

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VAARALLISTEN KEMIKAALIEN TÄYTTÖ- JA TYHJENNYSPAIKAT

TEKIJÄ Jere Auvinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Jere Auvinen			
Työn nimi Vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikat			
Päiväys	22.3.2024	Sivumäärä/Liitteet	35/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) A fry Finland Oy			
Tiivistelmä Vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikkojen suunnitteluun tarkoitetut ohjeet ja standardit ovat yleisiä, eivätkä yleensä vastaa suoraan rakennesuunnittelijan kysymyksiin. Tieto aiheesta on hajanaista, eikä vakinaistettuja ratkaisuja ole kehitetty. Aiheena täyttö- ja tyhjennyspaikka on monialainen ja laaja. Vaaralliset kemikaalit voivat aiheuttaa erittäin mittavia ympäristö- ja terveysvahinkoja, jolloin erityisesti vuotojenhallintarakenteilla on merkittävä tehtävä onnettomuuksien estämisessä. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, sekä laatia ohjeistusta rakenteiden suunnitteluun.  Työssä tutustuttiin aiheeseen liittyvään lähdeaineistoon ja lainsäädäntöön, sekä syvennyttiin ohjeiden ja standardien perusteisiin keskustelemalla eri toimialojen asiantuntijoiden kanssa. Lähdekirjallisuudesta kerätyn tiedon ja standardeihin syventymisen avulla pystyttiin soveltamaan tietoa rakenneratkaisujen suunnittelussa. Lisäksi hyödynnettiin työn ohjaajan osaamista täyttö- ja tyhjennyspaikkojen suunnittelusta. Työssä perehdyttiin erityisesti betonirakenteisen pohjalaatan suunnitteluun. Muiden rakenteiden osalta tarkempi perehtyminen ei ollut mahdollista työn laajuuden vuoksi. Rakennesuunnitteluun vaikuttavat asiat muiden rakenteiden osalta käytiin läpi yleisellä tasolla.  Tuloksena valmistui ohjeistus täyttö- ja tyhjennyspaikkojen rakenteiden suunnittelusta ja rakenteisiin vaikuttavista järjestelmistä. Lähtötietojen puuttuminen tai muuttuminen voi vaikuttaa oleellisesti rakenneratkaisuihin. Rakenteiden optimointi ei yleensä ole teollisuuskohteissa tarpeellista. Ohjeen avulla suunnittelija voi esittää rakenneratkaisuja hankkeen tilaajalle esisuunnitteluvaiheessa, muutostöiden välttämiseksi hankkeen myöhäisemmässä vaiheessa. Lisäksi työn aikana selvitettiin pohjalaatan suunnitteluun liittyviä vaatimuksia, joiden avulla pystyttiin luomaan sovellettavia rakennedetaljeja pohjalaatan saumoista. Saumat ovat yleensä kriittisin kohta vuotojenhallintarakenteessa.			
Avainsanat Rakennesuunnittelu, täyttö- ja tyhjennyspaikat, vaaralliset kemikaalit, prosessiturvallisuus			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Jere Auvinen	
Title of Thesis Loading and Unloading the Areas of Hazardous Chemicals	
Date 22 March 2024	Pages/Appendices 35/2
Client Organisation /Partners Afy Finland Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>Regulations and standards created for loading and unloading the areas of hazardous chemicals are not usually very industry specific and the information is disjointed. Designing loading and unloading areas requires knowledge from different fields of process industry. Hazardous chemicals can cause major health and environmental damage. The basis of designing structures is to prevent disasters and fulfil the requirements of process safety. The goal of this thesis was to gather literature related to loading and unloading areas and form guidance for structural designers.</p> <p>Firstly, the research material was gathered and then analysed with the help of different consultants of process industry. After going through the material with the help of consultants, standards and regulations were applied to structural design. In addition, previous experience of the supervisor of this thesis was utilized to create structural details. The thesis mainly focused on designing the concrete slab of loading and unloading areas. The design of other structures related to loading and unloading areas were gone through in general. More extensive review of the other structures was not possible, due to the scope of this thesis.</p> <p>As a result of this thesis, guidance for structural design was formed from gathered information. Thesis provides information about different systems and initial data that can significantly impact structural choices. Optimization of structures is generally not necessary in industry. This thesis helps the designer to present different solutions in the early phase of design and that way prevent revisions later. In addition, structural details from concrete slab were created for loading and unloading areas. In leakage control, seams are the most critical point of the structure.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Structural design, loading and unloading areas, hazardous chemicals, process safety</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Vaaralliset kemikaalit.....	6
1.2	Palavat nesteet .....	6
1.3	Prosessiturvallisuus .....	6
1.4	Täyttö- ja tyhjennyspaikan toiminnot .....	6
2	PALONKESTOVAATIMUKSET .....	9
2.1	Rakenteiden vaatimukset.....	9
2.2	Palonsammutuskalusto ja sammutusjätevesien hallintarakenteet .....	10
3	TÄYTTÖ- JA TYHJENNYS-PAIKAN RAKENTEET .....	12
3.1	Pohjalaatta .....	12
3.1.1	Yleistä.....	12
3.1.2	Allastus .....	13
3.1.3	Kallistukset.....	13
3.1.4	Kemikaalien leviäminen .....	14
3.1.5	Kemikaalien sekoittuminen .....	14
3.1.6	Kanaalit .....	15
3.1.7	Betonin tiiviys.....	15
3.1.8	Liikunta- ja työsaumat .....	17
3.1.9	Pinnoitteet .....	17
3.1.10	Kunnossapito.....	19
3.2	Katokset.....	20
3.2.1	Yleistä.....	20
3.2.2	Betonirunko.....	20
3.2.3	Teräsrunko.....	21
3.2.4	Puurunko .....	21
3.3	Hoitotasot .....	21
3.3.1	Yleistä.....	21
3.3.2	Erilaisia ratkaisuja hoitotasoista .....	21
3.3.3	Hoitotasojen vaatimukset .....	23
3.4	Törmäyset.....	24
4	HULEVESIEN HALLINTA .....	26

4.1	Yleistä .....	26
4.2	Erlaisia ratkaisuja .....	27
5	LIITTYVÄT RAKENNUKSET .....	29
5.1	Yleistä .....	29
5.2	ATEX – räjähdysvaaralliset tilat .....	29
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
7	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET .....	33
	LIITE 1: POHJALAAKTOJEN PERIAATEKUVAT (LUOTTAMUKSELLINEN).....	36
	LIITE 2: RAKENNEDETALJIT (LUOTTAMUKSELLINEN).....	38

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Vaaralliset kemikaalit

Vaarallisella kemikaalilla tarkoitetaan ainetta tai ainesosta, joka jaotellaan ominaisuuksiensa perusteella CLP-asetuksen mukaisesti fysikaalista vaaraa (palo- ja räjähdysvaaralliset aineet) ja terveys- ja ympäristövaaraa aiheuttaviin kemikaaleihin. Vaarallisten kemikaalien luokitus määräytyy joko yhteen tai useampaan luokkaan, kemikaalin ominaisuuksien perusteella. Vaarallisten kemikaalien ominaisuuksia ovat:

- syttyvyys ja palavuus
- hapettavuus
- myrkyllisyys
- syövyttävyyys
- haihtuvuus
- reaktiivisuus
- vesiliukoisuus.

Yhteensopimattomat kemikaalit aiheuttavat vaarallisia reaktioita. Vaarallisten kemikaalien käsittelyssä otetaan huomioon kemikaalien sekoittuminen ja erottaminen sellaisista alueista, joissa työskentelee ihmisiä käsittelyyn liittymättömissä työtehtävissä. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

### 1.2 Palavat nesteet

Palavalla nesteellä tarkoitetaan teollisuudessa sellaista nestemäistä ainetta tai ainesosta, jonka leimahduspiste on enintään 100°C (SFS 3350, 2016, 7). Palavat nesteet katsotaan kuuluvan myös vaarallisiin kemikaaleihin (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021). Palavat nesteet aiheuttavat niitä käsitteleville paikoille erilaisia lisävaatimuksia mm. rakenteiden palonkestoon, turvallisuusetäisyyksiin, sammutuskaluston ja onnettomuustilanteen hallintaan.

### 1.3 Prosessiturvallisuus

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes valvoo vaarallisten kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä. Vähäistä teollista käsittelyä valvoo pelastusviranomainen. Tukes on luonut yleisiä oppaita teollisuuslaitoksille kemikaaleihin liittyen, joita noudattamalla voidaan täyttää kemikaaliturvallisuuslain-säädännön asettamat vaatimukset. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021)

Teollisuudessa prosessiturvallisuuden lähtökohtana on vahinkojen estäminen ja onnettomuuden rajoittaminen. Eri toimialojen ratkaisuilla on merkittävä vaikutus kokonaisuuden toimintaan. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2016, 2–3). Tässä työssä käsitellään rakennesuunnittelun näkökulmasta prosessiturvallisuuteen liittyviä ohjeita, sekä tärkeimpiä suunnittelun lähtökohtia. Myös rakennussuunnittelulla on merkittävä vaikutus prosessiturvallisuuteen, jota myös työn tilaaja tekee. Tässä työssä ei kuitenkaan käydä läpi rakennussuunnitteluun liittyviä asioita.

### 1.4 Täyttö- ja tyhjennyspaikan toiminnot

Vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikalla tarkoitetaan tässä työssä sellaista kemikaalien käsittelyaluetta, jossa kemikaaleja kuljettava ajoneuvo suorittaa kemikaalien täytön ja tyhjennyksen

(KUVA 1). Kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikat ovat yleisiä suunnittelukohteita teollisuuslaitoksilla, joissa yleensä käsitellään erilaisia kemikaaleja. Yleisimmät täyttö- tyhjennyspaikan kohteet ovat hapille ja emäksille, mutta myös palaville nesteille tehdään erilaisia kohteita.



KUVA 1. Vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikka (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2021.)

Työssä keskitytään vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikkojen rakennesuunnitteluun. Prosessiturvallisuuteen kuuluu oleellisesti toimintojen ymmärrys suunnittelijalta, jotta suunnittelulla saavutetaan asetetut vaatimukset. Täyttö- ja tyhjennyspaikan toiminnot voidaan jakaa karkeasti purkuajoneuvon saapumiseen, purkuajoneuvon täyttämiseen tai tyhjentämiseen ja purkuajoneuvon poistumiseen. Kaikkien vaiheiden suunnittelun lähtökohtana on onnettomuuden estäminen tai vahingon sattuessa onnettomuuden ja vaurioiden rajoittaminen.

Rakenteiden ja toimintojen suunnittelua ohjaavat pääasiassa käsittelypaikan sijainti, olosuhteet, toiminnot, työturvallisuus, vaarallisten kemikaalien laatu ja määrä, kemikaalien sekoittuminen, kunnossapito ja onnettomuuteen varautuminen. Työssä ei keskitytä liikaa käsittelypaikan sijoittamiseen, sillä se kuuluu enemmän rakennussuunnitteluun. Täyttö- ja tyhjennyspaikan perustamistapaa ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Kaikista oleellisin ja merkittävin rakenne täyttö- ja tyhjennyspaikan rakennesuunnittelussa on pohjalaatta, jonka suunnitteluun opinnäytetyön sisältö painottuu eniten. Opinnäytetyö ei korvaa tai käsittele rakenneosien eurokoodin mukaisia mitoitusohjeita, vaan työn tarkoituksena on käydä läpi rakenneratkaisuja ohjelmaisesti, kuinka täyttö- ja tyhjennyspaikkoja tulisi suunnitella.

Teollisuudessa lähtökohtaisesti varaudutaan mahdollisiin muutoksiin. Teollisuudessa tuotantoprosessin katkeaminen maksaa usein enemmän kuin rakenneratkaisujen tarkka optimointi suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Tärkeintä on rakenteiden vaatimusten täytyminen prosessin turvallisuuden pohjalta.

Yleensä teollisuusalueita laajennetaan siten, että tilaa ei välttämättä ole rakentaa uutta rakennetta sellaiselle paikalle, jossa olemassa olevia rakenteita ei ole lähellä. Tämän työn ohjeistus ja esimerkit vastaavat uutta täyttö- ja tyhjennyspaikkaa, jonka lähetyvillä ei ole olemassa olevia rakenteita. Kun käsittelypaikkaa suunnitellaan jo rakennettuun ympäristöön, tulee tilanteet soveltaa tapauskohtaisesti erityisesti palavien nesteiden täyttö- ja tyhjennyspaikoissa. Täyttö- ja tyhjennyspaikkojen yhteyteen rakennetaan käytännössä aina muitakin liittyviä rakennuksia. Tässä työssä ei kuitenkaan käydä läpi liittyvien rakennusten suunnittelua.

