

# **Kartläggning av kemikaliecisterner vid UPM:s cellulosafabrik i Jakobstad**

Isak Byskata

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2024

## EXAMENSARBETE

Författare: Isak Byskata  
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik (YH), Vasa  
Inriktning: Maskinkonstruktion  
Handledare: Tobias Ekfors (Yrkeshögskolan Novia),  
Johan Björk (UPM), Samuli Räsänen (UPM), Joni Kantola (UPM)

Titel: Kartläggning av kemikaliecisterner hos UPM:s cellulosafabrik i Jakobstad

---

Datum: 19.2.2024 Sidantal: 37 Bilagor: 5

---

### Abstrakt

Detta examensarbete behandlar granskningar av kemikaliecisterner samt kartläggningen av dessa hos UPM:s cellulosafabrik i Jakobstad. Syftet var att få en förbättrad överblick av den tillgängliga dokumentationen för cisternerna samt även att validera existerande dokumentation angående vilka cisterner som finns på fabriksområdet. Utöver detta var även syftet att skapa nya förfaranden för granskningar av kemikaliecisternerna för att förbättra på såväl arbets- som processsäkerhet.

Arbetet genomfördes genom rundgångar i fabriken för att verifiera cisternernas existens, sökningar i arkiv och ERP-system för att hitta granskningsdokumentation samt informationssökning i standarder för att ha en bas för upplägget av de nya granskningsförfarandena. Utöver detta genomfördes även intervjuer med cisternernas driftsövervakare.

Resultatet är ett dokument med all nödvändig information om cisternernas konstruktion och granskningar samt information angående tillgängligheten av relevant dokumentation. Utöver detta uppdateras även anvisningarna för granskningarna för att följa de nya fastställda förfarandena och en ny granskningsblankett för visuella granskningar skapas.

---

Språk: svenska

Nyckelord: kemikaliecisterner, cisterngranskningar, granskningsförfaranden

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Isak Byskata  
Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka (AMK), Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Koneenrakentaminen  
Ohjaaja(t): Tobias Ekfors (Yrkeshögskolan Novia),  
Johan Björk (UPM), Samuli Räsänen (UPM), Joni Kantola (UPM)

Nimike: Kemikaalisäiliöiden kartoitus UPM:n sellutehtaalla Pietarsaaressa

---

Päivämäärä: 19.2.2024 Sivumäärä: 37

Liitteet: 5

---

### Tiivistelmä

Opinnäytetyö käsittelee kemikaalisäiliöiden kartoitusta ja tarkastusmenetelmien päivitystä UPM:n sellutehtaalla Pietarsaaressa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda parempi yleiskuva kemikaalisäiliöiden määrästä sekä niiden dokumentoinnin tilanteesta ja saatavuudesta. Sen lisäksi tarkoituksena oli myös parantaa työturvallisuutta sekä prosessiturvallisuutta päivittämällä tarkastusmenetelmät.

Kartoitus tehtiin perinteisellä tavalla suorittamalla tehdaskierroksia ja niiden perusteella päivittämällä listattujen säiliöiden olinpaikat. Säiliöitä koskeva dokumentointi käytiin läpi niin ERP-järjestelmässä kuten tehtaan arkistossa, lisäksi tietojen täydentämiseksi suoritettiin haastattelu käytönvalvojille. Kartoituksen ja teorian perusteella päivitettiin tarkastusmenetelmät, jotka sisälsivät säiliöiden ryhmityksen riskiarvioinnin perusteella. Tarkastusohjeet päivitettiin uusien tarkastusmenetelmien mukaisesti ja myös tarkastuslomake päivitettiin.

Tuloksena syntyi kolme dokumenttia, yksi päluettelo mihin kaikki kemikaalisäiliöt ja niitä koskeva tieto on kerätty, yksi tarkastusohje ja viimeisenä päivitetty tarkastuslomake.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: kemikaalisäiliö, säiliöiden tarkastukset, tarkastusmenetelmät

## BACHELOR'S THESIS

Author: Isak Byskata  
Degree Programme: B. Sc. Mechanical Engineering  
Specialisation: Machine construction  
Supervisor(s): Tobias Ekfors (Novia University of Applied Sciences),  
Johan Björk (UPM), Samuli Räsänen (UPM), Joni Kantola (UPM)

Title: Survey of Chemical Storage Tanks at the UPM Pulp Mill in Pietarsaari

---

Date: 19.2.2024    Number of pages: 37    Appendices: 5

---

### Abstract

This bachelor's thesis covers the survey of the chemical storage tanks at the UPM pulp mill in Pietarsaari, additionally it covers the renewal of the inspection program and inspection methods. The purpose was to improve operational safety as well as to get a better overview of the current situation regarding what tanks are still operational and the status of their documentation.

The survey was done through physical surveying in the mill as well as through interviews with the people responsible for the operations of the chemical storage tanks. Information regarding the documentation of the tanks was searched for in both the physical archives and the ERP-system. Based on all the gathered information and the theory which was researched beforehand the inspection program was renewed using a risk-based approach. The standard form used to document the inspections was also updated.

The result is three documents, one master-list of all the chemical storage tanks and their associated data, one guidance-document for how and when inspections should be conducted and lastly one standard form to be used when inspecting the tanks.

