiliuos. Tämä on nykyään erittäin harvinainen ratkaisu.

### 2.3.5 Lämpöpumput

**Laitevalmistajat ovat** tuoneet markkinoille yhä lukuisimpia ammoniakkia kylmäaineena käyttäviä lämpöpumppuja. Haasteena lämpöpumpuissa ovat olleet korkeat lauhtumislämpötilat ja sitä kautta laitteilta vaadittava tavanomaista korkeampi paineenkesto. Jotta lämpöpumpun tuottama lämpö olisi hyvin hyödynnettävissä, tulisi saavutettavan lämpötilatason yleensä olla n. +60...+90 °C. Lauhtumispuolen rakennepainetasolla tämä tarkoittaa 40... 60 bar painetta. Näille alueille soveltuvaa laitekantaa on hyvin saatavilla myös ammoniakkilämpöpumppuina. Ammoniakin ominaisuudet antavat laitteille hyvät lämpökertoimet sekä ovat ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja. Parhaiten ammoniakkilämpöpumput soveltuvat kohteisiin, joissa tehontarpeet ovat muutamasta sadasta kilowatista ylöspäin.

### 2.3.6 Ammoniakki-hiilidioksidi -järjestelmät

**Pakkas- ja** pakastuslaitoksissa voidaan hyödyntää kahden eri kylmäaineen parhaimpia ominaisuuksia kytkemällä hiilidioksidi- ja ammoniakkilaitos sarjaan (kaskadilaitos). Tällöin hiilidioksidi toimii matalan paineen kylmäaineena, jolloin laitos toimii selvästi ylipaineen puolella myös matalassa lämpötilassa (esimerkiksi -40 °C). Tällä saavutetaan hyvä hyötysuhde sekä voidaan pienemmällä kompressorikoolla saavuttaa isommat jäähdytystehot.

Käyttämällä korkeapainepuolella ammoniakkia vältetään hiilidioksidilaitoksen ylikriittinen käyttö, joka on käyttötaloudeltaan ammoniakkilaitosta huonompi.

Kaskadilaitos soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa tarvitaan jäähdytystehoa matalissa lämpötiloissa: yleensä alle -30 °C.

Yhdistelmä täyttää myös ympäristövaatimukset, koska molemmat kylmäaineet ovat puhtaita luonnonkylmäaineita.

### 2.3.7 Kaukojäähdytys ja kaukolämpö

**Isommissa kaupungeissa** kaukolämmitysverkot ovat olleet käytössä jo vuosikymmeniä. Niiden rinnalle ovat tulleet myös voimakkaasti laajenevat kaukojäähdytysverkot. Tehontarpeet näissä kohteissa ovat hyvin suuret: useimmiten kymmeniä megawatteja. Näihin kohteisiin on etenkin Pohjoismaissa asennettu myös ammoniakkia kylmäaineenaan käyttäviä jäähdytys- ja lämpöpumppulaitteistoja. Myös näissä kohteissa puoltavina argumentteina ovat olleet ympäristöystävällisyys sekä käyttötalous

### 2.3.8 Ammoniakkia käyttävä kemianteollisuus

**On luonnollista**, että ammoniakille suunniteltuja laitteita käytetään myös kemianteollisuudessa, joka käyttää ammoniakkia raaka-aineenaan. Suurimpina käyttäjinä esimerkiksi lannoiteteollisuus ja kaivos-teollisuus.

## 2.4 AMMONIAKIN TULEVAISUUDESTA

**Hyvien ominaisuuksiensa** vuoksi ammoniakki pysyy tulevaisuudessakin teollisen kylmän käytössä, mutta B2L-turvaluokan kylmäaineena sen käytön laajenemista muille kylmän aloille voi hidastaa, kun muiden luonnollisten kylmäaineiden käyttö lisääntyy eri laiteratkaisuissa.

Turvallisen käytön ja riskien minimoimisen vuoksi ammoniakkilaitosten kylmäainetäytöksiä pyritään tarvittaessa sekä pienentämään että rajaamaan tiettyyn sijaintiin. Hiilidioksidin käyttö pumpattavana ja höyrystyvänä väliaineena mahdollistaa myös matalat lämpötilat välillisenä järjestelmänä, jolloin ammoniakkitäytöstä voidaan tarvittaessa pienentää ja ammoniakkin käyttö rajata esimerkiksi konehuoneeseen. Tämän oppaan kirjoittamisen hetkellä kaikkia teollisessa ruuanvalmistuksessa käytettäviä laitteita ei vielä ole saatavilla hiilidioksidille, mutta kehitys on hiljalleen siihen suuntaan etenemässä. Euroopassa on myös tehty ensimmäisiä ”matalan täytöksen” ammoniakkilaitoksia, joissa käytetään ammoniakki myös kuivahöyrysteisenä. USA:ssa puolestaan kylmäainetäytöstä on uusimmissa laitoksissa jaettu useampaan itsenäiseen katolle asennettuun yksikköön.

Vakiintuneiden käyttötapojen lisäksi tehdasvalmisteisten ammoniakkivedenjäähdyttimien ja -lämpöpumppujen käyttö on lisääntynyt. Tällä hetkellä lämpöpumppuja voidaan komponenttien puolesta valmistaa n. 90 °C lauhtumislämpötiloihin ja 150 °C kuumakaasulämpötiloihin saakka. Varsinkin lämpöpumppujen käytössä uusia käyttökohteita löytyy sitä mukaa, kun komponenttivalmistajat kehittävät vielä korkeammille käyttöpaineille ja lämpötiloille soveltuvia osia.

## 3. AMMONIAKKILAITOKSEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

**Ammoniakki luokitellaan** vaaralliseksi kemikaaliksi, jolloin sitä saa käsitellä ja varastoida vain tuntemalla sen vaaraominaisuudet ja varautumalla onnettomuuksiin. Ammoniakkilaitoksen sijoituksessa on huomioitava lainsäädännön vaatima turvallisuus mm. kemikaalien, painelaitteiden ja paloturvallisuuden perusteella. Lisäksi standardin SFS-EN 378-1 mukaan määritetään erityyppisille sijoituspaikoille suurimmat sallitut ammoniakkitäytökset, joihin vaikuttaa tilan käyttö sekä kylmäjärjestelmän tyyppi.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty, mitä näkökohtia on otettava huomioon ammoniakkilaitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa.

### 3.1 MITÄ AMMONIAKKILAITOKSEN SIOITUKSELTA VAADITAAN?

**Kylmälaitoksissa käytettävä** ammoniakki luokitellaan ominaisuuksiensa mukaisesti vaaralliseksi kemikaaliksi, ja ammoniakkin käyttö kylmäaineena määritellään vaarallisen kemikaalin teolliseksi käsittelyksi. Vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia valvovat Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) sekä alueiden pelastusviranomaiset. Viranomaisten on tehtävänä valvoa, että vaarallisten kemikaalien käsittely tai varastointi on turvallista ihmisille, omaisuudelle ja ympäristölle.

Toiminnan laajuuden mukaisesti vähäisen käsittelyn ja varastoinnin laitoksista tulee tehdä ilmoitus pelastusviranomaiselle, joka myös valvoo kyseisiä laitoksia. Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) ja sen perustella annetussa valvonta-asetuksessa (685/2015) säädetyn mukaisesti laajamittaista käsittelyä ja varastointia saa harjoittaa vain hakemalla toiminnalle lupaa Tukesilta, ennen kuin laitos voidaan ottaa käyttöön.

Ammoniakkilaitokset jaotellaan:

- » vähäisen käsittelyn ja varastoinnin laitokseksi, kun ammoniakkia on enemmän kuin 100 kiloa
- » laajamittaisen käsittelyn ja varastoinnin laitokseksi, kun ammoniakkia on enemmän kuin 10 tonnia.

On huomattava, että toiminnanharjoittajalla voi kylmälaitoksen sisältämän ammoniakkin lisäksi olla kohteessa muitakin vaarallisiksi luokiteltuja kemikaaleja, jotka tulee huomioida lupahakemusta ja ilmoitusta laadittaessa. Muiden vaarallisten kemikaalien vaaraominaisuudet voivat suhdeluvun määrittelyn perusteella johtaa tilanteeseen, että edellä mainittuja ammoniakkin lupa- ja ilmoitusrajoja pienempien kylmälaitostenkin osalta syntyy velvollisuus ilmoituksen tekemiseen tai luvan hakemiseen. Suhdelukulaskentaan ja kemikaaliluettelon ilmoittamiseen sekä ylläpitoon tulee käyttää Tukesin ylläpitämään [Kemidigi](#)-sivustoa.

Ilmoitusten ja lupahakemusten sisällöstä säädetään tarkemmin kemikaaliturvallisuuden valvonta-asetuksessa (685/2015) ja lisätiedot hakemusmenettelystä löytyvät viranomaisen verkkopalveluista [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi) ja [www.pelastuslaitokset.fi](http://www.pelastuslaitokset.fi). Lisäksi kannattaa tutustua Tukesin laatimaan oppaaseen *Tuotantolaitosten sijoittaminen*, jossa on käsitelty myös ammoniakikylmälaitoksia.

#### 3.1.1 Ammoniakkiiin liittyvien riskien arviointi

**Riskejä ja** vaaroja arvioitaessa tulee laitoksen käyttäjien olla mukana, koska heidän tulee tuntea kaikki laitokseen liittyvät riskit ja vaarat. Ammoniakkia kylmäaineena käyttävien kylmälaitteiden ja lämpöpumppujen riskejä arvioitaessa on otettava huomioon sekä ammoniakkiiin liittyvät kemikaaliriskit että laitteen toiminnasta aiheutuvat paineeseen liittyvät riskit. Laitteiden ja laitosten vaarat on pyrittävä tunnistamaan jo suunnitteluvaiheessa, jotta ne voidaan ehkäistä tai onnettomuusriskiä voidaan vähentää tehokkaasti ja edullisemmin. Riskien arvioinnilla saadaan kokonaiskuva laitteistoon ja laitokseen liittyvistä riskeistä ja vaaroista. Riskien arvioinnin tulosten perusteella voidaan suunnitella parannustoimenpiteitä sekä se, mitä asioita on huomioitava ohjeita ja pelastussuunnitelmia laadittaessa. Useimmiten myös toiminnassa olevasta laitteistosta voidaan löytää aikaisemmin tiedostamattomia riskejä, joita voidaan vähentää suhteellisen yksinkertaisin ja edullisin toimenpitein.

Erilaisten arviointimenetelmien pääpaino on vaaratilanteiden, niiden syiden ja niistä aiheutuvien seurausten tarkastelussa. Ammoniakkilaitoksissa kyseeseen tulee etenkin ammoniakkivuotojen ehkäiseminen ja niiden seurausten rajoittaminen. Vaaraa aiheuttavan tilanteen syiden ja seurausten arvioinnin lisäksi on hyvä tarkastella, miten tilanteeseen on varauduttu ja arvioida varautumisen riittävyttä. Mikäli varautumista ei pidetä riittävänä, on mietittävä toimenpiteitä tilanteen parantamiseksi tai tarkemmaksi selvittämiseksi. On huomattava, ettei mikään yksittäinen riskinarviointimenetelmä sovellu kaiken tyyppiin kohteisiin eikä yksinään käytettynä anna kattavaa käsitystä kaikista mahdollisista riskeistä ja vaaratilanteista.

### 3.1.2 Onnettomuusvaaran huomioiminen laitoksen sijoittamisessa

**Tärkein näkökulma** ammoniakkilaitoksen sijoittamista mietittäessä on onnettomuuden aiheuttaman vaaran huomioiminen kemikaaliturvallisuuksasetuksen (856/2012) 16 § mukaisesti:

*”Terveydelle ja ympäristölle vaarallisia kaasuja tai helposti haihtuvia nesteitä sisältävien säiliöiden ja kappaleavarastojen ja vastaavien suojaetäisyydet ulkopuoliseen toimintaan nähden määrätään niissä mahdollisesti tapahtuvien kemikaalivuotojen aiheuttaman terveyst- ja ympäristövaaran perusteella.”*

Kylmälaitoksista voi vuotaa ammoniakkia ympäristöön tavallisesti varolaitteiden tai laiterikon, esimerkiksi putki- tai venttiilirikon, kautta. Harvinaisempia ovat laitteiston repeämiset, joissa voi vapautua äkillisesti suurempia määriä ammoniakkia. Vapautunut ammoniakki ärsyttää hengitysteitä, ja ärsytys on suoraan verrannollinen ammoniakkipitoisuuteen. Nestemäisen ammoniakin roiskeet voivat lisäksi aiheuttaa iholla syöpymistä ja paleltuman.

Yleinen periaate on, että arvioitavaksi valitaan suurehkoja, mutta kuitenkin realistisia onnettomuustapaauksia. Aivan vähäisten tai toisaalta äärimmäisen epätodennäköisten onnettomuuksien valinnalla ei saada käyttökelpoisia kriteerejä laitoksen sijoittamisen arvioimiseen. Suojaetäisyyksiä arvioitaessa on otettava huomioon esimerkiksi mitä toimintoja laitoksen lähistöllä on, laitoksen sisältämän ammoniakin määrä, millaisia vaikutuksia vuotanut ammoniakki voi aiheuttaa, missä olosuhteissa vuoto voi levitä, millaiset ovat onnettomuuden kohteeksi joutuvien ihmisten mahdollisuudet suojautumiseen tai alueelta poistumiseen, jne.

Tukesin *Tuotantolaitosten sijoittaminen* -oppaan mukainen taulukko esittää suojaetäisyyksiä, joita voi käyttää apuna arvioitaessa laitoksen sijoittamista (ks. kpl 3.1.2.2). On huomattava, että tuossa taulukossa alle 100 kg laitosten ei katsota aiheuttavan huomattavaa vaaraa laitoksen ulkopuoliselle. Laitoksen suurin sallittu ammoniakin täytösmäärä riippuu sijoituspaikasta. Suurin sallittu täytösmäärä on määritettävä standardin SFS-EN 378-1 mukaisesti.

#### 3.1.2.1 Laitokset, alle 100 kg

**Ammoniakkilaitos, jonka** täytös on alle 100 kg, ei katsota aiheuttavan huomattavaa vaaraa laitoksen ulkopuoliselle. Tällainen laitos kuuluu pelastuslaitoksen valvonnan piiriin, mutta laitoksella ei ole ilmoitusvelvollisuutta. Laitoksen sijoittamisessa on noudatettava standardin SFS-EN 378 määräyksiä.

#### 3.1.2.2 Laitokset, 100 kg–10 tn

**Pienet ammoniakkilaitokset**, joiden täytös on 100 kg–10 tn, kuuluvat pelastuslaitosten valvontaan. Tukesin *Tuotantolaitosten sijoittaminen* -oppaan mukainen taulukko (ks. viereisellä sivulla) esittää suojaetäisyyksiä, joita voi käyttää apuna arvioitaessa 100 kg–10 tn ammoniakkilaitoksen sijoittamista. Ammoniakkipäästön aiheuttama vaaraetäisyys riippuu useasta tekijästä, kuten laitoksen tyyppistä, ammoniakin määrästä ja sen lämpötilasta sekä putkilinjojen halkaisijoista.

Suojaetäisyydet on tässä annettu kahdelle laitostyypille, jotka ovat:

- » Tyyppi A: Lauhdutinta ja sen putkilinjoja lukuun ottamatta kaikki laitteistot ovat joko konehuoneessa tai tuotantotiloissa.
- » Tyyppi B: Muut kuin tyyppi A.



Ammoniakkimäärä (t)	Laitoksen tyyppi	Etäisyys 1 (m)	Etäisyys 2 (m)
$0,1 \leq m < 1,5$	A ja B	25	50
$1,5 \leq m < 3,0$	A ja B	40	100
$3,0 \leq m < 10$	Tyyppi A	40	150
	Tyyppi B	80	250

Taulukko 2. Ammoniakkikylmälaitosten suojaetäisyydet.

Etäisyys 1 = Etäisyys tontin rajasta ja yleisestä liikenneväylästä sekä toimintaan kuulumattomista rakennuksista.

Etäisyys 2 = Etäisyys asuinrakennuksista, hoitolaitoksista, kouluista, päiväkodeista ja kokoontumistiloista.

Ne 100 kg–10 tn ammoniakkilaitokset, jotka olisivat erityistapauksia, tulisi tarkastella seuraavan kappaleen mukaisia mallinnuksia ja päästömalleja hyödyntäen. Erityistapauksia ovat esimerkiksi ympäristöt ja alueet, joissa on paljon ihmisiä, kuten päiväkodit, vanhusten hoito- ja palvelulaitokset, sairaalat, jne.

### 3.1.2.3 Isot laitokset ja erityistapaukset

**Tässä kappaleessa** isolla laitoksella tarkoitetaan Tukesin valvontaan kuuluvaa laitosta. Ammoniakin luparaja on 10 tonnia, mutta laitos voi kuulua Tukesin valvontaan myös pienemmällä ammoniakkimäärällä, jos laitoksella on ammoniakin lisäksi muita vaarallisia kemikaaleja. Näille laitoksille tulee tehdä ammoniakin leviämismallinnukset, mikäli ympäristössä on onnettomuusvaaralle altistuvia kohteita.



#### Hyvä käytäntö (etenkin isommat täytökset / laitokset): leviämismallin laatiminen

Leviämismallin laatimisessa tulee tarkastella, millaista onnettomuuspotentiaalia laitos sisältää, eli mitä ammoniakkivuotoja laitoksessa voi tapahtua ja millaisia vaikutuksia vuodolla voi lähiympäristössä olla. Kun onnettomuusvaara ja ammoniakkivuodon leviämialue tunnetaan, voidaan arvioida laitoksen sijoituspaikan turvallisuutta.

Niin sanottuna mitoitettavana skenaariona, eli ammoniakkipäästön suuruuden kuvaamiseen, käytetään laitoksen suurimman varoventtiilin purkauskapasiteettia vastaavaa vuodon massavirtaa (kg/s) laitoksen suunnittelupaineessa ja kyseisen ammoniakkipiirin täytöksellä. Opastyöryhmä päätyi tämän skenaarion valintaan siksi, että varoventtiilin purkauskapasiteetti kuvaa hyvin laitoksen mitoitusta ja se on helposti selvitettävissä.

Vuotoa mallinnettaessa tulee huomioida vähintään seuraavat muuttujat:

- » Vuodon kesto vähintään 10 min. Lyhyempää aikaa voidaan käyttää, jos tiedetään vuodon loppuvan aikaisemmin (täytöksen määrä, purkauskapasiteetti). Vuotonopeus alkaa pienentyä, kun paine alkaa laskea.
- » Mallinnuksessa ei voida hyödyntää tehtyjä varautumisia, kuten paineantureita/-kytkimiä kaasunilmaisimia, kaasupesureita, yms.
- » Vuotokohdaksi valitaan varoventtiili tai jokin muu kohta varoventtiilinjassa.
- » Putken katkeamisesta syntyvä lähde-termi muodostuu lammikosta tapahtuvasta haihtumisesta ja vuotovirrassa mahdollisesti syntyvästä aerosoli/höyrystymisosuudesta.
- » Kaasupilven leviämistarkastelussa valitaan kaksi erilaista sääolosuhdetta. Säätila oletetaan stabiiliksi (F) ja tuulen nopeudeksi 2 m/s sekä neutraaliksi (D) ja tuulen nopeudeksi 5 m/s.
- » Ammoniakin terveysvaaran arvioinnissa käytetään apuna AEGL-arvoja. Katso lisätietoja Tukesin oppaasta "Tuotantolaitosten sijoittaminen".



- Tarvittaessa esim. valvontaviranomaisen pyynnöstä tai riskien arvioinnin antaessa aiheutta voi olla tarpeen selvittää myös muiden vieläkin epätodennäköisempien, mutta vakavien vuototilanteiden seurauksia. Lisäskenaariona voidaan tarkastella tapauksia, jossa
- » vuotoaika on vähintään ½ h. Tämä kuvastaa tilannetta vuodon alkamisesta pelastushenkilöstön paikalle saapumiseen.
  - » vuoto tapahtuu kuumakaasulinjassa, esimerkiksi kuumakaasulinjan katkeamisessa kompressorin ja lauhduttimen välissä.
  - » vuoto ulkona olevasta nestemäisen ammoniakkin putkilinjasta.
  - » vuoto lauhduttimien valuntaputkesta.
  - » vuoto konehuoneen lattialle.
  - » hätätuuletuksen kautta tuleva päästö.
  - » ulkona olevan ammoniakkisäiliön vuoto tai repeäminen.

### 3.1.3 Ammoniakkilaitoksen vaikutus ympäristöön

**Ammoniikkikylmälaitoksiin ei** suoraan liity ympäristölupavaatimuksia. Mutta jos kylmälaitoksen yhteydessä on muuta toimintaa, joka edellyttää ympäristölupaa, kuten esimerkiksi teurastamo, elintarviketeollisuus, kemianteollisuus, nestemäisten ympäristölle tai terveydelle vaarallisten kemikaalien varastointia, käsitellään kylmälaitos osana tätä ympäristölupaa, ja määräyksiä voi kohdistua myös ammoniakkikylmälaitokseen.

Ympäristönsuojelulain (laki 527/2014) 27 §:ssä säädetään toiminnoista, joihin tarvitaan ympäristölupa. Suurin osa ympäristöluvista perustuu lain liitteessä 1 olevaan luvanvaraisten toimintojen listaan (27§ 1 momentti). Kyseisellä listalla ei ole mainittu ammoniakkikylmälaitoksia tai muitakaan kylmälaitoksia. Ympäristönsuojelulaissa (27§ 2 momentti) on lisäksi tunnistettu tilanteita, joissa ympäristölupaa edellytetään vaikutusten perusteella, esimerkiksi kun toiminta saattaa aiheuttaa vesistön, ojan tms. pilaantumista tai naapurussuhdelain tarkoittamaa kohtuutonta rasitusta. Tämä harkinta tehdään tapauskohtaisesti toimivaltaisen viranomaisen toimesta. Valtion luvittamisessa luvan tarpeen harkinnan tekee valvontaviranomainen eli ELY-keskus. Ympäristönsuojelulain rekisteröintiä tai ilmoitusta edellyttävissä toiminnoissa (lain liitteet 2 ja 4) ei myöskään mainita kylmälaitoksia.

### 3.1.4 Kaavoitus ja laitoksen sijoittuminen

**Ammoniikkikylmälaitosten sijoittamisessa** tai sen laajentamisessa on huomioitava sijoituspaikan ja sen ympäristön kaavoitus. Teollisuuslaitosten osalta alue pitää olla varattu teollisuus- tai vastaavalle toiminnalle. Kaavassa osoitetun käyttötarkoituksen tulee vastata toimintaa.

Tuotantolaitosta ei saa sijoittaa tärkeälle pohjavesialueelle tai muulle vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueelle ilman erityistä perusteltua syytä.

Kemikaaliturvallisuutta valvova viranomainen arvioi tuotantolaitoksen sijoittamista lupakäsittelyssä. Arviointi perustuu mahdollisten onnettomuuksien vaikutuksiin (katso tämän oppaan kappale 3.1.2). Vaikutuksia arvioitaessa otetaan huomioon onnettomuuspäästön ammoniakkipitoisuuden lisäksi myös lähiympäristön altistuvat kohteet. Hoitolaitokset ja suuret henkilökeskittymät ovat herkempiä kuin esimerkiksi teollisuus- ja työpaikka-alueet. Tukesin oppaassa ”*Tuotantolaitosten sijoittaminen*” on pitoisuuden kynnyksarvoja, mitä eri altistuvissa kohteissa ei saa ylittää.

### 3.1.5 Laitteiston suurin sallittu ammoniakkitäytös

**Tässä kappaleessa** käsitellään ammoniakkia kylmäaineena käyttävien kylmälaitteistojen ja lämpöpumppujen sijoittamista rakennuksessa. Lähtökohtana on rajoittaa ammoniakkia sisältävien laitteistojen sijoittamista suoraan yleisötiloihin tai vastaaviin altistumisherkkiin kohtiin.

Laitteiston suurimmat täytökset määritetään standardin SFS-EN 378-1 mukaisesti. Suurimpaan sallittuun ammoniakkitäytökseen vaikuttaa laitteiston sijoituspaikka, tilan käyttötarkoitus sekä kylmäjärjestel-

män tyyppi. Mikäli sijoitustila(t) on jo tiedossa, tulee tilan kokoa ja ominaisuuksia käyttää suurimman sallitun kylmäainetäytöksen laskemiseen. Toisaalta mikäli laitteiston kylmäainetäytös on tiedossa, tulee sitä käyttää määrittäessä laitteisto sijoituspaikkaa.

### 3.1.5.1 Sijoitusluokat

**Kylmälaiteiston ja** lämpöpumpun kylmäainetta sisältävien osien sijainnin perusteella määritetään standardin SFS-EN 378-1 mukaisesti sijoitusluokka. Sijoitusluokkaa käytetään suurimman sallitun kylmäainetäytöksen määrittämiseen. Ammoniakkilaitoksissa voidaan käyttää käytännössä kahta sijoitusluokkaa:

#### Sijoitusluokka III – Konehuone tai ulkoilma

Jos kaikki ammoniakkaa sisältävät osat sijaitsevat konehuoneessa tai ulkoilmassa, sijaintipaikkaluokka on III. Konehuoneen on täytettävä standardin SFS-EN 378-3 vaatimukset, tai

#### Sijoitusluokka II – Kompessorit konehuoneessa tai ulkoilmassa

Jos kaikki kompressorit ja painesäiliöt sijaitsevat joko konehuoneessa tai ulkoilmassa, sijaintipaikkaluokka on II, ellei koneisto ole luokan III vaatimusten mukainen. Putkierukat ja putkistot ml. venttiilit voivat sijaita oleskelutilassa.