Haasteena suunnittelulle on ohjeiden ja standardien yleinen taso, eivätkä ne välttämättä vastaa suoraan toimialojen erityiskysymyksiin. Työstä pyritään luomaan sekä kokemattoman suunnittelijan ohje, että kokeneemman suunnittelijan muistilista. Referenssikohteissa ilmi tulleita haasteita voidaan välttää, kun suunnittelijalla on ennakkoon tieto, mihin kaikkeen tulee varautua.

## 2 PALONKESTOVAATIMUKSET

### 2.1 Rakenteiden vaatimukset

Vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikan rakenteiden valintaan ja vaatimuksiin vaikuttaa oleellisesti käsittelypaikan palonkestovaatimukset, joihin vaikuttaa kemikaalien ominaisuudet sekä käsittelypaikkaan liittyvien rakennusten suojaus. Ensisijaisesti palavia nesteitä koskevia erityisvaatimuksia varten on luotu omia standardeja, joita noudattamalla voidaan täyttää myös muiden vaarallisten kemikaalien käsittelypaikkojen vaatimukset. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.) Tukes antaa myös yleisiä ohjeita koskien kaikkia vaarallisia kemikaaleja käsitteleville paikoille (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 1).

Mikäli palavien nesteiden täyttö- ja tyhjennyspaikalle rakennetaan katos, katosrakenteet tulee rakentaa palamattomista materiaaleista ja kantavat rakenteet on suunniteltava kestämään vähintään **30 minuutin** hiilivetypaloa. (SFS 3350, 2016, 33.) Myös muiden vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikkojen katokset voidaan lähtökohtaisesti suunnitella samoilla vaatimuksilla kuin palaville nesteille. Mikäli katosrakenteita optimoidaan palamattomien kemikaalien tapauksessa, toiminnanharjoittajan tulee pystyä perustelemaan valinnat riskiarvionsa mukaisesti. Standardin noudattaminen ottaa myös huomioon käsittelypaikan elinkaaren aikana tapahtuvat käsiteltävien kemikaalien mahdolliset muutokset. Lisätyötä aiheuttaa optimoidun katosrakenteen tapauksessa tulevaisuudessa käsiteltävän kemikaalin vaihtumista palavan nesteen käsittelypaikaksi. Optimoidun katosrakenteen palonkestovaatimus ei enää tällöin vastaa palavien nesteiden aiheuttamia palonkestovaatimuksia.

Palavat nesteet aiheuttavat vaaraetäisyyksiä liittyviin rakennuksiin. Toiminnallisten kohteiden välisiä ohjeellisia etäisyyksiä on taulukoitu standardissa SFS 3350 (2016, 19). Rakennuksen etäisyyden ollessa pienempi kuin vaaraetäisyys, täyttö- ja tyhjennyspaikan puoleisen seinän tai siihen rakennettava palomuurin täytyy kestää vähintään **yhden tunnin** hiilivetypaloa. (SFS 3350, 2016, 33.)

Vaarallisten kemikaalien täyttö- ja tyhjennyspaikan pohjalaatalle ei ole annettu tarkkoja vaatimuksia palonkestolle. Palonkesto tulee huomioida riskiarvion perusteella. Pohjalaatta tulee kuitenkin rakentaa palamattomasta materiaalista, eli yleensä betonista. (SFS 3350, 2016, 41; SFS 3353, 2019, 35.)

Hiilivetypalolla tarkoitetaan yleisesti kaasumaisten tai nestemäisten hiilivetyjen palotapahtumaa. Hiilivetypalon lämmönkehitys poikkeaa tavanomaisesta palosta hyvin merkittävästi. Hiilivetypalossa, palo saavuttaa maksimilämpötilansa 1100 °C noin viidessä minuutissa, kun taas tavanomaisessa palossa vastaavasti 1000 °C maksimilämpötila saavutetaan noin kahden tunnin aikana. Hiilivetypalon voimakkuus perustuu erilaisten hiilivetyjen, kuten bensiinin, suureen teholliseen lämpöarvoon. Lämpöarvo kuvaa, kuinka paljon täydellisessä palamisessa kehittyy lämpöä palavan aineen massaa kohti. Tehollisessa lämpöarvossa on otettu huomioon aineessa olevan ja palamisessa syntyvän veden haihtumiseen kuluva energia. Standardeissa 3350 ja 3353 esitetään, että hiilivetypalon rasiituksen aiheuttaa sellainen palava neste, jonka lämpöarvo vastaa esim. bensiinin tai dieselöljyn lämpöarvoa. (SFS 3350, 2016, 48–49; SFS 3353, 2019, 9–10; Motiva 2021.)

Hiilivetypalolle palomitoitus tehdään käyttäen eurokoodin mukaista hiilivetykäyrää (SFS-EN 1991-1-2+AC, 2016, 42). Palavien nesteiden täyttö- ja tyhjennyspaikalle määritetään paloskenaariot, joilla

kartoitetaan palon tyyppi, leviäminen ja kesto. Palonkestoaikaa laskettaessa on otettava huomioon leviävän kemikaalin suurin mahdollinen määrä alueella, vaikka todellisuudessa osa kemikaalista va-  
luu vuotojenhallintarakenteita pitkin pois, eikä ehdi näin ollen syttyä palamaan. Palovaarallisen alu-  
een vaarallisimman paloskenaarion perusteella mitoitetaan rakenteiden palonsuojaus. (SFS 3350,  
2016, 48–50.) Betonirakenteisten katosten kantavien rakenteiden palomitoitus tulee tehdä betonira-  
kenteiden eurokoodien mukaisesti (SFS-EN 1992-1-2+AC, 2011). Teräsrakenteisten katosten kanta-  
vien rakenteiden palomitoitus tulee tehdä teräsrakenteiden eurokoodien mukaisesti (SFS-EN 1993-1-  
2, 2006). Eri palonsuojausmateriaaleja käytettäessä tulee varmistaa niiden soveltuvuus ja asianmu-  
kainen mitoitus (SFS 3350, 2016, 50).

Yleisesti rakenteiden varmuuden lisääminen palonkestoja vastaan vähentää muutostöiden tarvetta,  
mikäli käsittelypaikan eliniän aikana tapahtuu muutoksia käsiteltävissä kemikaaleissa. Varautuminen  
helpottaa rakenteiden valintaa ja suunnittelua, mutta rakenteiden kustannukset kasvavat. Toisaalta  
kustannukset kasvavat huomattavasti, mikäli muutostöiden tarve katkaisee tuotantoprosessin liian  
pitkäksi aikaa. Muutostöiden tarve on otettava huomioon, mikäli rakenteiden optimointia lähdetään  
tekemään.

## 2.2 Palonsammutuskalusto ja sammutusjätevesien hallintarakenteet

Vaarallisten kemikaalien palotilanteeseen varautuminen on aina tapauskohtaista kemikaalien laa-  
dusta ja käsittelypaikan laajuudesta riippuen. Jokaiselle täyttö- ja tyhjennyspaikalle varataan sopivaa  
alkusammutuskalustoa. Kaikissa tapauksissa on huomioitava veden soveltuvuus sammutuksen käyt-  
töön. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.) Palavat nesteet lisäävät sammutuskaluston ja -järjes-  
telmien tarvetta riskiarvion mukaan. Palavien nesteiden täyttö- ja tyhjennyspaikkojen palontorjunta-  
valmius suunnitellaan suurimman paloskenaarion perusteella. Käsittelypaikalla tulee olla riittävä al-  
kusammutus-, siirrettävä sammutus- ja kiinteä sammutuskalusto. (SFS 3357, 2017, 7–10.)

Tulipalon sammutuksessa mahdollisesti syntyvien sammutusjätevesien leviäminen ympäristöön on  
estettävä rakenteellisin keinoin. Sammutusjätevedet on johdettava hallitusti sellaiseen paikkaan,  
josta niiden talteenotto on mahdollinen. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 19; 23–24.) Vaaral-  
listen kemikaalien käsittelypaikalla sammutusjätevesien huomioiminen allastuksen tilavuuteen hu-  
mioidaan riskiarvion vaatimalla tavalla.

Hallintarakenteet suunnitellaan nestetiiviiksi, palonkestäväksi ja kemikaalien rasituksia kestäväksi.  
Keräilyjärjestelmä sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan siten, että palotilanne tapahtuu erillään ra-  
kenteista, laitteista ja ihmisten reiteiltä. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 23–24.)

Riskiarvio määrittää pitkälti millaiseen onnettomuustilanteeseen täyttö- ja tyhjennyspaikalla tulee  
varautua. Tekniset toteutusperiaatteet vaikuttavat oleellisesti suunnitteluratkaisuihin, eikä yksiselit-  
teisiä palonkestovaatimuksia voi suoraan antaa esim. pohjalaattojen tapauksessa. Suunnittelupro-  
sessi on järkevää aloittaa, kun lähtötiedot ovat riittävällä tasolla, sillä kokonaisuuden tulee täyttää  
kemikaaliturvallisuuslainsäädännön vaatimukset. Toiminnanharjoittajan on pystyttävä perustelemaan

ratkaisut turvallisuusselvityksessä. Hallintarakenteisiin vaikuttavia järjestelmiä ovat esim. vuotojenilmaisimet, sammutus- ja jäähdytysvesien keräilyjärjestelmät, automaatiojärjestelmät, sammutuslaitteistot ja -kalusto. (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 21.5.2015/685.)

### 3 TÄYTTÖ- JA TYHJENNYSPAIKAN RAKENTEET

#### 3.1 Pohjalaatta

##### 3.1.1 Yleistä

Vuotojenhallintarakenteiden tulee täyttää kemikaaliturvallisuuslainsäädännön asettamat vaatimukset. (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 21.5.2015/685; Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 20.12.2012/856.) Vaarallisten kemikaalien käsittelypaikkoja käsittelevät standardit ja Tukesin oppaat on pyritty luomaan siten, että niiden esimerkkiratkaisut täyttäisivät lainsäädännön asettamat vaatimukset. Laajamittaista vaarallisten kemikaalien käsittelyä valvoo Tukes. Yleisesti, kun rakenteet suunnitellaan standardien tai Tukesin oppaiden mukaan, katsotaan rakenteiden täyttävän lainsäädännön vaatimukset. Lupahakemuksissa tulee esittää tekniset toteutusperiaatteet ja käytännöt (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 21.5.2015/685). Poikkeavat ratkaisut vaativat aina tapauskohtaista selvitystä ja perustelua.

Erityistä huolellisuutta vaativa vuotojenhallintarakenteiden täyttö- ja tyhjennyspaikoilla on pohjalaatta. Pohjalaatalta vaaditaan säiliöajoneuvosta aiheutuvien kuormitusten kestämistä, mahdollisten sääolosuhteiden aiheuttamien rasitusten kestämistä, sekä onnettomuustilanteessa palonkestävyyttä, kemikaali- ja vesitiiviyyttä. Myös prosessiturvallisuuteen liittyvät asiat, kuten toimintojen turvallisuuden varmistaminen tulee huomioida suunnittelussa.

Lähtökohtana täyttö- ja tyhjennyspaikan pohjalaatan suunnittelussa on vuotojen estäminen, sekä mahdollisten vuotojen hallinta. Tässä kappaleessa käydään läpi tavanomaisen kohteen vaatimukset täyttäviä ratkaisuja. Pohjavesialueille ja ympäristölle herkille alueille ei lähtökohtaisesti rakenneta kemikaalien käsittelypaikkoja. Jos ympäristölle herkille alueille tai pohjavesialueille kuitenkin joudutaan rakentamaan, vuotojenhallintarakenteille on asetettu huomattavasti vaativammat kriteerit. Vuotojenhallintarakenteet tulee rakentaa toisistaan riippumattomalla kaksinkertaisella suojauksella, sekä rakentamiseen vaaditaan erityislupa. Esitetyt ratkaisut betonilaatalle ovat sovellettavissa myös vaativiin kohteisiin, kun vuotojenhallintaan tehdään toinen suojauskokonaisuus laatan lisäksi. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 4.) Tavanomaisten vuotojenhallintarakenteiden vaatimukset ovat keskenään lähes samanlaisia eri paikkakunnilla. Ympäristölle herkillä alueilla taas on aluekohtaisia eroja, jotka tulisi selvittää ennen vaativien vuotojenhallintarakenteiden suunnittelua. (Flood, 2018, 57.)