---

Language: Swedish

Key words: Chemical storage tank, storage tank inspection, inspection method, survey

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte samt mål.....	1
1.3	Avgränsning.....	2
1.4	Företagsbeskrivning .....	2
2	Grundläggande teori.....	3
2.1	Kemikaliehantering i industrin .....	3
2.1.1	Kemikalier vid en cellulosafabrik.....	5
2.2	Kemikaliecisterner vid en cellulosafabrik.....	6
2.2.1	Kemicaliernas krav på material.....	7
2.2.2	Allmänt förekommande defekter hos kemikaliecisterner .....	8
2.3	Effektiva granskningsförlopp för att undvika olyckor .....	11
2.3.1	Tidsbaserad inspektion.....	11
2.3.2	Riskbaserad inspektion.....	12
2.3.3	Granskningsmetoder i praktiken.....	16
2.4	Informationsinhämtning .....	18
3	Metodik .....	20
4	Kartläggning.....	21
4.1	Genomgång av givet data.....	21
4.2	Genomgångar i fabriken.....	23
4.3	Intervjuer med driftsövervakare .....	24
5	Granskningar .....	25
5.1	Uppdatering av granskningsförfaranden .....	25
5.2	Uppdatering av granskningsbotten.....	30
6	Resultat.....	31
6.1	Dokument.....	31
6.2	Fastställda granskningsförfaranden .....	31
6.2.1	Granskningsförfaranden i praktiken .....	32
6.3	Allmänna rekommendationer .....	33
6.4	Resultatdiskussion.....	33
6.5	Kritisk granskning samt förslag till fortsatt forskning .....	34
7	Diskussion.....	35
	Källor .....	36

# 1 Inledning

Kemikalier är något som vi kommer i kontakt med dagligen, utan dem skulle det moderna samhället ej fungera. I synnerhet industrisektorn drar stor nytta av att använda kemikalier i sina processer. Ibland kan det dock krävas stora mängder ifall det är fråga om en processanläggning med hög produktionskapacitet. Detta innebär stora faror för såväl den omliggande miljön som den befolkning som bor runt fabriken. Således är det av yttersta vikt att de cisterner där kemikalier lagras hålls i så gott skick som möjligt.

I detta arbete behandlas kartläggningen av kemikaliecisternerna vid UPM:s cellulosa-fabrik i Jakobstad. Utöver detta redogörs även för granskningsmetoder samt den plan som uppgjordes för att förnya de förfaranden som är i kraft angående cisterninspektionerna.

## 1.1 Bakgrund

Granskningar av kemikaliecisterner har i tiderna skötts av en särskild avdelning vid UPM:s cellulosa-fabrik i Jakobstad. Denna avdelning finns dock inte mera vilket har lett till att granskningarna med tiden blivit mer ostrukturerade och således har helhetsöverblicken över cisternernas skick förlorats. Utöver detta har förändringar gjorts med tiden vilket innebär att existerande listor inte nödvändigtvis stämmer längre. Detta innebar att en kartläggning av cisternerna samt uppdatering av granskningsförfaranden var på sin plats och således beställdes detta som ett examensarbete.

## 1.2 Syfte samt mål

Syftet med detta examensarbete var att få en uppdaterad lägesbild över tillståndet hos kemikaliecisternerna på området samt dokumentationens tillgänglighet. Utöver detta uppdaterades granskningsförfaranden samt granskningsintervall. Genom detta förbättrades säkerheten för såväl personal som för processen. Målsättningen var att effektivisera granskningarna av kemikaliecisterner samt att få ett system som är genomförbart för den stora mängden cisterner som finns på fabriksområdet. Utöver detta var målsättningen även att skapa en ny granskningsblankett, tillhörande anvisningsdokument för granskningarna samt ett huvuddokument där relevant information angående cisternerna finns samlad.

### 1.3 Avgränsning

Arbetet avgränsas till icke-trycksatta kemikaliecisterner. Rörsystemen samt annan omkringliggande utrustning runt cisternen avgränsas också. Trycksatta kemikaliecisterner har sina egna bestämmelser och företaget har redan uppdaterad information, granskningsförfaranden samt dataintegritet för dessa. Samma sak gäller även för cisterner som inte har kemikalier men som är trycksatta.

Rörsystemen samt tillhörande komponenter avgränsas eftersom de är väldigt omfattande och hamnar således utanför ramarna för detta examensarbete. Rörsystemen är även i majoriteten av fallen trycksatta vilket leder till att även dom anses som tryckkärl och följer sina egna granskningsförlöpp.

### 1.4 Företagsbeskrivning

I Jakobstad har det funnits en cellulosafabrik sedan år 1935. Denna hette till först Pietarsaaren Selluloosa Oy men fusionerades år 1960 med Schauman-koncernen. Därifrån kommer även fabriken smeknamn som ännu till denna dag används i folkmun, "Schaumans".

Med åren byggdes även en pappersmaskin samt maskiner för specialprintning av papper. År 1988 fusionerades Oy Wilhelm Schauman Ab med Kymmene Oy och företaget fortsatte under namnet Kymmene Oy. År 1996 fusionerade Kymmene Oy med Repola Oy samt dess dotterbolag Yhtyneet Paperitehtaat Oyj, resultatet blev företaget som idag driver cellulosafabriken i Jakobstad, UPM-Kymmene Oyj. (UPM, 2024).

I dagens läge tillverkar fabriken endast cellulosa eftersom pappersmaskinen ägs av Billerud och specialpappersproduktionen ägs av Walki (Billerud, 2024; Walki, 2024). Den cellulosa som inte säljs till Billerud torkas och balas i de två tillgängliga torkmaskinerna för att sedan säljas som råvara. Såväl björk- som barrcellulosa tillverkas och kan vidareförädlas till special-, mjuk samt etikettpapper. Även kartong kan tillverkas från cellulosan. (UPM, 2024).

Fabriken har en årlig produktionskapacitet på 800 000 ton cellulosa och sysselsätter ca. 300 personer. Förutom cellulosa säljer man även ånga till fjärrvärmenätet samt el till stamnätet. (UPM, 2024).

## 2 Grundläggande teori

I detta kapitel behandlas den teori som ligger som grund för projektet, innehållet är relativt brett eftersom projektets art kräver en bas inom ett flertal områden. Först behandlas kemikaliehantering i dess allmänhet samt de lagar som styr hanteringen. Till näst följer en överblick över de kemikalier som förekommer i de största mängderna vid en cellulosafabrik. Sedan tas kraven på cisterner upp, här används finska standarder som botten. Sedan följer granskningsmetodik som baserar sig i EEMUA publikation 159 som i sin tur baserar sig på såväl europeiska samt amerikanska standarder. Nämda dokument innehåller ett stort antal korshänvisningar till varandra och som bas ligger ofta empiriska resultat från företagsvärlden. Således kan dessa anses som vettiga primärkällor. Utöver detta har relevanta forskningsartiklar samt annan facklitteratur använts där huvudkällorna inte har räckt till.