### 3.1.5.2 Pääsylvuokat

**Oleskelutilat luokitellaan** ottaen huomioon niiden ihmisten turvallisuus, jotka saattavat joutua suoraan kylmäainevuodon vaikutuksen alaisiksi. Kylmäkoneistojen sijoittamisessa on otettava huomioon sijaintipaikka, paikalla olevien ihmisten määrä ja pääsylvuokat.

Tilat luokitellaan kolmeen eri pääsylvuokkaan sen perusteella, miten rajattua on niihin pääseminen.

Luokat	Yleispiirteet pääsylvuokalle	Esimerkkejä pääsylvuokan tiloista
Pääsylvuokka a, yleinen pääsy	Tilat, rakennusten osat ja rakennukset, joissa » yöpymismahdollisuudet tarjotaan » oleskelevien ihmisten kulkua on rajoitettu » oleskelevien ihmisten määrää ei ole rajoitettu » pääsy on kenellä tahansa tuntematta henkilökohtaisesti tarvittavia turvallisuustoimenpiteitä.	» Sairaalat, » oikeusistuimet tai vankilat, » teatterit, » valintamyymälät, » koulut, luentosalit, » liikenneterminaalit, hotellit, asuintilat, ravintolat.
Pääsylvuokka b, valvottu pääsy	Tilat, rakennusten osat ja rakennukset, joissa voi oleskella vain rajoitettu määrä ihmisiä ja joissa osa läsnä olevista tuntee laitoksen yleiset turvallisuustoimenpiteet.	» Konttorit tai toimistot, » laboratoriot, » yleiset tuotantotilat ja työtilat.
Pääsylvuokka c, pääsy vain valtuutetuilla henkilöillä	Tilat, rakennusten osat ja rakennukset, joihin on pääsy vain valtuutetuilla henkilöillä, jotka tuntevat laitoksen yleiset ja erityiset turvallisuustoimenpiteet. Näissä tiloissa, rakennusten osissa tai rakennuksissa valmistetaan, prosessoidaan tai varastoidaan materiaalia tai tuotteita.	» Tuotantolaitokset, esim. kemikaaleille, ruoalle, juomalle, jälle tai jäätelölle, » jalostamot, » kylmätilat, » meijerit, » teurastamot, » valintamyymälöiden tilat, joihin yleisöllä ei ole pääsyä.

## 3.1.5.3 Esimerkki ammoniakkitäytöksen määrittämiseksi

**Standardin SFS-EN 378-1** liitteessä C on kuvattu, kuinka kylmäainetäyttö tulee määrittää. Määrittämisessä tulee ottaa huomioon edellä esitetyt sijoitusluokat ja pääsilyluokat. Tässä esimerkissä tarkastellaan luentosalia, jonka huonetilavuus on  $400 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 1000 \text{ m}^3$ , jota haluttaisiin jäähdyttää ammoniakilla sisältävällä laitteella. Luentosali kuuluu pääsilyluokkaan a, ja luentosalin jäähdytys kuuluu sovelluksena luokkaan ”ihmisten mukavuus”. Tarkastellaan, voidaanko ammoniakilla sisältäviä osia sijoittaa luentosaliin (sijaintiluokka II) vai tuleeko kaikki osat sijoittaa konehuoneeseen tai ulkoilmaan (sijaintiluokka III).

Myrkyllisyysluokka	Pääsilyluokka		Sijaintipaikan luokittelu	
			II	III
B	a		Myrkyllisyysraja x huoneen tilavuus	Ei täytösrajoitusta
	b	Ylimmät kerrokset ilman hätäuloskäyntejä tai pohja- kerroksen alapuolella	Täytös $\leq 25 \text{ kg}$	
		Henkilötiheys on < kuin 1 hlö / $10 \text{ m}^2$	Ei täytösrajoitusta	
		Muu	Täytös $\leq 25 \text{ kg}$	
	c	Henkilötiheys on < kuin 1 hlö / $10 \text{ m}^2$	Ei täytösrajoitusta	
		Muu	Täytös $\leq 25 \text{ kg}$	

Syttymisluokka	Pääsilyluokka		Sijaintipaikan luokittelu	
			II	III
2L	a	Ihmisen mukavuus	Taulukon C.2 mukaisesti ja $\leq \text{m}^2 \times 1,5$	Ei täytösrajoitusta
		Muut sovellukset	$20 \% \times \text{LFL} \times \text{huoneen}$ tilavuus ja $\leq \text{m}^2 \times 1,5$	
	b	Ihmisen mukavuus	Taulukon C.2 mukaisesti ja $\leq \text{m}^2 \times 1,5$	
		Muut sovellukset	$20 \% \times \text{LFL} \times \text{huoneen}$ tilavuus ja $\leq \text{m}^2 \times 1,5$	
	c	Ihmisen mukavuus	Taulukon C.2 mukaisesti ja $\leq \text{m}^2 \times 1,5$	
		Muut sovellukset	$20 \% \times \text{LFL} \times \text{huoneen}$ tilavuus ja $\leq \text{m}^2 \times 1,5$	
		< 1 hlö / $10 \text{ m}^2$	Ei täytösrajoitusta	

Ammoniakin myrkyllisyysraja on  $0,00022 \text{ kg/m}^3$  ja alempi syttymisraja (LFL)  $0,116 \text{ kg/m}^3$ . Kun pääsilyluokka on a ja sijaintipaikan luokka on II, saadaan

» myrkyllisyyden perusteella (ylempi taulukko) saadaan  $1000 \text{ m}^3 \times 0,00022 \text{ kg/m}^3 = 0,22 \text{ kg}$  eli maksimitäytös olisi 220 g.

- » syttyvyyden perusteella (alempi taulukko) ammoniakkin maksimitäytöksessä otetaan huomioon vain taulukon lause  $m^2 \times 1,5 \times LFL$ , jolloin maksimitäytös syttyvyyden perusteella olisi  $26 m^3 \times 1,5 \times 0,116 kg/m^3 = 4,524 kg$ .
- » suurimman sallitun täytöksen määrää myrkyllisyyden ja syttyvyyden perusteilla lasketuista arvoista pienempi arvo. Tässä tapauksessa myrkyllisyys rajoittaa ammoniakkin maksimitäytöksen 220 g, mikä ei riitä kyseisen tilan jäähdyttämiseen.

Näin ollen esimerkissä vaihtoehdoksi jää sijoittaa kaikki kylmäainetta sisältävät komponentit konehuoneeseen tai ulkoilmaan, eli sijoitusluokkaan III.

## 3.2 AMMONIAKKILAITOKSELLE ASETETTAVIA VAATIMUKSIA

**Kuten edellisessä** kappaleessa todettiin, on ammoniakkaa sisältävät osat sijoitettava konehuoneeseen tai ulkoilmaan. Tähän kappaleeseen on koottu ammoniakkilaitoksen konehuoneelle, muille tiloille ja laitteille asetettavia vaatimuksia ja hyviä käytäntöjä, joita noudattamalla voidaan rakentaa turvallisia ammoniakkilaitoksia.

On huomattava, ettei tämä opas ei riitä laitoksen vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseen. Laitteisto- ja laitoksia suunniteltaessa on aina tarkasteltava kyseiseen tapaukseen liittyvät lainsäädännölliset vaatimukset ja tekijät, joita tässä oppaassa on käsitelty.

### 3.2.1 Kemikaaliturvallisuuslaki ja sen asetukset

**Asetuksessa vaarallisten** kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (asetus 856/2012) on mm. seuraavia vaatimuksia:

#### » Vaatimukset rakennukselle

- »» rakennemateriaalien ja rakenteiden valinnassa otetaan huomioon kemikaaleista aiheutuvat vaarat ja niistä johtuvat vaatimukset, kuten kestävyys kemiallisia vaikutuksia vastaan sekä paineen- ja palonkestävyys;
- »» pelastus- ja torjuntatoimiin osallistuvilla on esteetön pääsy kaikkiin tiloihin;
- »» onnettomuuksien leviäminen tilasta toiseen estetään mahdollisimman hyvin;
- »» kemikaalivuotojen leviäminen rakennuksen tilasta toiseen tai maaperään taikka tarkoitukseton pääsy viemäriin estetään;
- »» käsittelytiloista ei saa olla suoraa yhteyttä sellaisiin tiloihin, joissa ihmisiä työskentelee muissa kuin kemikaalien käsittelyyn tai varastointiin liittyvissä tehtävissä. Tilojen ovien on oltava automaattisesti sulkeutuvat ja ulospäin aukeavat;
- »» jos huonetilassa käsitellään tai varastoidaan palavaa nestettä tai palavaa kaasua, huonetilan seinien ja kattojen sisäpintojen materiaalien tulee olla vähintään maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetun Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennusten paloturvallisuutta koskevan osan E1 mukaista luokkaa A2-s1,d0. (A2 = tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu, s1 = savuntuotto on erittäin vähäistä, d0 = palavia pisaroita tai osia ei esiinny.)

#### » Vaatimukset säiliöiden sijoittelulle

- »» säiliön etäisyys seinästä sekä toisesta säiliöstä tulee olla vähintään yksi metri.

#### » Vaatimukset palo-osastoinnille

- »» prosessitilat ja kemikaalien varastointitilat on muodostettava omiksi palo-osastoikseen. Tilat, joissa erittäin helposti syttyviä tai helposti syttyviä palavia nesteitä tai palavia kaasuja, tulee erottaa omiksi palo-osastoikseen.

#### » Vaatimukset paineenkevennykselle

- »» Jos huonetilassa käsitellään palavia kaasuja, tilan painetta tulee voida keventää joko kevytrakenteisten rakenteiden kautta tai paineenkevennyslaittein siten, että räjähdyksessä syntyvä paine voi purkautua ulos suuntaan, jossa henkilövahinkojen mahdollisuus jää mahdollisimman vähäiseksi.

» **Vaatimukset tilojen merkinnälle**

- » » tilojen sisääntulo-ovissa on oltava merkinnät, joista käy ilmi tiloissa käsiteltävien kemikaalien vaaraominaisuudet ja mahdollisesti tarvittavat varotoimenpiteet vaaran välttämiseksi.



» **Vaatimukset vuotojen hallinnalle**

- » » kemikaalivuotojen leviäminen rakennuksen tilasta toiseen tai maaperään taikka tarkoitukseton pääsy viemäriin estetään.

### 3.2.2 Painelaitelaki ja sen asetukset

**Painelaitteiden suunnittelua**, valmistusta ja käyttöä säädetään Suomessa painelaitelalla (1144/2016). Lain tavoitteena on varmistaa, että painelaitteet ovat turvallisia käyttää niiden koko elinkaaren ajan. EU:ssa painelaitteiden yhdenmukainen suunnittelu ja valmistus sekä vapaa liikkuvuus on säädetty painelaitedirektiivillä (2014/68/EU). Painelaitelakia täydentää Valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016). Tarkastuslaitos voi olla mukana painelaitteiden vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa, ja tarkastuslaitos tekee painelaitteiden käyttöön liittyviä määräaikaistarkastuksia. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) on painelaitesäädösten valvontaviranomainen. Tukes valvoo painelaiteturvallisuutta käyttövalvonnan, markkinavalvonnan ja painelaiterekisterin avulla.

Painelaitteiden käytöstä säädetään kansallisesti. Valtioneuvoston asetuksella painelaiteturvallisuudesta (1549/2016) säädetään merkittävää vaaraa aiheuttavien painelaitteiden rekisteröinnistä ja sijoitussuunnitelmasta sekä painelaitteiden käytönaikaisista tarkastuksista ja käytön valvonnasta.

### 3.2.3 Vaatimukset konehuoneelle

**Ammoniakkikonehuonetta koskevat** vaatimukset tulevat kylmästandardista (SFS-EN 378 -sarja), kemikaaliturvallisuussäädöksistä ja painelaitelaista.

**Määritelmät:**

<p><b>Konehuone</b> (EN 378-1, kohta 3.2.1)</p>	<p>Suljettu huone tai tila, joka on tarkoitettu sisältämään kylmäkoneiston komponentteja ja jossa on koneellinen ilmanvaihto ja joka on eristetty tiloista, joihin yleisöllä on pääsy ja jonne ulkopuoliset eivät pääse. Konehuone voi sisältää muita laitteita, jos niiden rakenne ja asennusvaatimukset ovat yhteensopivia kylmäkoneiston turvallisuusvaatimusten kanssa</p>
<p><b>Erillinen kylmäkonehuone</b> (EN 378-1, kohta 3.2.2)</p>	<p>Konehuone, joka on tarkoitettu sisältämään ainoastaan kylmäkoneiston komponentteja ja johon on pääsy ainoastaan pätevällä henkilökunnalla tarkastusta, huoltoa ja korjausta varten. Mikäli standardi viittaa termiin "konehuone", se sisältää myös erilliset kylmäkonehuoneet.</p>

Standardissa SFS-EN 378-3 on esitetty vaatimukset konehuoneen rakenteille, talotekniikalle, valaistukselle, jne. varustukselle.



## Konehuone

Konehuoneita ei pitäisi käyttää oleskelutiloina. Käyttäjän on varmistettava, että pääsy on sallittu vain perehdytetyille henkilökunnalle, joka suorittaa konehuoneessa tai koko laitoksessa tarvittavaa kunnossapitoa. Jos konehuoneissa oleskellaan huomattavia jaksoja, esim. jos niitä käytetään rakennuksen huoltotyötilana, niiden on katsottava olevan oleskelutiloja pääslyluokassa c. Erillistä kylmäkonehuonetta ei saa käyttää oleskelutilana.

Vuotava kaasu on tuuletettava ulos. Ilmanvirtaa ei saa tapahtua konehuoneen läpi oleskelutiloihin.

Jos paineilmakompressoreja on sijoitettu konehuoneeseen, on näiden paineilmakompressorien ilman syöttö kanavoitava ulkopuolelta niin, ettei kylmäainetta pääse ilmanottoon. Tällä tavalla estetään mahdollisen vuodon leviäminen paineilmaverkoston kautta.

Konehuoneita ei saa käyttää varastona lukuun ottamatta asennetun laitteiston työkaluja, varaosia ja kompressoriöljyä.

## Kaukokäyttöinen hätäkytkin

Konehuoneen oven ulkopuolella on oltava kaukokytkin kylmälaitteen pysäyttämiseksi. Vastaava kytkin on oltava myös konehuoneen sisäpuolella.

## Konehuoneesta ulos johtavat aukot

Konehuoneesta ulos johtavia aukkoja ei saa olla 2 m etäisyydellä rakennuksen hätäuloskäyntiportaikosta tai muista rakennuksen aukoista, esim. ikkunoista, ovista tai ilmanvaihdon raitisilma-aukoista.

## Putket ja kanavat

Konehuoneen rakenteiden läpi kulkevien putkien ja kanavien on oltava tiivistettyjä läpimeno kohdissa. Läpimenokohdan palo-osastoinnin on vastattava rakenteen palo-osastointia.

## Viemäröinti

Ammoniakkivuotojen pääsyn estämiseksi vesistöihin on toteutettava keräysjärjestelmä. Konehuoneen lattia on suunniteltava niin, ettei nestemäinen ammoniakki vuoda ulos huoneesta. Keräysjärjestelmästä lähtevän viemärin on oltava tavallisesti suljettu. Kylmäaineen pääsy viereisiin tiloihin, portaakkoihin, yms. tai rakennusten viemärijärjestelmään on estettävä. Konehuoneen lattia on allastettava niin, että suurin mahdollinen vuoto saadaan kerätyksi talteen. Selvitetään lattian pinta-ala ja varmistetaan sen tiiveys sekä tehdään riittävät kynnykset oviaukkoihin (ks. Tukes opas *Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta*).

## Hätäsuihku/-huuhtelu

Ammoniakkikonehuoneisiin on järjestettävä helposti saatavilla oleva silmien pesumahdollisuudet, esimerkiksi silmien huuhtelupullo. Konehuoneeseen on asennettava hätäsuihku ja silmähuuhtelulaite helposti luokse päästävässä paikassa, jos konehuoneessa voi esiintyä terveydelle vaarallisten kemikaaliroiskeiden vaara. Standardin SFS-EN 378-3 lisävaatimuksena ammoniakkitäytöksen ollessa yli 1 000 kg, on konehuoneesta ulos johtavan varauloskäynnin ulkopuolelle sijoitettava hätäsuihku, jonka virtausmäärä on vähintään 11/s ja veden lämpötila on välillä 25 °C ja 30 °C. Pienet ammoniakkia sisältävät lämpöpumput ja jäähdytyslaitteet ei tarvitse suihkua.



### Hyvä käytäntö:

"Turvahuone", konehuoneen vieressä oleva erillinen tila, jonne pääsee siirtymään konehuoneesta ammoniakkivuodon sattuessa. Turvahuoneen ja konehuoneen välissä on oltava suljettava ovi. Turvahuoneen ilmanvaihto toimii omalla pienellä ilmanvaihtokoneella ja sitä on pyrittävä pitämään ylipaineisena, jotta ammoniakkipitoisen ilman virtaus turvahuoneeseen estyy. Turvahuoneeseen voidaan sijoittaa hätäsuihkun lisäksi myös esimerkiksi kaasuvalvontajärjestelmän näyttö.

**Sprinklerilaitteistot**

Ammoniakkikonehuoneisiin saa uuden standardin mukaan asentaa sprinklerilaitteiston, jos seuraavat ehdot täyttyvät:

- » sprinklerit käynnistyvät yksitellen 141 °C tai korkeammassa lämpötilassa
- » sprinklerijärjestelmän aktivoitumista ei ole manuaalisesti ohitettu
- » sprinkleriasennukset ovat standardin EN 12845 vaatimusten mukaisia.

**Normaali valaistus**

Kylmäteknisiä laitteita sisältäviin tiloihin on valittava ja sijoitettava kiinteät valaisimet riittävän valaistuksen aikaansaamiseksi turvalliselle käytölle. Valaistustason ja valaisimien sijoittelun on oltava kansallisten määräysten mukainen.

**Hätävalaistus**

Hätävalaistusjärjestelmän on oltava riittävä ohjauslaitteiden käytölle ja henkilökunnan evakuoimiselle normaalin valaistuksen pettäessä. Valaistustason ja valaisimien sijoittelun on oltava kansallisten määräysten mukainen.

**Mitat ja luokse päästävyys**

Konehuoneen mittojen on oltava sellaiset, että asennus onnistuu helposti ja tilaa on riittävästi kylmäteknisten laitteiden huollolle, kunnossapidolle, käytölle, korjaukselle ja purkamiselle. Tilojen on oltava riittävät myös käytettäessä henkilönsuojaimia.

Tarvittaessa on järjestettävä huoltosillat ja kiinteät tikkaat, jotta kylmäkoneistojen käyttö, kunnossapito, tarkastukset ja korjaukset voidaan tehdä turvallisesti. Työskentelysilojen ja pysyvien työpisteiden yläpuolelle sijoitettujen laitteiden alapuolella on oltava vähintään 2,1 m vapaa korkeus.

**Ovet ja aukot**

Konehuoneissa on oltava ulospäin avautuvat ovet, ja niitä on oltava riittävä määrä varmistamaan, että henkilöt voivat poistua hätätilanteessa. Ovien on oltava tiukkasovitteisia ja itsestään sulkeutuvia. Ovien rakenteen tulenkestävyyden on oltava vähintään yksi tunti.

Ammoniakkikonehuoneissa on oltava ovi, joka joko avautuu suoraan ulkoilmaan tai erityisen eteistilan läpi, joka on varustettu itsesulkeutuvilla, tiukkasovitteisilla ovilla.

Konehuoneessa ei saa olla aukkoja, joiden kautta kylmäaine tai hajut pääsevät mihin tahansa oleskelutilaan.

Vähintään yhden varauuskäynnin on avauduttava suoraan ulkoilmaan tai sen on johdettava hätäpoistumistiehen.

**Seinät, lattia ja katto**

Konehuoneen ja rakennuksen muiden osien välisten seinien, lattian ja katon rakenteen palonkestävyyden on oltava vähintään 1 tunti, ja niiden on oltava pitävästi tiivistettyjä.

**Ilmanvaihtokanavat**

Normaaleissa ja hätäilmanvaihdon kanavissa käytettävän ohutlevyn on oltava standardin EN 1507 mukaista, ja kanavat on kannakoitava standardin EN 12236 vaatimusten mukaisesti. Asennuksen jälkeen kaikki kanavasaumat ja -liitokset on tiivistettävä kaasuvuotojen minimoimiseksi kanavasta.

Ilmanvaihtokanavalla pitää olla vähintään sama palonkestävyys kuin konehuoneen ovilla ja seinillä.

**Ilmanvaihto**

Konehuoneen ilmanvaihdon on oltava riittävä sekä normaaleissa käyttöolosuhteissa että hätätilanteissa. Konehuoneiden ilma on tuuletettava ulos koneellisen ilmanvaihdon avulla siinä tapauksessa, että kylmäainetta vapautuu komponenttivuotojen johdosta. Tämän ilmanvaihtojärjestelmän on oltava riippumaton mistään muusta kohteen ilmanvaihtojärjestelmästä. Riittävä korvausilman saanti on järjestettävä ulkoa päin, ja korvausilman jakelu on järjestettävä koko konehuoneen osalta niin, että vältetään kuolleet kulmat. Ulkoilma-aukot on sijoitettava niin, että vältetään ilman kierto takaisin huoneeseen.

Konehuoneen ollessa miehitetty on ilmanvaihdon oltava kansallisten määräysten mukainen, vähintään 4 ilmanvaihtokertaa tunnissa. Siinä tapauksessa, että riittävää ilmanvaihtomäärää ei voida saavuttaa, on käynnistettävä kuuluva ja/tai näkyvä hälytys ja sähkönsyöttö lopetettava.

### **Koneellinen hätäilmanvaihto**

Jos kylmälaitoksessa on vähintään 50 kg ammoniakkaa, vaaditaan konehuoneeseen kaasunilmaisin. Koneellisen hätäilmanvaihdon on käynnistytävä konehuoneeseen sijoitetun yhden tai useamman tunnistimen välityksellä. Koneellinen hätäilmanvaihto on varustettava kahdella itsenäisellä hätäohjauksella, joista toinen on sijoitettu konehuoneen sisäpuolelle ja toinen ulkopuolelle.

Koneellisen hätäilmanvaihdon ilmavirta on oltava vähintään

$$V = 0,014 \times m^{2/3}$$

$m$  on kylmäainetäytöksen massa kg suurimman täytöksen omaavassa kylmäkoneistossa. Hätäilmanvaihtojärjestelmä, jossa on 15 ilmanvaihtokertaa tunnissa, on riittävä.

Hätäpoistopuhaltimen on oltava joko ilmavirrassa ilmavirran ulkopuolella olevalla moottorilla tai normitettu vaarallisia alueita varten (ns. atex-puhallin). Puhallin on sijoitettava siten, että vältetään poistokanaviston painekuormitus konehuoneessa. Puhallin ei saa synnyttää kipinöintiä, jos se osuu kanavamateriaaliin. Ovet, joista on läpikulu rakennuksen sisällä muihin tiloihin ja joissa kaasunilmaisin ei kykene havaitsemaan kylmäaineita, kun ovet ovat auki, on hätäpoistoilmanvaihto aloitettava, kun ovi on ollut auki yli 60 sekuntia.

### **Koneellisen ilmanvaihdon aukot**

Koneellisen ilmanvaihdon aukot on tehtävä sellaiseen kohtaan ja sen kokoisiksi, että niiden avulla saadaan riittävä ilmavirta riippuen kylmäaineen ominaisuuksista ja siitä onko kyseessä tuloilma vai poistoilma sekä puhaltimen suorituskyvystä. Tulo- ja poistoilma-aukot on järjestettävä niin, että niillä pystytään poistamaan kylmäaine kaikissa kylmäaineen vuototilanteissa.

### **Kaasuvalvonnan tunnistimet ja ilmaisimet**

Tunnistimet on sijoitettava paikkoihin, joihin vuodosta tuleva kylmäaine kerääntyy. Tunnistimien sijoittamisessa on huomioitava paikalliset ilmavirtakuviot. Kuhunkin konehuoneeseen tai kyseessä olevaan oleskelutilaan on asennettava vähintään yksi tunnistin. Tunnistimen havaitessa kylmäainevuodon, on vuodon ilmaisimena käytettävä äänestä summeria ja vilkkuvaloa.

Mitä tahansa sopivaa tunnistinta voidaan käyttää, ja sen on annettava sähköinen signaali ennalta määritellyllä kylmäaineen tai hapen pitoisuudella, joka aktivoi sulkuventtiilit, hälytysjärjestelmän, koneellisen ilmanvaihdon tai muut hätäohjaimet.

Tunnistimien toimintaa on jatkuvasti valvottava. Tunnistimien vikatapauksessa olisi hätä-äänisarjan aktivoituva, kuten kylmäaineen tunnistamisen yhteydessä. Kaikkien tunnistimien vasteajan on oltava 30 s tai vähemmän pitoisuudessa, joka on 1,6 kertaa asetusarvo.

Kaasuvalvonta-anturit on asennettava niin, että niiden toiminta voidaan todentaa helposti. Kaasuvalvonta-anturit edellyttävät säännöllistä kalibrointia tai toiminnan tarkastusta, ja sen onnistumiseksi anturien sijoituksen pitää olla helposti luokse päästävissä. Lisäksi anturiin liitetty hälytystoiminto pitää kalibroinnin yhteydessä testata.

Kun ammoniakkipitoisuus ylittää alemman hälytysrajan, käynnistyy konehuoneessa koneellinen hätäilmanvaihto.