Vuotojenhallintarakenteita voidaan rakentaa useista materiaaleista. Täyttö- ja tyhjennyspaikoilla käytetään usein betonirakenteisia vuotojenhallintarakenteita (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 16–17). Tässä kappaleessa käsitellään ainoastaan betonirakenteisten vuotojenhallintarakenteiden suunnitteluratkaisuja. Betonisia rakenteita käytetään yleensä silloin, kun rakenteilta vaaditaan kulukestävyyttä ja palonkestävyyttä. Täyttö- ja tyhjennyspaikoilla yleensä kulkee raskasta ajoneuvokalustoa (Flood 2018, 54). Betonirakenteiden suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota betonin tiiviyteen, sekä saumojen suunnitteluun.

### 3.1.2 Allastus

Täyttö- ja tyhjennyspaikan pohjalaatan allastuksen tilavuus mitoitetaan vähintään suurimmalle säiliöajoneuvon kuljettamalle kemikaalin määrälle tai suurimman ajoneuvon säiliöosaston määrälle (SFS 3350, 2016, 33; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 11). Mitoitus perustuu siihen, että onnettomuustilanteessa säiliöajoneuvon kuljettama kemikaalimäärä purkautuu käsittelypaikalle. Jokaisen täyttö- ja tyhjennyspaikan suunnittelua varten on selvitettävä tilaajalta mahdollisimman tarkasti, millainen säiliöajoneuvo on kyseessä.

Pohjalaatan allastuksen pinta-alaan vaikuttaa erityisesti paloalueen koon rajoittaminen, mutta myös säiliöajoneuvon vaatima tila ja myös tarvittavien toimintojen suorittamisen vaatima tila. Pohjalaatan koko vaihtelee yleensä 200–300 m<sup>2</sup> välillä. (SFS 3353, 2019, 35.) Allastuksella johdetaan vuotaneet kemikaalit mahdollisimman lähelle kiinteään keräilyaltaaseen, josta ne saadaan poistettua jatkokäsittelyä varten (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 14). Allastusta on mahdollista hyödyntää kemikaalien keräämiseen. Vuotaneet kemikaalit poistetaan joko pumppaamalla tai imeytysaineella, mikäli allastetussa tilassa ei ole viemärintiä. Viemärinti voi myös johtaa keräilyaltaaseen. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 15.)

Allastuksen jaotteluun vaikuttaa keskenään reagoivien kemikaalien sekoittuminen. Yleensä kohteet suunnitellaan siten, että vaarallisesti keskenään reagoivien kemikaalien käsittely täyttö- ja tyhjennyspaikalla tapahtuu eri aikaan. Pohjalaatan allastus voidaan toteuttaa soveltuvin osin periaatteellisten alapohjakuvien (liite 1) mukaisesti. Laatat tulee reunustaa ja niiden on estettävä suurimman vuodon leviäminen (SFS 3353, 2019, 35). Pohjalaatan allastuksen reunat suunnitellaan detaljin R01 (liite 2) mukaan. Käsittelypaikan riskiarvio ja järjestelmät voivat vaatia vuotojenhallintarakenteiden jakamista erillisiin alueisiin.

Täyttö- ja tyhjennyspaikan laatalle ei ole suoraan annettu vaatimuksia tiiviiden säilymiselle. Tukesin oppaassa (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 6) mainitaan, että yleisesti vuotojenhallintarakenteiden tulee kestää kemikaalien vaikutusta viikonlopun yli ja vaativissa kohteissa jopa seitsemän vuorokautta. ELY-keskuksen raportissa Flood (2018, 66) mainitaan, että hyvän käytännön mukaan täyttö- ja tyhjennyspaikoilla noudatetaan pinnoitteen kestävydessä kahta vuorokautta. Käytännössä täyttö- ja tyhjennyspaikan toiminnot ovat tarkasti valvottuja. Tämä aiheuttaa sen, että vuodot yleensä havaitaan heti, jolloin voidaan välittömästi aloittaa tarvittavat toimet vuotojen keräämiseksi. Tämän takia on vaikeaa määrittää tarkkaa aikaa vaaditulle säilyvyydelle. Kuitenkin täyttö- ja tyhjennyspaikkojen vuotojenhallintarakenteet suunnitellaan siten, että niiden säilyvyydessä on huomattavasti varmuutta ja täyttävät jopa vallitilojen vaatimukset.

### 3.1.3 Kallistukset

Vuotoja pohjalaatassa ohjataan ja hallitaan mm. kallistuksilla. Lähtökohtaisesti vuodot ohjataan pois ajoneuvon alta ja vaarallisten kemikaalien kerääntyminen ajoneuvon alle on estettävä. Kallistuksilla kemikaalit ohjataan hallitusti keräilyjärjestelmään, josta vuotaneet kemikaalit voidaan kerätä asianmukaisesti. (SFS 3350, 2016, 33.)

Kallistusten tulee olla riittävät, jotta vuodot voidaan ohjata hallintarakenteita pitkin keräilyjärjestelmään. Kallistukset pohjalaatan ajoneuvon pysähtymiskohdalla eivät saa olla liian suuria, jotta ajoneuvon paikallaan pysymisestä ei tule ongelmaa (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021). Ajoneuvon liukuminen ja säiliöiden tyhjentymisen tulee huomioida erityisesti sivulle kallistetussa ratkaisussa (liite 1). Kynnysten korkeus ja kallistusten suuruus kynnysten ympärillä määräytyy pitkälti säiliöajoneuvon mukaan.

Säiliöajoneuvosta on selvitettävä sen matalin kohta, jotta voidaan varmistaa, että säiliöajoneuvo ei vahingoita kynnystä tai pohjalaatan pinnoitetta. Kynnysten ja pohjalaatan kulumisen ja rikkoutumisen haittaa allastuksen tiivyyttä, pienentää tilavuutta ja heikentää vuotojen hallintaa. Kynnykset suunnitellaan detaljien R02 tai R03 (liite 2) mukaan. Kallistusten toteutuksen periaatteita on esitetty alapohjakuvissa (liite 1). Kallistusten suuruus tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

#### 3.1.4 Kemikaalien leviäminen

Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta vaatii turvallisuusselvityksen, jossa riskien hallintaan liittyy kemikaalionnettomuuden rajoittamisen ja vaikutusten analysointi (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 21.5.2015/685). Joidenkin vaarallisten kemikaalien aiheuttamien vaaraetäisyyksien analysointiin ja kuvaamiseen käytetään leviämismallinnusta. Vaarallisen kemikaalin leviämistä tulee rajoittaa, jotta vältetään esim. mittavat ympäristö- tai henkilöonnettomuudet. Leviämismallin laskentateorioita on useita, ja ne perustuvat kemikaalien ominaisuuksiin. (Van den Bosch, C.J.H; Duijm, N.J; Bakkum, E; Mercx, W.P.M; van den Berg, A.C; van Wees, R.M.M. & van Doormaal J.C.A.M 2005, 34.) Leviämisen pinta-alan rajoittaminen laatala perustuu siihen, että kemikaalin leviäminen koko laatan alueelle saattaa nostaa riskiä esim. reunojen ylivuotoon, mikäli kemikaali purkautuu suurella nopeudella.

Leviämismallinnuksen suorittaa yleensä leviämismallinnukseen perehtynyt erityissuunnittelija. Mikäli onnettomuuden alkuvaiheen kemikaalien välitöntä rajoittamista vaaditaan, leviämisen rajoittaminen voidaan toteuttaa esim. detaljin R04 ja R05 (liite 2) mukaisilla vuotourilla ja kanaaleilla.

#### 3.1.5 Kemikaalien sekoittuminen

Kun täyttö- ja tyhjennyspaikalla käsitellään useampaa erilaista kemikaalia, on niiden reaktiivisuus otettava huomioon. Keskenään reagoivien kemikaalien sekoittuminen on estettävä rakenteellisesti ja toiminnallisesti. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 6; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.) Vaarallisten kemikaalien tärkeimpiä ominaisuuksia ja reaktiivisuuksia on kuvattu onnettomuuden vaaraa aiheuttavien aineiden ohjeissa, eli OVA-ohjeissa (Työterveyslaitos julkaisuaika tuntematon).

Pohjalaatta voidaan toteuttaa periaatteellisten alapohjakuvien (liite 1) mukaisesti, kun kemikaalien sekoittuminen on estetty toiminnoilla ja riittävillä vuodonilmaisimilla. Eri kemikaalien käsittelyn suositellaan tapahtuvaksi eri aikaan, eli täyttö- ja tyhjennyspaikalla käsitellään vain yhtä kemikaalia kerrallaan. Ennen seuraavan kemikaalin käsittelyä varmistetaan, ettei kemikaaleja ole päässyt vuotamaan. Vuotojenhallintarkanteisiin lisättävien vuodonilmaisimien tehtävänä on hälyttää kemikaalivuo-

tojen ilmetessä, jolloin voidaan suorittaa tarvittavat toimenpiteet ennen seuraavan kemikaalin käsittelyä. Keskenään reagoivien kemikaalien käsittely samanaikaisesti on kiellettyä, ellei onnettomuuden sattuessa sekoittumista ole estetty rakenteellisesti (SFS 3350, 2016, 33). Keskenään reagoivien kemikaalien samanaikaisen käsittely tarkoittaisi käytännössä pohjalaatan kallistusten, vuotourien, kanaalien ja muiden vuodonhallintaranteiden jakamista alueittain. Pohjalaatan jakaminen alueisiin vaatisi tarkan leviämismallin, jolla voidaan tarpeeksi luotettavasti jakaa laatta alueisiin sekoittumisen kannalta.

### 3.1.6 Kanaalit

Täyttö- ja tyhjennyspaikalle rakennettavien kanaalien tehtävänä on vaarallisten kemikaalien ohjaaminen onnettomuustilanteessa pois ajoneuvon alta, keräysaltaalle tai kaivolle päin. Kanaalien suunnitteluun tarvitaan samat lähtötiedot kemikaaleista, rasituksista ja kuormituksista, kuin pohjalaatan suunnitteluun. (PSK 5601, 2018, 1.)

Kanaalien mitat riippuvat tarvittavan allastuksen tilavuuden ja kanaalin kuormitusten mukaan tapauskohtaisesti. Pohjaratkaisussa, jossa ajoneuvo kulkee kanaalien päältä (liite 1), kanaalin leveys kannattaa suunnitella siten, että kanaalin ritilän paksuus ei kasva kohtuuttomasti. Kanaalin syvyyteen vaikuttaa kanaalin pituus, kallistukset ja allastukselta vaadittava tilavuus.

Käsiteltävien vaarallisten kemikaalien rasitukset huomioidaan kanaalin pinnoituksessa ja kannen materiaalissa. Kannen valinnassa tulee myös huomioida valitun kansityypin läpäisevyys ja työturvallisuuden vaatimukset. (PSK 5601, 2018, 7; PSK 5602, 2018, 4.) Kanaalin pinnoitetta valittaessa kiinnitetään erityistä huomiota kanaalin seinämän pinnoituksen onnistumiseen. Kanaalin kansi on yleensä terästä, jolloin otettava huomioon teräksen laadun soveltuvuus käsiteltävien kemikaalien mukaan. Paikallavaletun lattiakanaalin periaatteellinen toteutus on esitetty detaljissa R05 (liite 2).

### 3.1.7 Betonin tiiviys

Betoniselta vuotojenhallintarakenteelta vaaditaan erittäin hyvää tiiviyyttä. Lisäksi betonilta vaaditaan lujuutta erilaisia kuormituksia vastaan, sekä kestävyyttä kemikaali- ja pakkasrasituksia vastaan. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 6). Tavoitteena on suunnitella pohjalaatasta vesitiivis ja rasituksen kestävä rakenne. Betonirakenteen vesitiiviys todetaan testaamalla ennakkoon standardin SFS-EN 12390-8 paineellisen veden tunkeumasyvyyden mittauksella. Vesitiiveys ei yleensä ole ongelma, kun betonin lujuusluokaksi valitaan vähintään C30/37. (Anttila 2009, 10; BY 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016, 51.) Vähintään 200 mm paksu betoni-laatta, joka on tiiviiksi hierretty ja pinnoitettu, täyttää tavanomaisen suojauskohteen rakenteen vaatimukset. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 18.) Tiiviin betonin lisäksi rakenteen saumojen tulee olla tiiviit.