### 2.1 Kemikaliehantering i industrin

Kemikaliehantering är något som inom processindustrin är så gott som oundvikligt. Majoriteten av kemikalier har ofta någon utsträckning av skadliga egenskaper, således måste rutiner för såväl hantering av kemikalier som upplagringen finnas tillhanda. Basen för hur kemikalier skall hanteras bestäms i första hand av Finlands lagstiftning som tillämpas genom Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier 685/2015, Lag om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor 390/2005, samt Statsrådets förordning om säkerhetskraven vid industriell hantering och upplagring av farliga kemikalier 856/2012.

Definitionen av farliga kemikalier hittas från Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier (658/2015 § 3) genom en referering vidare till ett dokument uppgjort av Europeiska Kommissionen med namnet "Reference Document on Best Available Techniques on Emission from Storage". Detta dokument kallas även för CLP-förordningen och fungerar som ramverk för klassificering av farliga kemikalier inom EU. (European Commission, 2006; Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier 685/2015).



Det som det dock finns en avsaknad på i respektive förordning är en uttryckt definition på vad en kemikaliecistern är. Således kommer en kemikaliecistern inom av ramen av detta arbete definieras som en cistern som innehåller ett ämne som är klassificerat enligt CLP-förordningen.

Till näst i Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier (658/2015) definieras typerna av verksamhet samt tillhörande skyldigheter. Utgående från en tabell i förordningens bilaga III avgörs det ifall verksamheten anses som omfattande eller liten industriell hantering och upplagring. (Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier 685/2015). Liten industriell hantering är anmälningsskyldig vilket definieras i lagen om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor (390/2005 § 24) och innebär att en anmälan till räddningsmyndigheter skall göras. För omfattande industriell hantering måste enligt (390/2005 § 23) tillstånd för verksamheten sökas från Säkerhets- och kemikalieverket. (Lag om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor 390/2005, 2005).

Samma myndighet är även ansvarig för tillsyn och inspektion vilket beskrivs i lagen om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor (390/2005 § 26a). Utöver detta ska det även finnas en driftsövervakare för verksamheten, vid behov kan det finnas flera. Detta stipuleras i Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier (685/2015 § 12). Driftövervakaren är en ansvarsperson i enlighet med lagen om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor (390/2005 § 29) och måste således ha bevis på sin kompetens genom ett godkänt prov som ordnas av Säkerhets- och kemikalieverket. (Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier 685/2015; Lag om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor 390/2005, 2005).

Farliga kemikalier är inte endast farliga för människan utan även för naturen och således tillämpas även miljöskyddslagen (527/2014) vilket ställer krav på företaget ifall verksamheten är anmälningsskyldig. Det främsta kravet framkommer i § 8 där det bland annat lyfts fram att bästa tillgängliga tekniker alltid skall användas samt att relevant sakkunskap skall finnas inom organisationen för att förebygga läckage av kemikalier. (Miljöskyddslagen 527/2014).

Utöver detta ställer statsrådets förordning om säkerhetskraven vid industriell hantering och upplagring av farliga kemikalier (856/2012 § 63) krav på inspektioner genom att ställa krav på att verksamhetsutövaren ska säkerställa att samtlig utrustning för kemikaliehantering samt upplagring är hel och fungerande. (Statsrådets förordning om säkerhetskraven vid industriell hantering och upplagring av farliga kemikalier 856/2012).

Detta innefattar grunden för hur kemikaliehanteringen regleras i industrin, till näst behandlas de mest allmänt förekommande kemikalierna vid en cellulosafabrik samt deras egenskaper.

### **2.1.1 Kemikalier vid en cellulosafabrik**

I cellulosaprocessen förekommer ett relativt brett urval av kemikalier. Det som förekommer i dom största mängderna är lut, vilket kan uppträda i tre olika huvudformer. Dessa är: vitlut, grönlut samt svartlut. (CNBM International Pulp and Paper, 2024) Vitlut är den mest frätande kemikalien i och med dess höga pH-värde (Työterveyslaitos, 2024). Det används i samband med kokningen och har som uppgift att lösa upp ligninet i träflisen. I och med att ligninet löses upp och blandas med vitlutet fås en blandning som i sin tur kallas för svartlut. Detta svartlut indunstas (torkas m.h.a. ånga) sedan och reduceras till grönlut i en sodapanna. Grönluten i sin tur kausticeras sedan tillbaka till vitlut. (Bajpai, 2018).

Utöver detta utvinns även sidoprodukter vid indunstningen. Dessa är bland annat terpentin, metanol samt tallolja. (Pola, Collado, Oulego & Díaz, 2022) Bland dessa klassas bland annat terpentin samt metanol som en farliga kemikalier i och med att bägge har en stor brandrisk. (Työterveyslaitos, 2024). Efter kokningen behandlas cellulosan genom blekning för att åstadkomma den vita färg som önskas i slutprodukten. Blekningskemikalierna som används är bland annat klordioxid samt väteperoxid. (Bajpai, 2018) Bägge kemikalier är frätande och klordioxiden är utöver detta oxiderande och ifall den andas in i gasform är den livsfarlig. (Työterveyslaitos, 2024).