### **Hälytykset**

Käytettäessä hälytyksiä varoittamaan vuodosta konehuoneessa tai oleskelutiloissa, on hälytyksen varoitettava kylmäainevuodosta äänellä (15 dB(A) yli taustäänitason) summerilla ja vilkkuvalla valolla. Konehuoneiden hälytysjärjestelmän on annettava hälytys sekä konehuoneen sisä- että ulkopuolella. Oleskelutilan hälytysjärjestelmän on annettava hälytys ainakin oleskelutilan sisäpuolella.

Tunnistimelta tulevan signaalin on käynnistettävä hälytys. Hälytyksen on myös hälytettävä valtuutettu henkilö suorittamaan asianmukaiset toimenpiteet.

### Hälytysjärjestelmän virransyöttö

Hälytysjärjestelmän virransyötön on oltava itsenäinen koneellisen ilmanvaihdon virransyöttöön nähden tai muihin hälytysjärjestelmän alaisiin kylmäkoneistoihin nähden.

Konehuoneet, joissa on ammoniakkaa, on arvioitava huomioiden syttyvyys ja luokiteltava standardin EN 60079-10-1 tilaluokkien vaatimusten mukaisesti.

Konehuoneen sijainnin on oltava paikallisten ja kansallisten määräysten mukainen. Vaatimukset voivat riippua kylmäkoneiston täytösmäärästä.

### Lisävaatimukset sähkölle

Sähkölaitteet on valittava tunnistettujen tilaluokkien mukaisesti. Ammoniakkikylmäaineita sisältävien laitteiden sähkölaitteet ovat vaatimustenmukaisia, jos sähkönsyöttö suljetaan, kun kylmäaineen pitoisuus saavuttaa 30 000 ppm (n. 18 % alemmasta syttyvyysrajasta). Laitteiden, jotka jäävät jännitteisiksi siinä tapauksessa, että kylmäaineen pitoisuus ylittää päänälytystason, esimerkiksi hälyttimet, kaasunilmaisimet, tuuletuspuhaltimet ja hätävalaistus, on oltava soveltuva käyttöön räjähdysvaarallisessa tilassa. Tämä kohta pätee kaikkiin huoneessa oleviin sähkölaitteisiin ja virransyöttöihin, ei ainoastaan kylmäkoneistoon.

### Kaasuvalvonta

Räjähdys- tai tulipalovaarasta varoittamiseksi konehuoneissa olevassa laitteistossa sekä ohjaamistarkoituksissa täytösmäärän ollessa yli 50 kg vaaditaan ammoniakille soveltuva tunnistin, jonka on annettava ilmaisu seuraavilla pitoisuuksilla: standardin mukaisesti

- » 350 mg/m<sup>3</sup> (500 × 10<sup>-6</sup> tilavuusosuus ppm, 500 ppm) (esihälytys)
- » 21 200 mg/m<sup>3</sup> (30 000 × 10<sup>-6</sup> tilavuusosuus ppm, 30 000 ppm) (päänälytys).



#### Hyvän käytäntönä Suomessa:

- » 100 ppm esihälytys käyttäjille
- » 300...500 ppm hätätuuletus käynnistetään ja kompressorit sammutetaan automaattisesti
- » 800...1 000 ppm hälytys hätäkeskukseen kytkettyyn järjestelmään

Esihälytystasolla on aktivoitava hälytys ja koneellinen ilmanvaihto.

Päänälytystasolla:

- » Kylmäkoneisto on pysäytettävä automaattisesti.
- » Virransyöttö konehuoneisiin on katkaistava automaattisesti.
- » Koneellinen ilmanvaihto on pysäytettävä, ellei asiaankuuluvia vaihtoehtoisia järjestelyjä tehdä (ks. SFS-EN 378-3).

Kun konehuoneissa on ainoastaan kompressoreja tai kompressoriyksiköitä, on vähintään yksi tunnistin sijoitettava kompressorien tai yksiköiden yläpuolelle. Kylmäainepumppujen asennustilaa joko konehuoneessa tai muilla alueilla on myös valvottava pumppujen yläpuolelle tai lähelle asennetulla tunnistimella. Tunnistimen on oltava käyttötarkoitukseensa sopivia ja pätevän organisaation kalibroimia.

Epäsuorien järjestelmien lämmönsiirtopiiriin, esimerkiksi vesi- tai glykolipiiriin, on liitettävä ammoniakkin tunnistimet ilmaisemaan kylmäaineen esiintyminen piirissä, jos ammoniakkitäytös on suurempi kuin 500 kg. Näiden tunnistimien on käynnistettävä hälytys konehuoneessa ja soveltuvisissa tapauksissa hälytysjärjestelmän käyttöliittymässä, mutta ne eivät saa laukaista merkkivaloja tai merkkiäänä eivätkä ne saa käynnistää tuuletusta.

## 3.2.4 Muut tilat

**Ammoniakkia kylmäaineena** käytävässä kylmlaitoksessa tulee olla konehuoneen lisäksi myös venttiilikeskukseen ja jokaiseen suljettuun kylmätilaan asennettuna kaasunilmaisim. Ilmaisimen toiminta tulee olla nähtävissä konehuoneen valvontataulussa. Kaasunilmaisimen sijoittelussa tulee huomioida tilan geometria, sisäilman virtaukset ja todennäköisimmät ammoniakkin vuotopaikat. Erityisesti täytyy välttää valvomattomien "taskujen" muodostumista. Lisäksi täytyy huomioida, että tietyissä olosuhteissa kylmä ammoniakkikaasu voi kerrostua lattian rajaan.

Asetuksen (856/2012) §73 mukainen vaatimus ”*Ulkona olevien ammoniakkia ja muita veteen liukenevia myrkyllisiä kaasuja sisältävien laitteistojen vuotoihin on varauduttava vesiverhoihin tai muilla vastaavilla järjestelmillä, joilla kaasu voidaan saada talteen ja joilla sen leviämistä voidaan tehokkaasti rajoittaa*” koskee esimerkiksi ammoniakkivaunujen purkauspaikkaa. Ammoniakkilaitoksen ammoniakkiventtiiliryhmät eivät tarvitse suojaan vesiverhoja.

## 3.2.5 Sulku-, suoja- ja varolaitteet

### 3.2.5.1 Sulkulaitteet

**Standardin SFS-EN 378-2** kohdassa 6.2.4 on esitetty ohjeita sulkulaitteiden oikeasta toteutuksesta. Kompressorit ja muut kylmlaitoksen laitteet on varustettava venttiileillä tyhjennystä varten. Vaaratilanteiden ja kylmäainevuotojen vähentämiseksi tulee laitteet voida erottaa nopeasti kylmlaitoksesta joko yksitellen tai ryhmissä käsikäyttöisillä tai automaattisilla sulkuventtiileillä.

Sulkulaitteissa, joita käytetään jatkuvasti, on oltava kiinteä käsipyörä tai muu käsikäyttölaite. Sulku-  
laitteiden, joita ei käytetä laitteiden ollessa käytössä, mutta joita käytetään esim. helpottamaan korjausta tai kunnossapitoa, tulee olla rakenteeltaan sellaisia, että niiden käyttöä varten tarvitaan työkalu. Suojahatulla varustettu sulkuventtiili täyttää tämän vaatimuksen, jos suojahattua ei voi käyttää venttiilikaran kiertämiseen.

Ammoniakin runkolinjasta haarautuvissa linjoissa tulisi olla sulkuventtiilit, joilla järjestelmän osat voidaan tarvittaessa erottaa runkolinjasta. Tämä mahdollistaa järjestelmän pienempien osien erottamisen verkosta. Tällöin esimerkiksi huolto- ja korjaustyöt voidaan suorittaa tyhjentämättä tai ajamatta alas suurempia kokonaisuuksia tai koko laitosta. Venttiilien avulla voidaan myös tarvittaessa erottaa vuotava tai vikaantunut järjestelmän osa pysäyttämättä koko laitosta.

Venttiilien valintaan kannattaa kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa. Eri venttiilityyppien ja -merkkien välillä on suuria eroja mm. huoltotoimenpiteiden, kuten tiivisteiden vaihdon helppouden suhteen. Joissakin malleissa tiivisteiden vaihto onnistuu vain, jos järjestelmä on ensin tyhjennetty ammoniakista.

Ammoniakkiputkien ja ennen kaikkea tärkeimpien sulkuventtiilien sijainti tulee merkitä selkeästi niin, että myös järjestelmään perehtymätön henkilö löytää ne tarvittaessa. Ammoniakkilinjoihin on merkittävä virtaussuunta ja mielellään myös olomuoto (kaasu/neste) ja lämpötila. Lisäksi voidaan merkitä tarkemmin, mihin putkilinja johtaa, esimerkiksi: "nestemäinen ammoniakki (-33 °C) pakastevaraston höyrystimille". Standardissa SFS 3701 (Putkistojen merkintä virtaavan aineen tunnuksin, tunnusvärit ja -kilvet) on yksityiskohtaiset ohjeet merkintöjen tekemisestä. Kuvassa 1 on esimerkki oikeaoppisista merkinnöistä tuotantotiloissa.



Kuva 1. Esimerkki venttiilien ja putkiston oikeista merkinnöistä (kuva: Jomcon Oy).

### 3.2.5.2 Kaasunilmaisimet

**Ammoniakkia kylmäaineena** käytävässä kylmälaitoksessa tulee olla konehuoneeseen, venttiilikokkeisiin ja jokaiseen suljettuun tilaan asennettuna kaasunilmaisimet. Ilmaisimen toiminta tulee olla nähtävissä konehuoneen valvontataulussa. Kaasunilmaisimen sijoittelussa tulee huomioida tilan geometria, siivälman virtaukset ja todennäköisimmät ammoniakkin vuotopaikat. Erityisesti täytyy välttää valvomattomien "taskujen" muodostumista. Lisäksi täytyy huomioida, että tietyissä olosuhteissa kylmä ammoniakki-kaasu voi kerrostua lattian rajaan.

Kaasunilmaisimet tulisi asentaa myös varolaitteen ulospuhallusputken päähän läheisyyteen, jolloin saadaan välittömästi tieto varolaitteen toimimisesta. Vaihtoehtoisesti anturi voidaan sijoittaa ulospuhallusputkeen. Mikäli laitoksen käyttäjä ei ole paikalla, tulee ilmaisimen toimimisesta tulevan tiedon välittyä automaattisesti laitoksen käytön valvojalle.

Kaasunilmaisimet kytketään niin, että se ohjaa vuototapauksissa kylmälaitoksen laitteita. Näin vuodon aiheuttamat seuraukset jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Automaattisesti tapahtuvia toimintoja voivat olla esimerkiksi:

- » automaattinen hätätuuletuksen käynnistys tai lisäys
- » höyrystimien kiertoilmapuhaltimien pysäytys
- » kylmäainepumppujen ja kompressorien pysäytys
- » venttiilien sulkeutuminen (myös viemäriverkkoon).

Kaasunilmaisimien ongelmana ovat virrehälytykset, joita aiheuttavat varsinkin puolijohdeantureita käytettäessä esimerkiksi kosteus, muut kaasut (pakokaasut, trukkien latauspaikkojen akkukaasut tai sipulin yms. elintarvikkeiden aromiaineet). Kaasunilmaisimien luotettava toimintakyky voidaan ylläpitää säännöllisellä kalibroinnilla, hälytysrajojen oikeilla asetusarvoilla ja anturien oikealla sijoituksella. Toistuvat virrehälytykset eivät saa johtaa siihen, että hälytysjärjestelmä kytkettäisiin pois käytöstä.

Anturien normaaliin toimintaan vaikuttavat lämpötila- ja kosteusvaihtelut, voimakkaat ilmavirtaukset, erilaiset häiriökaasut sekä anturin ikääntymisestä johtuva ryömintä. Kun kohteen olosuhteet ovat tiedossa anturityyppiä valittaessa, voidaan tiedossa oleviin häiriötekijöihin varautua ja niitä voidaan myös joissain tapauksissa eliminoida erilaisten kompensointien ja esikäsitteilyjen avulla.

Anturien käyttäjien on syytä tuntea olosuhteet, joissa anturi saattaa vahingoittua. Anturi voi vahingoittua anturikiteen tai -kennon kostuessa, väärin suoritettuna kalibroinnin seurauksena tai tiettyjen kemikaalien vaikutuksesta (esim. eräistä tiivistykseen käytettävistä aineista vapautuvien kaasujen korkeista pitoisuuksista johtuen).

Anturien kalibrointi on syytä suorittaa asiantuntevan henkilön toimesta riittävän usein. Kalibrointi tai anturin toiminnan testaus väärällä aineella tai liian korkealla pitoisuudella (esim. laimentamaton ammoniakki-kaasu) saattaa vahingoittaa anturia. Laittevalmistajilta on saatavissa erilaisia kalibrointikaasuja. Kalibrointi suositellaan tehtävän kerran vuodessa. Kalibroinnin yhteydessä on testattava koko hälytysketju anturilta valvomoon asti.



#### Hyvä käytäntö:

- » Anturit kalibroidaan kerran vuodessa.
- » Anturien kalibroinnin yhteydessä kaasunilmaisimien ja hälytysketjun toiminta varmennetaan testaamalla.

Ammoniakille käytetään pääsääntöisesti joko sähkökemiallisia tai puolijohdeantureita. Kaskadi- ja CO<sub>2</sub>-pumppulaitoksissa hiilidioksidille tarvitaan erilliset anturit. Taulukossa 3 on esitetty näiden anturityyppien tärkeimmät ominaisuudet (ko. ominaisuudeltaan vihreä paras, keltainen kohtalainen ja punainen heikko).



Anturi- tekniikka	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Lämpö- tila- kompensi- ointi	Tarkkuus	Selektiivi- syys (reagoi vain mittakaavaan)	Elinikä	Huomioi- tavaa
Sähkö- kemialli- nen	●		●	●	●	●	Kaasun jatkuva läsnäolo vaikuttaa tarkkuuteen
Puolijohde	●		●	●	●	●	Herkkä myös muille kaasuille ja kosteudelle
Pellistori	●		●	●	●	●	Muiden kaasujen jatkuva läsnäolo vaikuttaa toimintaan
Infrapuna		●	●	●	●	●	Ei sovellu pölyisiin paikkoihin

Taulukko 3. Anturityyppien tärkeimmät ominaisuudet.  
Perustuu eräiden laitetuotemittajien antamiin käyttöaluearvoihin.

### 3.2.5.3 Varolaitteet

**Kylmälaitoksen paineelliset** osat on suojattava varolaitteella niin, että suurin sallittu käyttö paine ei ylitä. Varolaitteen puhalluksen aikana purkautuva kylmäaine on johdettava vaarattomaan tilaan siten, että ihmisille ja ympäristölle ei aiheudu vaaraa.

Varolaitteet tulee käsittää laajemmin kuin vain varoventtiileinä. Ammoniakkilaitoksissa käytettäviä varolaitteita ovat:

- 1) varoventtiilit, murtokalvot, nurjahdustangot, ohjatut paineenalennusvarolaitteet ja muut painetta suoraan rajoittavat laitteet;
- 2) paine-, lämpötila- tai pintakytkimet ja muut rajoitinlaitteet, jotka joko aktivoivat korjaavan toimen tai aiheuttavat katkaisun ja lukituksen, sekä turvallisuuteen liittyvät mittaus-, valvonta- ja säätölaitteet.

Vaatimukset ammoniakkia sisältävän kylmälaitteen tai lämpöpumpun suojaamiseksi ylipaineelta varolaitteella ja varolaitteen valitsemiseksi on esitetty standardin SFS-EN 378-2 kohdassa 6.2.6.

**Varolaitteen ulospuhallusputki** on hyvä johtaa katolle riittävän korkealle ja sellaiseen paikkaan, että ilmanvaihdon sisäänottoaukot ovat mahdollisimman kaukana. Varolaitteen ulospuhallus voidaan johtaa myös esimerkiksi kaasupesuriin, jolloin ammoniakki ei pääse leviämään ympäristöön. Jos ulospuhallusputkelle ei löydy järkevältä etäisyydeltä soveltuvaa paikkaa tai kohteessa on muita rajoituksia, ulospuhallus voidaan ohjata ammoniakkipesuriin. Pesurin valinnassa tulee huomioida sekä tarvittava pesuteho että varoventtiilin toimintaan vaikuttava mahdollinen vastapaine. Varoventtiilien toimivuus on syytä varmistaa öljymällä ne riittävän usein, ja laitoksessa tulisi pitää saatavilla kunnostettuja varoventtiileitä.

Varolaitteen toiminta on järjestettävä niin, että varolaitteen toimiessa kompressorit ja pumput pysähtyvät ja venttiilit sulkeutuvat. Tällöin ulkoilmaan vapautuva ammoniakkin määrä on mahdollisimman pieni. Varolaitteen toiminta voidaan todeta esimerkiksi ulospuhallusputken päässä tai varrella olevalla kaasuilmaisimella tai ulospuhallusputkessa olevalla paine- tai lämpömittarilla. Joskus lyhytkestoisen varoventtiilin puhalluksen syy saattaa jäädä epäselväksi etenkin, jos useampi linja on kytketty samaan ulospuhallusputkeen. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää eri linjoihin sijoitettavia (näkölasilla varustettuja) vesilukon tapaisia laitteita, jotka on täytetty öljyllä tai muulla haihtumattomalla nesteellä. Tällainen laite näyttää, mistä varoventtiilistä puhallus tapahtui tai mikä laite sen aiheutti.

Varoventtiilit tulee määräysten mukaisesti tarkistaa ja huoltaa vähintään neljän vuoden välein. Tässä yhteydessä on syytä huomioida myös muut kuin rekisteröitävissä painelaitteissa olevat varoventtiilit. Samoin laitoksen muut varolaitteet, kuten kompressoreiden ohjausautomaatiikka ja painekeytkimien asianmukainen toiminta, tarkastetaan vuosittain huoltojen yhteydessä.



#### Hyvä käytäntö:

- » Varolaitteet suositellaan testattavan kerran vuodessa.
- » Testauksen yhteydessä on testattava koko hälytysketju varolaitteelta valvomoon asti.

### 3.2.6 Nesteiskujen ehkäisy

**Nesteisku on** yksi mahdollinen vuotojen aiheuttaja kylmlaitoksissa. Nesteisku voi vaurioittaa kompressoria, putkistoa, putkistovarusteita, venttiileitä, jne. Onnettomuuksissa ei kuitenkaan aina tunnisteta syyksi nesteiskua. Seuraavassa on esitetty nesteiskun aiheuttavia tekijöitä sekä mahdollisuuksia vähentää nesteiskujen todennäköisyyttä sekä iskusta aiheutuvia seurauksia.

Nesteiskulla tarkoitetaan putkistossa liikkuvan nestevirran törmäämistä esteeseen. Putkistossa liikkuva neste saattaa aiheuttaa erittäin kovan iskun nesteen kokoonpuristumattomuuden ja nesteen suuren liike-energian vuoksi. Nesteisku voi esiintyä seuraavissa olosuhteissa:

- » nesteputkiston venttiilin äkillinen sulkeminen,
- » "nestetulpan" kiihtyminen suureen nopeuteen höyryvirran vaikutuksesta,
- » höyrytimen sulatus kuumakaasulla aloitetaan, ennen kuin imuputken magneettiventtiili on täysin sulkeutunut,
- » höyryn äkillinen tiivistyminen nesteeksi putkistossa, mikä puolestaan aiheuttaa ympäröivän nesteen nopeuden kasvun,
- » pitkä ja mutkikas putkisto, johon kertyy helposti nestettä.

Liian täydestä säiliöstä kompressoriin pääsevä neste voi aiheuttaa vakavan vaurion ja ammoniakki-kuodon kompressorin suurista voimista ja nesteen kokoonpuristumattomuudesta johtuen.

Nesteiskujen esiintyminen voidaan havaita erilaisista oireista, kuten esimerkiksi:

- » putkistosta kuuluvista paukahduksista ja kolinasta,
- » eristysten löystymisestä,
- » painemittarin neulan pyörähtämisestä asteikon yli (neula mahdollisesti jää "yliasettoon"),
- » vuodoista.

Ensimmäinen isku johtaa harvoin vuotoon, mutta toistuvat iskut rasittavat putkistoa, varsinkin hitsaus- saumoja ja laippaliitoksia sekä putken kannatusta. Nesteiskujen muodostumista ja iskujen seurauksia voidaan ehkäistä seuraavilla toimenpiteillä:

- » hitaasti avautuvat ja sulkeutuvat venttiilit,
- » kaasun hidas paineen nosto ja lasku sulatusvaiheessa (kuumakaasusulatus),
- » rakennetaan putkisto sellaiseksi, että nestettä ei pääse kerääntymään,
- » varmistetaan hitsausaumojen lujuus,
- » koneistoa käynnistettäessä ja käynnin aikana huolehditaan siitä, että nestemäistä kylmäainetta tai öljyä ei pääse kompressoriin huolehtimalla, että kompressorin imuputkessa on vain kuivaa kylmäainekaasua,
- » jos kompressori on asennettu kylmään tilaan, on kylmäaineen nesteytyminen kampikammiossa estettävä, esim. varustamalla kampikammio lämmittimellä. Imu- ja painelinjat tulee varustaa yksisuuntaventtiileillä tai sijoittaa siten, että nestemäistä kylmäainetta tai öljyä ei pääse kerääntymään kompressorin lähellä oleviin putkiin.

### 3.2.7 Putkien kannakointi, eristys ja korroosiosuojaus

**Putkien kannakointi** tulee kestää kannakkeisiin kohdistuvat voimat. Jännityksiä aiheutuu putken ja eristyksen painosta sekä lämpöjännityksistä ja paineiskuista. Kannattimien välimatkat tulee valita siten, etteivät putkeen kohdistuvat voimat aiheuta siihen taipumia. Kannattimet tulee asentaa putken eristyksen päälle lämpösilojen välttämiseksi. Mikäli kannatin on kiinnitetty suoraan putkeen, kannatin on kylmä ja siihen tiivistyy kosteutta. Lisäksi kannattimen läpivientiä eristeessä on vaikeaa saada täysin tiiviiksi, ja vaarana on kosteuden pääsy eristemateriaaliin. Kannakointin tulisi olla sellainen, että putki pääsee vapaasti liikkumaan tai kannakkeet joustavat. Tällöin lämpölaajeneminen ei aiheuta putken taipumista tai murtumista. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki hyvin toteutetusta kannakoinnista.



Kuva 2. Esimerkki oikeaoppisesta putken kannakoinnista; kannatus on eristeen ulkopuolella, ja putki riippuu "kannatusspannan" varassa siten, että sillä on mahdollisuus liikkua vapaasti esim. lämpölaajenemisen seurauksena. (kuva: Jomcon Oy).

Kylmät pinnat, kuten putket ja kompressori, on suojattava kosteuden ja jään kertymiseltä riittäväällä eristyksellä. Riippuen käytetystä eristemateriaalista on putkien eristekerros suojattava korroosion välttämiseksi pellittämällä, jonka tulisi olla mahdollisimman tiivis. Tiivistykseen voidaan käyttää esimerkiksi säänkestävää silikonia. Eristeisiin imeytynyt kosteus heikentää lämmöneristyskykyä ja lisää ulkopuolisen korroosion vaaraa. Tietyissä olosuhteissa polyuretaanikin voi imeä kosteutta itseensä. Mikäli eristeeseen on päässyt kosteutta, se voidaan yleensä havaita eristeen huurtuneesta pinnasta tai veden tippumisesta. Kertynyt jää tulisi poistaa ja kertymisen syy selvittää. Lämpöeristeiden kuntoa tulee seurata säännöllisesti. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi lämpökamerakuvausta. On huomattava, että pellitetyillä eristyksillä lämpökamerakuvaus voi olla vaikea suorittaa. Korroosiovaara on suurin kuumakaasuputkissa ja muissa jatkuville lämpötilavaihteluille altistuvissa putkissa.

Kuvassa 3 on esimerkki polyuretaanilla eristetystä nestelinjan putkesta, jossa eristeeseen tiivistynyt kosteus on aiheuttanut korroosiovaurion. Vaurio löytyi määräaikaistarkastuksessa päältä päin hyvän näköisen eristeen alta. Eriste oli kastunut täysin. Kuvassa 4 on samasta putkesta irrotettu uretaanieriste. Eristeeseen jäi suurin osa jäljellä olleesta putkiston materiaalista.



Kuva 3. Vettyneen polyuretaanieristeen alla syöpynyt nestelinjan putki (kuva: Jomcon Oy).



Kuva 4. Nestelinjasta irrotettu uretaanieriste (sama putki kuin kuvassa 3 (kuva: Jomcon Oy).



Kuva 5. Eristetyn kotelon sisällä vettynyt ja korrodoitunut laitoskomponenttipaketti (kuva: Jomcon Oy).





Kuva 6. Ammoniakkilaitoksen sulkuventtiili, josta on puuttunut suojarahattu.

Vettynyt eriste voi vaurioittaa myös putkistossa olevia komponentteja. Kuvassa 5 on eristetyn kotelon sisällä vettynyt ja korrodoitunut laitoskomponenttipaketti.

Myös eristeen puuttuminen voi aiheuttaa korrodoitumista. Kuvassa 6 on ammoniakkilaitoksen sulkuventtiili, josta on puuttunut ”suojarahattu”, vaikka olosuhteet olisivat tätä vaatineet. Jos venttiiliä operoi, seurauksena on todennäköisesti vuoto.

Standardin EN 378 mukaisesti suunniteltu konehuone on oma 1 h palo-osastonsa, mikä tulisi olla jo rakennuslupaa haettaessa tiedossa. Tämä tulee ottaa huomioon läpivientien palokatkoja suunniteltaessa ja rakennettaessa. Eristyksen täytyy jatkua katkeamattomana myös läpivientien kohdalla. Läpivienneissä täytyy huomioida myös mahdollinen lämpölaajeneminen.