Betonirakenteisen pohjalaatan tiiviiden suunnittelun tärkein huomioitava asia on laatan halkeilu. Betonin halkeilua ei käytännössä voida välttää, mutta halkeilua voidaan rajoittaa ja hallita siten, että rakenteen tiiviys säilyy. Yleisesti halkeamia syntyy, kun betonin tilavuus muuttuu, joita esim. veden poistuminen rakenteesta, kemiallisten reaktioiden seuraukset, lämpötilan muutokset ja raudoituksen korrosio aiheuttavat. (BY 67 Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016, 7–8.)

Rakennesuunnittelija määrittää betonirakenteiselle pohjalaatalle vähintään betonin rasitusluokat, suunnittelukäyttöiän, lujuusluokan, kiviaineen maksimiraekoon, sekä raudoituksen betonipeitteen nimellisarvon. Ensimmäisenä tulee määrittää betonirakenteen suunnittelukäyttöikä ja rasitusluokat, minkä jälkeen saadaan määritettyä raja-arvot betonille. (Anttila 2009, 2; 10.)

Suunnittelukäyttöikä pohjalaatassa on yleensä 50 vuotta. Kohteen käyttöikä on kuitenkin aina hyvä varmistaa tilaajalta. Pohjalaatan rasitusluokkien määrittäminen voi olla hankalaa, sillä kemiallisesti rasitetut betonirakenteet ovat yleensä vaativia ja niiden todellisen rasituksen määrittäminen on haastavaa. Rasitusluokkien valintaan vaikuttaa täyttö- ja tyhjennyspaikan katosrakenteiden lisäksi oleellisesti käsiteltävien kemikaalien laatu. Tapauskohtaisesti, yleensä kovimmissa rasitusluokissa (XA2 ja XA3), rakennesuunnittelijan tulee vähimmäisvaatimusten lisäksi ottaa kantaa sideaineen laatuun ja sen vaatimuksiin. (BY 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016, 9–10; 23–24.) Rasitusluokkien ja vauriomekanismin mahdollisimman tarkka määrittäminen on tärkeää, jotta pohjalaatan halkeilua voidaan rajoittaa mahdollisimman hyvin, sillä halkeilu heikentää kriittisesti rakenteen tiivyyttä. Pohjalaatan betonirakenteen rasitusluokkien mitoittaminen liikaa varmalle puolelle, voi pahimmillaan heikentää vuotojenhallintarakenteiden toimivuutta. (BY 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016, 13; 29.)

Rasitusluokkien ja käyttöiän valitsemisen perusteella voidaan valita betonipeitteen nimellisarvo, sekä betonin lujuusluokka. Lujuusluokan valinnassa tulee ottaa myös huomioon pohjalaatan kuormitukset. Betonin halkeilun rajoittamiseksi riittävän raudoituksen suunnittelu on oleellista. Raudoituksen suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon liikunta- ja kutistussaumojen määrä. Mitoitus tehdään eurokoodien mukaisesti (SFS-EN 1992-1-1+A1+AC, 2015). Maksimiraekoon määrittämisessä valitaan suurin mahdollinen raekoko, jotta voidaan vähentää kuivumiskutistumaa ja siitä syntyvää halkeilua. Käytännössä pohjalaatassa maksimiraekoko on 16 mm tai 32 mm. (Anttila 2009, 3–4.) Mikäli pohjalaataan asennetaan lämmitysputkisto, tulee se ottaa huomioon pohjalaatan suunnittelussa.

Rakennesuunnittelija voi ottaa kantaa vaativissa kohteissa sideaineen ja lisäaineiden käyttöön, kun halkeilua täytyy rajoittaa mahdollisimman paljon tai betonilta vaaditaan mm. vesitiivyyttä ja korroosiokestävyyttä kemikaaleja vastaan (BY 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016, 9). Sulfaattien aiheuttamaa halkeilua ja korroosiota voidaan estää käyttämällä sulfaatinkestävää sementtiä (BY 67 Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016, 25). Sulfaatinkestävän sementin sijasta voidaan myös käyttää masuunikuonaa vähintään 70 % sideainemäärästä, jolloin betonista saadaan myös sulfaatinkestävää. Vesitiivyyttä parantavia lisäaineita voidaan käyttää myös halkeamien rajoittamiseen ja tiivyyden parantamiseen. Myös muita lisäaineita on, joilla voidaan vähentää halkeamia, kuten kutistumaa vähentävät lisäaineet ja paisuttavat lisäaineet. (BY Betonitieto julkaisuaika tuntematon; BY 67 Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016, 36–37.) Pohjalaatan halkeamaleveys pyritään rajoittamaan enintään 0,3 mm, joka vastaa halkeamaleveysluokkaa I (vaativa). Tapauskohtaisesti voidaan myös vaatia pienempää halkeamaleveyttä. (BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2023, 23–26).

Betonin sideainetyypin valinta käsiteltäviä kemikaaleja vastaan on haastavaa. Rajallinen tieto ja teollisuudessa käytettävien kemikaalien laaja kirjo aiheuttaa haasteita sideainetyypin valintaan. Tapauskohtaisesti sideaineen valinnalla on parantavia vaikutuksia betonin säilyvyyteen, kun vähennetään

betonin kemiallisesti heikointa osa-ainesta käsiteltävää kemikaalia vastaan. Kuitenkin tärkein ominaisuus betonin kemikaalikestävyyden kannalta on betonin tiiviys. Mahdollisimman tiiviin betonin suunnittelu ja betonin pinnoitus käsiteltävää kemikaalia vastaan on kaikista varmin tapa parantaa betonin säilyvyyttä erittäin aggressiivisia kemikaaleja vastaan. Tiiviillä betonilla estetään, tai vähintään hidastetaan, kemikaalin aiheuttaman korroosion eteneminen ja pinnoituksella estetään kemikaalin joutumista suoraan kosketukseen betonin kanssa. Vaurioitumiseen vaikuttaa myös se, kuinka paljon ja kauan kemikaali on kosketuksissa betonin kanssa. (BY Betonitieto julkaisuaika tuntematon; BY 54/BLY 12 Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 19–20.)

Hyvin suunnitellun rakenteen lisäksi olennainen osa rakenteen laatua on työmaan toteutus. Jälkihoiton onnistumisella on merkittävä vaikutus tiiviin betonin saavuttamiseen. Betonitöistä tehdään yleensä erillinen betonirakenteiden toteutuseritelmä, jolla varmistetaan onnistunut toteutus ja annettujen vaatimusten täytyminen. (BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2023, 71; 94). Alapohjakuivissa (liite 1) esitetään sovellettavia ohjeita betonilaatan suunnitteluun.

### 3.1.8 Liikunta- ja työsaumat

Betonin tiiviys ei itsessään riitä rakenteen tiiviiden saavuttamiseen, vaan erityistä huomiota tulee kiinnittää saumojen ja rakenteiden liittymien suunnitteluun, jotta koko vuodenhallintarakenteen tiiviys saavutetaan. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 15.) Työsaumoissa tulee käyttää pestyä työsaamaa, sillä sen ominaisuudet säilyvyyden ja lujuuden suhteen on paremmat kuin muilla työsaumatyyypeillä. (BY 65 Betoninormit 2021, 79–80.) Irrotussaumoilla pyritään vähentämään laattaan kohdistuvia pakkovoimia, jotka johtavat halkeiluun (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 416). Työ- ja irrotussaumoissa voidaan soveltaa detaljia R01 (liite 2).

Pohjalaatta tulisi toteuttaa aina mahdollisimman vähillä työ- ja liikuntasauomoilla. Liikuntasauomoilla voidaan rajoittaa halkeilua, mutta liitoskohdat ovat tiiviiden kannalta heikoin kohta. Purkupaikan laajuus vaikuttaa liikuntasauomojen määrään, sillä liikuntasauomat tehdään pohjalaatan työsaamaan päivittäisen valutyösuorituksen mukaan. Liikuntasauomojen suunnittelussa täytyy huomioida useita eri asioita, jotta voidaan varmistua vuotojenhallintarakenteiden tiiviiden säilyminen onnettomuustilanteessa. Erityistä huomiota liikuntasauomojen suunnittelussa tulee kiinnittää materiaalien kestävyys- käsiteltäviä kemikaaleja vastaan, liikenteen aiheuttamiin kuormituksiin, pinnoituksen toteutukseen, työn suorittamiseen ja palotilanteessa tiiviiden säilymiseen. Sauman kestävyys tulee kiinnittää erityistä huomiota raskaasti liikennöidyssä laatussa. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 417). Liikuntasauoman periaatteellinen toteutus on esitetty detaljissa R06 (liite 2).

### 3.1.9 Pinnoitteet

Pinnoittamalla voidaan parantaa betonirakenteisen pohjalaatan kulutuskestävyyttä ja kemikaalikestävyyttä. Betonin säilyvyys käsiteltävää kemikaalia vastaan tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti. Pinnoitteen tarpeellisuutta voidaan arvioida Tukesin oppaan perusteella (KUVA 2; KUVA 3). Myös kirjan BY 68 (Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016, 90–93) liitteessä 1. on esitetty erilaisten kemikaalien aggressiivisuuksia betonille. Laatta voidaan myös pinnoittaa liukauden estämisen takia, vaikka kemiallinen rasitus ei pinnoitusta vaatisi.

<u>Yhdiste</u>		<u>Vaikutus betoniin</u>
ammoniumhydroksidi		ei haitallista vaikutusta
arsenihappo		"
bariumhydroksidi		ei haitallista vaikutusta
boorihappo		vaikutus mitätön
etikkahappo	10 %	rapauttaa hitaasti
	30 %	"
jääetikka	kons.	"
fluorivetyhappo	10 %	syövyttää nopeasti, myös teräksiä
	30 %	"
	40 %	"
	75 %	"
fosforihappo	10 %	rapauttaa hitaasti
	85 %	"
happamat vedet (pH ≤ 6,5)		rapauttaa hitaasti, teräkset voivat syöpyä
hiilihappo		rapauttaa hitaasti, teräskorroosio syövyttävät ja rapauttavat hitaasti
humushapot		ei haitallista vaikutusta
kaliumhydroksidi	5 %	syövyttää
	25 %	syövyttää
	95 %	ei haitallista vaikutusta
kalsiumhydroksidi		syövyttää nopeasti myös teräkset
kloorivetyhappo	10 %	"
(suolahappo)	30 %	"
	37 %	teräkset voivat syöpyä
kromihappo	5 %	"
	10 %	"
	50 %	"
	60 %	"
maitohappo	5 %	syövyttää hitaasti
	25 %	syövyttää
muurahaishappo	10 %	syövyttää hitaasti
	30 %	"
	90%	"
natriumhydroksidi	1 %	ei haitallista vaikutusta
	10 %	"
	20 %	syövyttää
	25 %	"
	40 %	"

KUVA 2. Kuvaleike oppaasta Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019)

<u>Yhdiste</u>		<u>Vaikutus betoniin</u>
oksaalihappo		ei haitallista vaikutusta, suojaa säiliöitä heikkoja happoja ja suolavettä vastaan
perkloorihappo	10 %	syövyttää
puuvillasiemenöljy		rapauttaa etenkin ilman läsnäollessa ks. rautasulfidi ja CuS
pyriitti eli rikkikiisu		muodostaa rikkihapoketta
rikkidioksidi		tuhoaa nopeasti
rikkihappo	10 %	"
	30 %	"
	50 %	"
	60 %	"
	70 %	"
	80 %	"
	93 %	syövyttää
	kons.	"
	savuava	"
rikkihapoke		syövyttää nopeasti
rikkivety		vaaraton, mutta kosteassa hapettavassa ympäristössä muuttuu rikkihapoksi ja syövyttää hitaasti
typpihappo	2 %	syövyttää nopeasti
	5 %	"
	10 %	"
	20 %	"
	30 %	"
	40 %	"

KUVA 3. Kuvaleike oppaasta Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019)

Pinnoitteen valinnassa tulee käsiteltävien kemikaalien ominaisuuksien lisäksi huomioida liikenteen aiheuttamat rasitukset, pinnoitteen altistuminen erilaisille sään rasituksille ja työturvallisuuteen liittyvät vaatimukset, kuten pinnan liukkaus. Pinnoitteen soveltuvuus käsiteltäviä kemikaaleja vastaan tulee aina varmistaa pinnoitevalmistajalta. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 17.) Suunnitteluvaiheessa tulee kiinnittää erityistä huomiota saumojen pinnoituksen toteutukseen (BY 54/BLY 12 Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 34). Saumojen pinnoituksessa sovelletaan detaljeja R01 ja R05 (liite 2).