Till allt detta krävs en stor mängd vatten, dels till processånga, samt dels som processvatten. Detta innebär att det vid en cellulosafabrik även ofta finns ett vattenverk samt reningsverk som sköter om intag respektive utsläpp av processvatten. (Blanco, Hermosilla & Negro, 2016). I bägge processerna krävs farliga kemikalier. Dessa är utfallskemikalier för vattenreningen som kan bestå av olika järnsalter som är väldigt frätande (Crittenden, Howe, Hand, Trussel & Tchobanoglous, 2012) För vattenreningens del används såväl kalk som svavelsyra i processen för att reglera pH-värdet på vattnet (PolyProcessing, 2024). Kalken är lätt frätande men är ej med i CLP-förordningen medan svavelsyran är ytterst frätande och således klassad som farlig kemikalie. (Työterveyslaitos, 2024). Processångan som nämndes tidigare fås som en biprodukt från sodapannan och den uttjänata processångan kan sedan vidare användas till att ladda fjärrvärmenätet ifall ett sådant finns (Berntsson, Svensson, Jönsson & Moshfegh, 2008). I fjärrvärmenätet används även lut, här med funktionen att reglera pH-värdet på vattnet som kretsar i nätverket. (Dansk Fjernvarme, 2015).

## **2.2 Kemikaliecisterner vid en cellulosafabrik**

Cisterner kan förekomma i flera olika tillämpningar, således finns ett brett urval av typer som alla har sina egna krav på konstruktion samt underhåll. Beroende på vilken typ av cistern som används måste det avgöras vilka standarder som är relevanta. Vid referering tillbaka till kapitel 2.1.1. framkommer det att det finns en stor mängd olika kemikalier vid en cellulosafabrik, det som dock ännu måste tilläggas är skalan på upplagringen. Enligt (Gustavsson, 2007) används vanligen 3-5L vitlut per kg träflis, detta innebär att det för en cellulosafabrik med en kapacitet på 800 000 ton cellulosa per år (UPM, 2024) krävs stora cisterner för förvaringen av vitlut. Detta illustrerar även ganska bra den generella skalan som allting vid en cellulosafabrik har.

### 2.2.1 Kemikaliernas krav på material

Nu har det blivit klargjort för de kemikalier som förekommer samt deras egenskaper. Således följer nu kraven som finns på cisternerna utgående från tillgängliga standarder. Enligt SFS-EN 14015 (Suomen standardisoimisliitto (SFS) 2005) kapitel 6.2.1.2 skall det vid konstruktionen av en vätsketank väljas material som är beständigt för det ämne som skall lagras. I motsvarande amerikanska standard, API RP 575 (American Petroleum Institute (API), 2013), så framkommer de vanligaste materialen. Dessa är:

- Vanligt kolstål
- Rostfritt stål
- Aluminium
- Härdplast

Ifall en hänvisning görs tillbaka till de finska standarderna så kan materialets lämplighet jämt mot den förvarade kemikalien avläsas från till exempel tabell B2 i bilaga B hos SFS-EN 12285:2018 (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018). För stål fås ofta även kompatibilitetsdata från tillverkare, t. ex. Outokumpu har ett online-verktyg för att kontrollera materialets förmåga att motstå en vald kemikalie, verktyget hittas från (Outokumpu, 2024). Allmänna tabeller för korrosion hittas även från till exempel (EEMUA, 2017).

Som det nämndes i tidigare kapitel förekommer även stora mängder av lutvariationer vid en cellulosafabrik, i samtliga förekommer natriumhydroxid där svartlut har lägst koncentration och vitlut den högsta (CNBM International Pulp and Paper, 2024). Då man refererar till samma tabell som ovanstående så duger såväl kolstål som rostfritt stål till att lagra lut. Dock bör det påpekas att det då gäller rent lut vid normalt tryck samt temperatur (20 °C samt atmosfäriskt tryck). (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018).

Vilka defekter kan då uppkomma då dessa material används i cisterner? Detta är nästa sak som behandlas.

### 2.2.2 Allmänt förekommande defekter hos kemikaliecisterner

I processindustrin finns det många olika former av förhållanden som ger upphov till defekter. En samling på de vanligaste hittas ur API RP 571 (American Petroleum Institute (API), 2003) samt tabell E-1 i bilaga E hos EEMUA publication 159. Det första fenomenet som bör tas i beaktande är deformationsåldring. Detta fenomen förekommer hos äldre kolstål (tillverkade före 1980) och uppstår som en följd av förhöjda mängder orenheter i stålet (EEMUA, 2017). Detta ger upphov till att sprickor bildas vilket i sin tur kan ge till sprödbrott. Detta innebär alltså att plötsliga frakturer kan uppstå hos äldre cisterner (American Petroleum Institute (API), 2003).

Även nyare i material kan defekter uppstå. Dessa kommer ofta i form av sprickor som uppstår som en följd av Low Cycle Fatigue (LCF) (EEMUA, 2017). Som namnet antyder så innebär fenomenet att materialet "trötts ut", alltså att materialbrott uppkommer, efter ett lågt antal lastcykler (Pineau, 2013). I cisterner framträder LCF främst i form av sprickor som sedan kan växa med tiden. Vilket slutligen leder till att cisternen i värsta fall kollapsar. (EEMUA, 2017).

Grunden som cisternen är byggd på kan även ge upphov till defekter i och med att marken sätter sig med tiden. Problem som kan uppstå är till exempel att röranslutningar förskjuts som i sin tur leder till läckage. Cisternen kan även sjunka ner i marken vid en kant vilket gör att regnvatten kan samlas och i korrosion uppkommer. (EEMUA, 2017).

Som det nämndes i föregående stycke kan korrosion uppkomma ifall regnvatten får samlas vid en nedsjunkning. Detta är dock inte den enda typen av fall där korrosion uppkommer. Den kan uppkomma i flera olika variationer och ställen på en cistern. De vanligaste korrosionstyperna hittas i EEMUA publication 159 (EEMUA, 2017) där de vanligaste typerna av korrosion som förekommer hos kemikaliecisterner listas upp. Dessa är:

- Generell korrosion samt gropfrätning
- Spaltkorrosion
- Galvanisk korrosion
- Spänningskorrosion
- Mikrobiologisk korrosion

Bland dessa är gropfrätning den mest kritiska typen att vara uppmärksam för. Gropfrätning är ett korrosionsfenomen som förekommer på extremt små områden och som således är väldigt svårupptäckt. Korrosionens fysiska uttryckande är små gropar och dessa gropar växer med tiden. Groparna kan ge upphov till sprickor i materialet och således leda till katastrofala haverier ifall defekten inte upptäcks i tid. (Akpanyung & Loto, 2019).