Myös säiliöiden kannakoinnissa on huomioitava eristeiden käyttäytyminen. Jos säiliö lepää esimerkiksi vaahtolasieristeen päällä, vaarana on eristeen mureneminen kosteusvaihteluiden johdosta. Tällöin säiliö saattaa painua alaspäin, aiheuttaen putkistojen rasittumisen ja jopa murtumisen. Teräskannakoinnin ja säiliön välisen kylmäsilan katkaisuun voi käyttää esimerkiksi kovaa muovia. Jos säiliö lepää vaahtolasin päällä, tulee säiliön asemaa putkistoon nähden seurata säännöllisesti.

Teräsputket ja -komponentit on suojattava korroosiolta syöpymättömällä päällysteellä ennen eristyksen levittämistä. Eristeessä käytettävä sideaine ei saa reagoida ruosteenkestävän pinnoitteen kanssa eikä liuotaa sitä. Korroosiolta ja ruosteelta suojaukseen ei riitä pohja- tai varastomaalaus, vaan pinnat on käsiteltävä korroosionsuoja-aineella. Tällaisia korroosionsuoja-aineita löytyy esimerkiksi Tectyl-tuotteista. Ohjeita korroosionsuojauksesta annetaan muun muassa standardisarjassa SFS-EN ISO 12944.

### 3.2.8 Ilmanvaihtolaitteet

**Kylmälaitoksen tilojen** tarkoituksenmukaisella ilmanvaihdolla voidaan estää kaasun leviäminen rakennuksen muihin tiloihin sekä syttyvän seoksen muodostuminen tilaan, jossa vuoto on. Kylmälaitoksen konehuone sekä muut tilat, joissa on ammoniakkiputkistoja, tulee suunnitella siten, että kaasun leviäminen rakennuksen muihin tiloihin voidaan estää. Syttyvän seoksen muodostuminen estetään hätätuuletuksella, joka voidaan toteuttaa joko erillisellä puhaltimella tai ilmanvaihdon puhaltimien suuremmalla teholla. Hätätuuletus voi käynnistyä automaattisesti tilassa olevan kaasunilmaisimen hälytyksestä. Hätätuuletuspuhaltimen sähkömoottorin tulee olla räjähdysuojattua rakennetta sekä ohjattavissa myös konehuone-tilan ulkopuolelta.

Tehdasalueen rakennusten raitisilman otot tulee sijoittaa siten, että konehuoneesta poistuva tai varaventtiilin puhaltama ammoniakki ei millään tuulen suunnalla joudu sisätiloihin. Jos tämä ei ole mahdollista, ilmanvaihtopuhaltimet voidaan kytkeä pysähtymään varoventtiilin avauduttua tai varustaa omalla kaasunilmaisimellaan, jonka signaalista puhaltimet pysähtyvät.

### 3.3 AMMONIAKKILAITOKSEN RAKENTAMINEN JA KÄYTTÖÖNOTTO

**Ammoniakkilaitosten rakentamista** koskevat maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999), kemikaaliturvallisuuksilain 15 §:ssä, pelastuslain (379/2011) ja muut rakentamista koskevat säädökset. Vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin käytettävien rakennusten on lisäksi täytettävä Kemikaaliturvallisuusasetuksen (VnA 856/2012) 4 luvussa esitetyt vaatimukset. Vaatimuksia on asetettu rakennuksille ja rakenteille (35–42 §), laitteistoilla (43–62§), merkinnöille (58–60§) sekä liikenteelle ja kulunvalvonnalle (61–62§).

Kaikkien laitoksen rakentamiseen liittyvien vaatimusten tulisi olla selvillä jo suunnitteluvaiheessa (vaatimukset, ks. kpl 3.2), mutta viimeistään rakennuslupaa haettaessa. Laitosta rakennettaessa tulee varmistaa, että suunnitelmat toteutuvat ja täyttävät kaikki soveltuvat vaatimukset. Esimerkiksi rakentamisen aikana tulee varmistaa, että palo-osastoinnit on jaoteltu ja rakennettu oikein ja palokatkot on varmastasi asennettu paikoilleen.

Ammoniakkilaitteistoa koskee kemikaaliturvallisuusasetuksen lisäksi painelaitesäädökset. Paineraitteiden rakentamiseen sovellettavat kohdat määräytyvät painelaiteluokan mukaisesti. Paineraitteiluokka määrittelee esimerkiksi kenen pitää tarkastaa työmaalla tehtävät putkistojen hitsaus- tai juotossaumat ja millä menetelmillä tarkastukset on tehtävä.

Myös paineraitteiden käyttöönottoon sovellettavat kohdat määräytyvät paineraitteiluokan mukaisesti. Erityisesti on huomioitava rekisteröitävien paineraitteiden käyttöönottoon liittyvät tarkastukset ja muut vaatimukset. Ammoniakkilaitoksen rakentamiseen ja käyttöönottoon liittyy paineraitteitarkastuksia seuraavasti:

- » Sijoitussuunnitelman tarkastus ennen asennusta, jos ammoniakkilaitokseen sisältyy sisätilaan sijoitettava painesäiliö, jonka suurimman sallitun käyttöpaineen (bar) ja tilavuuden (litraa) lukuarvojen tulo on yli 10 000. Sijoitussuunnitelman tarkastusta ei tarvita, jos ammoniakkilaitos tarvitsee Tukesin luvan eli ammoniakkia on laitoksessa vähintään 10 tonnia.
- » Rekisteröinti ja ensimmäinen määräaikaistarkastus laitoksen käyttöönoton yhteydessä painesäiliöille, joiden suurimman sallitun käyttöpaineen ja tilavuuden lukuarvojen tulo on yli 1 000. Tarkastuksessa tarkastetaan myös putkistoa, laitteita ja varustelua sen varmistamiseksi, että ammoniakkilaitos on paineraittekokonaisuutena turvallinen.

### 3.4 AMMONIAKKILAITOKSEN MUUTOSTYÖT

**Mitä tahansa** laitoksia käytettäessä vastaan tulee todennäköisesti tarpeita muuttaa esimerkiksi laitteiston käyttötarkoitusta tai suurentaa jäähdytystehoa. Muutostöiden suunnitteluun ja toteuttamiseen liittyvät tehtävät voivat helposti muodostua yhteneväiseksi laitoksen alkuperäisen suunnittelun ja toteutuksen kanssa lähtien riskien ja vaarojen arvioinnista yksityiskohtaiseen laite- ja automaatio suunnitteluun. Muutostöitä miettiessä tulee huomioida etenkin kemikaaliturvallisuusasetuksen ja paineraittelain vaatimukset muutostöille.

Kemikaaliturvallisuusasetuksen (VnA 856/2012) 43§ laitteistosuunnittelua koskevissa perusvaatimuksissa sanotaan:

*”Tuotantolaitoksen laitteistot ja järjestelmät sekä niihin tehtävät muutokset tulee suunnitella ja valita siten, että onnettomuudet voidaan estää mahdollisimman tehokkaasti ja että onnettomuuksien seuraukset pystytään rajoittamaan mahdollisimman vähäisiksi.”*

Paineraittelain (1144/2016) 61–62§ on määritelty paineraitteiden muutostarkastuksesta. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota 61§ 2 kohtaan:

*”Muutostarkastus on tehtävä ennen uutta käyttöönottoa paineraitteelle: jonka käyttöturvallisuuteen vaikuttavia laitteita tai laitejärjestelmiä on merkittävästi muutettu”. Esimerkiksi käytetyn ohjauskomponenttien ja automatiikan muutostyöt voivat vaikuttaa turvallisuuteen huomattavastikin.*

## 4. AMMONIAKKILAITOKSEN TURVALLINEN KÄYTTÖ

**Nykyisessä kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä** edellytetään teollisuuslaitosten selvittävän toimintaansa liittyviä vaaroja, niiden seurauksia ja torjuntatoimenpiteitä. Pyrittäessä mahdollisimman turvalliseen toimintaan kylmlaitoksissa täytyy huolehtia siitä, että laitteiden tekninen taso sekä käyttö- ja huoltohenkilökunnan ammattitaito ovat riittävät onnettomuuksien ehkäisemiseksi. Toisaalta on kuitenkin tärkeää, että myös erilaiset onnettomuustilanteen aikaiset toimenpiteet, kuten hälytyksen tekeminen, evakuointi, vuodonhallinta, jne. on suunniteltu ja harjoiteltu, jotta mahdollisessa onnettomuustilanteessa voidaan toimia tehokkaasti ja turvallisesti, ja onnettomuuden aiheuttamat vahingot jäävät mahdollisimman pieniksi.

Liitteessä 2 on esitetty tarkistuslistoja, joiden avulla voidaan arvioida kylmlaitoksen turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

### 4.1 KÄYTÖNAIKAINEN VALVONTA JA PAINELAITTEIDEN MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET

**Valtioneuvoston asetuksen** painelaiteturvallisuudesta (1549/2016) mukaisesti ammoniakkilaitoksen omistaja ja haltija ovat vastuussa siitä, että järjestelmän painelaitteet sijoitetaan turvallisesti, rekisteröitävät kylmäainesäiliöt rekisteröidään ja niille nimetään pätevä käytön valvoja. Ammoniakkaa sisältävät säiliöt ovat rekisteröitävä, jos suurimman sallitun käyttöpaineen ja tilavuuden tulo on enemmän kuin  $1\,000\text{ bar} \cdot \text{L}$  ( $PS \cdot V > 1\,000\text{ bar} \cdot \text{L}$ ).

Ammoniakkilaitoksen rekisteröitäville painelaitteille on tehtävä käyttötarkastus neljän vuoden välein. Sisäpuolinen tarkastus ja määräaikainen painekoe korvataan painelaitteen seurantamenettelyllä, josta on sovittava tarkastuslaitoksen kanssa. Käyttötarkastuksessa tarkastetaan seurantamenettelyn noudattaminen, ks. jäljempänä oppaan kohta 4.2 ja kohta 5.1.

### 4.2 LAITTEIDEN KUNNONSEURANTA KÄYTÖN AIKANA

**Ammoniakkilaitoksessa olevien** laitteiden kunnonseurannan perusta on esitetty kemikaaliturvallisuuasetuksen (Vna 856/2012) 63§:

*”Toiminnanharjoittajan tulee laatia suunnitelmat, joiden mukaisesti se säännöllisesti ennakkohuolloin, tarkastuksin, testauksin tai muilla soveltuvilla menetelmillä varmistaa kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin tarkoitettujen laitteistojen, säiliöiden ja putkistojen sekä rakennusten ilmanvaihtokanavien ja muiden turvallisuuden kannalta oleellisten rakenteiden toimintakunnon sekä turvallisuuden varmistamiseksi asennettujen laitteiden ja järjestelmien toimivuuden.*

*Suunnitelmissa tulee ottaa huomioon mahdollisesta laitteistojen tai järjestelmien rikkoutumisesta tai toimimattomuudesta aiheutuva vaara, käyttöympäristön ja olosuhteiden asettamat vaatimukset, laitteistojen tai järjestelmien ikä ja aiemmista tarkastuksista mahdollisesti saadut tiedot laitteistojen ja järjestelmien kunnosta.*

*Tarkastuksista ja testauksista sekä niissä havaituista puutteista tai tehdyistä toimenpiteistä on pidettävä kirjaa.”*

Vastaavasti huomioidaan painelaitelain (1144/2016) 5§ ja 6§ yleisesti turvallisuusvaatimukset laitteille ja sijoitukselle. Painelaitteiden kunnonseurantaan vaikuttaa myös, onko painelaite rekisteröitävä painelaite. Rekisteröitävillä painelaitteilla osa määräaikaistarkastuksista ja painekokeista voidaan korvata seurantasuunnitelmalla. Painelaitteille on tehtävä tai teetätettävä määräaikaishuoltoja sille laadittavan kunnos-



sapitosuunnitelman mukaisesti. Tähän voidaan käyttää apuna esimerkiksi Kylmäliikkeiden liiton laatimia ”Hyvä määräaikaishuolto” -ohjeita ja lomakepohjia.

Laitteiden kunnonseuranta koskee myös laitoksen sähkölaitteita, mittareita, antureita, pyöriviä laitteita, jne. Näiden oikea toiminta tulee myös varmistaa säännöllisin väliajoin, esimerkiksi kirjallisen suunnitelman mukaisesti.

#### 4.2.1 Päivittäinen seuranta ja määräaikaishuollot

**Ammoniakkilaitoksissa korroosion** lisäksi tapahtuu merkittävästi vuotoja venttiilien tiivisteiden tai karojen kulumisista ja löysistä liitoksista. Näiden aiheuttamat seuraukset ovat yleensä aika pieniä, mutta niiden juurisyyt jäävät selvittämättä, jos laitoksen käyttö- ja kunnossapitokäytäntöjä ei paranneta. Esimerkiksi pelkkä vuotokohdan paikantaminen vuototarkastuksella ei ole riittävä toimenpide, ellei samalla selvitä ja kirjata mahdollista vuotoon johtanutta syytä.

Laitoksen kunnossapito voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: päivittäinen seuranta ja määräaikaishuollot. Päivittäisestä seurannasta ja toimista vastaa yleensä laitoksen oma käyttökäyttökunta ja määräaikaishuolloista kylmäalan huoltoyhtiö. Vastuut työnjaosta on hyvä kirjata huoltosopimuksiin.

Viikoittain tai päivittäin tapahtuvat seurannat ja tarvittaessa huolto-/korjauskutsut:

- » kylmäaine-, öljy- ja liuosvuodot
- » säiliöiden kylmäainemäärät
- » kompressorien öljypinnat
- » kompressorien käyntiolosuhteet (syyt poikkeaviin arvoihin tulee heti selvittää)
- » esiin tulleet laitoksen hälytykset
- » ammoniakkipumppujen toiminta ja niiden paineet
- » vesipumppujen ja liuospumppujen toiminta
- » höyrystinpatterien sulatusten ja puhaltimien toiminta
- » kompressorien käyntiäänet ja mahdolliset putkistovärinät sekä putkistoista tulevat äänet
- » lauhduttimen kiertoveden puhtaus (jos haihdutuslauhdutin)
- » lauhduttimipuhaltimien toiminta (esim. 1 krt /kk)
- » sähkömoottorien laakerien rasvaukset (moottorivalmistajan ohjeen mukaan)
- » tarvittaessa öljynkeräilyssäiliöiden tyhjennykset.

Yleisohjeena on, että konehuoneessa käyttökäyttökunta käy ainakin kerran päivässä.

Vuotuisen määräaikaishuollon tulisi sisältää ainakin seuraavat toimenpiteet:

- » kompressorivalmistajan huolto-ohjelman mukaiset huollot ja tarkistukset (min 1 krt/vuosi)
- » kompressorien sähköisten varolaitteiden tarkistus (1 krt/vuosi)
- » hätäseis- painikkeiden toiminnan tarkistukset
- » jos aihetta, värinöiden mittaukset
- » tarvittaessa laitoksen suodattimien puhdistukset
- » automatiikkaventtiilien toiminnan tarkistukset
- » ammoniakiantureiden kalibroinnit (1 krt/vuosi)
- » lauhduttimien vesisuuttimien huollot
- » jousipalautteisten öljyntyhjennysventtiilien uusinta (2–3 vuoden välein)
- » tiivisteellisten levysiirtimien tiivisteiden vaihdot (n. 15–20 vuoden välein)
- » säiliöiden ammoniakkipintojen ylärajakytkimien toiminta (min. 4 vuoden välein)
- » standardin SFS-EN 378-4 liitteessä D esitetyt tarkastukset
- » standardin SFS-EN 378-2 liitteessä G esitetyt silmämääräiset tarkastukset.

Viranomaistarkastukset:

- » säiliöiden ja putkiston kunnonseuranta sekä varoventtiilien tarkastukset 4 vuoden välein.

## 4.2.2 Käyttöpäiväkirja

**Käyttöpäiväkirjaa kutsutaan** yleisesti myös huoltopäiväkirjaksi. Standardin EN 378-2 kohdan 6.4.3.5 mukaisesti yli 3 kg kylmäainetäytöksellä olevan laitoksen tai laitteen asentajan on aloitettava käyttöpäiväkirjan pito koneiston asennuksen yhteydessä.

Käyttöpäiväkirjaa on päivitettävä minkä tahansa kunnossapidon tai korjauksen jälkeen. Käyttöpäiväkirjaa on joko säilytettävä konehuoneessa tai käyttäjän on tallennettava data digitaalisesti, josta tuloste säilytetään konehuoneessa, jolloin informaation on oltava pätevän henkilön käytettävissä huollon tai testauksen yhteydessä. (ks. EN 378-4 kohta 4.2).

Käyttöpäiväkirjaan on ainakin kirjattava seuraavat tiedot:

1. yksityiskohtaiset tiedot kunnossapito- ja korjaustöistä
2. kussakin tilanteessa koneistoon täytetyn tai koneistosta pois otetun ammoniakkin määrä
3. koneiston komponenttien muutokset ja vaihdot
4. kaikkien määräaikaisten jaksottaisten testien tulokset
5. merkittävät ajanjaksot, jolloin koneisto ei ole ollut käytössä.

**Huomio!** Kylmäkoneistoissa, joissa käytetään myös fluorattuja kasvihuonekaasuja (ns. F-kaasuja), käyttöpäiväkirjan vaatimukset näiden kaasujen osalta on määritelty F-kaasuasetuksessa (EU) nro 517/2014.

## 4.3 OPASTUS JA KÄYTTÖOHJEET

**Standardin SFS-EN 378-4** mukaan ennen uuden kylmälaitoksen tai koneikon käyttöönottoa toimittajan tai asennusliikkeen tulee antaa käyttöhenkilökunnalle riittävä ohjeistus noudatettavista turvallisuustoimenpiteistä ja ammoniakkin ominaisuuksista ja käsittelystä. Ohjeistuksen tulee kattaa kaikki laitoksen tai kylmäyksikön laitteet ja niiden toiminta.

Erityisesti tulee painottaa käyttöohjeiden noudattamista. Laitosta asennettaessa on suositeltavaa, että käyttöhenkilökunta on läsnä kylmäkoneistoa tyhjiöitäessä, täytettäessä kylmäaineella ja säädettyäessä sekä, jos mahdollista, asennettaessa paikoilleen.

Standardin SFS-EN 378-2 kohdan 6.4.3 mukaan valmistajan ja/tai asentajan on toimitettava käyttöohjekirja (standardin kohta 6.4.3.2) sekä ohjeet käyttöpaikalle (standardin kohta 6.4.3.3)

### 4.3.1 Ohjeet käyttöpaikalla

**Standardin EN 378-2** kohdan 6.4.3.3 mukaisesti toimittajan tai asennusliikkeen toimitettava asianmukaisesti suojattu dokumentaatio, jonka on sijaittava kylmäkoneiston käyttöpaikkaa lähellä ja sen on oltava helposti luettavissa.

Tässä käyttöpaikan ohjeessa on oltava ainakin seuraavat tiedot:

1. Yhteystiedot
  - » Hätäkeskus 112
  - » Asennusliikkeen yhteystiedot
  - » Huoltoliikkeen tai päivystäjän yhteystiedot
  - » Ammoniakkikoneiston käytöstä vastaavan henkilön yhteystiedot
2. Kylmäaineen tunnistamiseksi sen kemiallinen kaava (NH<sub>3</sub>) ja numeerinen nimike (R717), vesiliuoksessa %-pitoisuus.
3. Ohjeet kylmäkoneiston alasajoon hätätilanteessa
4. Suurimmat sallitut käyttöpaineet
5. Yksityiskohtaiset tiedot ammoniakkin syttyvyydestä
6. Yksityiskohtaiset tiedot ammoniakkin myrkyllisyydestä

Kohtien 5 ja 6 tiedot löytyvät muun muassa OVA-ohjeista ja käyttöturvallisuustiedotteista.

Työpaikalla tulee olla työntekijöiden käytettävissä ammoniakkin käyttöturvallisuustiedote. Ammoniakin toimittajan on luovutettava se veloituksetta ammoniakkitoimitusten mukana.



#### Hyvänä käytäntönä käyttöpaikan ohjeiden tulee sisältää myös:

- » Ensiapuohjeet
- » Toimintaohjeet onnettomuustilanteissa normaalin työajan ulkopuolella.
- » Kunkin kylmäainepiirin kylmäainetäytös tulee myös olla käyttöpaikalla tiedossa.
- » Putkisto- ja PI-kaaviot, joissa esitetään tärkeimmät sulku- ja hallintalaitteet. Tämä tärkeää etenkin koneyhdistelmissä, joissa jokaisen eri komponentin sijaintia ja toimintoa on vaikea päätellä
- » Lisäksi tärkeimmät sulku- ja hallintalaitteet tulee olla selkeästi ja pysyvästi merkittyinä (ks. EN 378-2 kohta 6.4.2).

### 4.3.2 Käyttöohjekirja

**Standardin EN 378-2** kohdan 6.4.3.2 mukaisesti toimittajan tai asennusliikkeen toimitettava käyttöohjekirjat sekä tarvittavat turvaohjeet. Käyttöohjekirja on sisällöltään laajempi ja sisältää useita kohtia, joita ei tarvita käyttöpaikalla.

Käyttöohjekirjassa on oltava ainakin seuraavat tiedot soveltuvin osin:

0. Yhteystiedot (hälytysnumerot, toimittajan ja/tai asennusliikkeen, huolto liikkeen tai päivystäjän, ammoniakikoneiston käytöstä vastaavan henkilön)
1. Kylmäkoneiston tai lämpöpumpun käyttötarkoitus
2. Koneen/laitteen kuvaus
3. Putkikaaviot ja PI- ja sähkökaaviot
4. Koneiston ja sen osien käynnistämistä, pysäyttämistä ja pysähdyksissä oloa koskevat ohjeet
5. Ammoniakin ja muiden käytettävien nesteiden (esim. lämmönsiirtonesteet) sekä laitteiden hävittämistä koskevat ohjeet
6. Yleisimpien vikojen syyt ja korjaustoimenpiteet, esim. ohjeet koskien valtuutettujen henkilöiden tekemää vuotojen havaitsemista ja yhteydenoton tarve pätevään huoltoteknikkoon vuodon tai rikkoutumisen sattuessa
7. Varotoimenpiteet veden jääntymisen ehkäisemiseksi lauhduttimissa, jäähdyttimissä jne. matalissa ympäristön lämpötiloissa tai koneiston paineen tai lämpötilan laskiessa
8. Tarvittavat varotoimenpiteet koneistoja tai koneiston osia nostettaessa tai kuljettaessa
9. Ohjeet käyttöpaikalla kokonaisuudessaan (ks. edellinen kappale 4.2.1)
10. Suojatoimenpiteet, ensiapuvälineet ja hätätilanteissa, esim. vuoto, palo, räjähdys, noudatettavat toimintaohjeet
11. Kunnossapito-ohjeet koko koneistolle, mukaan lukien aikataulu vuotoihin liittyvälle ennalta-ehkäisevälle kunnossapidolle
12. Kylmäainetäyttöä ja -tyhjennystä koskevat ohjeet
13. Ammoniakin käsittelyä ja käsittelyyn liittyviä vaaratekijöitä koskevat ohjeet
14. Turvalaitteiden, suoja- ja ensiapuvälineiden, hälytyslaitteiden sekä merkkivalojen käyttöön ja kunnossapitoon liittyvät ohjeet
15. Ohjeet käyttöpäiväkirjan pitämiseen
16. Ohjeet ylipaineen välttämiseksi käytön, kunnossapidon ja huollon aikana
17. Melupäästöjä koskevat tiedot: esitettävä työpaikat, joissa A-painotettu äänitehotaso ylittää 80 dB(A). Melutietojen ohessa on ilmoitettava käytetty mittausmenetelmä.
18. Henkilösuojaimien (PPE) käyttöä koskevat ohjeet
19. Jos vaaditaan säännöllistä öljyntyhjennystä, on annettava öljyntyhjennystä koskevat ohjeet, jotta minimoidaan kylmäainepäästöjen riski ilmakehään
20. Soveltuvin osin tiedot standardin EN 378-3:2016 kohdan 6.4.1 mukaisesti.

21. Asentajan on annettava ohjeet kylmäkoneiston häiriöistä tai onnettomuuksista johtuvien hätätilanteiden varalle.

## 4.4 HENKILÖSTÖN KOULUTUS

**Kylmälaitoksen käyttö-** ja kunnossapitohenkilöstön koulutus on yksi tärkeimpiä onnettomuuksia ehkäisevistä tekijöistä. Olennainen osa pelastussuunnitelman toteutusta on yrityksen koko henkilöstön kouluttaminen onnettomuustilanteiden varalta.

Koko henkilöstölle tulisi antaa koulutusta seuraavista aiheista:

- » ammoniakkin käyttäytyminen ja ominaisuudet
- » työskentelytiloissa olevat ammoniakkilaitteet merkintöineen
- » toiminta vuototilanteissa
- » hälytysten tekeminen
- » vaaratilanteissa poistuminen tiloista ja kokoontumispaikat
- » vaaraan joutuneiden pelastaminen ja ensiapu
- » vastuuhenkilö evakuointitilanteissa
- » henkilösuojaimien käyttö (esim. vastuuhenkilö)

Käyttöhenkilökunnalle annettava koulutus:

- » laitoksen toimintaperiaate
- » pääkomponenttien varusteet
- » kylmälaitoksen laitteiden (käsiventtiilit, hätäpysäytyskytkimet, varoventtiilit jne.) riittävä tuntemus
- » toiminta erilaisissa vuototilanteissa
- » laitteiden ja tilojen asianmukainen merkintä
- » pelastuslaitoksen avustaminen vuototilanteissa
- » palovaaralliset kohteet ja palonilmaisjärjestelmän toiminta
- » vuodon tai tulipalon havaitseminen, hätäilmoituksen tekeminen ja hälytyksen antaminen
- » poistumisteiden käyttö ja muu toiminta hälytyksen tullessa
- » henkilösuojainten sekä alkusammutusvälineiden sijainti ja käyttö
- » vaaraan joutuneiden pelastaminen ja ensiavun antaminen

## 4.5 PELASTUSSUUNNITELMAT

**Pelastussuunnitelmien laatiminen** koskee kaikkia vähintään ammoniakkin vähäistä teollista käsittelyä ja varastointia harjoittavia laitoksia. On huomattava, että laadintavelvollisuus perustuu eri lainsäädäntöihin riippuen laitoksen käsittelemästä ja/tai varastoimasta vaarallisten kemikaalien määrästä. Oleellista on, että pelastussuunnitelmat tehdään laitoksen omasta toiminnasta lähtien.