Pinnoitustyön onnistumiseen vaikuttaa alustan laatu ja sen asettamat vaatimukset. Betonipinnan laatuvaatimukset täyttö- ja tyhjennyspaikan laatalle on esitetty alapohjakuvien (liite 1) sovellettavissa ohjeissa. Pinta tulee esikäsitellä asianmukaisella tavalla, jotta pinnoitteen tarttuvuuden kanssa ei tule ongelmia. Pinnoitusolosuhteet työkohteessa määritetään tarkasti ennen työn suoritusta. Väärin toteutettu pinnoitustyö voi aiheuttaa pinnoitteen irtoilua, jolloin suoja kemikaaleja vastaan häviää. (PSK 2703, 2008, 10–15; BY 40 Betonirakenteiden pinnat/Luokitusohjeet 2021, 154–156.)

### 3.1.10 Kunnossapito

Rakenteita suunniteltaessa täytyy aina arvioida kunnossapidon tarve. Tilaajan kanssa tulee käydä rakenneratkaisujen kunnossapitotoimenpiteiden tarve ja kunnossapitoon vaikuttavat asiat. Vuotojen hallintarakenteiden kunto tulee tarkastaa säännöllisesti, jotta voidaan varmistua, ettei rakenteissa

ole esim. tiiviyttä haittaavia halkeamia tai betonia suojaavan pinnoitteen rapautumia. Kunnossapidon ajankohtia tulee arvioida, milloin rakenteet tulisi tarkastaa ja missä laajuudessa tarkastukset tehdään. Dokumentointi on tärkeä osa kunnossapitoa. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 4; 6.)

Sääolosuhteet aiheuttavat huomattavaa kunnossapitoa ja turvallisuuteen liittyviä riskejä. Kattamaton käsittelypaikka on alttiina säärasitusten aiheuttamille ongelmille. Kattamalla käsittelypaikka ja laataan asennetulla lämmitysputkistolla voidaan pitää laattaa sulana, jolloin talvikunnossapito helpottuu ja liukkaudesta ei aiheudu turvallisuusriskiä. Kun laatta varustetaan lämmityksellä, tulee ottaa huomioon, että kynnyksen ulkopuolella oleva sulanut lumi voi aiheuttaa liukkautta ulkopuolella. Liukkautta voidaan estää hiekoituksella, mutta hiekoitus voi joutua allastukseen. Lisäksi kattamattomalla täyttö- ja tyhjennyspaikalla lumen peittävä kynnyks voi vaurioitua esim. aurauksen yhteydessä. Tällöin tulee merkitä kynnyksen sijainti, jotta talvikunnossapidon takia kynnyks ei rikkoudu.

Katetulla käsittelypaikalla myös hulevesien hallinta helpottuu. (Flood 2018, 66; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.) Allastus pyritään pitämään tyhjänä siten, että sen koko tilavuuden kapasiteetti voidaan hyödyntää onnettomuustilanteessa. Lumen kertyminen laatalle pienentää allastuksen tilavuutta. Lumen mahdollinen kertyminen laatalle on huomioitava suunnitteluvaiheessa.

## 3.2 Katokset

### 3.2.1 Yleistä

Täyttö- ja tyhjennyspaikat voidaan rakentaa rakennukseen tai katoksen alle. Katosta ei ole välttämättöntä rakentaa, mikäli se jostain syystä halutaan jättää avoimeksi käsittelypaikaksi. Katos voi olla kokonaan tai osittain katettu. Katos suojaa täyttö- ja tyhjennyspaikkaa erilaisilta säärasituksilta. Katos estää sadevesien ja lumen kertymisen laatalle, jolloin usein voidaan parantaa täyttö- ja tyhjennyspaikan työturvallisuutta. Katoksen säärasituksilta suojaava vaikutus estää mm. liukkaudesta aiheutuvaa vaaraa.

Katettuun käsittelypaikkaan voidaan asentaa automaattinen sammutusjärjestelmä, joka parantaa huomattavasti paloturvallisuutta ja usein vähentää sammutusjätevesien määrää. (SFS 3353, 2019, 42; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.) Mikäli katos rakennetaan, tulee katoksen vaikutukset ottaa pohjalaatan suunnittelussa huomioon tapauskohtaisesti (liite 1). Lähtökohtaisesti hyvä tapa on rakentaa katos palamattomista materiaaleista (Flood 2018, 66).

### 3.2.2 Betonirunko

Betonisia rakenteita suositaan käsittelypaikoilla, sillä betoniset rakenteet ovat yleisesti hyvin kestäviä teollisuusolosuhteissa. Betonilla on erinomaiset palotekniset ominaisuudet hiilivetypaloo vastaan, mikä saattaa olla usein määräävä peruste katosrakenteiden valinnalle. Lisäksi betonisten rakenteiden kunnossapidon tarve, elinkaaren aikana tapahtuvat muutokset ja laajennusten tarve, ohjaavat usein betonirakenteiden käyttöön. Teollisuudessa laajennuksen yhteydessä tulevat laitteistot ja rakenteet aiheuttavat yleensä lisää kuormia ja vaatimuksia olemassa oleville rakenteille. Betonirakenteisella katoksella saadaan kapasiteettia suhteellisen helposti tulevia laajennuksia ja muutoksia varten.

### 3.2.3 Teräsrunko

Teräksestä rakennettu katos on huomattavasti kevytrakenteisempi kuin betonista rakennettu. Lisäksi teräsrakenteinen runko saadaan rakennettua nopeammalla aikataululla. Katos voi olla järkevää rakentaa teräksestä, kun käsittelypaikalla käsiteltävät kemikaalit ovat palamattomia ja riskiarviossa todetaan, ettei rakenteista aiheudu suurta vaaraa työntekijöille käsittelypaikalla eikä käsittelypaikan liittyviin rakennuksiin. Tämä tarkoittaa yleensä sitä, että rakenteita lähdetään tilaajan toiveesta optimoimaan käyttötarkoituksen, elinkaaren muutosten, aikataulullisten syiden, kustannusten ja kaikkien em. asioiden kokonaisuuden takia.

Teräsrunko saadaan myös kestäväksi hiilivetyypaloon, kun palonsuojaus on suunniteltu huolellisesti. Käytettävän palonsuojauksen on kestävä hiilivetyypalon lisäksi käsittelypaikan olosuhteet ja palonsuojauksen vaurioituminen on estettävä. Teräsrakenteen suunnittelussa on tärkeää huomioida elinkaaren kustannukset.

### 3.2.4 Puurunko

Puu ei sovellu kohteisiin, joissa on hiilivetyypalon vaara. Palavien nesteiden käsittelypaikalla materiaalien on oltava palamattomia ja kestäväksi hiilivetyypaloon (SFS 3350, 2016, 33). Puun käyttöä ei kuitenkaan suoraan kielletä kohteissa, joissa käsitellään palamattomia kemikaaleja. Kuitenkin puun soveltuvuus teollisuusolosuhteisiin on harvemmin perusteltua.

Vaikka palotilanteen vaara olisi hyvin pieni, täytyy rakenteissa ottaa huomioon kemikaalien vaikutus ja muut olosuhteet käsittelypaikalla. Puun käyttö myös lisää palokuormaa, jota yleensä pyritään minimoimaan teollisuusalueilla. Lisäksi puulla ei välttämättä saada etua tiukan aikataulun suhteen. Elinkaaren muutokset ja laajennukset huomioon ottaen yleensä ohjaavat viimeistään teräs- ja betonirakenteiden käyttöön.

## 3.3 Hoitotasot

### 3.3.1 Yleistä

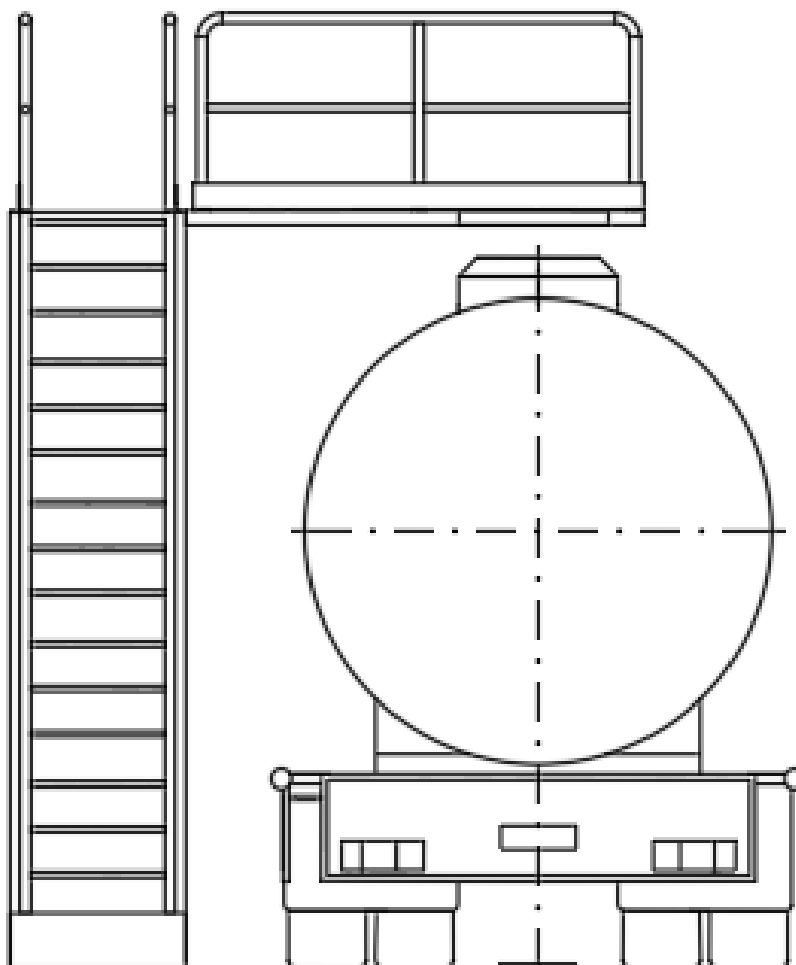
Täyttö- ja tyhjennyspaikoille joudutaan rakentamaan hoitotasot tai muu putoamiselta suojaava ratkaisu, kun joudutaan työskentelemään säiliöajoneuvon päällä (SFS 3350, 2016, 33). Työskentelytasoja ei yleensä tarvita, mikäli säiliöajoneuvon täyttö ja tyhjennys tapahtuvat alakautta tai ajoneuvon päälle päästään ilman erillistä hoitotasoa ja katokseen asennetaan putoamisen estävä järjestelmä. Hoitotasot ovat yleensä teräsrakenteisia. Hoitotasot suunnitellaan tapauskohtaisesti tarpeen mukaan, ottaen huomioon merkittävimmät vaaratekijät:

- Kaatuminen
- putoaminen
- liukastuminen
- esineiden/aineiden putoaminen (SFS-EN ISO 14122-1, 2016, 8).