Spaltkorrosion innebär korrosion som uppstår då en materialavlagring bildar en skyddande skorpa med en miljö under som möjliggör korrosion. Detta kan till exempel uppstå i flänsar mellan en packning och flänsen. Korrosionen kan också uppstå under avlagringar som uppkommit från det lagrade mediet. (EEMUA, 2017).

Galvanisk korrosion förekommer där två olika metaller är installerade parallellt med varandra. Detta kan till exempel vara en bult av vanligt kolstål som håller ihop flänsar tillverkade i rostfritt stål. Korrosionen sker som en konsekvens av potentialskillnaden i de två materialen och således fås en reaktion där det ena fungerar som anod och det andra som katod. (EEMUA, 2017).

Spänningsprickkorrosion innefattar sprickbildning i materialet p.g.a. förhöjda materialspänningarna. Dessa kan komma från reparationsarbeten såsom slipning och svetsning men även från det att korrosionsprodukter samlas i redan existerande sprickor. (EEMUA, 2017).

Mikrobiologisk korrosion är korrosion som uppstår på grund av mikroorganismer som överlever i krävande förhållanden med temperaturer på upp till 99 grader Celsius samt pH-värden inom intervallet 0–10,5. Organismen är ofta en kombination av flera sorters bakterier. Bland bakterierna finns det bland annat metalloxiderande-, sulfatreducerande-, syraproducerande- samt metallreducerande bakterier. Korrosionen inträffar då bakterierna har fått fäste på ett specifikt ställe och skapar gynnsamma förhållanden för korrosionen att uppstå. (EEMUA, 2017).

Eftersom det i processen ofta är frågan om vätskor med höga temperaturer (till exempel vid indunstning som behandlas i kap 2.1.1) kan isolering runt cisternen förekomma. Denna isolering kan ge upphov till korrosion under isoleringen, detta nämns i EEMUA publication 159. Dock beskrivs inte korrosionsmekanismen. Dess förklaring hittas i (De Vogelaere, 2008), i praktiken handlar det om kondensation av fukt som skapas av temperaturskillnaden mellan cisterninnehållet och omgivningen. På grund av isoleringen kan kondensen inte rinna bort vilket med tiden ger upphov till korrosion. Utöver detta kan även regnvatten läcka in ifall isoleringen är skadad, vilket kan skapa ytterligare problem ifall regnvattnet är surt. (De Vogelaere, 2008; EEMUA, 2017).

Alla ovan beskrivna defekter inverkar även på den av tillverkaren specificerade förväntade livslängden. Denna kan förlängas med tidsenliga reparationer samt granskningar. Den kvarvarande livslängden kan beräknas m.h.a. tjockleksmätningar och extrapolering av materialets degradering utgående från mätningarna. (EEMUA, 2017).

För en övergripande förväntad livslängd finns ingen säker källa i och med det stora antalet variabler, men ett stort antal leverantörer av underhållstjänster är i alla fall överens om att 20 år en ganska säker livslängd. Vid optimala förhållanden kan den höjas till 40 år men då krävs effektiva granskningar samt reparationer. (ecorobotics, 2024; PALA, 2024).

## 2.3 Effektiva granskningsförlopp för att undvika olyckor

Det finns många olika typer av granskningsmetoder tillgängliga och den mest lämpliga metoden måste ofta väljas baserat på det som är mest praktisk genomförbart. Valet utgår även från den övergripande metodiken som företaget använder sig av för att granska kemikaliecisterner. Enligt Europeiska Kommissionens referensdokument (European Commission, 2006) finns det två huvudsakliga kategorier för uppföljning av skicket hos en cistern.

Dessa är en tidsbaserad approach till underhållet respektive en riskbaserad approach. Sedan refereras det vidare till två dokument som även framkommer i andra källor, dessa är EEMUA 159 samt API RP 653. Det förstnämnda är en publikation av The Engineering Equipment and Materials Users Association (EEMUA) som är baserad på såväl amerikanska som europeiska standarder. Det andra är en standard från American Petroleum Institute (API) som behandlar granskningsförfaranden samt andra saker som är relevanta till cisterner. Således kommer nu de två olika underhållssätten jämföras samt även de tillgängliga granskningsmetoderna, med de nämnda dokumenten som bas.

### 2.3.1 Tidsbaserad inspektion

Som det nämndes i ovanstående stycke så är tidsbaserad inspektion alltid schemalagd. För att definiera ett lämpligt granskningsintervall måste en mängd olika faktorer tas i beaktande. Dessa listas upp i API RP 653 (American Petroleum Institute (API), 2020) och innehåller bland annat:

- Den förvarade kemikalies egenskaper
- Utgångstillstånd
- Korrosionstolerans
- Cisternens konstruktion
- Cisternens placering i processen
- Myndighetsobligationer



Dessa är bland de mest centrala och lättast tillgängliga faktorerna. Det bör dock anmärkas att ovanstående lista inte är uttömmande, den fungerar snarare som en snabb överblick. Allmänna rekommendationer för inspektionsintervall hittas från bilaga B1 i EEMUA publication 159. Där en tabell finns för att bedöma grova inspektionsintervall utgående från vad som lagras samt en klimatfaktor. Det som dock behöver nämnas är att tabellen förutsätter att alla tre inspektionstyper tillämpas (dessa behandlas närmare i kapitel 2.3.3) samt att utgångsläget är en fullt fungerande och hel cistern. (EEMUA, 2017).

Exempelvis ger tabellen ett granskningsintervall på 3 månader för rutingranskningar, 5 år för in-service inspektioner och 15 år för out-of-service inspektioner ifall det gäller en lutcistern i arktiska förhållanden. (EEMUA, 2017).