### 4.5.1 Pelastussuunnitelma

**Pelastuslain (379/2011) 15 §:ssä** tarkoitettu pelastussuunnitelma on laadittava: *”Rakennukseen tai muuhun kohteeseen, joka on poistumisturvallisuuden tai pelastustoiminnan kannalta tavanomaista vaativampi tai jossa henkilö- tai paloturvallisuudelle, ympäristölle tai kulttuuriomaisuudelle aiheutuvan vaaran taikka mahdollisen onnettomuuden aiheuttamien vahinkojen voidaan arvioida olevan vakavat, on laadittava pelastussuunnitelma 14 §:ssä tarkoitetuista toimenpiteistä. Pelastussuunnitelman laatimisesta vastaa rakennuksen tai kohteen haltija.”*

Valtioneuvoston asetus pelastustoimesta (407/2011) 1§ asettaa velvollisuuden laatia rakennukseen ja muuhun kohteeseen Pelastuslain (379/2011) 15 §:ssä tarkoitettu pelastussuunnitelma myös ”kohteisiin, joissa vaarallisen kemikaalin **vähäistä teollista käsittelyä ja varastointia** saa harjoittaa vain tekemällä sii-

tä vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisuudesta annetun lain (390/2005) 24 §:ssä tarkoitetun ilmoituksen.”

Pelastussuunnitelman sisältö on oltava Pelastuslain 15 § mukaisesti:

”Pelastussuunnitelmassa on oltava selostus:

- 1) vaarojen ja riskien arvioinnin johtopäätelmistä;
- 2) rakennuksen ja toiminnassa käytettävien tilojen turvallisuusjärjestelyistä;
- 3) asukkaille ja muille henkilöille annettavista ohjeista onnettomuuksien ehkäisemiseksi sekä onnettomuus- ja vaaratilanteissa toimimiseksi;
- 4) mahdollisista muista kohteen omatoimiseen varautumiseen liittyvistä toimenpiteistä.”

Ja vastaavasti 14 § mukaisesti Omatoiminen varautuminen käsittää:

”Rakennuksen omistajan ja haltijan sekä toiminnanharjoittajan on osaltaan:

- 1) ehkäistävä tulipalojen syttymistä ja muiden vaaratilanteiden syntymistä;
- 2) varauduttava henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa;
- 3) varauduttava tulipalojen sammuttamiseen ja muihin sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät;
- 4) ryhdyttävä toimenpiteisiin poistumisen turvaamiseksi tulipaloissa ja muissa vaaratilanteissa sekä toimenpiteisiin pelastustoiminnan helpottamiseksi.”

## 4.5.2 Sisäinen pelastussuunnitelma

**Laajamittaista vaarallisten** kemikaalien käsittelyä ja varastointia harjoittavia laitoksia koskee asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (asetus 685/2015) 17 §, joka edellyttää, että niiden on laadittava sisäinen pelastussuunnitelma. Kylmälaitosten osalta tämä tarkoittaa, että tuotantolaitosten, joiden kylmälaitos tai -laitokset sisältävät yhteensä yli 10 tonnia ammoniakkaa, on laadittava sisäinen pelastussuunnitelma.

Asetuksen 17 § mukaan pelastussuunnitelmaa laadittaessa on huomioitava seuraavat tavoitteet:

- 1) onnettomuudet rajataan ja hallitaan niiden seurauksien minimoimiseksi sekä ihmisten terveydelle, ympäristölle ja omaisuudelle aiheutuvien vahinkojen rajoittamiseksi;
- 2) toteutetaan tarvittavat toimenpiteet ihmisten terveyden ja ympäristön suojaamiseksi suuronnettomuuksien seurauksilta;
- 3) annetaan tarpeelliset tiedot väestölle ja asiasta vastaaville alueen viranomaisille ja laitoksille;
- 4) varaudutaan onnettomuuden jälkien korjaamiseen ja ympäristön puhdistamiseen.”

Perustuen asetuksen liitteeseen V, on Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaissut ohjeen sisäisen pelastussuunnitelman laatimisesta. Sisäisessä pelastussuunnitelmassa on kuvattava mm. seuraavia kylmälaitokseen ja ammoniakkipäästöihin liittyviä asioita:

- » kokoontumispaikat päästötilanteissa,
- » saapumisreitit pelastuslaitokselta,
- » sisäinen pelastusorganisaatio,
- » kaasuilmaisimet ja toimenpiteet niiden hälyttäessä,
- » ohjeet kaasupäästön tunnistamisesta ja hätäilmoituksen tekemisestä,
- » ohjeet henkilökunnan hälyttämisestä,
- » ohjeet toiminnasta kaasuhälytyksen sattuessa,
- » tiedottaminen onnettomuustilanteessa,
- » yhteydet kunnan pelastustoimeen ja yhteistyö pelastuslaitoksen kanssa,
- » toimenpideohjeet ammoniakki- ja kaasuvuodon hallitsemiseksi ja seurausten rajoittamiseksi,
- » henkilökunnan koulutus ja harjoitukset onnettomuus- ja vaaratilanteissa toimimiseen,
- » jälkivahinkojen torjunta ja ympäristön puhdistus, esimerkiksi ammoniakkipitoisen veden käsittely,
- » arvio ammoniakkipäästöjen vaikutuksista laitoksen ulkopuolella.

Toimintaohjeiden ja pelastussuunnitelman lisäksi tulisi tehdä ainakin karkeat arviot ammoniakkin leviämisestä erilaisissa vuototilanteissa. Näin voidaan päätellä mitkä alueet ovat vuototilanteessa kaikkein suurimmassa vaarassa.

Tämän oppaan luvussa 6 on kuvattu yksityiskohtaisemmin erilaisia vuototilanteita, ammoniakkin käyttäytymistä sekä pelastustoimintaa vuototilanteessa. Näitä tietoja voidaan käyttää arvioitaessa yksittäisen laitoksen mahdollisia päästötilanteita.

Jotta onnettomuuden vaikutukset tehdasalueella voitaisiin arvioida, on kaasupilven leviämisen lisäksi tunnettava tehtaan/laitoksen eri osastoilla vallitseva tilanne. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi henkilöiden lukumäärää ja heidän sijoittumistansa tehdasalueen eri osiin, heidän mahdollisuuksiaan suojautua sisätiloihin tai poistua turvallisesti rakennuksista ja koko alueelta.

Yhdistämällä tiedot kaasupäästön vaara-alueista sekä tiedot laitoksesta, sen henkilökunnasta ja kylmälaitoksen ja ilmastoinnin tärkeimmistä osista voidaan laatia pelastussuunnitelma ja toimintaohjeet. Onnettomuustilanteen vakavuutta arvioitaessa on laitokseen ja sen henkilö kuntaan kohdistuvien vaarojen lisäksi otettava huomioon kaasupäästön mahdollisesti aiheuttama vaara tehdasalueen ulkopuolella. Mikäli laitoksen ulkopuolella oleville henkilöille aiheutuu vaaraa, pelastustoiminnan johtaja vastaa heille suuntautuvasta tiedottamisesta ja ohjeiden antamisesta. Lisäksi kunnan pelastusviranomaisen laatimassa ulkoisessa pelastussuunnitelmassa on huomioitava kylmälaitoksen mahdollisesti aiheuttamat vaarat.

Tehtyjen tarkastelujen perusteella päätetään yleisistä toimintaperiaatteista kaasuvuototilanteessa. Kaasun leviämistarkastelun tuloksena nähdään, kuinka laajalla alueella päästö aiheuttaa vaaraa erilaisissa onnettomuustilanteissa. Kun päästö tapahtuu suoraan ulos, toiminnan ensimmäisessä vaiheessa ulkona olevat on saatava siirtymään sisätiloihin tai sivuun vaara alueelta ja sisällä olevat pysymään siellä. Jos vuoto on sisällä ja pitoisuus voi nousta korkeaksi, on toiminnan ensimmäisessä vaiheessa saatava ihmiset turvalliseen paikkaan joko ulos tai rakennuksen turvallisiin osiin. Laitoksen ulkopuolelle on nimettävä kokoontumispaikkoja, joita tulee olla - paikalliset olosuhteet ja mahdolliset tuulensuunnat huomioiden - useita eri puolella aluetta.

Toiminnanharjoittajan tulee tarkistaa sisäinen pelastussuunnitelma vähintään kolmen vuoden väliajoin ja aina tarpeen vaatiessa korjata ja ajanmukaistaa se. Tarkistamisessa on otettava huomioon tuotantolaitoksessa ja pelastustoimen järjestelyissä tapahtuneet muutokset, teknisen tietämyksen lisääntyminen ja tiedon lisääntyminen toimenpiteistä, jotka suuronnettomuuksien torjumisessa on toteutettava. Päivitetty suunnitelma tulee toimittaa pelastusviranomaiselle.

Toiminnanharjoittajan on laadittava suunnitelma sisäistä pelastussuunnitelmaa koskevien harjoitusten järjestämiseksi. Lisäksi toiminnanharjoittajalla on velvollisuus järjestää harjoituksia säännöllisesti sisäisen pelastussuunnitelman toimivuuden varmistamiseksi.

## 4.6 ULKOPUOLISILLE TIEDOTTAMINEN ONNETTOMUUSVAAROISTA

**Jos laitoksen** läheisyydessä on muita teollisuuslaitoksia, asutusta, kouluja, päiväkoteja, liikkeitä tai vastaavia, on näille hyvä kertoa ammoniakkipäästön mahdollisuudesta, päästön tunnistamisesta sekä oikeista suojautumistoimenpiteistä mahdollisessa päästötilanteessa. Asetuksen vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (asetus 685/2015) liitteessä VI on esitetty yksityiskohtaisesti, mitä tietoja yleisölle annettavan tiedotteen tulee sisältää. Kunnan pelastusviranomaisen velvollisuutena on laatia ulkoinen pelastussuunnitelma, jossa arvioidaan päästöjen aiheuttama vaara laitosalueen ulkopuolella.

## 4.7 PELASTUSLAITOKSEN PEREHDYTTÄMINEN KYLMÄLAITOKSEN TOIMINTAAN

**Pelastuslaitoksen apua** voidaan tarvita kylmälaitoksen erilaisissa häiriö- ja onnettomuustilanteissa. Ammoniakkivuodossa pelastuslaitosta tarvitaan esimerkiksi etsimään ja pelastamaan myrkytysuhreja, etsimään vuotoa, sulkemaan venttiilejä, tukkimaan vuotoaukkoa, tuulettamaan tiloja ja estämään vuotaneen ammoniakkin leviäminen. Kylmälaitoksen palossa pelastuslaitoksen on otettava huomioon ammoniakki-

vuodon vaara. Pelastuslaitoksen tehtäviin kuuluu myös kaasuvuodon vaara-alueen eristäminen sekä vaara-alueella ihmisten varoittaminen.

Jotta pelastuslaitos suoriutuisi tehtävistään parhaalla mahdollisella tavalla, se tulee perehdyttää kylmälaitoksen prosessin toimintaan ja laitoksen käyttö- sekä turvalaitteisiin. Perehdytyksen tulee sisältää ainakin seuraavat kohdat:

1. Kohteen lähimmän pelastus- tai paloaseman henkilöstön sekä vaarallisten aineiden torjuntaan erikoistuneen aseman henkilöstön tutustuminen kohteeseen
2. Kohteen erityispiirteet:
  - » Minkälainen rakennus
  - » Esitiedot riskeistä
  - » Merkinnät
  - » Kohteen tavoitettavuus eri vuoden aikoina
  - » Henkilökunnan osaaminen
  - » Kohteen asiantuntijat
3. Onnettomuuden sattuessa ilmoita pelastuslaitokselle:
  - » Tuliko hälytys automaattisesta paloilmoittimesta vai hätäpuheluna?
  - » Mikä on vuotava aine ja vuodon suuruus?
  - » Onko ihmisiä evakuoitu vaara-alueelta ja ulkopuolisten pääsy estetty kohteeseen?
  - » Onko laitetilasta prosessi pysäytetty hätä-seis-painikkeesta?
  - » Saako pelastuslaitos opastusta kohteessa ja mahdollista opastusta kohteen sisätiloissa tarvittaessa?
  - » Mikä on yhteyshenkilöiden/asiantuntijoiden tavoitettavuus pelastustoiminnan johtajan käyttöön myös virka-ajan jälkeen?



#### Hyvä käytäntö ja vahva suositus:

Suosittelaa tuulipussin hankkimista kohteeseen, jos sitä ei ole. Tämä auttaisi pelastuslaitosta onnettomuuden sattuessa pelastustoimien suunnittelussa ja toteutuksessa.

**Maamme pelastuslaitoksilla** on käytössään ns. TOKEVA-ohjeet (torjuntaohjeet kemikaalien vaaratilanteille), joihin sisältyy mm. toimintaohje myrkyllisen kaasun vuodon varalta, torjuntamenetelmiä kuvaavia menetelmäohjeita sekä kemikaalisukellusohje. Toimintaohjeessa on ensi sijassa ajateltu nesteytetyn kaasun, kuten ammoniakkin, vuotoa kuljetus- tai varastosäiliöstä. Prosessilaitoksen, kuten kylmälaitoksen, vuotoon liittyy erityispiirteitä, joita toimintaohjetta laadittaessa ei ole voitu ottaa huomioon. Tällaisia ovat muun muassa kaasuilmaisjärjestelmä, varoventtiilit, hätäpysäytyskytkimet sekä tärkeimmät sulkuventtiilit.

Pelastuslaitoksen on myös tunnettava tilojen ilmanvaihto- ja hätätuuletuslaitteet sekä toimenpiteet, joilla vuotavan nesteammoniakin leviäminen viemäriverkossa estetään. Nämä tiedot merkitään tarpeen mukaan sisäisen pelastussuunnitelman piirustuksiin ja kohdekortteihin. Tämän lisäksi venttiileissä ja muissa käyttölaitteissa tulee olla selkeät merkinnät.

Prosessilaitoksille on ominaista, että häiriön syytä ei aina ole helppo paikallistaa. Koska kylmälaitoksen putkistot tyypillisesti kulkevat pitkiä matkoja, häiriön vaikutus saattaa ilmetä etäällä viallisesta laitteesta. Seuraavassa on esimerkkejä ammoniakki- vuodoista, joiden hallinnassa kylmälaitoksen parempi tuntemus olisi ollut eduksi:

"Pinnankorkeusantureiden vaihdon vuoksi mittalaitteen ja säiliön välinen venttiili oli suljettu. Kyseinen venttiili unohtui kiinni, jolloin anturin mukaan säiliössä ei ollut riittävästi ammoniakkaa. Säiliön täyttyminen jatkui, kunnes kompressorin tiiviste hajosi nesteiskusta. Vuoto jatkui tunnin ajan, koska henkilökunta ei osannut sanoa palomiehille, mikä venttiili pitäisi sulkea."



"Lauhdutusvesipumput eivät käynnistyneet ukonilman aiheuttaman käyttöhäiriön vuoksi. Pressostaatin kärkein välissä oli lisäksi ilmeisesti likaa, minkä vuoksi paine nousi yli varo venttiilin avautumispaineen aiheuttaen ammoniakkipäästön. Palomiehet sulkivat väärän venttiilin, mikä edesauttoi paineen nousua ruuvikompressorin painepuolella, mikä aiheutti varoventtiilin avautumisen."

## 4.8 AMMONIAKIN VAIKUTUS IHMISEEN JA ENSIAPU

**Ammoniakki on** erittäin ärsyttävä ja myrkyllinen kaasu. Seuraavassa on esitetty ammoniakialtistuksen vaikutuksia ihmiseen ja ensiapu altistumisen sattuessa.

### 4.8.1 Välittömät vaikutukset

**Hengitysteiden ärsytys** on suoraan verrannollinen ammoniakkipitoisuuteen ilmassa. Ärsytys ja haitta-vaikutus alkavat 20–25 ppm:n (14–18 mg/m<sup>3</sup>) pitoisuudessa. Välittömästi hengitysteitä ja silmiä voimakkaasti ärsyttävä pitoisuus on 400–700 ppm (280–500 mg/m<sup>3</sup>). Lyhytaikainen altistuminen yli 5 000 ppm:n (3 600 mg/m<sup>3</sup>) pitoisuudelle voi aiheuttaa nopean kuoleman kurkunpään turvotuksen tai keuhkopöhön vuoksi.

Nestemäisen ammoniakkin roiskeet aiheuttavat iholla syövytystä ja paleltuman.

Erittäin suuret kaasupitoisuudet, yli 10 000 ppm (7 000 mg/m<sup>3</sup>), voivat aiheuttaa ihon ärsytystä tai syöpymistä. Siksi suurissa kaasupitoisuuksissa hengityssuojaimen lisäksi on käytettävä suojapukua.

Yli 100 ppm:n (70 mg/m<sup>3</sup>) pitoisuus aiheuttaa silmän sarveiskalvon ärsytystä ja kyynelvuotoa.

Nestemäisen ammoniakkin roiskeet silmään aiheuttavat vakavaa syövytystä silmässä, näön sumenemisen tai jopa sokeuden, ellei hoitoa anneta välittömästi.

### 4.8.2 Toistuvan altistumisen vaikutukset

**Toistuvassa ammoniakkihöyrylle** altistumisessa työntekijälle voi kehittyä sopeutumista ärsytysvaikutuksille muutamien viikkojen kuluessa. Näin jatkuva altistuminen jopa 70 ppm:n (50 mg/m<sup>3</sup>) pitoisuudelle ei aina aiheuta selviä oireita. Päivittäinen altistuminen noin 100 ppm:n (70 mg/m<sup>3</sup>) pitoisuuksille aiheuttaa hengitysteiden ja silmien ärsytystä.

Ammoniakki ei kerry elimistöön. Ammoniakkia erittyy elimistöstä virtsassa ammoniumsuoloina ja ureana sekä jonkin verran hien mukana.

### 4.8.3 Nestemäisen ammoniakkin aiheuttamat vammat

#### **Vaikutus**

Ammoniakki ja ammoniakkihuu-ärsyttävät ja syövyttävät limakalvoja, silmiä ja ihoa. Nestemäinen ammoniakki aiheuttaa iholla syövytys- ja paleltumisvammoja.

#### **Oireet**

Kipua, punotusta, rakkuloita, silmäluomien turvotusta, vaurioita silmän sarveiskalvolla.

#### **Ensiapu**

Ammoniakin kostuttamat vaatteet on riisuttava nopeasti ja sen jälkeen tulee peseytyä välittömästi runsaalla vedellä. Vahingoittuneelle alueelle laitetaan kuiva side, ei voiteita. Silmien jouduttua kosketuksiin ammoniakkin kanssa huuhdellaan niitä perusteellisesti puhtaalla vedellä. Silmää on huuhdeltava auki, ja räpyteltävä silmäluomia, jotta toimenpide olisi tehokas.

## 4.8.4 Kaasumaisen ammoniakkin aiheuttamat vammat

### Vaikutus

Ammoniakkikaasu saattaa vahingoittaa vakavasti silmiä jo noin 0,5 %:n pitoisuutena ja ärsyttää ihoa yli 1 %:n pitoisuutena. Kaasu vaikuttaa ärsyttävästi ja suurina pitoisuuksina syövyttävästi suun, nielun ja hengityselinten limakalvoihin. Ammoniakille on tyypillistä voimakas pistävä haju. Ammoniikkiärsytyksen aiheuttama nenän vuotaminen, aivastelu, yskä ja kyynelvuoto varoittavat jo pieninä pitoisuuksina.

Hengitysteiden ärsyntyminen on suoraan verrannollinen ammoniakkipitoisuuteen ilmassa. Ärsytys ja haittavaikutus alkavat 14–18 mg/m<sup>3</sup> (20–25 ppm) pitoisuudessa. Välittömästi hengitysteitä ja silmiä voimakkaasti ärsyttävä pitoisuus on 280–500 mg/m<sup>3</sup> (400–700 ppm). Lyhytaikainen altistuminen yli 3 600 mg/m<sup>3</sup> (5 000 ppm) pitoisuudelle voi aiheuttaa nopean kuoleman kurkunpään turvotuksen tai keuhkopöhön vuoksi.

### Oireet

Altistuksen oireita ovat kipu silmissä, nenässä, suussa ja nielussa. Ammoniakki aiheuttaa lisäksi kyynelvuotoa, aivastuksia ja yskää, joka vaikeissa tapauksissa on kouristuksenomaista. Suurina pitoisuuksina ammoniakki aiheuttaa tukehtumisen tuntua, hengenahdistusta ja mahdollisesti tajuttomuuden.

### Ensiapu

Siirrä altistunut henkilö raittiiseen ilmaan. Jos hengitys on pysähtynyt tai huomattavasti vaikeutunut, annetaan tekohengitystä ja mahdollisuuksien mukaan happea. Jos sydän on pysähtynyt, on annettava painantaelvytystä. Potilas on vietävä mahdollisimman pian lääkärin hoitoon tai sairaalaan.

## 4.8.5 Ensiapu

### Hengitysteitse tapahtunut altistuminen

Siirrä altistunut henkilö raittiiseen ilmaan puoli-istuvaan asentoon. Jos hengitys on pysähtynyt, annetaan tekohengitystä, joka on tehokkainta palkeella. Anna mahdollisuuksien mukaan happea. Jos sydän on pysähtynyt, on annettava painantaelvytystä. Toimita potilas ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten.

### Roiskeet silmään

Jos nestemäistä ammoniakkaa tai ammoniakkin vesiliuosta roiskahtaa silmiin, huuhtelee haalealla juoksevala vedellä 20 minuuttia pitäen silmäluomia auki huuhdellessa. Tämän jälkeen toimita potilas ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten. Huuhtelua tulee jatkaa hoitopaikkaan kuljetuksen aikana.

### Ihokosketus

Käytä hätäsuihkua ja riisu ammoniakkin likaama vaateetus. Nestemäisen ammoniakkin vahingoittamaa ihoa huuhdellaan haalealla juoksevala vedellä vähintään 15 minuuttia. Toimita potilas ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten.

Ihon pesussa avustavan henkilön tulee käyttää suojakäsineitä ja kokonaamaria, jossa on ammoniakki-suodatin. Älä vie ammoniakkin vaatteita sisätiloihin, koska haihtuva ammoniakki ärsyttää voimakkaasti silmiä ja hengityselimiä. Laita likaantuneet vaatteet muovisäkkiin.

### Suun kautta tapahtunut altistuminen

Jos henkilö on niellyt ammoniakkin vesiliuosta, anna vettä enintään 250 ml aikuiselle ja lapselle 10 ml painokiloa kohden. Toimita potilas ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten.

**Lisäohjeita saa** tarvittaessa yleisestä hätänumerosta, puh. 112, ja Myrkytystietokeskuksesta, puh. (09) 471 977.

## 4.9 SUOJARUSTEET VUOTOTILANTEESSA

**On tärkeää**, että henkilökunnalla on asianmukaiset suojarusteet nopeasti saatavilla ammoniakkivuodon tapahtuessa. Useimmiten vuotokohta havaitaan melko nopeasti ja siksi vahingot saadaan minimoitua, kun vuotokohta voidaan eristää muusta laitoksesta sulkemalla vuotokohdan läheisyydessä olevat venttiilit. Työhön ei voida kuitenkaan ryhtyä, ennen kuin käytössä on riittävät suojarusteet.

Henkilökohtaisiin suojarusteisiin minimissään kuuluvat:

- » suojalasit
- » kokonaamarihengityssuojain K2-suodattimella
- » suojakäsineet.

Tämän lisäksi olisi hyvä olla mukana silmähuuhde (natriumkloridiliuos 0,9 %).

Minimivarustuksen lisäksi varustusta voi täydentää suojaavalla, kumiesiliinalla sekä turvasaappaila.

### 4.9.1 Hengityssuojain

**Hengityssuojaimissa on** oltava oikeantyyppinen ammoniakille soveltuva suodatin. K2-luokan hengityssuojain riittää noin 40 min työskentelyyn 5 000 ppm:n pitoisuudessa. Käytettyä suodatinta ei saa käyttää uudelleen. Myös käyttämättömät suodattimet, jotka niissä olevan päiväyksen mukaan ovat vanhentuneet, tulee uusia.

### 4.9.2 Suojakäsineet ja -vaatetus

**Suojakäsineiden ja -vaatetuksen** materiaali valitaan vuototyypin mukaisesti.

Kaasumaiselta ammoniakilta suojauduttaessa suositellaan butyylikumia. Myös mm. fluorikumi (Viton®), fluorikumi-butyylkumi, Trellech® HPS, Trellech® VPS, Tychem® Responder® ja Tychem® TK ovat soveltuvia materiaaleja.