### 3.3.2 Erilaisia ratkaisuja hoitotasosta

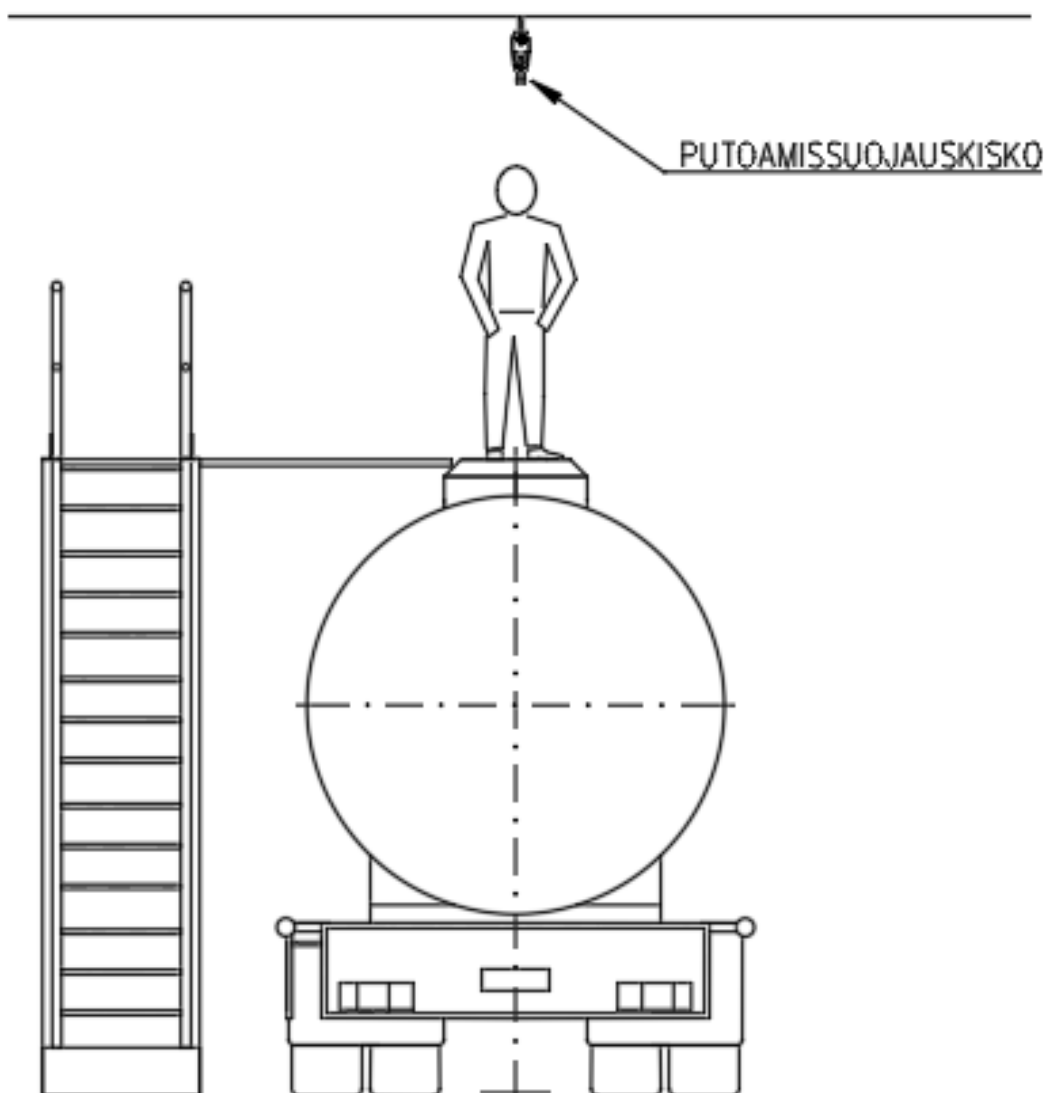
Hoitotasot voidaan suunnitella kokonaan kiinteiksi tai niihin voidaan lisätä liikkuvia osia. Kattamattomassa täyttö- ja tyhjennyspaikassa suunnitellaan hoitotasot siten, että suojakaiteet kattavat koko

hoitotason. Hoitotaso voidaan varustaa avattavalla luukulla tai kiinteällä aukolla. Hoitotasojen suuruus määräytyy tarpeen mukaan. (KUVA 4.)



KUVA 4. Periaatekuva kiinteästä tai liikuteltavasta hoitotasosta, jossa ei tarvita valjaita (Auvinen 2024, CC BY-SA).

Säiliöajoneuvon päällä työskentely voidaan myös toteuttaa asentamalla putoamissuojaukiskiskot. Kiskoihin saadaan kiinni valjaat, joilla varmistetaan turvallinen työskentely ajoneuvon päällä, kun suoja-kaiteita ei ole. Mikäli ajoneuvossa ei ole tikkaita, on järjestettävä ajoneuvon päälle turvallinen reitti esim. hoitotasoilla. (KUVA 5.)



KUVA 5. Periaatekuva hoitotasolla järjestetystä reitistä ajoneuvon päälle, jossa työskennellään putoamissuojaiden varassa (Auvinen 2024, CC BY-SA).

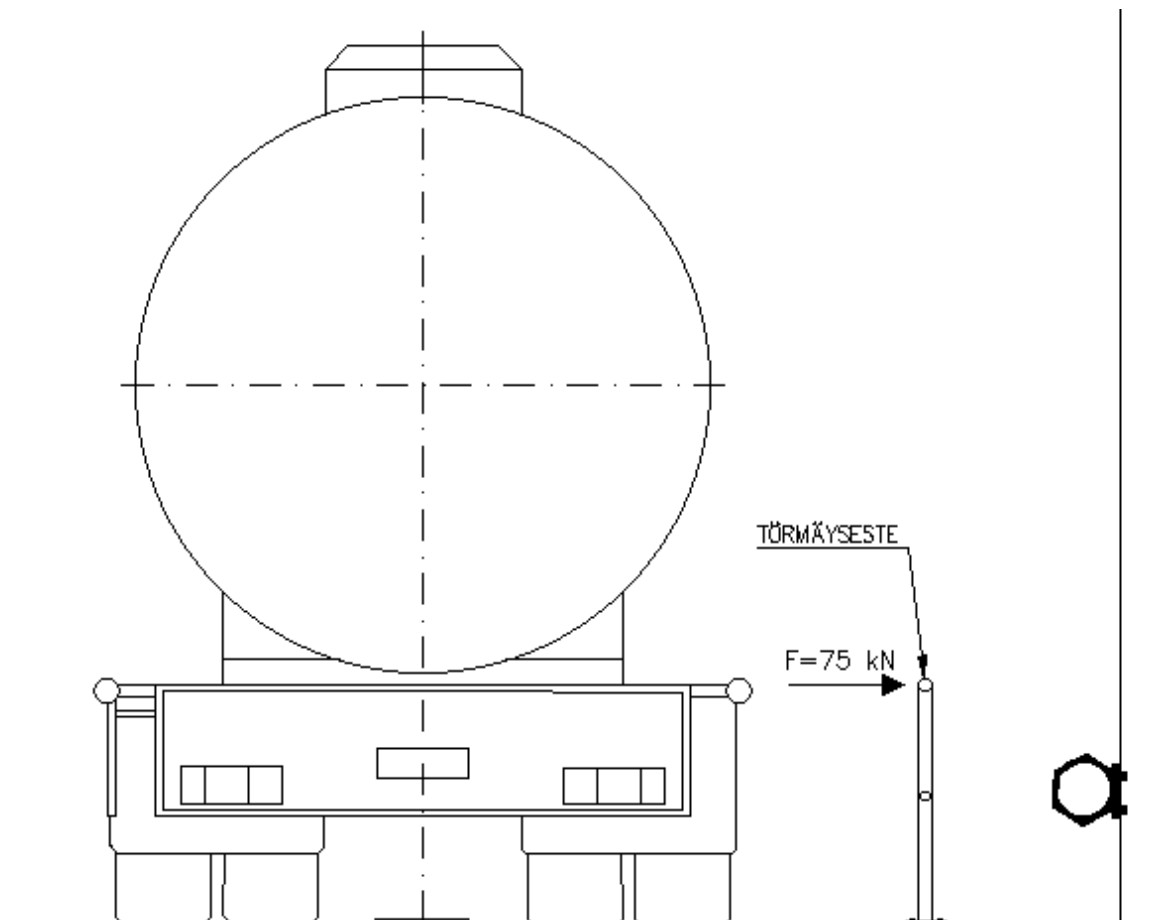
### 3.3.3 Hoitotasojen vaatimukset

Hoitotasojen materiaalit valikoituvat olosuhteiden ja rasitusten mukaan (SFS-EN ISO 14122-2, 2016, 8). Yleensä hoitotasot rakennetaan maalatuista, ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Rakenteiden suunnittelussa tärkeintä on työturvallisuuden takaaminen merkittävimpien vaaratekijöiden mukaan.

Kulkutasojen ritilät tulee olla liukaturvaritiloita liukastumisvaaran estämiseksi. Putoamista estetään kaiteilla ja muilla putoamissuojilla. Hoitotasot varustetaan aina jalkalistoilla, esineiden putoamisen välttämiseksi. Tasot pyritään tekemään mahdollisimman tasaisiksi siten, että liiallisia nousuja vältetään liiallisen fyysisen rasituksen ja kompastumisesta aiheutuvan vaaran vuoksi. (PSK 4701, 2020, 4; SFS-EN ISO 14122-1, 2016, 9; SFS-EN ISO 14122-2, 2016, 8.) Yksityiskohtaisemmat suunnitteluvaihtimukset ja muut ohjeet tasoille, portaille, porrastikkaille, kaiteille ja kiinteille tikkaille on esitetty ko-nestandardeissa (SFS-EN ISO 14122-2, 2016; SFS-EN ISO 14122-3, 2016; SFS-EN ISO 14122-4, 2016).

### 3.4 Törmäsesteet

Liikenteestä aiheutuvat riskit pyritään minimoimaan huolellisella ajoreittien suunnittelulla. Riittävä liikenteen opastus ja ohjeistus pienentää todennäköisyyttä onnettomuudelle. Törmäsesteillä voidaan suojata ajoneuvon reitillä olevat laitteet ja laitteistot tarvittaessa (KUVA 6). Törmäsesteiden käyttöä tulee harkita tapauskohtaisesti, kun ajolinja kulkee laitteiston läheltä ja törmäysvaara on huomattava. (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 20.12.2012/856; SFS 3350, 2016, 22; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)



KUVA 6. Periaatekuva laitteita suojaavasta törmäsesteestä (Auvinen 2024, CC BY-SA).

Törmäsesteet voidaan suunnitella betonista tai teräksestä. Yleensä törmäsesteet toteutetaan teräksisillä kaiteilla, sillä ne soveltuvat paremmin käsittelypaikalle ja niiden toteutus on helpompaa. Kaiteiden suunnittelussa on tärkeää huomioida, että kaiteiden liian alhainen korkeus ei aiheuta kompastumisvaaraa, tai muuta työturvallisuuteen liittyvää vaaraa. Törmäyskuormien suunnitteluun sovelletaan standardia SFS 1991-1-7 (2014) ja standardin kansallista liitettä 10/16 (SFS 1991-1-7, 2014; Ympäristöministeriön asetus rakenteiden onnettomuuskuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-7 07.11.2016/10).

Törmäysesteitä suunniteltaessa mitoittava säiliöajoneuvon törmäyskuorman suuruus määritetään täyttö- ja tyhjennyspaikoille. Kuormat esitetään ekvivalentteina staattisina kuormina (Ympäristöministeriön asetus rakenteiden onnettomuuskuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-7 07.11.2016/10). Kansallisessa liitteessä pihojen ja autotallien luokan kuorma-autojen törmäyskuorman suuruutta (75 kN) käytetään käsittelypaikan törmäysesteen mitoituskormana. Arvoa sovelletaan, koska se kuvaa parhaiten käsittelypaikan liikennettä. Täyttö- ja tyhjennyspaikan liikenteen nopeus on rajoitettu pieneksi allastetulla laatalla, turvallisuuden takaamiseksi. Periaatteellisten alapohjaratkaisujen (liite 1) tapauksessa ei tarvitse törmäysesteitä, sillä ajolinjan ja laitteiden etäisyys on riittävän suuri, sekä avonaisen käsittelypaikan vuotoaltaan reuna estää törmäyksen laitteisiin.

## 4 HULEVESIEN HALLINTA

### 4.1 Yleistä

Hulevesien kertyminen allastukseen pyritään estämään, sekä hulevesien johtaminen ja kerääminen tulee tapahtua hallitusti luotettavalla tavalla. Hulevesien kertymistä allastukseen voidaan vähentää ja estää kattamalla täyttö- ja tyhjennyspaikka. Vuotojenhallintajärjestelmissä kiinnitetään huomiota hulevesien poistamiseen ja käsittelyyn. Viemäröintijärjestelmä voi koostua allastetusta laatasta, viemäreistä, putkistoista, kaivoista, kanavista ja kanaaleista. Viemäröintijärjestelmä tulee mitoittaa suurimmalle virtausmäärälle, jonka muodostaa rankkasade, suurin vuoto tai sammutusjätevedet. (SFS 3353, 2019, 34–36; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021.)

Hulevedet tulee poistaa allastuksesta siten, että mahdolliset kemikaalin vuodot voidaan havaita. Yleisesti hulevedet on johdettava öljynerottimen kautta, jonka jälkeen viemäröinnissä on sulkuventtiilit. Viemäröintijärjestelmässä käytetään vuotojenilmaisimia havaitsemaan kemikaalien vuotoja ja sellaisia venttiilejä, joilla voidaan hallita kemikaalivuotoja. Hulevesien puhtaus tulee varmistaa jatkuvilla mittauksilla, jollei silmämääräisesti voida riittävällä varmuudella todeta vuotojen ilmenemistä. Viemäröinnissäkin tulee ottaa huomioon vaarallisesti reagoivien kemikaalien sekoittuminen. (Flood, 2018, 10; SFS 3353, 2019, 36; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 11)

Kaikkien laitteiden sijainti tulee olla sellainen, että niiden kunnossapito on helppoa ja käyttö on mahdollista kaikissa olosuhteissa. Käytön aikainen kiintoaineiden ja kemikaalien kerääntyminen tulee ottaa huomioon, jotta ne voidaan poistaa asianmukaisella tavalla. Onnettomuustilanteessa laitteiden ja järjestelmien käyttö mahdollisimman viiveettä on oltava mahdollista. (SFS 3353, 2019, 36.)