Samtliga källor är dock överens om att någon form av riskbaserad metodologi måste tillämpas för att få fram lämpliga intervall samt att dessa ofta baserar sig väldigt mycket på empiriska erfarenheter. Tidsbaserade inspektioner kan således i dagens läge ses som något relativt daterat vilket styrks av SFS-EN 16991:2018 (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018) där följande står i introduktionen:

*” Since the late 1990s, inspection and maintenance approaches in industry have been globally moving from prescriptive, time-based towards risk-based ones. This trend has clearly been established by the wish to increase the on-stream production time, to reduce unscheduled downtime due to corrective maintenance, to avoid shutdown due to equipment failure and/or to reduce undesirable impacts on process safety.”*

Således kommer den riskbaserade inspektionsmetodologin behandlas till näst.

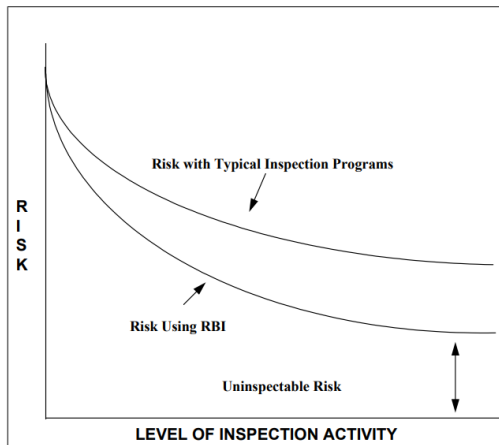
### **2.3.2 Riskbaserad inspektion**

Riskbaserad inspektion (RBI) är som namnet antyder en metodologi där det fokuseras mer på risker, riskanalyserna som hör till metodologin skall dock inte förväxlas med den riskbedömning som görs för en viss process, ofta kallad HAZOP. I stället kan analyserna som fås från RBI-processen ses som ett tillägg till riskanalysen för processen. Det som skiljer dessa två åt är att HAZOP fokuserar mer på driftsättet av en process medan RBI fokuserar på den mekaniska integriteten av komponenterna i processen. (American Petroleum Institute (API), 1999).

Fördelarna med processen är att komponenter med låg risk, närmare sagt cisterner med låg risk i kontext av detta arbete, kan identifieras och resurser prioriteras till mer kritiska cisterner. Således görs ekonomiska inbesparningar men även arbetssäkerheten kan höjas i och med att mera resurser läggs på de mer kritiska cisternerna. (American Petroleum Institute (API), 1999).

Utöver detta är ständig utveckling även en sak som intresserar företag i alla dess former. I och med att risker hela tiden bedöms finns även här möjligheter att dra till nytta den kunskap som fås från approachen. (American Petroleum Institute (API), 1999).

Nackdelen med denna approach är dock att det krävs en stor mängd information för att en korrekt riskbedömning skall vara möjlig. Utöver detta kan även oförutsedda händelser förbises vilket kan innebära risker för objekt som klassas som låg-risk objekt. Detta i och med att en oförutsedd händelse märkvärdigt kan höja på risknivån hos nämnda objekt och således havererar modellen. Således måste det tas i beaktande att allting ändå periodiskt måste inspekteras eftersom risk-nivån annars är allt för hög. Detta kan åskådas i figur 1 tagen ur API RP 580. (American Petroleum Institute (API), 1999).



Figur 1. Risk mot inspektionsintensitet, jämförelse av vanlig metodologi mot RBI. (American Petroleum Institute (API), 1999).

Vad innefattar begreppet risk då? Grunddefinitionen av risk är sannolikheten av en händelse kombinerat med konsekvensen av nämnda händelse. Till exempel en cistern-explosion är betingad med hög risk på grund av de grava konsekvenserna. Likaså så är det även en hög risk på mindre läckage på grund av den stora sannolikheten att sådana kommer förekomma. (American Petroleum Institute (API), 1999).

Utöver detta finns det flera aspekter av risk vars kombinationer kan tolereras i olika utsträckning. En liten läcka kan ha en liten risk vad det gäller arbets säkerhet men kan ha en stor ekonomisk risk ifall läckan innebär att tillverkningsprocessen måste stannas tillfälligt. På samma vis kan även inversen av förenämnda situation förekomma. (American Petroleum Institute (API), 1999).

Hur implementeras allt detta i praktiken då? Svaret till detta hittas i forskningsvärlden där ett flertal artiklar har blivit skrivna om implementationen av RBI. Den studie som nu ligger i fokus går under rubriken "Risk-Based Maintenance (RBM): A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance" och är skriven av Faisal I. Khan och Mahmoud Haddara. I studien tas två fall fram där en risk-baserad metodologi implementeras på en offshoreoljeplattform. Studien baserar sin riskbedömning på ASME SC6000 vars riskbedömning innehåller följande huvudsakliga moduler:

- Identifiering av risker
- Riskutvärdering
- Åtgärdsplanering

Processen som skall bedömas delas upp i mindre mer hanterbara enheter. För varje enhet går sedan modulerna igenom. Vid samtliga steg bedöms sedan risken utgående från en bedömningsmatris som kan skådas nedan. Skalan går från 1 till 6, där 1 är den högsta risken och 6 den lägsta. Risker mellan 3–6 anses som tolererbara risker. (Khan & Haddara, 2004).

Tabell 1. Riskbedömningsmatris.

<b>Sannolikhet för feltillstånd</b>					
Konsekvensernas allvarlighet	$10^0 > \text{Sannolikhet} > 10^{-2}$		$10^{-2} > \text{Sannolikhet} > 10^{-4}$		
	Beskrivning	Ofta förekommande (A)	Sannolikt (B)	Enstaka (C)	Osannolikt (D)
I	Katastrofisk	1	1	2	3
II	Kritisk	1	2	3	4
III	Marginell	2	3	4	5
IV	Försumbar	3	4	5	6

(Khan & Haddara, 2004).