Nestemäiseltä ammoniakilta suojaavat hyvin mm. Tychem® SL (Saranex®), Tychem® CPF 3, Tychem® Responder® ja Tychem® TK. Butyylikumi suojaa 30-70-% ammoniakin vesiliuokselta. Alle 30-% vesiliuokselta suojauduttaessa sopivia materiaaleja ovat butyylikumi, neopreeni, nitrililumi, fluorikumi (Viton®), fluorikumi-butyylkumi, Tychem® SL (Saranex®) ja Tychem® F.

## 4.10 KÄSITTELY JA VARASTOINTI

**Ammoniakin käsittelyä** ja varastointia koskevat valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (VnA 685/2015) ja valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (VnA 856/2012). Ammoniakin käyttöturvallisuustiedoissa on esitetty vaaditut varastointiolosuhteet.

Varastointipaikan tulee olla viileä, kuiva, ilmastoitu, auringonvalolta suojattu, erillään syttymis- ja lämmönlähteistä. Rakennusmateriaalien, valaistuksen ja tuuletuksen tulee kestää ammoniakkia. Erityisesti kuparipitoisia materiaaleja on vältettävä ja ehkäistävä niiden joutuminen kosketuksiin ammoniakin kanssa.

Varastoi ammoniakkia erillään hapettimista ja vahvoista hapoista. Säilytä kaasupullo pystyasennossa, tulenkestävällä lattialla, kiinnitettynä kaatumisen estämiseksi ja venttiilisuoja paikallaan. Merkitse tyhjat kaasupullot ja varastoi ne erilleen täysinäisistä.

Ammoniakkia käsiteltäessä vuotojen ja altistumisen varalta tulee työpisteen läheisyydessä sijaita silmienhuhtelupaikka ja hätäsuihku. Ammoniakkia on käsiteltävä erillään syttymislähteistä ja lämmityslaitteista (mm. tupakointi on kielletty). Työskenneltäessä on varmistuttava, ettei kaasua pääse vuotamaan työilmaan.

## 5. TYYPILLISET VAARATILANTEET JA EHKÄISY

**Turvallisuus- ja kemikaalivirasto** (Tukes) ylläpitää onnettomuus- ja vauriotietokantaa nimeltä VARO-rekisteri. VARO-rekisteri sisältää Tukesin toimialueen onnettomuuksien ja vaurioiden kuvaukset.

Ammoniakkionnettomuuksissa rekisterin tulee raportoida tapaukset joissa:

- » ammoniakkin vuotomäärä yli 50 kg tai
- » vakava loukkaantuminen tai kuolema tai
- » omaisuusvahinko yli 50 000 €.

Toiminnanharjoittajalla on velvollisuus tehdä ilmoitukset Tukesille. Ilmoitusta varten Tukesilla on internetsivullaan lomakepohja onnettomuusilmoituksen tekoa varten.

Monessa VARO-rekisterin tapauksessa päästö oli useamman tekijän summa (esim. inhimillinen virhe ja laitevika). Merkittävin yksittäinen päästöjä aiheuttanut tekijä oli erilaiset vuodot venttiileissä tai putkistoissa. Viimeisen kymmenen vuoden aikana Varo-rekisteriin ilmoitettiin ammoniakkiin liittyviä onnettomuuksia kaikkiaan 13 kpl, ja niistä puolet vuosina 2011–2012. Siten viime vuosina vaaratilanteita on ollut ammoniakkilaitoksissa suhteellisen harvoin.

Vaaraa aiheuttaneita tilanteita:

- » varoventtiilivuoto huoltotoimien aikana korotetun laihutumispaineen vuoksi
- » vuoto öljynpoiston yhteydessä (käyttövirhe)
- » vuoto syöpyneessä venttiilissä
- » paineisku ja sitä seurannut varoventtiilivuoto
- » vuoto syöpyneestä putkesta laitoksen korjauksen yhteydessä
- » kompressorin akselitiivistevuoto
- » tuulen heittäämä rakennuslevy rikkoi täyttöletkun huollon yhteydessä
- » vuoto venttiilin laipassa
- » huoltoventtiili jäänyt auki huollon jälkeen (inhimillinen erehdys)
- » paineisku rikkoi venttiilin
- » vuoto syöpyneestä venttiilistä.



Kuten listasta voidaan todeta, monet vaaratilanteista olisi voitu välttää henkilökunnan ja huoltohenkilöstön perehdytyksellä. Myös putkiston ja varusteiden kunnonseurannalla ja laitteiden ennakoivalla huollolla on erittäin suuri merkitys turvallisuuden lisäämisessä.

Kuvassa 7 on jäänyt sulkuventtiili, jonka sulkeminen vaatii jään poiston. Kyseessä oleva sulkuventtiili ei ainaakaan lisää laitoksen turvallisuutta, koska venttiilin tarkoituksena on tarvittaessa estää ammoniakkin kulkeutuminen järjestelmässä.

Korroosion lisäksi laitoksilla tapahtuu merkittävästi vuotoja venttiilien tiivistesten tai karojen kulumisista ja löysistä liitoksista. Seuraukset eivät välttämättä ole kovin suuria, joten niiden juurisyyt jäävät selvittämättä, jolloin laitoksen käyttö- ja kunnossapitokäytäntöjä ei myöskään paranneta.

Kuva 7. Jäänyt sulkuventtiili (kuva: Jomcon Oy).

## 5.1 KÄYTÖNAIKAISET AMMONIAKKIVUODOT JA NIIDEN EHKÄISEMINEN

**Vuotojen hallinnassa** perusedellytyksenä on käyttö- ja huoltohenkilöstön perehtyneisyys laitokseen. Tällöin on tärkeää, että henkilökunta löytää oikeat venttiilit, joiden avulla vuotokohta voidaan eristää. Isoista laitoksista on hyvä tehdä myös turvakaavio, johon merkitään vain pääkomponentit sekä pääsulkuventtiilit. Sulkuventtiilit merkitään selvästi isoilla kylteillä, jolloin myös laitosta tuntemattomien on mahdollista löytää ne helpommin vuototilanteissa. Monesti kuitenkin myös pelastuslaitos tarvitsee laitosta tuntevan henkilökunnan apua pelastustyön yhteydessä. Henkilöstön koulutusta on kuvattu kohdassa 4.3.

Kaikkein tavallisin syy kylmälaitoksen normaalin käytön yhteydessä tapahtuvaan ammoniakkipäästöön on jonkin laitoksessa olevan komponentin rikkoutuminen. Riskipaikkoina voidaan mainita esimerkiksi venttiilien laippaliitokset, venttiilien tiivisteet, kompressorien akselitiivisteet, värisevät venttiilit ja putken osat. Myös varoventtiilien avautuminen joko niissä olevien vikojen tai liian korkealle kohonneen painetasen vuoksi johtaa ammoniakkipäästöihin. Tämän vuoksi varoventtiilit tulee jo määräystenkin mukaan tarkistaa ja huoltaa vähintään neljän vuoden välein. On syytä huomioida myös muut kuin rekisteröityissä painelaitteissa olevat varoventtiilit. Samoin laitoksen varolaitteet, kuten kompressoreiden ohjausautomaatiikka ja paineektykimien asianmukainen toiminta, tarkastetaan vuosittain huoltojen yhteydessä.

Eristämättömien putkistojen ulkopuolinen korroosioseuranta on helposti toteutettavissa, jonka yleensä tekee laitoksen käyttöhenkilöstö tai huoltoyhtiö. Eristettyjen putkien ja painelaitteiden seuranta vaatii kuvauskalustoa ja siksi seurannasta tehdään sopimus kolmannen osapuolen kanssa. Neljän vuoden välein putkiston kuntoa kuvataan kohdista, jotka yleensä tiedetään riskipaikoiksi. Tällöin ensisijaisia kohteita ovat:

- » eristetyt kuumakaasuputket
- » neste – ja imuputket, jossa lämpötilat vaihtelevat 0 °C:n molemmin puolin
- » läpivientikohdat
- » eristeiden päättymiskohdat
- » ulkona sateessa olevat eristetyt putkistot
- » eristeauriokohdat (putkisto / säiliö ulkopinnaltaan kostea tai jäässä).

Tarkastuksia toteutumista valvoo Tukesin hyväksymä tarkastuslaitos määräaikaistarkastusten yhteydessä.

Putkistoissa saattaa esiintyä myös voimakkaita nesteiskuja. Etenkin kuumakaasusulatteiset järjestelmät ovat erityisen herkkiä, ja siksi niiden toiminnan seuranta on tärkeää. Mikäli iskuja havaitaan, esimerkiksi pauketta ja värinää putkistoissa, on syy ilmiöön selvitettävä. Useimmiten automaatiikkaventtiilien ohjaustapoihin tarvitaan muutoksia, jotta ongelmista päästään eroon.

### 5.1.1 Yleisimmät käytönaikaiset vuototilanteet

**Seuraavissa kohdissa** on esitetty yleisimpiä laitoksen käytönaikaan esiintyviä vuototilanteita putkistossa ja komponenteissa.

**Kaasuvuoto kuumakaasulinjassa** (lauhduttimelle menevä linjasto tai kuumakaasusulatusputkisto)

- » Pysäytä kompressorit.
- » Sulje vuotokohtaan johtava kuumakaasuventtiili sekä vuotokohdan jälkeen putkistossa oleva venttiili.
- » Aloita tilan tuuletus.
- » Pidä laitoksen lauhduttimet mahdollisuuksien mukaan käynnissä.
- » Kutsu huoltoyhtiö paikan päälle (isommissa vuodoissa myös pelastuslaitos).

Kaasu nousee ylöspäin sisällä kohti kattoa. Suuri vuoto sisätilaan muodostaa nopeasti hengenvaarallisen ammoniakkipitoisuuden. Jos tilassa on huono ilmanvaihto, saattaa tilaan muodostua syttyvää seosta.

**Nestevuoto varaajassa tai korkeapaineisessa nestelinjassa**

- » Pysäytä kompressorit.
- » Sulje vuotokohtaan johtava nesteventtiili sekä vuotokohdan jälkeen putkistossa oleva venttiili.

- » Aloita tilan tuuletus.
- » Pidä laitoksen lauhduttimet mahdollisuuksien mukaan käynnissä.
- » Vesisumulla voi neutraloida ammoniakkikaasuja. Jos ammoniakki kerääntynyt lattialle lammikoksi, älä ruiskuta vettä suoraan nestemäiseen ammoniakkiin.
- » Kutsu huoltoyritys paikalle (isommissa vuodoissa myös pelastuslaitos).

Putkistossa on lämmintä (noin +30 °C) paineenalaista nesteammoniakkaa. Noin 20 % ulosvirtaavasta nesteestä höyrystyy välittömästi. Samalla loppuosa nesteestä jäähtyy kiehumislämpötilaansa -33 °C ja hajoaa pieniksi pisaroiksi. Jos pisaroituva nestesuihku ei törmää esteeseen, ammoniakkipisararat haihtuvat jäähdyttäen suihkuun sekoittuvaa ilmaa. Tällöin ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy sakeaksi sumuksi. Sisällä nestesuihku törmää yleensä esteeseen, jolloin osa nesteammoniakista valuu lattialle lammikoksi. Suuri vuoto sisätilaan muodostaa nopeasti hengenvaarallisen ammoniakkipitoisuuden. Jos tilassa on huono ilmanvaihto, saattaa tilaan muodostua syttyvää seosta.

### **Neste- tai kaasuvuoto höyrystimessä, matalapaineisessa nestelinjassa tai imulinjassa**

- » Sulje vuotokohtaan johtava nesteventtiili sekä höyrystimeen mahdollisesti johtava kuumakaasulinja.
- » Jos pumppukiertoinen laitos, pysäytä ammoniakkipumput.
- » Pysäytä höyrystinpuhaltimet tai liuospumput, jos on kyseessä nesteen jäähdytykseen tarkoitettu höyrystin (esim. levylämmönsiirrin).
- » Anna kompressorien käydä niin kauan kuin mahdollista.
- » Aloita tilan tuuletus.
- » Vesisumulla voi neutraloida ammoniakkikaasuja. Jos ammoniakki kerääntynyt lattialle lammikoksi, älä ruiskuta vettä suoraan nestemäiseen ammoniakkiin.
- » Kutsu huoltoyritys paikalle (isommissa vuodoissa myös pelastuslaitos).

Nesteputkistossa on kylmää (n. -30...-40°C) paineenalaista nesteammoniakkaa. Vuotava neste valuu lämpöeristeen aukoista lattialle tai maahan lammikoksi.

Imulinjassa on kylmää (n. -30...-40°C) kaasumaista ammoniakkaa. Putkisto voi olla alipaineinen, jolloin vuotokohdasta saattaa imeytyä järjestelmään ilmaa. Alipaineen hävittyä järjestelmästä vuotaa kylmää kaasua, joka kohoaa ylöspäin, sisällä kohti huoneen kattoa.

### **Lattialle tai maahan valuneen nesteammoniakkin käyttäytyminen**

Alustan lämmön vaikutuksesta pieni osa ammoniakista höyrystyy. Lattialle tai kestopäällystetyille pihalle valunut neste joutuu helposti viemäriverkkoon. Kun nesteammoniakki joutuu kosketukseen viemärisä olevan veden kanssa, 67–90 % siitä liukenee ja loput 10–33 % höyrystyy.

Mikäli vuototilanteiden torjunnassa syntyy ammoniakkipitoista vettä, tulisi se mahdollisuuksien mukaan kerätä talteen ja hävittää määräysten mukaisesti.

### **Vuoto kuljetus- ja varastosäiliöstä**

Kuljetus- ja varastosäiliössä ammoniakki on paineenalaisena nesteytettyä kaasua ympäristön lämpötilassa. Poikkeuksena ovat ammoniakkin suurvarastot, joissa ammoniakki on kiehumislämpötilaansa -33 °C jäähdytettyä nestettä.

## **5.2 KORJAUS- JA KUNNOSSAPITOTÖIDEN AIKAiset ONNETTOMUUDET**

**Korjaus- ja** kunnossapitotöiden aikana sattuvat vuodot liittyvät yleensä ihmisen toimintaan. Inhimilliset virheet, jotka johtuvat mm. puutteellisesta ammattitaidosta ovat tavallisia. Tällaisissa tapauksissa henkilövahinkojen mahdollisuus on suuri, sillä huolto/korjaushenkilökunta on vapautuvan ammoniakkin välittömässä läheisyydessä. Ammoniakkivuoto voi sattua esimerkiksi öljynkeräilyssä tyhjennyksen yhteydessä tai kylmälaitoksen linjojen sulatusvaiheessa. Öljyn tyhjennysventtiili voi jäädä auki esimerkiksi silloin,





Kuva 8. Esimerkki öljynpoistojärjestelmästä, jossa öljy-yhde olisi hyvä johtaa kauemaksi venttiiliin välittömästä läheisyydestä. Näin voidaan estää mahdolliset roiskeet huoltohenkilön päälle venttiiliä avattaessa (kuva: Jomcon Oy).



Kuva 9. Esimerkki jäätyneistä kylmälaitoksen komponenteista. Jään irrottamista mekaanisesti tällaisista kohteista tulee välttää laitteiden rikkoutumisvaaran vuoksi (kuva: Jomcon Oy).

kun kylmässä säiliössä jähmettynyt öljy aiheuttaa tukoksen. Luullaan, että venttiili on kiinni, kun putkesta ei tule mitään. Kun jähmeä öljy notkistuu lämmitessään, ammoniakkia pääsee virtaamaan ulos. Liitteessä 1 on esitetty toimintaohjeita korjaus- ja kunnossapitotöihin.

Öljynkeräysastia ei saisi koskaan olla aivan öljynerottimen tyhjennysventtiilin alla (kuva 8.). Yllättävässä tilanteessa, kuten nestemäisen ammoniakkin purskahtaessa äkillisesti, venttiilin sulkeminen voi olla hankalaa korkean ammoniakkipitoisuuden ja työntekijän päälle tulleiden roiskeiden johdosta. Öljyn tyhjennysyhteen venttiiliin kahvan tulisi olla sellainen, että se on paikallaan koko öljynvaihdon ajan. Tällöin venttiili saadaan häiriötilanteessa nopeasti kiinni. Turvallisempi vaihtoehto on varustaa öljynpoistoyhde jouppalautteisella venttiilillä (ns. "kuolleen miehen venttiili").

Öljyntyhjennysputki tulisi johtaa kauempana olevaan astiaan, mieluiten ulos asti. Jos mahdollista, tulee ammoniakkisäiliön ja öljynkeräyssäiliön välinen linja sulkea. Tällöin onnettomuustilanteessa ulos vuotaa korkeintaan keräyssäiliöllinen ammoniakkia. Sisätiloissa pidettävästä öljynkeräysastiasta on hyvä johtaa tuuletusputki ulos öljystä vapautuvan ammoniakkin tuulettamiseksi.

Korjaus- ja huoltotilanteessa ei laitteiden pintaan kertynyttä jäätä saa poistaa hakkaamalla. Kylmä metalli repeytyy normaaliolosuhteita helpommin, ja lisäksi jääkerroksen alla voi olla näkymättömissä helposti





Kuva 10. Ammoniakkikylmälaitoksen jäänyt suodatin ja syöttöventtiili (kuva: Jomcon Oy).

rikkoutuvia mittayhteitä yms. komponentteja. Kuvassa 9. on esimerkki jään sisässä olevista, pienistä helposti vahingoittuvista putkista. Jos sulatukseen ei voida käyttää kuuma-kaasukiertoa, on sulatus tehtävä lämpimällä vedellä valemalla. Tällöin on kuitenkin varmistettava, että sulatettavaan kohteeseen ei jää nestemäistä ammoniakkia kahden suljetun venttiilin väliin. Vaarana on voimakas paineen nousu ja laite tai tiivistevaurio sekä vuoto nesteen lämmitessä. Kuvassa 10 on ammoniakkikylmälaitoksen jäänyt suodatin ja syöttöventtiili. Jos näitä olisi tarve operoida, ensin olisi poistettava jää, mikä vie huomattavasti aikaa ennen operointia.

### 5.3 ASENNUSVIRHEISTÄ JA ULKOPUOLISISTA TEKIJÖISTÄ AIHEUTUNEET ONNETTOMUUDET

**Asennusvirheistä johtuvat** onnettomuudet aiheutuvat pääasiassa erilaisista virheellisistä tiivisteiden asennuksista. Myös kylmälaitteiston putkien puutteellinen eristys ja väärä kannakointi voivat aiheuttaa ajan mittaan vuotoja. Korrosio nopeutuu, jos kosteutta pääsee tiivistymään putken pinnalle. Ulkopuolisten tekijöiden aiheuttamat vuodot johtuivat pääasiassa jäähdytysjärjestelmän osien vahingoittamisesta.

Sellaiset kylmälaitoksen komponentit, jotka ovat alttiita törmäyksille tai kolhuille on hyvä suojata. Kuvassa 11 on esitetty kompressorin anturien ja lämmitysvastusten suojauksesta ulkopuolisia iskuja vastaan. Ilman suojausta anturin tai vastuksen vaurioituttua kompressorin olisi pois käytöstä. Kuvassa 12 on esimerkki laitoskomponentin suojauksesta.

### 5.4 AMMONIAKKIPÄÄSTÖN KÄYTTÄYTYMINEN

**Sekä putkistosta** vuotava kaasu että ammoniakkilammikosta haihtuva höyry ovat ilmaa kevyempiä. Lämpimän paineenalaisen nesteen pisaroituva vuoto voi kuitenkin muodostaa ympäröivää ilmaa ras-



Kuva 11. Kompressorin anturien ja lämmitysvastusten suoja ulkopuolisia iskuja vastaan (kuva: Jomcon Oy).



Kuva 12. Laitoskomponentin suojaus (kuva: Jomcon Oy).

kaampaa seosta, kun pisaroiden haihtuminen jäädyttää ilman. Jos suihku törmää esteeseen tai vuotokoh-  
ta on lämpöeristeen alla, muodostuva kaasu on ilmaa kevyempää.

Sisällä ilmaa kevyempi kaasu nousee kohti kattoa. Ilmanvaihdon vaikutuksesta huoneeseen muodos-  
tuu vuotokohdasta kattoon ulottuva kerros, jossa kaasun pitoisuus on likimain vakio. Vuodon jatkuessa  
pidempään kaasun pitoisuus lähestyy vuodon suuruudesta ja tilan ilmanvaihdosta riippuvaa tasapaino-  
arvoa. Pitoisuutta voidaan pienentää rajoittamalla vuotoa tai tehostamalla ilmanvaihtoa.

Jos nesteammoniakkia valuu viemäriin, se saattaa kulkea pitkänkin matkan ennen veden kohtaamista.  
Veden vaikutuksesta 10–33 % ammoniakista höyrystyy aiheuttaen paineen nousun viemärissä. Viemärin  
paineistumisen seurauksena vedenpinta lattiakaivojen ja muiden vesi johtokalusteiden vesilukoissa saat-  
taa nousta niin paljon, että ammoniakkaa pääsee kuplimalla niiden lävitse. Tällöin vesilukkojen kautta si-  
sätiloihin ja ilmanvaihtokanavien kautta ulkoilmaan pääsevä ammoniakkikaasu voi aiheuttaa vaaraa yllät-  
tävässäkin paikoissa.

Ulkona ilmaa kevyempi kaasu voi nousta useita metrejä päästökohtaa korkeammalle. Nousukorkeus  
riippuu mm. tuulen nopeudesta ja muista sääolosuhteista. Lisäksi päästökohta, esimerkiksi poistopuhal-  
timen säleikkö, on usein maanpinnan yläpuolella. Kaasuvana kuitenkin ulottuu maanpinnalle etäämpänä,  
jolloin se on jo laimentunut. Tämä pienentää tuulen alapuolella oleviin ihmisiin kohdistuvaa vaaraa. Hätä-  
tuuletus ei siten yleensä aiheuta vaaraa tuulen alapuolella oleville, mutta heitä on silti varoitettava ja ke-  
hotettava pysymään sisällä.

Ilmaa raskaampi kaasuvana painuu aluksi lähelle maanpintaa. Kaasun laimenemisen seurauksena tiheys-  
ero ympäröivään ilmaan nähden häviää kauempana, mutta vana ei kuitenkaan kohoa irti maanpinnasta.

Jos välittömästi tuulen yläpuolella vuotokohtaan nähden on suuri rakennus, kaasupäästö laimenee ra-  
kennuksen taakse muodostuvassa pyörrealueessa. Tämä pienentää vuodon vaaraetäisyyttä. Tuulen ala-  
puolella olevat suuret rakennukset muuttavat paikallisesti maanpintatuulen suuntaa, minkä seurauksena  
kaasuvana saattaa siirtyä jonkin matkaa sivutuuleen.

Jos laitoksen läheisyydessä on muita teollisuuslaitoksia, asutusta, kouluja, päiväkoteja, liikkeitä tai vas-  
taavia, on näille hyvä kertoa ammoniakkipäästön mahdollisuudesta, päästön tunnistamisesta sekä oikeista  
suojautumistoimenpiteistä mahdollisessa päästötilanteessa. Asetuksen vaarallisten kemikaalien käsittelyn  
ja varastoinnin valvonnasta (asetus 685/2015) liitteessä VI on esitetty yksityiskohtaisesti, mitä tietoja ylei-  
sölle annettavan tiedotteen tulee sisältää. Kunnan pelastusviranomaisen velvollisuutena on laatia ulkoinen  
pelastussuunnitelma, jossa arvioidaan päästöjen aiheuttama vaara laitosalueen ulkopuolella.

### 5.4.1 Ammoniakin leviäminen laitoksen ulkopuolelle

**Suuret ammoniakkivuodot**, useita kiloja sekunnissa, ovat kylmälaitoksilla hyvin epätodennäköisiä ja  
vaativat vuotoa nestemäisessä muodossa. Lisäksi tällainen vuoto tyhjentää järjestelmän varaajasäiliön  
todennäköisesti ennen pelastuslaitoksen paikalle tuloa. Iso nestemäinen vuoto jää lisäksi melko paikal-  
liseksi, koska nesteen höyrystämiseen vaaditaan iso ulkopuolinen lämmönlähde, jotta neste merkittä-  
vissä määrin kaasuuntuu. Tällainen päästö voi sääolosuhteista riippuen aiheuttaa ärsytysoireita vielä  
300–1 000 m etäisyydellä tuulen alapuolella.

Kaasumainen ammoniakkivuoto muodostaa ympäristölleen suuremman vaaran nopean leviämisen  
vuoksi. Varoventtiilien ulospuhallukset aiheuttavat kaasuvuotoja, jotka johtavat suoraan ulkoilmaan ja si-  
ten voivat aiheuttaa vaaraa laitoksen ulkopuolelle. Kun tarkastellaan leviämisalueita ja vuodon suuruut-  
ta, suositellaan tarkastelun lähtökohdaksi varoventtiilien purkauskapasiteettia, joka yleensä kylmälaitok-  
sen säiliöiden kohdalla on alle 1 kg/s. Laitoksille tyypillisten pienten putkien, venttiileiden, laippojen ti-  
visteiden ja akselitiivisteiden vuodot jäävät alle tämän ohjearvon. Mikäli ei ole erityisvaatimuksia, tehdään  
leviämistarkasteluja vain laitoksille, joiden täytös on yli 100 kg.

Kaasumaisen ammoniakin vuodossa sekä kylmän nesteen vuodossa, silloin kun neste ei joudu kosketuk-  
seen veden kanssa, riittää eristettäväksi alueeksi 100–300 m tuulen alapuolella täytösmäärästä riippuen.

Laitosalueen ympäristölle pahinta mahdollista vuotoa voidaan myös arvioida simuloimalla kompres-  
sorin kuumakaasuputken katkeamista. Tällöin kaasumaisen ammoniakin vuotomääräksi voi arvioida esi-  
merkiksi suurimman kompressorin tuottamaa ammoniakkimassavirtaa. Isommissa laitoksissa melko ylei-  
nen n. 1,5 MW:n jäähdytystehoinen kompressori tuottaa n. 1,5 kg/s ammoniakkikaasuvirran.