Hulevedet tulee johdattaa asianmukaiseen käsittelyyn. Tuotantolaitoksella on oltava suunnitelmat sammutusjäte- ja hulevesien hallinnasta (KUVA 7). Sammutusjäteveden hallintasuunnitelman sisältöön kuuluu hulevesien keräily, johtamisen ja jätevesiviemäröinnin kuvaus. Sisältö ja laajuus määräytyy sen mukaan, kuinka suuria ongelmia hule- ja jätevedet voivat aiheuttaa. (SFS 3353, 2019, 36; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019, 20.)

Sammutusjäteveden hallintasuunnitelman sisältö	
1. Toiminnan lyhyt kuvaus	Kohteen tiedot ja lyhyt kuvaus toiminnasta, suunnitelman laatijan tiedot ja ajankohta.
2. Ympäristöolosuhteiden kuvaus	Tiedot alueen pohjavesiolosuhteista, lähellä sijaitsevista ojista (purkusuurta) ja vesistöistä ja tärkeistä luontokohteista.
3. Rakennusten ja piha-alueiden kuvaus	Rakennuksittain seuraavat tiedot: pinta-ala, rakennusmateriaalit, paloluokka, palo-osastojen lukumäärä, palo-osastojen palokuormaryhmät sekä palo-osastojen suojaustasot. Piha-alueen päällysterakenteen kuvaus.
4. Vaarallisten kemikaalien ja jätteiden sekä palavien materiaalien varastojen kuvaus	Vaarallisten kemikaalien ja jätteiden varastoinnin kuvaus: kemikaalit ryhmitellään vaaraominaisuuden mukaan. Vuotojenhallinnan kuvaus. Palavien materiaalien varastojen sisällön ja sijainnin kuvaus (palokuorma).
5. Vesien johtamisen ja maanalaisten tilojen kuvaus	Hulevesien ja kattosadevesien keräilyn ja johtamisen sekä jätevesiviemäröinnin kuvaus. Rakennuksissa olevien kellareiden ja muiden maanalaisten tilojen ja näiden viemäröinnin kuvaus.
6. Kohteen paloturvallisuuden arviointi	Paloturvallisuuden kuvaus palo-osastoittain: automaattiset sammutuslaitteistot, alkusammutuksen tehokkuus ja palokunnan arvioitu saapumisaika paikalle. Suurimman tuotantotilan tai säiliön ja vallitilan tulipalon kuvaus.
7. Sammutusveden tarpeen ja syntyvän sammutusjäteveden määrän arviointi	Suurimman tuotantotilan tai säiliön ja vallitilan tulipalon sammutusveden tarpeen ja syntyvän sammutusjäteveden määrän arvio. Sammutusveden saatavuuden ja riittävyyden arvio. Sammutusjäteveden määrän vähentämiskeinojen arviointi, esim. veden kierrättäminen, jäähdytysveden pitäminen erillään sammutusjätevedestä.
8. Sammutusjätevesien hallinnan kuvaus	Sammutusjätevesien talteenottomenetelmien ja kapasiteetin kuvaus. Kuvaus sammutusjätevesien pääsystä viemäriin ja päällystämättömille piha-alueille. Sammutusjätevesien haitallisuuden arviointi. Kuvaus sammutusjätevesinäytteenotosta, mitattavista parametreista ja näytteenottoaikoista. Kuvaus sammutusjätevesien käsittelystä kiinteistöllä tai toimituksesta muualle käsiteltäväksi.
9. Toimintavarmuuden ylläpidon kuvaus	Kuvaus henkilöstön riittävydestä, vastuista, ohjeistuksesta, koulutuksesta ja varautumisesta sammutusjätevesien talteenottoon myös työajan ulkopuolella. Talteenottomenetelmien toimivuuden arviointi haastavissa palotilanteissa (esim. kovalla pakkasella tai rankkasateessa, pimeässä, kuumuudessa)
10. Luettelo liitteistä	Liite 1: asemapiirros, johon on merkitty rakennukset, palo-osastot ja alkusammutuskalusto sekä päällystetyt piha-alueet. Liite 2: asemapiirros, johon on merkitty vaarallisten kemikaalien ja jätteiden sekä palavien materiaalien varastojen sijainnit ja varastointimäärät sekä ulkona olevat muut silot. Liite 3: asemapiirros, johon on merkitty kaivojen, kanaalien, viemäreiden ja niiden sulkuventtiilien sijainnit, katto-/hulevesien mahdollisten imeytyspaikkojen sijainnit sekä maanalaisten tilojen sijainnit, pinta-alat ja viemärointi.

KUVA 7. Kuvaleike oppaasta Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019)

#### 4.2 Erilaisia ratkaisuja

Katetussa täyttö- ja tyhjennyspaikassa hulevedet johdetaan katolta oman viemäröinnin kautta asianmukaisesti pois rakennuksen lähetyviltä. Kattovesien ohjauksessa huomioidaan, ettei kattovesiä johdeta rakennusten viereen kuormittamaan salaojajärjestelmää. Katettu ratkaisu vähentää hulevesien pääymistä allastukseen. Erityisesti kattamattoman käsittelypaikan viemäröinnin suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon, että viemäröinnin kapasiteetti riittää johtamaan suurimman virtausmäärän jatkokäsittelyä varten.

Allastuksesta hulevedet ja mahdolliset vuodot johdetaan vuotojenhallintarakenteilla jatkokäsittelyä varten. Allastuksesta hulevedet ja vuodot poistetaan yleensä pumppaamalla. Jos täyttö- ja tyhjennyspaikalla käsitellään ainoastaan yhtä kemikaalia, voidaan allastukseen kertyneet vuodot ja hulevedet pumpata samasta kohtaa, alapohjakuvan 1 (liite 1) mukaan. Mikäli käsittelypaikalla on useita käsiteltäviä kemikaaleja, esim. hapot ja emäkset, voidaan eri kemikaaleille suunnitella omat purkureitit estämään kemikaalien sekoittuminen alapohjakuvan 2 (liite 1) mukaan. Tällöin vuotojenilmaisimilla ja sulkuventtiileillä havaitaan kemikaalivuodot ja estetään kemikaalien sekoittuminen. Järjestelmässä voidaan puhtaaksi todetut hulevedet yhdistää samaan purkukanavaan vuotojenilmaisimien jälkeen, josta hulevedet johdetaan jatkokäsittelyä varten.

Pumppua varten allastukseen tehdään pumppusyvennykset ja purkuputket allastuksen seinämän läpi. Kiintoaineiden kerääntyminen, läpiviennin tiiviys ja kunnossapidon tarve tulee ottaa huomioon pumppusyvennysten ja läpivientien suunnittelussa. Pumppusyvennysten ja allastuksen läpivientien suunnitteluun sovelletaan detaljia R07 (liite 2).

## 5 LIITTYVÄT RAKENNUKSET

### 5.1 Yleistä

Täyttö- ja tyhjennyspaikkojen läheisyyteen liittyy erilaisia rakennuksia ja rakenteita. Yleisimpiä liittyviä rakennuksia ja rakenteita ovat pumppaamot, sähkötilat, vallitilat ja säiliöt. Eri prosessialueiden sijoittelulla voi olla vaikutuksia rakennesuunnitteluun. Rakennuksia sijoitettaessa otetaan huomioon onnettomuustilanteet ja niiden vaikutukset. Standardeissa SFS 3350 (2016, 19) ja SFS 3353 (2019, 19) esitetään ohjeelliset taulukkoarvot eri toiminnallisten kohteiden ja kokonaisuuksien vähimmäis- ja vaaraetäisyyksille.

Liittyvien rakennusten ja rakenteiden riittäväillä etäisyyksillä estetään onnettomuuksien välitöntä leviämistä ja minimoidaan vahinkoja. Vaaraetäisyydet riippuvat onnettomuuksien laadusta ja prosessi-alueiden luonteesta. Vaaraetäisyyksiin voidaan myös vaikuttaa erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, esimerkiksi palomuuereilla täyttö- ja tyhjennyspaikoilla, kunhan riittävä turvallisuustaso täyttyy. (SFS 3350, 2016, 19; 33; SFS 3353, 2019, 18.)

### 5.2 ATEX – räjähdysvaaralliset tilat

Räjähdysvaarallisella tilalla tarkoitetaan sellaista tilaa, jossa voi esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta. Räjähdysvaara selvitetään myös täyttö- ja tyhjennyspaikoille. Ensimmäisenä räjähdysvaaran arvioinnissa selvitetään palavat aineet, joita täyttö- ja tyhjennyspaikalla käsitellään. Täyttö- ja tyhjennyspaikalla arvioidaan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumisen syyt, todennäköisyydet ja ilmaseoksen syttymismahdollisuudet. Arvioinnissa tulee huomioida normaalin käyttöolosuhteen lisäksi käytöstä poistaminen, käyttöönotto, häiriöt, vikatilat ja virheellinen käyttö. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 9–10.)

Räjähdysvaaralliset tilat luokitellaan arvioinnin jälkeen sen mukaan, kuinka pitkiä aikoja ja miten usein räjähdyskelpoinen ilmaseos ilmenee. Luokittelussa otetaan huomioon ilmanvaihto, aineiden leviäminen ja räjähdysvaaralliseen tilaan liittyvät tilat ja rakennukset. Tilaluokitukset jaetaan vaarallisen aineen ja sen ilmenemisen keston mukaan. Tilojen luokitteluista on kerrottu tarkemmin standardeissa SFS 59 (2022), SFS-EN IEC 60079-10-1 (2021) ja SFS-EN 60079-10-2 (2015). Täyttö- ja tyhjennyspaikkojen tilaluokitus voi olla esim. tilaluokka 1 tai tilaluokka 21. Kummassakin tilaluokituksessa normaalissa toiminnassa räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy satunnaisesti. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 10–11.)

Suojaustoimenpiteillä, järjestelmillä ja asianmukaisilla merkinnöillä estetään räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syntymistä, vältetään räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttyminen ja rajoitetaan räjähdysseurauksia. Räjähdysvaarallisten ilmaseosten syntymistä voidaan estää pitoisuuksia rajoittamalla. Rajoittamista voidaan tehdä esim. riittäväällä ilmanvaihdolla ja kaasunilmaisimilla. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 10.)

Räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttyminen on estettävä, mikäli ilmaseoksen syntymistä ei voida rajoittaa tai estää riittävästi. Syttymisen yleisimpiä lähteitä ovat esim. liekki, tulityöt, staattinen sähkö, sähkölaitteet, tupakointi ja itsestään syttyminen. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 10.)

Jos räjähdysvaaran poistaminen ei ole täysin mahdollista, tulee räjähdysvaarallisessa tilassa varautua toimenpiteisiin, jotka rajoittavat räjähdysten vaikutuksia. Tällöin rakenteissa voidaan joutua ottamaan huomioon räjähdysten aiheuttama onnettomuus. Rakennesuunnittelulla räjähdysten vaikutuksia voidaan pienentää kevennettyjen seinien suunnittelulla, jolloin räjähdys ohjataan purkautumaan turvalliseen suuntaan katetuissa tiloissa. Suojattavien rakennusten ja rakenteiden kantavat rakenteet voidaan myös suunnitella räjähdysten kestäviksi. Rakenteiden suunnittelussa on oleellista ottaa huomioon onnettomuuden laajenemisen estäminen. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 10; SFS 3353, 2019, 18.)

Käytännössä toiminnanharjoittaja antaa lähtötiedot teknillisistä toimenpiteistä rakennesuunnitteluun, mikäli räjähdyksestä aiheutuvat vahingot täytyy ottaa huomioon. Toiminnanharjoittaja laatii räjähdysuojausasiakirjan, jossa käsitellään yleisesti vaaran arviot, tulokset ja toimenpiteet vaaran hallinnasta. Räjähdysvaarallisten tilojen valvontaa suorittaa työsuojeluviranomaiset, Tukes ja pelastusviranomainen. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015, 18–19.)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä koottiin tärkeimpiä täyttö- ja tyhjennyspaikkojen ohjeita ja standardeja. Yleistä tietoa löytyi erityisesti Tukesilta, ELY-keskuksilta ja standardeista. Ohjeet ja aiheeseen liittyvät hyvät käytännöt ovat yleisellä tasolla, eivätkä yleensä vastaa suoraan rakennesuunnittelijan kysymyksiin. Työssä sovellettiin yleisiä ohjeita rakennesuunnitteluun, jotta rakennesuunnittelija pystyy työn perusteella vähintään ymmärtämään, mitä kaikkea rakennesuunnittelussa tulee huomioida ja mistä tietoa löytyy.