För varje fall måste nivån på den acceptabla risken bestämmas. Vid riskidentifieringen handlar det om hur stor risk som tillåts för olika haveriscenarion. Till riskidentifieringen hör även en konsekvensbedömning. Där behandlas riskstorleken som tillåts för konsekvenser av haveriscenarion. Vid konsekvensbedömningen bestäms en skaderadie (egen översättning) som beskriver den area där egendomsskador samt akut giftighet förekommer som en följd av ett haveriscenario. Utgående från detta kan sedan hälsoeffekter hos personalen samt ekonomiska skador från produktionsbortfall beräknas. Skaderadien bestäms genom mjukvarusimuleringar som kan simulera explosionsförlopp samt gasspridning. (Khan & Haddara, 2004).

När riskerna samt deras konsekvenser har bestämts utvärderas dessa. Detta innebär att den acceptabla risknivån bestäms och erhållna riskvärden jämförs mot denna. Hur den acceptabla risknivån bestäms beror väldigt mycket på organisationens policy samt hur kritisk den bedömda processen är. Enheter som går över den acceptabla risknivån öronmärks och behandlas vidare i den sista modulen. (Khan & Haddara, 2004).

Den sista modulen innefattar åtgärdsplanering vilket innebär att åtgärder vidtas för att minska risken vid system som överskrider den acceptabla nivån. Risken bedöms sedan igen enligt föregående moduler och görs vid behov om igen. Risken reduceras alltså iterativt. (Khan & Haddara, 2004).

Slutresultatet är en helhetsöverblick över processen där delprocesserna med högst risk kan prioriteras. Detta innebär i praktiken vilka system som kommer ha kortast underhållsintervall. (Khan & Haddara, 2004).

Utöver ovanstående studie finns även ramverken utlagda i SFS-EN 16991:2018. Här finns samma steg som beskrivs i studien samt även ytterligare faktorer som kan tas i beaktande. Gemensamt för båda är dock att matriser är den huvudsakliga mekanismen för att bedöma risker. (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018).

I standarden tas även kraven på arbetsgruppen upp. Ifall en RBI skall implementeras fullständigt krävs en arbetsgrupp där det finns följande personer:

- En projektkoordinator
- En expert på skadefenomen samt deras orsaker
- En inspektionsexpert
- En processexpert för processen i fråga
- Finansiella, säkerhets samt andra experter enligt behov

Sammanfattningsvis kan det alltså konstateras att RBI är en väldigt omfattande process med många saker som måste tas i beaktande vilket även illustreras i kapitel 5.2 i standarden där alla krav som måste beaktas tas upp. (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018).

### **2.3.3 Granskningsmetoder i praktiken**

Då det kommer till granskningsmetoder nämner såväl Europeiska kommissionen (European Commission, 2006) som API (American Petroleum Institute (API), 2020) att en av de mest vitala delarna av granskningsförfarandet är ett standardiserat granskningsätt samt dokumentation av såväl granskning som åtgärder. Detta är något som måste hållas i åtanke oberoende vilken typ av granskning som görs.

Själva granskningsmetoderna beror på typen av granskning som görs, i Europeiska kommissionens referensdokument (European Commission, 2006) nämns tre huvudkategorier; rutininspektioner, in-service inspektioner samt out-of-service inspektioner. In-service innebär granskningar som är möjliga att genomföra då cisternen är i bruk och innefattar främst visuella granskningar av cisternen utsida. Out-of service innebär granskningar som är möjliga då cisterner ej är i bruk och i stället är tömd och sköljd. Till följande redogörs det noggrannare för vad detta innebär baserat på kapitel 4.1.2.2.2 i Europeiska kommissionens referensdokument (European Commission, 2006) samt kapitel 5 i EEMUA publication 159 (EEMUA, 2017).

Rutininspektioner innebär som namnet antyder den mest frekventa typen av inspektioner. Det är visuella inspektioner av cisternen samt omliggande område. Inspektionen görs av operatörer eller underhållspersonal. Fördelen med dessa inspektioner är att omfattande haverier snabbt kan upptäckas, nackdelen är dock att långsamma haverier lätt kan förbises. (European Commission, 2006).

Som det nämndes tidigare innefattar även in-service inspektioner visuella granskningar av cisternen utsida. Dock bör en distinktion göras mellan dessa två typer av granskningar. En in-service inspektion är mer omfattande och innefattar att inspektören går runt hela cisternen samt granskar den nerifrån upp. Externa komponenter som trappor och säkerhetsventiler konditionsgranskas och eventuella avvikelser dokumenteras. En annan skillnad är att inspektionen ofta görs av en on-site ingenjör eller skilt utnämnd granskningsgrupp. Utöver detta kan även mätningar göras, dessa består främst av ultraljuds- samt akustiska mätningar. Dessa ger inte tjockleksvärden men kan ge indikationer för vilka cisterner som skall prioriteras då det kommer till mer djupgående inspektioner vilka behandlas till följande. (EEMUA, 2017).

Out-of-service inspektioner innebär den största arbetsmängden. Beroende på den lagrade kemikalien kan tömnings- samt tvättningsprocessen för att få cisternen säkrad väldigt omfattande. Därför krävs bra schemaläggning, tidpunkten för granskningstillfällen dikteras baserat på vilken typ av inspektionsmetodologi som används. Granskningarna som görs innefattar cisternen såväl utvändigt som invändigt. Tankens tak samt botten undersöks samt svetsfogar vid rörinlopp. Extra fokus läggs på att hitta ställen med synnerligt djup korrosion för att kunna åtgärda dessa. (EEMUA, 2017).

För visuella granskningar görs en referering till SFS-EN 13018 (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2016). Där framkommer det att individen som granskar skall ha tillräckligt bra syn och granskningen ska göra på ett avstånd på upp till 600mm. Åskådningsvinkeln får ej heller överstiga 30 grader. Vid behov kan spegel användas eller alternativt kamera användas. Men ifall kamera används skall upplösning minst vara jämförbar med en direkt visuell observation. Utöver detta skall objektet som granskas vara tillräckligt belyst. En ljusstyrka på 160 lux krävs för övergripande granskningar och 500 lux krävs för granskningar på detaljnivå. (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2016).