Vuotavan ammoniakkimäärän arvioimiseksi voidaan olettaa vuoto, jonka kesto 10 min.

## 6. ONNETTOMUUDET JA PELASTUSTOIMINTA

**Kaikilla työtekemispaikoilla** voi sattua onnettomuuksia tai tulipaloja, mutta räjähdyksiä vain harvoilla. Pelastustoimintaa on harjoiteltava säännöllisesti, ja kaikki työntekijät tulee perehdyttää oikeaan toimintaan onnettomuus-, tulipalo- ja räjähdystilanteessa. Tapahtuneet onnettomuudet tulee raportoida valvovalle viranomaiselle.

### Onnettomuuden, tulipalon tai räjähdysten sattuessa:

1. Evakuoivat ihmiset turvalliseen paikkaan.
2. Pelasta rakennukseen tai ulkoalueelle jääneet ihmiset.
3. Anna ensiapua tarvitseville.
4. Jos mahdollista, pysäytä ammoniakkilaitos hätä-seis-painikkeesta.
5. Hälytä pelastuslaitos ja kerro heille:
  - » Tuliko hälytys automaattisesta paloilmoittimesta vai hätäpuheluna?
  - » Mikä on vuotava aine ja vuodon suuruus?
  - » Onko ihmisiä evakuoitu vaara-alueelta ja ulkopuolisten pääsy estetty kohteeseen?
  - » Onko laitetilasta prosessi pysäytetty hätä-seis-painikkeesta?
  - » Saako pelastuslaitos opastusta kohteessa ja mahdollista opastusta kohteen sisätiloissa tarvittaessa?
  - » Mikä on yhteyshenkilöiden/asiantuntijoiden tavoitettavuus pelastustoiminnan johtajan käyttöön myös virka-ajan jälkeen?

### 6.1 PELASTUSTOIMINTA VUOTOTILANTEESSA

**Ensimmäinen toimenpide** on selvittää, ovatko kaikki rakennuksissa sisällä olleet tai kaasupäästön alkaessa ulkona olleet henkilöt poistuneet turvalliseen paikkaan. Jos ammoniakkia on päässyt sisätiloihin, kaikkien on poistuttava ulos turvalliseen paikkaan. Laitoksessa tulee olla jokin kokoontumispaikka, jonne kaikki siirtyvät. Sopiva kokoontumispaikka on esimerkiksi laitoksen portti tai pysäköintialue. Tarvittaessa kokoontumispaikkoja voidaan nimetä useampiakin ja niistä käytetään vallitsevan tuulensuunnan mukaisesti turvallisinta vaihtoehtoa. Kokoontumispaikalla esimiesten tehtävänä on varmistaa, että kaikki ovat turvassa. Kukaan ei saa poistua kokoontumispaikalta ilman lupaa.

Jos rakennukseen tai ulkoalueelle epäillään jääneen henkilöitä, heidät etsitään ja autetaan turvaan. Pelastajat suojautuvat hengityksensuojaimella. Pelastetuille annetaan tarvittaessa ensiapua.

Tarpeen mukaan tulee käyttää seuraavia ensiaputoimia:

- » Tekohengitys suusta suuhun tai palkeella, jos potilaan hengitys on pysähtynyt.
- » Painantaelvytys, jos potilaan sydän on pysähtynyt.
- » Silmien huuhtelu haalealla juoksevalla vedellä (silmänhuuhtelupullolla), jos potilas on saanut nesteammoniakin tai ammoniakin vesiliuoksen roiskeita silmiinsä.
- » Huuhtelu vesisuihkulla (hätäsuihkulla) ja ammoniakin likaaman vaatetuksen riisuminen. Nesteammoniakin vahingoittamaa ihoa huuhdellaan haalealla juoksevalla vedellä. Ammoniakin likaamat vaatteet jätetään ulos tai suljetaan säkkiin.
- » Potilaat viedään ensiapuasemalle lääkärintarkastusta varten.

Ensiaputoimia on tarkemmin esitelty kohdassa 4.8.

Kylmälaitoksen ammoniakkivuoto saadaan yleensä lakkaamaan sulkemalla ammoniakkilinjan oikeat venttiilit. Joissain tapauksissa nämä venttiilit sulkeutuvat laitoksen hätäpysäytyskytkimestä. Toisissa tapauksissa venttiilit on suljettava käsin kahvasta tai käsipyörästä.

Ammoniakkivuodossa suurin vaara aiheutuu ilmassa olevan kaasun ärsytyksestä, ja siltä suojaudutaan hengityksensuojaimella. Pienissä pitoisuuksissa riittää suodatinsuojain, mutta suurissa pitoisuuksissa (yli 10 000 ppm = 1 %) on käytettävä paineilmahengityslaitetta. Yli 1 %:n pitoisuudessa ammoniakki ärsyttää kosteaa ihoa ja voi aiheuttaa iholle syövytysvammoja. Tällaisessa pitoisuudessa onkin käytettävä kemikaalisuojapukua. Kosketus kylmään nesteeseen tai sen jäädyttämiin laitteisiin voi aiheuttaa paleltumavammoja.

Suuri ammoniakkivuoto pieneen tilaan, jossa on huono ilmanvaihto, saattaa nostaa ammoniakin pitoisuuden syttymisvälille (16–25 %). Esimerkiksi kompressorista vapautuva öljysumu voi muodostaa ammoniakin kanssa seoksen, joka räjähtää huomattavasti edellä esitettyä alemmaa syttymisrajaa pienemmissä ammoniakkipitoisuuksissa. Erään tutkimuksen mukaan öljysumun läsnä ollessa ammoniakin alempi syttymisraja saattaa olla jopa vain 4 %. Ammoniakin sytyttämiseen tarvitaan kuitenkin voimakas syttymislähde, esimerkiksi sähkölaitteen kipinä tai liekki: staattisen sähköenergia ei tähän riitä. Syttymislähteenä voi toimia esimerkiksi viallinen sähkölaite. Ammoniakkiräjähdykset ovat kuitenkin harvinaisia.

## 6.2 PALO JA RÄJÄHDYS

**Ammoniakkikylmälaitos aiheuttaa** ylimääräisen vaaratekijän, jos rakennuksessa syttyy tulipalo. Kylmää ammoniakkia sisältävät putket ja säiliöt on lämpöeristetty, lämmintä ammoniakkia sisältävät eivät ole eristettyjä. Ensimmäisenä ammoniakkia todennäköisesti pääsee ilmaan varoventtiileistä. Tulipalo synnyttää putkiin lämpöjännityksiä, jotka saattavat avata laippaliitoksia, aiheuttaen vuotoja. Suurin vaaratekijä on liekkien kuumentamien säiliöiden repeäminen. Nykyisissä kylmävarastoissa yleisimmin käytetyt eristeaineet, polyuretaani ja polystyreeni, ovat hyvin palavia aineita.

Tulipalossa syntyvät putkistovuodot eivät aiheuta kovin suurta vaaraa tehdasalueen ulkopuolella, koska ammoniakkia saattaa palaa liekeissä ja koska palamatta jäänyt ammoniakki sekoittuu savuun ja nousee sen mukana korkealle. Kylmälaitoksen säiliöiden repeäminen sen sijaan on vaaratekijä sammuttajille. Lisäksi revenneen säiliön sisältö muodostaa suuren kaasupilven, joka aiheuttaa vaaraa tehdasalueen ulkopuolella. Säiliöiden lämpöeristys viivästyttää yleensä repeämistä. Palotilanteessa säiliötä tulisi suojata repeämiseltä jäädyttämällä niitä.

Tulipalossa ammoniakkikylmälaitos tulisi pyrkiä pysäyttämään ensin hätäpysäytyskytkimestä.

### **Muut toimenpiteet riippuvat palotilanteesta.**

Paloalueelle johtavien putkien sulkuventtiilit kannattaa sulkea, jotta koko järjestelmä ei pääsisi tyhjennämään tulipalon synnyttämien vuotoaukkojen kautta.

Tulipalossa sammuttajat käyttävät paineilmahengityslaitetta, sammutuspukua, kumisaappaita ja suojakäsineitä. Kemikaalisuojapukua ei voi käyttää kuumassa ympäristössä. Tulipalossa ei yleensä synny tilanteita, joissa ammoniakin roiskevaara tai ihoärsytys edellyttäisivät kemikaalisuojapuvun käyttöä.

## 6.3 ALUEEN PUHDISTAMINEN JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

**Mikäli mahdollista**, sisätilojen tuuletus tulee aloittaa jo vuodon kestäessä. Vuodon loputtua tulee kaikki sisätilat tuulettaa, erityisesti kellarit, jonne kaasua on saattanut päästä ilmanvaihdon mukana. Pado-tussa lammikossa olevaa nestettä voidaan pumpata upp- tai letkupumpulla säiliöön. Jäljelle jäävän nesteen annetaan haihtua valvonnan alaisena. Lammikon peittäminen muovilla tai muulla peitteellä hidastaa haihtumista.

Ammoniakkipitoiset jätteet on luokiteltu valtioneuvoston asetuksessa jätteistä (179/2012) sen liitteenä olevassa jäteluettelossa vaaralliseksi jätteeksi, joten ne on toimitettava ongelmajätelaitokselle.

Luokittelusta voidaan kuitenkin poiketa jäte- ja tapauskohtaisesti, jolloin ilmoitus perusteluineen on

tehtävä Suomen ympäristökeskukselle. Tällöin voi olla mahdollista johtaa laimeat ammoniakkipitoiset jätevedet kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Ammoniakkipitoiset jätevedet on johdettava viemäriin hallitusti siten, että ammoniakkipitoisuus ei ole liian korkea, koska pH:n muutokset ja korkea ammoniakkipitoisuus voivat aiheuttaa suuria häiriöitä biologisen puhdistamon toimintaan.

Laimeita ammoniakkiuoksia voidaan joissakin tapauksissa käyttää typpilannoitteina. Ammoniakki on luokiteltu vesieliömyrkyllisyytensä vuoksi ympäristölle vaaralliseksi. Ammoniakkia sisältävää vettä ei saa päästää vesistöön.

## 6.4 ONNETTOMUUDEN RAPORTOINTI JA TUTKINTA

**Laki vaarallisten** kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005 98 §) antaa seuraavanlaiset vaatimukset onnettomuuksien raportoinnista:

*98 § Ilmoitusvelvollisuus kemikaali- ja räjähdeonnettomuudesta*

*Tuotantolaitoksessa sattuneesta vakavasta onnettomuudesta toiminnanharjoittajan on ilmoitettava viipymättä asianomaiselle valvontaviranomaiselle. Vastaavasti putkiston omistajan tai haltijan on ilmoitettava vaarallisen kemikaalin siirrossa tapahtuneesta vakavasta onnettomuudesta. Ilmoituksessa on kuvattava onnettomuustilanne ja annettava valvontaviranomaiselle sen valvontatoimenpiteiden kannalta tarpeelliset selvitykset.*

*Pelastusviranomaisen tulee ilmoittaa vaarallisten kemikaalien vähäistä teollista käsittelyä tai varastointia koskevasta onnettomuusilmoituksesta Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle.*

*Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin toiminnanharjoittajan tehtäväksi säädetyn ilmoituksen sisällöstä.*

Jos kyseessä on laajamittaista teollista käsittelyä tai varastointia harjoittavassa tuotantolaitoksessa sattuneesta onnettomuudesta, jossa seurauksena:

- » ammoniakkipäästö on vähintään 50 kg, tai
- » tapahtuu kuolema tai vakava loukkaantuminen, taikka
- » tapahtuu > 50 000 € omaisuus- tai ympäristövahinko

on toiminnanharjoittajan viipymättä ilmoitettava siitä Turvallisuus- ja kemikaalivirastoon.

Ilmoitusta varten Tukesilla on internetsivullaan lomakepohja onnettomuusilmoituksen tekoa varten. Samalta sivulta löytyy myös Tukesin tietoisuus kemikaalisäiliöonnettomuuksista. Lomakkeella esitetään Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle onnettomuutta koskeva selvitys, jossa:

- » kuvataan onnettomuustilanne ja olosuhteet onnettomuuden sattuessa;
- » annetaan tiedot onnettomuudessa osallisina olleista kemikaaleista ja mahdollisen päästön määrästä;
- » selvitetään onnettomuuden vaikutukset tai odotettavissa olevat vaikutukset ympäristöön ja omaisuuteen;
- » kuvataan pelastus- ja torjuntatoimenpiteet, joihin on ryhdytty onnettomuuden takia;
- » selvitetään, mihin toimenpiteisiin toiminnanharjoittaja aikoo ryhtyä onnettomuudesta aiheutuvien pitkäaikaisvaikutusten ehkäisemiseksi ja vastaavien onnettomuuksien toistumisen ehkäisemiseksi.

Vähäisessä teollisessa käsittelyssä tai varastoinnissa sattuneesta onnettomuudesta on vastaavasti ilmoitettava kunnan pelastuslaitokselle tai palopäällikölle ja kemikaalivalvontaviranomaiselle, joiden tulee edelleen ilmoittaa onnettomuudesta Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle.

Myös pienemmistä onnettomuuksista ja läheltä piti -tilanteista on hyvä ilmoittaa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle. Etenkin tapauksista, joilla saattaa olla yleistä mielenkiintoa, esimerkiksi tiettyjen laitteiden tyyppiviat tai tiettyjen rakennustekniikoiden aiheuttamat ongelmat tulisi ilmoittaa. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto voi näin arvioida havaintojen tärkeyden ja pohtia mahdollisesti tarvittavia jatkotoimia.

Vaikka onnettomuudesta tai vaaratilanteesta ei tarvitsisikaan ilmoittaa viranomaisille, on sen syyt selvitettävä laitoksen omassa onnettomuustutkinnassa. Selvitettäessä tapahtuman syitä ja seurauksia voidaan samalla kehittää parannuksia, joilla vastaavat tilanteet voidaan tulevaisuudessa estää. Parannukset voivat kohdistua esimerkiksi laitoksen tekniikan kehittämiseen, toimintatapoihin, henkilökunnan koulutukseen ja perehdyttämiseen sekä onnettomuustilanteessa toimimiseen. Pienistäkin vahingoista voidaan aina oppia ja siten parantaa turvallisuutta.



## 7. KYLMÄLAITOSTA KOSKEVAT LAIT JA MÄÄRÄYKSET

**Ammoniakkikylmälaitosten suunnittelua**, rakentamista, käyttöä ja kunnossapitoa koskee lukuisat säädökset, standardit ja viranomaismääräykset. Näiden noudattaminen edesauttaa ammoniakkilaitoksen turvallista toimintaa. Seuraavassa on lueteltu tärkeimmät ammoniakkia kylmäaineena käyttäviä laitoksia koskevat säädökset ja standardit.

### 7.1 LAIT JA ASETUKSET

**Tarkastakaa ajantasainen** lainsäädäntö osoitteesta [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi).

- » Työturvallisuuslaki (738/2002 muutoksineen)
- » Kemikaalilaki (599/2013 muutoksineen)
- » Valtioneuvoston asetus kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (685/2015 muutoksineen)
- » Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden turvallisesta käsittelystä (390/2005 muutoksineen)
- » Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012 muutoksineen)
- » Painelaitelaki (1144/2016 muutoksineen)
- » Valtioneuvoston asetus painelaitteista (1548/2016)
- » Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta (1549/2016)

### 7.2 STANDARDIT

**Standardit uudistuvat** ja niitä tulee jatkuvasti lisää. Voimassa olevat standardit voi tarkastaa esimerkiksi osoitteesta [sfs.fi](http://sfs.fi).

**Kylmälaitoksia ja lämpöpumppuja koskeva standardisarja SFS-EN 378 sisältää neljä osaa:**

- » SFS-EN 378-1:2016 + A1:2020 Perusvaatimukset, määritelmät, luokittelu ja valintakriteerit
- » SFS-EN 378-2:2016 Suunnittelu, rakenne, testaus, merkintä ja dokumentointi
- » SFS-EN 378-3:2016 + A1:2020 Asennuspaikka ja henkilökohtainen suojaus
- » SFS-EN 378-4:2016 + A1:2019 Käyttö, huolto, korjaus ja talteenotto

**Säiliöt ja putkistot:**

- » SFS-EN 14276-1:2020 Kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet. Osa 1: Säiliöt. Yleiset vaatimukset
- » SFS-EN 14276-2:2020 Kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet. Osa 2: Putkistot. Yleiset vaatimukset

**Varoventtiilit:**

- » EN 13136:2013 + A1:2018 Refrigerating systems and heat pumps - Pressure relief devices and their associated piping - Methods for calculation.  
Tämä standardi tullaan korvaamaan uudella standardilla EN ISO 24664 (julkaistaneen v. 2022 aikana)

**Räjähdyksivaaralliset tilat:**

- » SFS-käsikirja 59, Räjähdyksivaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut  
Käsikirja määrittelee räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokituksen sekä sallittujen sähkölaitteiden vaatimukset.



- » Räjähdyksvaarallisia tiloja ja niihin sijoitettavia laitteita koskevia vaatimuksia käsitellään standardisarjassa SFS-EN 60079.
- » Räjähdyksen estoa ja suojausta käsitellään standardissa SFS-EN 1127-1:2019.

#### **Laitteistoihin liittyvien riskien arviointi:**

- » SFS-EN ISO 12100:2010 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen
- » SFS-ISO/TR 14121-2:2012 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä

#### **Muita standardeja:**

- » Painesäiliöt. Sijoitus, varustelu ja käyttö. SFS 3333:2012.
- » Putkistojen merkintä virtaavien aineiden tunnuksin. Tunnusvärit ja kilvet. SFS 3701:1995

## **7.3 KIRJALLISUUTTA JA OHJEITA**

- » TOKEVA-ohjeet. Torjuntaohjeet kemikaalien vaaratilanteille. [www.tokeva.fi](http://www.tokeva.fi)
- » OVA-ohjeet. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet. Turvallisuusohjeet. Ammoniakki. [www.ttl.fi/ova/ammoniakki](http://www.ttl.fi/ova/ammoniakki)
- » Tukes-opas: Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta, 2019
- » Tukes-opas: Tuotantolaitosten sijoittaminen, 2015
- » Tukes-ohje: Sisäinen pelastussuunnitelma (Tukes-ohje 8/2015).
- » Työterveyslaitoksen nettisivut: [www.ttl.fi/ova](http://www.ttl.fi/ova)
- » EU Kemikaaliviraston, ECHA:n, sivut: [echa.europa.eu/fi](http://echa.europa.eu/fi)
- » Kylmätekniikka. Aittomäki Antero. Helsinki, 4. painos, Suomen Kylmäyhdistys ry., 2012.

## **7.4 AIHEPIIRIN INTERNET-OSOITTEITA**

- » International Institute of Ammonia Refrigeration (IIAR): [www.iiar.org](http://www.iiar.org)
- » International Institute of Refrigeration (IIR): [www.iifir.org](http://www.iifir.org)
- » Suomen Standardoimisliitto SFS: [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)
- » Turvavallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes): [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi)
- » Tukesin ylläpitämä Kemidigi-sivusto: [www.kemidigi.fi](http://www.kemidigi.fi)
- » Suomen Kylmäyhdistys ry: [www.kylmayhdistys.fi](http://www.kylmayhdistys.fi)
- » Suomen Kylmäliikkeiden liitto ry: [www.skll.fi](http://www.skll.fi)

# LIITE 1. TURVALLISUUS KYLMÄLAITOKSEN KUNNOSSAPITOTÖISSÄ

## 1. KUNNOSSAPITOTYÖT

**Kylmälaitoksen kunnossapitotyöt** voivat olla monenlaisia: korjauksia, asennuksia, osien vaihtoa, öljynvaihtoa, ammoniakkin lisäystä ja tarkastuksia. Töitä teetetään usein myös ulkopuolisilla. Kunnossapitotyöt eivät ole päivittäin toistuvia, mikä korostaa selkeiden toimintaohjeiden ja koulutuksen merkitystä.

## 2. TIEDOTUS, OPASTUS JA KOULUTUS

**Turvallisuuden varmistamisessa** tiedotuksella, opastuksella ja koulutuksella on keskeinen merkitys. Kehittyneistä turvajärjestelmistä ja ohjeistuksesta ei ole mitään hyötyä, ellei henkilöstö ole niistä perillä. On myös varmistettava ja valvottava, että ohjeita ja turvallisia toimintatapoja noudatetaan.

Koulutus koskee sekä kylmälaitoksen parissa työskenteleviä että heidän esimiehiään. Myös muita alueella työskenteleviä on syytä kouluttaa etenkin hätätilanteiden varalta. Erityisesti on korostettava, ettei pelastustoimiin pidä ryhtyä puutteellisesti varustautuneena. Pelastustoimia tulisi aika ajoin harjoitella. Tällöin tulisi kiinnittää huomiota myös eri ryhmien (käyttö, kunnossapito ym.) välisen yhteistyön sujumiseen.

Yrityksessä työskentelevien alihankkijoiden ja muiden ulkopuolisten henkilöiden tiedotus- ja koulutustarpeet on otettava erikseen huomioon. Joskus myös oman yhtiön sisällä toiselta osastolta tai toisesta yksiköstä tulevat henkilöt saattavat tarvita samanlaisen koulutuksen kuin täysin ulkopuoliset. Ulkopuoliset eivät voi tuntea paikallisia oloja ja käytäntöjä yhtä hyvin kuin oma henkilöstö, ja tämä lisää heidän riskiään joutua onnettomuuksiin.

## 3. VAAROJA

**Kylmälaitoksen kunnossapito** töihin liittyviä keskeisimpiä vaaroja ovat:

- » vahinkopäästö (ammoniakkia pääsee järjestelmästä ilmaan, maahan tai lattialle ja edelleen viemäriin)
- » myrkytysvaara
- » paleltumat kylmästä ammoniakista
- » vahinkokäynnistyminen
- » sähkölaitteiden vaarat.

## 4. TYÖLUPA JA OHJEET

**Vakavat tapaturmat** aiheutuvat usein puutteellisista varmistuksista ja valmistelusta. Tällaisten tapaturmien vähentäminen vaatii työlupamenettelyn käyttöä ja tinkimätöntä noudattamista. Työlupa voi olla muodoltaan yleinen, jolloin se käy soveltuvin osin kaikkiin kylmälaitoksen kunnossapitotöihin. Ongelmallisesta tai muuten poikkeavasta kohteesta voidaan laatia yksityiskohtainen vain kyseistä kohdetta koskeva työlupa. Työlupakäytäntöä tulee täydentää eri tilanteita varten laadituilla yksityiskohtaisilla toiminta- tai työohjeilla. Ohjeita tulee tarkistaa ja täydentää työssä saatujen kokemusten, sattuneiden vaaratilanteiden tai muuttuneiden olosuhteiden perusteella. Ohjeet voivat sisältää myös yksityiskohtaisia turvallisuusohjeita, esimerkiksi sokeointisuunnitelmia putkistokaavioineen.

Jos laitoksella on vain vähän henkilökuntaa, työlupamenettely voi olla epäkäytännöllinen järjestelmä. Käytännössä saattaa olla niin, että luvan antamiseen pätevä henkilö myös tekee luvassa tarkoitetut työt. Tällöin on viisainta laatia vain selkeä työvaiheittain etenevä tarkistuslista, jonka mukaan työn tekijät varmistavat turvallisuuden työn kaikissa vaiheissa.

Kirjallisten toiminta- ja turvallisuusohjeiden tarpeellisuus korostuu, kun töihin käytetään ulkopuolisia

urakoitsijoita, tai kun oman henkilökunnan vaihtuessa uusia henkilöitä koulutetaan tehtäviin. Ohjeiden ja tarkistuslistojen laatiminen voidaan aloittaa kirjaamalla vallitseva käytäntö paperille ja muokkaamalla näin saatu tieto ohjeen tai tarkistuslistan muotoon. Ohjeiden laadinta ja rakenne on syytä liittää osaksi mahdollista laatujärjestelmää. Tarvittaessa työstä voidaan laatia riskien arviointi ennen ohjeen laatimista.

Työlupamenettelyn ja tarkistuslistojen tavoitteena on varmistaa, että kylmälaitokselle ja siihen liittyville järjestelmille tehdään tietyt turvallistamistoimenpiteet ennen työn aloitusta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lupalomakkeessa tai tarkistuslistoissa luetellaan tarvittavat toimenpiteet ja ne kuitataan suoritetuiksi.

Työluvalla ja tarkistuslistoilla voidaan valvoa sekä valmistelevien työtä edeltävien että työaikaisten toimenpiteiden toteutumista ja noudattamista. Seuraavassa näitä eri toimenpiteitä on tarkasteltu yksityiskohtaisemmin.

## 5. TYHJENNYS JA PAINEETTOMUUS

**Järjestelmä tai** sen osa on tyhjennettävä mahdollisimman hyvin ennen avaamista. Tyhjennyksessä voidaan käyttää hyväksi järjestelmän oman kompressorin imua. Huolellisesti tehdyllä tyhjennyksellä vähennetään työskentelytilan tuuletustarvetta ja parannetaan työhygieenisiä olosuhteita varsinaisen kunnossapitotyön aikana.

Putkistoissa tulee olla riittävästi yhteitä, joiden kautta järjestelmän osat voidaan tyhjentää hallitusti. Kaasumaista ammoniakkia sisältävien kohteiden lopputyhjennyksessä voidaan käyttää apuna pientä kompressoria, jolla tyhjennettävä osa imetään tyhjäksi ammoniakista. Kompressorin painepuolelta ammoniakkikaasu johdetaan esimerkiksi vesiastian tai ulos turvalliseen paikkaan. Tämän jälkeen tyhjennettävään osaan päästetään ilmaa, joka imetään myös pois. Tällä tavalla huuhtelemalla järjestelmä saadaan tyhjäksi ammoniakkikaasusta. Kun huollettava järjestelmä tai sen osa on tyhjennetty, tulee vielä varmistaa sen paineettomuus ennen töiden aloittamista.