Työn aikana selvitettiin eri toimialojen konsulttien avulla standardien ja ohjeiden perusteita täyttö- ja tyhjennyspaikoille, minkä avulla pystyttiin soveltamaan tietoa detaljien suunnitteluun. Vakiintuneita rakenneratkaisuja ei ole, joten sovellettujen ratkaisujen luominen edellytti perehtymistä yli rakennesuunnittelun rajojen. Työssä rakennedetaljit luotiin siten, että niitä voidaan käyttää jatkossa ohjeellisin perusteltuina ratkaisuina. Jokaiseen kohteeseen detaljien soveltaminen vaatii kuitenkin tapauskohtaista harkintaa, joka edellyttää suunnittelijan kokemusta ja ymmärrystä prosessiturvallisuuden täyttymisestä. Teollisuuskohteet ovat hyvin erilaisia verrattuna asuinrakentamiseen, sillä usein joudutaan soveltamaan erilaisia ratkaisuja, eikä vakiintuneita ratkaisuja välttämättä ole löydettävissä. Rakennedetaljien toimivuuden todentaminen voi olla myös haastavaa.

Täyttö- ja tyhjennyspaikan rakennesuunnitteluun vaaditaan paljon lähtötietoja. Lähtötietojen saata vuus voi aiheuttaa todellisuudessa ongelmia ja muutokset voivat merkittävästi vaikuttaa eri rakenteisiin. Työllä pystytään sujuvoittamaan rakennesuunnitteluprosessia, jotta rakennesuunnittelija voi antaa näkemyksen suunnitteluun vaikuttavista asioista ja tarjota ratkaisuja ongelmiin suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Työn perusteella voidaan huomata, että ilman riittäviä lähtötietoja rakennesuunnittelussa voi ilmetä merkittäviä muutoksia, joka aiheuttaa paljon ylimääräistä työtä. Riittävän tarkkaan laadituilla layout-suunnitelmissa ja muulla esisuunnittelulla voidaan vähentää muutostöiden tarvetta.

Rakennesuunnittelijan täytyy ymmärtää erilaisten järjestelmien vaikutus kohteen rakenneratkaisuihin. Järjestelmiä ei ole työssä käyty tarkemmin läpi, mutta niiden vaikutusta rakennesuunnitteluun käsitellään yleisesti. Järjestelmät voivat vaikuttaa oleellisesti rakenteiden ominaisuuksiin. Työn avulla suunnittelija ymmärtää, mihin järjestelmiin mahdollisesti olisi perehdyttävä ennen suunnittelua.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda täyttö- ja tyhjennyspaikkojen rakennesuunnitteluun liittyvä ohjeistus, joka painottuu erityisesti pohjalaatan suunnitteluun. Ohjeistuksen lisäksi opinnäytetyössä onnistuttiin selvittämään ohjeiden soveltamista täyttö- ja tyhjennyspaikkojen rakenteisiin ja tuottamaan työn tilaajalle yksityiskohtaisia sovellettavia detaljeja rakenneratkaisuista, jotka ovat kriittisiä vuotojenhallintarakenteen toiminnan kannalta.

## 7 POHDINTA

Täyttö- ja tyhjennyspaikkojen pohjalaatat ovat vaativia suunnittelutehtäviä. Kemikaalivuodot voivat aiheuttaa erittäin merkittäviä ympäristö- ja terveysvahinkoja. Haastetta työssä aiheutti täyttö- ja tyhjennyspaikan monialaisuus ja aiheen laajuus. Rakennesuunnittelun ohjeiden luomiseksi oli perehdyttävä erilaisiin järjestelmiin, rakennussuunnitteluun ja prosessiturvallisuuteen. Lisäksi betonisen pohjalaatan rakennesuunnittelun perusteiden lisäksi oli perehdyttävä kemiallisesti rasitettujen betonirakenteiden ominaisuuksiin, ja kuinka voidaan suunnitella vaatimukset täyttävä vuotojenhallintarakenne.

Eri toimialojen konsulttien avulla päästiin ohjeiden ydinajatuksen, jonka jälkeen pystyttiin hahmottelemaan detaljit vaatimukset täyttäväksi. Pohjalaatan detaljien luomisen jälkeen pohdittiin niiden toteuttamiskelpoisuutta. Katosrakenteiden ratkaisujen tarkempi perehtyminen ei tämän työn laajuuden puitteissa ollut mahdollista, mutta jatkossa katosrakenteista pystyisi tekemään oman opinnäytetyön. Lisäksi pumppaamorakennuksen rakennesuunnittelusta pystyisi tekemään oman opinnäytetyön, sillä se liittyy vahvasti täyttö- ja tyhjennyspaikkoihin.

Työssä onnistuttiin löytämään vastauksia rakennesuunnittelun kysymyksiin, joita ei ohjeissa ja standardeissa suoraan ilmaista. Detaljit ovat hyödyllisiä erityisesti sellaiselle suunnittelijalle, jolla on jo kokemusta laattojen suunnittelusta. Detaljeja olisi järkevää kerätä tulevien projektien varrelta, jotta voitaisiin kehittää suunnittelutyötä lisää. Haastetta toi työhön lisäksi olemassa olevan tiedon rajallisuus. Luotujen rakennedetaljien toimivuutta on vaikeaa todentaa, jonka vuoksi tässäkin työssä avainasemassa oli työn ohjaajan laaja tietotaito ja kokemus aihealueesta. Tärkeimpänä lähtökohtana rakenteiden toimivuudelle on kemikaaliturvallisuuslainsäädännön toteutuminen, mihin liittyy onnettomuuksien estäminen ja vaikutusten minimointi.

Henkilökohtaista osaamista työn tekeminen kerrytti erityisesti teollisuuden rakennesuunnittelusta, betonisista vuotojenhallintarakenteista, betonisista pohjalaatoista ja prosessiturvallisuuden varmistamisesta eri toimialojen näkökulmasta. Yleistä osaamista kehitti myös tiedon etsiminen, soveltaminen, toteuttamisen pohtiminen ja kokonaisuuden hahmottaminen teollisuuskohteen suunnittelussa.

## LÄHTEET

- Anttila, Vesa 2009. Betonin valinta. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2009. <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK090403.pdf>. Viitattu 17.1.2024.
- Auvinen, Jere 2024. Periaatekuva hoitotasoilla järjestetystä reitistä ajoneuvon päälle, jossa työskennellään putoamissuojaiden varassa. Piirustus 20.2.2024. Kuopio: Jere Auvisen kokoelmat.
- Auvinen, Jere 2024. Periaatekuva kiinteästä tai käännettävästä hoitotasosta, jossa ei tarvita valjaita. Piirustus 20.2.2024. Kuopio: Jere Auvisen kokoelmat.
- Auvinen, Jere 2024. Periaatekuva laitteita suojaavasta törmäysesteestä. Piirustus 20.2.2024. Kuopio: Jere Auvisen kokoelmat.
- BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. Suomen Betoniyhdistys ry 2018. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY 40 Betonirakenteiden pinnat/Luokitusohjeet 2021. Suomen Betoniyhdistys ry 2021. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY 45/BLY 7 Betonilattiat 2023. Suomen Betoniyhdistys ry 2023. 6. painos. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY 54/BLY 12 Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010. Suomen Betoniyhdistys ry 2010. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY 65 Betoninormit 2021. Suomen Betoniyhdistys ry 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY 67 Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016. Suomen Betoniyhdistys ry 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2016. Suomen Betoniyhdistys ry 2016. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- BY Betonitieto julkaisuaika tuntematon. Betonin kemialliset korroosiot. Verkkojulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-ominaisuudet-ja-valinta/betonin-sailyvyys/betonin-kemialliset-korroosiot.html>. Viitattu 6.2.2024.
- BY Betonitieto julkaisuaika tuntematon. Lisäaineet. Verkkojulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-aineet/lisaaineet.html>. Viitattu 17.1.2024.
- BY Betonitieto julkaisuaika tuntematon. Masuunikuona. Verkkojulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus/betonin-osa-aineet/seosaineet/masuunikuona.html>. Viitattu 6.2.2024.
- BY Betonitieto julkaisuaika tuntematon. Sementti. Verkkojulkaisu. <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/valmisbetoni/betonin-valmistus/betonin-osa-aineet-ja-niiden-kasittely/betonin-osa-aineet/sementti.html>. Viitattu 6.2.2024.
- Flood, Johanna 2018. Nestemäisten kemikaalivuotojen hallinta ympäristönsuojelun kannalta. Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 6/2018. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-663-1>. Viitattu 5.3.2024.
- Motiva 2021. Biopolttoaineiden lämpöarvoja. Verkkojulkaisu. Motiva.fi verkkopalvelu biopolttoaineiden lämpöarvoista. Päivitetty 2.11.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/tietolahteita/biopolttoaineiden\\_lampoarvoja](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/tietolahteita/biopolttoaineiden_lampoarvoja). Viitattu 14.2.2024.
- PSK 2703. 2008. Betonilattioiden pintakäsittely. Käyttösuositus prosessiteollisuudelle. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

- PSK 4701. 2020. Työskentelytasot, kulkutiet, portaat, suojakaiteet ja tikkaat. Hankinta. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.
- PSK 5601. 2018. Lattiakanaalit. 2. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.
- PSK 5602. 2018. Lattiakanaalien kannet. 2. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.
- SFS 3350. 2016. Palavien nestemäisten kemikaalien varastopaikka ja siellä olevat kemikaalien käsittelypaikat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 3353. 2019. Palavien kemikaalien tuotantolaitos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 3357. 2017. Palavien nestemäisten kemikaalien varaston sammutus- ja palontorjuntakalusto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1991-1-2+AC: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset 2016. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1991-1-7+A1+AC: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat 2014. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1992-1-1+A1+AC: Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1–1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt 2015. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1992-1-2+AC: Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1–2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus 2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 1993-1-2: Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–2: Rakenteen palomitoitus 2006. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 60079-10-2 Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 10–2: Tilaluokitus. Pölyräjähdyksivaaralliset tilat. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN IEC 60079-10-1: Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 10–1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksivaaralliset tilat. 2021. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14122-1: Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset. 2016. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14122-2: Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot. 2016. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14122-3: Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. 2016. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 14122-4: Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: Kiinteät tikkaat. 2016. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-käsikirja 59:2022: Räjähdyksivaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. 2022. 6. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2015. ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2015. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/kemikaalilaitokse>. Viitattu 7.3.2024.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2016. Prosessiturvallisuus ja sen mittaaminen. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2016. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/kemikaalilaitokset>. Viitattu 4.1.2024.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019. Kemikaalivuotojen ja sammutusjätevesien hallinta. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2019. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/kemikaalilaitokset>. Viitattu 5.3.2024.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021. Säiliöauton täyttö- ja tyhjennyspaikka. Kuva. Tukesin verkkosivut. <https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi>. Viitattu 9.2.2024.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021. Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi. Verkkojulkaisu. Tukes.fi verkkopalvelu Vaarallisten kemikaalien käsittelystä ja varastoinnista. Päivitetty 31.8.2021. <https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi>. Viitattu 5.3.2024.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisuaika tuntematon. Räjähdyksivaaralliset tilat. Verkkojulkaisu. Tukes.fi verkkopalvelu Räjähdyksivaarallisista tiloista. <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat>. Viitattu 6.3.2024.

Työterveyslaitos julkaisuaika tuntematon. OVA-ohjeet. Verkkojulkaisu. <https://ova.ttl.fi>. Viitattu 22.1.2024.

Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 21.5.2015/685. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150685>. Viitattu 19.1.2024.

Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 20.12.2012/856. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120856>. Viitattu 4.3.2024.

Van den Bosch, C.J.H; Duijm, N.J; Bakkum, E; Mercx, W.P.M; van den Berg, A.C; van Wees, R.M.M. & van Doormaal J.C.A.M. Methods for the calculation of physical effects – ‘Yellow book’. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2005. <https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS2/PGS2-1997-v0.1-physical-effects.pdf>. Viitattu 19.1.2024.

Ympäristöministeriön asetus rakenteiden onnettomuuskuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-7 07.11.2016/10 <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/42815>. Viitattu 4.3.2024.