Laskettaessa järjestelmään kertynyttä öljyä pois vaarana on nestemäisen ammoniakkin roiskeet. Jos keräysastia on välittömästi tyhjennysventtiilin alla, äkilliset ammoniakkiroiskeet voivat yllättää tyhjennystä tekevän työntekijän ja tehdä hänestä toimintakyvyttömän. Tällaisessa tilanteessa tyhjennysventtiili voi jäädä auki ja tilaan vuotaa runsaasti ammoniakkia. Työvaihe on turvallisempi, jos öljy johdetaan letkua tai kiinteää putkistoa pitkin kauempana tyhjennysventtiilistä olevaan keräysastiaan. Tällöin äkillinen päästö tapahtuu kauempana ja työntekijä pystyy sulkemaan venttiilin turvallisesti. Kaikista varotoimista huolimatta tyhjennyksessä on aina varauduttava ammoniakkipäästöihin käyttämällä hengityksensuojaimena kokonaamaria. Jos ilman ammoniakkipitoisuus nousee korkeaksi, suodatinnaamarin teho ei kuitenkaan riitä vaan on käytettävä paineilmahengityslaitetta. Työturvallisuutta voidaan lisätä johtamalla öljy kannelliseen astiaan, josta on tuuletusputki ulos turvalliseen paikkaan.

## 6. KOHTEEN EROTTAMINEN PUTKISTOISTA

**Jos putkistoa** joudutaan avaamaan esimerkiksi venttiilin vaihdon, kompressorihuollon tai muun syyn takia, ja työ kestää pitkään, on ammoniakkin pääsy työskentelykohteeseen estettävä erottamalla avattu kohde luotettavasti putkistoista. Sopivia menetelmiä ovat mm. sokeointi tai kahden peräkkäisen venttiilin sulkeminen ja niiden välin pitäminen paineettomana avoimen tyhjennysyhteen avulla. Suljetut venttiilit on lukittava kiinniasentoon tai varustettava kyltillä ”Ei saa avata, miehiä työssä”. Yhden venttiilin sulkemista ei pidetä riittävän luotettavana erotusmenetelmänä. Erottamista varten tulee laatia yksityiskohtaiset ohjeet, joihin sisältyy sokeointisuunnitelma putkistokaavioineen ja tiedot sokeoitavista kohteista. Kun huollettava järjestelmä tai sen osa on tyhjennetty ammoniakista, tulee vielä varmistaa sen paineettomuus ennen töiden aloittamista. Ohjeissa voi olla tarkistuslistat sen varmistamiseksi, että kaikki vaaditut erottamisen vaiheet on toteutettu ennen töiden aloittamista.

Laippaliitosta avattaessa tulee ensin löysätä avaajasta katsoen putken takana olevat ruuvit, jolloin putkistossa mahdollisesti oleva ammoniakki vuotaa avaajasta poispäin.

Töiden suorittamisen jälkeen on järjestelmä tai töiden alainen osa palautettava takaisin toiminnan

edellyttämään tilaan. Tämä voi vaatia, että on poistettava sokeointi, palautettava venttiilit alkuperäiseen tilaan, poistettava mahdolliset lukitukset ja varoituskyltit. Ohjeissa voi olla tarkistuslistat sen varmistamiseksi, että kaikki vaaditut erottamisesta aiheutuneet muutokset on palautettu toiminnan edellyttämään tilaan ennen laitoksen käynnistämistä.

## 7. SÄHKÖLAITTEIDEN EROTTAMINEN

**Kunnossapitotyöt kohdistuvat** usein myös sähköisiin laitteisiin. Tyypillisiä vaaraa aiheuttavia sähkölaitteita ovat esimerkiksi pumput ja kompressorit moottoreineen. Sähkölaitteiden vahinkokäynnistymisen estetään parhaiten sulakkeiden poistolla tai turvakytkimen lukitsemisella ja kyltillä: "Ei saa kytkeä, miehiä työssä". Erottamista varten tulee laatia yksityiskohtaiset ohjeet, joissa on esitetty kaikki erotettavat ja suljettavat laitteet sekä oikea erottamis- tai sulkemistapa.

## 8. VÄLINEIDEN VARAAMINEN

**Avattaessa ammoniakista** tyhjennettyä järjestelmää on aina kuitenkin varauduttava ammoniakkipäästöön. Tarvittavat suojaimet, kuten hengityssuojaimet ja silmien/kasvonsuojaimet tulee varata valmiiksi. Parhaan suojan antaa kokonaamari. On muistettava, että suodatinnaamarin teho ei riitä korkeissa ammoniakkipitoisuuksissa. Jos ilmanvaihdolla ei voida varmistaa hengitysilman laatua, on käytettävä paineilma-hengityslaitteita.

## 9. TUULETUS

**Tuuletuksella pyritään** saamaan sellaiset olosuhteet, että hengityksen suojaimia ei tarvita. Jos tätä ei pystytä toteuttamaan, on käytettävä tarkoituksenmukaisia suojaimia. Tuuletuksessa on huomioitava, että ammoniakia ei leviä tarpeettomasti muihin tiloihin. Vaara-alue on tarvittaessa rajattava ja merkittävä kyltein, esimerkiksi: "Alueella voi esiintyä ammoniakia, liikkuminen sallittu vain hengityksensuojaimella varustautuneena".

## 10. AMMONIAKIN LISÄYS

**Järjestelmään joudutaan** aika ajoin lisäämään ammoniakia. Yleensä se tehdään käyttämällä hyväksi ammoniakkipullon tai kontin ja järjestelmän välistä paine-eroa. Käytännössä ulkoilman tai konehuoneen lämpötilassa olevan pullon/kontin paine on korkeampi kuin järjestelmän kylmimpien piirien paine. Nestettä ei saa lisätä kuitenkaan kompressorin imulinjaan, koska tällöin on vaarana nesteen pääsy kompressoriin ja laitevaurio. Ammoniakin lisäys onnistuu parhaiten pumppaussäiliöön tai nestepumpun imupuolelle. Lisäyksen ajaksi ammoniakkipullo tai -kontti on sijoitettava sellaiseen paikkaan, että se ei voi kaatua eikä siihen voi törmätä esimerkiksi ohi ajavalla autolla. Mahdollisten vuotojen varalta on turvallisinta pitää astia ulkona. Talvella voi olla kuitenkin tarpeen tuoda täyttöastia sisälle lämpimään riittävän paine-eron saavuttamiseksi. Tarvittaessa täyttöpaikka erotetaan lippusiimalla tai varoituskylteillä. Kun täyttöletku on kiinnitetty, se paineistetaan avaamalla täyttöastian nesteventtiiliä hieman. Kaikkien liitosten tiiviys tarkastetaan esimerkiksi saippualliuoksen avulla. Kun liitosten tiiviys on todettu, voidaan ammoniakin lisäys aloittaa avaamalla järjestelmän täyttöyhteen venttiili.

Alussa täyttöastian venttiiliä on syytä avata vain vähän, koska astian ja säiliön paine-ero voi olla suuri ja virtaus rajua. Täyttöastian sulkuventtiilin avain/kahva on pidettävä paikallaan täytön ajan. Tämä nopeuttaa venttiilin sulkemista mahdollisissa vuototilanteissa. Jos täyttö joudutaan jostain syystä keskeyttämään, on ammoniakkipullon tai -kontin venttiilit aina suljettava ensin, ja annettava järjestelmän alipaineen imeä letku tyhjäksi. Vasta tämän jälkeen suljetaan myös kylmälaitoksen täyttöyhde. Jos täyttö keskeytyy pitemmäksi ajaksi, täyttöletku irrotetaan kokonaan ja astia siirretään turvalliseen paikkaan.

## 11. ERITYISIÄ TOIMENPITEITÄ

**Olosuhteista riippuen** työskentelyyn saattaa liittyä jotain erityisiä vaaroja tai tilanteita. Näistä tulee antaa tapauskohtaisesti ohjeet. Jos on pelättävissä esimerkiksi nestemäisen ammoniakin vuoto lattialle ja edelleen viemäriin, voidaan lattiakaivot sulkea ennakkoon mahdollisen vuodon leviämisen estämiseksi.

Työluvassa tai tarkistuslistassa voidaan määritellä myös työn päättymiseen liittyviä toimenpiteitä, kuten työpaikan puhdistus, käyttövalmiustilaan saattamiseksi tarvittavat toiminnot ja tarkastukset sekä ilmoitusmenettely työn valmistuessa.

# LIITE 2. HYVIÄ KÄYTÄNTÖJÄ AMMONIAKKIKYLMÄLAITOKSEN TURVALLISUUDEN VARMISTAMISEKSI

**Seuraavassa on** lueteltu hyviä käytäntöjä, joiden avulla voidaan arvioida ammoniakkilaitteistojen turvallisuutta ja vähentää onnettomuusvaaroja. Useimmat tekijät tulee huomioida jo kylmälaitoksen suunnitteluvaiheessa, koska muutosten toteuttaminen jälkikäteen voi olla vaikeaa tai mahdotonta. Monien luettelossa mainittujen tekijöiden on oltava kunnossa jo lakisääteisesti (esimerkiksi kemikaaliturvallisuuslaki ja työturvallisuuslaki), mutta luettelon avulla on helppo tarkastaa tärkeimmät turvalliseen toimintaan liittyvät puutteet.

## 1. SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

### 1.1 Tilat

- » Onko kompressorit ja kylmälaitteet sijoitettu riittävän suureen tilaan, jossa on hyvä ilmanvaihto ja josta on hyvät poistumistiet?
- » Ovatko tilat niin väljät, että liikkuminen ja työskentely on mahdollista myös kemikaalisuojapukuun ja paineilmalaitteisiin pukeutuneena?
- » Onko kompressorihuoneen sähkölaitteet valittu ja sijoitettu siten, että ne eivät toimi syttymislähteenä mahdollisessa vuototilanteessa?
- » Onko konehuone rakennettu omaksi palotekniseksi osastoksi (minimi A60)?

### 1.2 Ammoniakkilaitteisto

- » Onko kaikki ammoniakkiputkistot ja -venttiilit merkitty virtaavan aineen tunnuksella ja suunnalla?
- » Onko kaikki ammoniakki-venttiilit mitoitettu ja venttiilityypit valittu oikein?
- » Ovatko venttiilit riittävän hitaasti avautuvia/sulkeutuvia (nesteiskujen minimointi)?
- » Ovatko putkiston kaadot sellaiset, ettei linjoihin kerry nestettä?
- » Onko kaikki ammoniakkiputkistojen saumat/hitsaukset tarkistettu ennen eristeen asennusta?
- » Onko putkilinjojen ja komponenttien kannakkeet ja tuennat rakennettu siten, että putki ei pääse taipumaan eikä putkissa ja komponenteissa esiinny haitallisia värinöitä?
- » Ovatko kannakkeet eristeen päällä?
- » Onko kannatuksissa otettu huomioon lämpölaajeneminen?
- » Onko laitteiden sijoittelu ja putkireitit valittu siten, että kolhujen ja törmäysten vaara on mahdollisimman pieni?
- » Onko putkien eristys kunnollinen myös läpivientien kohdalla kosteuden tiivistymisen ja korroosion ehkäisemiseksi?
- » Onko läpivienneissä palo-osastointien paloluokkien mukaiset palokatkot?
- » Onko helposti rikkoutuvat komponentit, kuten esim. näkölasit, suojattu mekaanisilta iskuilta?
- » Onko putket ja laitteet suojattu mekaanisesti ulkoisilta iskuilta (esim. trukin törmäys)?

### 1.3 Turvallisuus ja varojärjestelyt

- » Onko kaasuilmaisimia riittävästi ja onko ne sijoitettu tarkoituksenmukaisesti?
- » Onko kaasu- tai palohälytys havaittavissa myös kylmätiloissa, esimerkiksi pakastevarastoissa?
- » Onko kompressorien ja pumppujen hätäpysäyttimet sijoitettu myös konehuoneen ulkopuolelle?



- » Onko konehuoneen ilmanvaihto (hätätuuletus) käynnistettävissä huoneen oven ulkopuolelta?
- » Onko ammoniakivarastot, kylmähuoneet ja konehuoneet varustettu ovilla, jotka on helppo avata sisältäpäin?
- » Onko varoventtiilien ulospuhallukset johdettu turvalliseen paikkaan?
- » Onko ammoniakkin purkautuminen konehuoneesta tai varoventtiin purkupuutken päästä toteutettu siten, että ammoniakki ei voi johtua raitisilman sisäänottoon ja takaisin sisätiloihin?
- » Onko varauduttu työskentelytilojen ilmanvaihdon pysäyttämiseen vuototilanteessa?
- » Riittääkö konehuoneen tuuletus estämään syttyvän seoksen muodostumisen?
- » Onko tilojen lämmityksestä huolehdittu niin, että esimerkiksi kompressorien jäähdytysvesi ei jäädy kompressorien ollessa pysähdyksissä tai ettei kaasumainen ammoniakki nesteydy väärässä paikassa?
- » Onko ilmakompressorin ilmanotto sijoitettu turvalliseen paikkaan ammoniakivuotoa ajatellen?
- » Onko öljynvaihtojärjestelmä suljettu systeemi, jolloin ammoniakkia ei voi vapautua ulos?
- » Onko öljyn tyhjennysventtiin ja öljyn keruuastian välillä näköyhteys?
- » Onko kiinteistöllä näkyvissä tuulipussia ulkoilmaan mahdollisesti purkautuvan vuodon liikkumissuunnan arvioimiseksi?

## 2. KÄYTTÖ, KUNNOSSAPITO JA KOULUTUS

### 2.1 Koulutus

- » Tunteeko henkilökunta tarvittavat kylmälaitteisiin ja ammoniakkiin liittyvät ohjeet ja standardit?
- » Onko käyttö- ja huoltohenkilöstön ammattitaito riittävä erityisesti riskialttiiden työvaiheiden kannalta (öljynpoisto, putkiston sulatus jne.)?
- » Onko tärkeimmistä tehtävistä laadittu selkeät työohjeet?
- » Onko työntekijät koulutettu ammoniakkin turvalliseen käyttöön ja käsittelyyn?

### 2.2 Kunnossapito

- » Onko kylmälaitokselle huolto- ja kunnossapitosuunnitelma /ohjelma?
- » Onko kylmälaitteille ja lämpöpumpuille säännöllinen kunnonseuranta?
- » Valvotaanko eristeiden kuntoa esimerkiksi lämpökamerakuvauksilla?
- » Pidetäänkö huolto- ja korjaustöistä sekä käyntiajasta kirjaa?
- » Tarkistetaanko, että ammoniakkiputkistot on tyhjennetty, tehty paineettomiksi ja tuuletettu ennen huolto- ja korjaustöihin ryhtymistä?
- » Pidetäänkö konehuoneen siisteydestä huolta?
- » Kylmälaitteisiin kytkettyjen laitteiden kunnossapito (esim. jos laitteista voi irrota osia tai kappaleita, jotka voivat vaurioittaa kylmälaitetta)?

### 2.3 Käyttö

- » Onko laitteiston ammoniakkimäärä pienin mahdollinen?
- » Onko järjestelmä valvonnassa vuorokauden ympäri?
- » Onko laitoksen käytön ja toiminnan tunteva henkilö aina tavoitettavissa?

### 3. VARAUTUMINEN ONNETTOMUUSTILANTEISIIN

#### 3.1 Turvavarusteet

- » Onko laitokseen hankittu henkilönsuojaimet ammoniakkivuodon varalle?
- » Säilytetäänkö henkilönsuojaimia sellaisissa paikoissa, että ne ovat turvallisesti saatavilla myös vuototilanteiden aikana?
- » Onko henkilönsuojainten huollosta vastaava henkilö nimetty?
- » Tarkastetaanko hälytyslaitteet säännöllisesti?
- » Onko hätäsuihkuja ja silmäsuihkuja/silmän huuhtelupulloja asennettu riittävästi?
- » Testataanko hätäsuihkujen ja silmäsuihkujen toimintaa säännöllisesti?
- » Tarkastetaanko silmän huuhtelupullojen viimeinen käyttöpäivä säännöllisesti?

#### 3.2 Toiminta onnettomuustilanteessa

- » Onko toiminta mahdollisessa onnettomuustilanteessa suunniteltu yhdessä paikallisen pelastuslaitoksen ja mahdollisesti myös sairaalan/terveyskeskuksen kanssa?
  - » Onko pelastuslaitoksella toimitettu yhteyshenkilöiden / asiantuntijoiden yhteystiedot pelastustoiminnan johtajan käyttöön myös virka-ajan jälkeen?
  - » Onko tehtaalla hälytysjärjestelmä ja evakuointisuunnitelma ammoniakkivuotojen ja tulipalotilanteiden varalle?
  - » Pidetäänkö vuodontorjunta- ja evakuointiharjoituksia säännöllisesti?
  - » Harjoitellaanko henkilönsuojainten käyttöä säännöllisesti?
  - » Tutkitaanko ja raportoidaanko kaikki onnettomuus- ja vaaratilanteet?
- » Onko ohjeistettu, mitä pelastuslaitokselle tulee tiedottaa onnettomuuden sattuessa?  
Näitä ovat vähintään:
- »» Tuliko hälytys automaattisesta paloilmittimesta vai hätäpuheluna?
  - »» Mikä on vuotava aine ja vuodon suuruus?
  - »» Onko ihmisiä evakuoitu vaara-alueelta ja ulkopuolisten pääsy estetty kohteeseen?
  - »» Onko prosessi pysäytetty laitetilasta hätä-seis-painikkeesta?
  - »» Kuka opastaa kohteessa ja mahdollisesti opastaa kohteen sisätiloissa tarvittaessa?

## LIITE 3. AMMONIAKIN OMINAISUUKSIA JA MERKINTÖJÄ

**Tässä liitteessä** on esitetty muita ammoniakkiin liittyviä ominaisuuksia ja merkintöjä, joita ei ole aiemmin oppaassa esitetty. Nämä ovat esitetty vain informatiivisessa tarkoituksessa eivätkä ole laillisesti sitovia. Voimassa olevat ammoniakkin ominaisuudet ja merkinnät tulee tarkastaa virallisista lähteistä.

### AMMONIAKIN TUNNISTETIETOJA

	Vedetön ammoniakki	Ammoniakkin vesiliuos
CAS-numero	7664-41-7	1336-21-6
Indeksinumero	007-001-00-5	007-001-01-2
EY-numero (EINECS-numero)	231-635-3	215-647-6
YK-numero	1005 (AMMONIAKKI, VEDETÖN)	3318 (AMMONIAKKILIUOS, vedessä, suhteellinen tiheys 15 °C:ssa alle 0,880 kg/l, yli 50 % ammoniakkaa sisältävä) 2073 (AMMONIAKKILIUOS, vedessä, suhteellinen tiheys alle 0,880 kg/l 15 °C:ssa, yli 35 % mutta enintään 50 % ammoniakkaa sisältävä) 2672 (AMMONIAKKILIUOS, vedessä, suhteellinen tiheys välillä 0,880–0,957 15 °C:ssa, yli 10 % mutta enintään 35 % ammoniakkaa sisältävä)
Molekyylikaava	NH <sub>3</sub>	



## AMMONIAKIN FYSIKAALISIA JA KEMIAALLISIA OMINAISUUKSIA

<b>Moolimassa</b>	17,0 g/mol
<b>Tiheys</b>	0,68 (-33 °C:ssa) 0,77 (0 °C:ssa) 0,98 (4-prosenttinen vesiliuos) 20 °C:ssa 0,94 (16-prosenttinen vesiliuos) 20 °C:ssa 0,91 (24-prosenttinen vesiliuos) 20 °C:ssa
<b>Sulamispiste</b>	-78 °C -2,9 °C (4-prosenttinen vesiliuos) -23,1 °C (16-prosenttinen vesiliuos) -44,5 °C (24-prosenttinen vesiliuos)
<b>Kiehumispiste</b>	-33 °C
<b>Höyrynpaine 20 °C:ssa</b>	882 kPa (6 600 mmHg) 44 kPa (330 mmHg) 25-prosenttinen vesiliuos
<b>Höyryn tiheys</b>	0,6 (ilma = 1)
<b>Liukoisuus</b>	liukenee erittäin hyvin veteen (898 g/l 0 °C:ssa, 529 g/l 25 °C:ssa), liukenee etanoliin, eetteriin, muihin orgaanisiin liuottimiin ja mineraalihappoihin
<b>pH</b>	11,6 (1 N vesiliuos) 10,6 (0,01 N vesiliuos)
<b>Muuntokertoimet (höyry) 20 °C:ssa</b>	1 ppm = 0,71 mg/m <sup>3</sup> 1 mg/m <sup>3</sup> = 1,41 ppm
<b>Hajukynnys</b>	5–50 ppm (3,6 - 36 mg/m <sup>3</sup> ); haju ei ole hyvä varoitusmerkki
<b>Leimahduspiste</b>	Ei kokeellisesti määritetty. Ammoniakkihöyry voi palaa, mutta ei syty helposti.
<b>Syttymisrajat</b>	16–25 %
<b>Itsesyttymislämpötila</b>	noin 650 °C





## AMMONIAKIN KULJETUSLUOKITUS JA -MERKINNÄT

Kuljetusluokitus ja -merkinnät määräytyvät kansainvälisten ja kansallisten kuljetusmääräysten mukaan.

### Vedetön ammoniakki

<b>YK-numero:</b>	1005 (AMMONIAKKI, VEDETÖN)	 
<b>Kuljetusluokka:</b>	maantiekuljetus 2 merikuljetus 2.3	
<b>Varoituslipukkeet:</b>	2.3 (myrkyllinen kaasu) 8 (syövyttävä aine)	
<b>Vaaran tunnusnumero:</b>	268 (myrkyllinen kaasu, syövyttävä)	

### Ammoniakin vesiliuos

<b>YK-numero:</b>	3318 (AMMONIAKKILIUOS, vedessä, suhteellinen tiheys 15 °C:ssa alle 0,880 kg/l, yli 50 % ammoniakkaa sisältävä)	3318	2073	2672
	2073 (AMMONIAKKILIUOS, vedessä, suhteellinen tiheys alle 0,880 kg/l 15 °C:ssa, yli 35 % mutta enintään 50 % ammoniakkaa sisältävä)	 		
	2672 (AMMONIAKKILIUOS, vedessä, suhteellinen tiheys välillä 0,880-0,957 15 °C:ssa, yli 10 % mutta enintään 35 % ammoniakkaa sisältävä)			
<b>Kuljetusluokka:</b>	maantiekuljetus	2 8	(3318, 2073)	(2672)
	merikuljetus	2.3 2.2 8	(3318) (2073)	(2672)
<b>Pakkausryhmä:</b>	III (2672)			
<b>Varoituslipukkeet:</b>	2.3 (jäähdytetty nesteytetty kaasu) (3318) 8 (syövyttävä aine) (3318)			
	2.2 (nesteytetty kaasu) (2073)			
	8 (syövyttävä aine) (2672)			
<b>Vaaran tunnusnumero:</b>	268 (myrkyllinen kaasu, syövyttävä) (3318)			
	20 (tukahduttava kaasu tai kaasu, jolla ei ole lisävaaraa) (2073)			
	80 (syövyttävä tai lievästi syövyttävä aine) (2672)			

Ammoniakkiliuos, jonka ammoniakkipitoisuus on alle 10 %, ei ole vaarallisten aineiden kuljetusmääräysten alasta.

## TYÖHYGIEENISET RAJA-ARVOT

**HTP** (työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus, v. 2016)

- » 14 mg/m<sup>3</sup> (20 ppm)/ 8h
- » 36 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm)/15 min

### Akuutin altistumisen raja-arvot

<b>AEGL-arvot</b> (Acute exposure guideline levels, USA)	<b>AEGL 1</b>	30 ppm (21 mg/m <sup>3</sup> ) /10 min 30 ppm (21 mg/m <sup>3</sup> ) /30 min
	<b>AEGL 2</b>	220 ppm (160 mg/m <sup>3</sup> ) /10 min 220 ppm (160 mg/m <sup>3</sup> ) /30 min
	<b>AEGL 3</b>	2700 ppm (1900 mg/m <sup>3</sup> ) /10 min 1600 ppm (1100 mg/m <sup>3</sup> ) /30 min

**IDLH\*** (Immediately Dangerous to Life or Health, USA) 210 mg/m<sup>3</sup> (300 ppm)/30 min

\*) maksimipitoisuus, jolle terve työntekijä voi altistua 30 minuutiksi saamatta palautumattomia terveydellisiä vaurioita, tai poistumista vaikeuttavia vammoja.

### ERPG-arvot (emergency response planning guidelines, USA)

- » ERPG-1 18 mg/m<sup>3</sup> (25 ppm)/ 60min
- » ERPG-2 140 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm)/ 60min
- » ERPG-3 710 mg/m<sup>3</sup> (1000 ppm)/ 60min

ERPG-arvo on maksimipitoisuus, jossa lähes kaikkien ihmisten arvioidaan voivan olla tunnin ajan

ERPG-1 - saaden enintään vähäistä, tilapäistä terveyshaittaa, tai tuntien pahaa hajua;

ERPG-2 - ilman vaaraa saada palautumattomia tai muita vakavia terveyshaittoja tai oireita, jotka heikentävät kykyä suojautua altistumiselta;

ERPG-3 - ilman hengenvaaraa.