Visuella granskningar räcker dock inte alltid nödvändigtvis till och då kan det krävas mer ingående NDT-undersökningar. NDT står för Non Destructive Testing och innefattar bland annat visuella samt akustiska mätningar som nämndes tidigare som lämpliga för in-service inspektioner. Det nämndes även att dessa inte gav tjockleksvärden för materialet. Vid out-of service inspektioner är det dock möjligt att använda sig av NDT-metoder som kan mäta materialtjockleken, ett exempel på detta är ultraljudsmätningar. (EEMUA, 2017).

För att upptäcka sprickor i material samt svetsfogar kan genomträngningsvätskor användas som ett hjälpmedel i samband med visuella granskningar. Utöver detta kan speglar samt blästringsutrustning för rengöring av det som skall granskas användas. (American Petroleum Institute (API), 2013).

## **2.4 Informationsinhämtning**

Den största utmaningen i ett större företag är att sammanställa information samt att hålla den uppdaterad. Många lärdomar från företagets operationer dokumenteras aldrig utan passeras vidare genom muntliga skolningstillfällen då nya individer skall ta över en roll. Detta innebär dock att informationen alltid är bunden hos en person och inte hos gruppen. Således är risken att information går förlorad relativt stor eftersom allting är odokumenterat. (Hariharan, 2015).

Då det tas i beaktande att detta kan vara fallet hos ett flertal personer med nyckelroller i organisationen syns snabbt storleken på den potentiella informationsmängden som skulle finnas tillhanda för hela organisationen. Detta i sin tur innebär även att stora tidsinbesparningar kan göras ifall information görs tillgänglig vilket innebär att den inte måste sökas fram varenda gång en ny person i gruppen vill få fram informationen i fråga. (Hariharan, 2015).

Ifall översättningen av den implicita kunskapen till explicit genomförs i form av intervjuer som i sin tur dokumenteras, bör grunden för god intervjuteknik läggas. Ofta är det frågan om stora informationsmängder vilket gör att "Interaction and the Standardized Survey Interview: The Living Questionnaire" skriven av Hanneke Houtkoop-Steenstra lämpar sig ypperligt som informationsbas för den processen.

Houtkoop-Steenstra går i boken väldigt djupt in på intervjuteknik så det som lyfts fram här är främst saker som är bra att ha i bakhuvudet vid genomförandet av intervjuer där formulär används för att samla in information. En viktig sak som måste hållas i åtanke under en intervju är att hålla allting standardiserat. Alla som blir intervjuade skall frågas exakt samma fråga samt ges samma svarsalternativ.

Ifall den intervjuade personen inte ger ett svar som fyller något av svarsalternativen måste intervjuaren ändra sin frågeställning för att få fram ett svar. När detta görs måste den omformulerade frågeställningen noggrant övervägas så att intervjuaren inte ställer en ledande fråga. Intervjuaren bör heller ej gå vidare innan ett godtyckligt svar har tillhandahållits. (Houtkoop-Steenstra, 2000).

Svarsalternativen i formuläret får heller inte vara allt för vaga. Alternativ såsom "många", "väldigt" samt "lite" är exempel på svarsalternativ som kan ha olika definitioner för olika personer. Samma sak gäller för hur frågorna formuleras. Formuleringen ska inte lämna rum för tolkningar i och med att även detta påverkar validiteten i svaren som fås från intervjun. (Houtkoop-Steenstra, 2000).



### 3 Metodik

Kartläggningen av kemikaliecisternerna gjordes i tre huvudsteg, det första var att gå igenom givet data i form av en Excel tabell och förfinas detta. Efter det steget verifierades listan med fysiska genomgångar i fabriken för att bekräfta att cisternen fanns samt att dess positionsdata var korrekt. När positionsdata var uppdaterat gjordes genomgångar i såväl ERP-system som arkivet för att redogöra för när senaste granskning hade genomförts samt även för att samla information om cisternernas konstruktion.

Efter detta genomfördes intervjuer med driftsövervakare. I dessa gick man igenom möjligheterna för granskning samt saker som man behöver ta i beaktande vid granskning. Detta gjordes enskilt för varenda cistern och informationen lades till i Excel tabellen för cisternerna.

Vid intervjuerna användes principerna från teorin för att få möjliggöra så effektiv informationsinhämtning som möjligt. När intervjuerna var genomförda skapades inspektionsgrupper för cisternerna och ett nytt dokument för granskningsförlopp skapades. Sedan definierades det även vad som skall granskas internt och vad som granskas av en tredje part.

All information som nämndes i ovanstående stycken samlades in eftersom den krävdes för att få en vettig utgångspunkt för uppdateringen av granskningsförloppen. Innan granskningsförloppen uppdaterades uppgjordes dock först en ny granskningsblankett med en existerande granskningsblankett som bas. Sedan utformades det en ny granskningsplan för cisternerna baserad på en kombinerad risk- samt tidsbaserad metodologi. Planen skrevs ner i form av en anvisning som också var baserad på en existerande dokumentmall.

## 4 Kartläggning

I detta kapitel beskrivs kartläggningsprocessen mer utförligt. Utöver detta lyfts även svårigheter som påträffades samt brister som uppdagades i samband med kartläggningen fram.

### 4.1 Genomgång av givet data

Hela processen började med att ett Excel-dokument tillhandahölls. I dokumentet fanns en komplett lista på alla cisterner som finns på fabriksområdet. Listan var kopierad från ERP-systemet och således fanns en hel del onödig information. Utöver detta var endast kemikaliecisternerna av relevans så det första steget var att filtrera data så det enda som fanns kvar var; Benämning, positionsnummer, driftövervakarens namn samt cisternens position.

Då detta var gjort började nya kolumner adderas i enlighet med det som ansågs relevant. Detta resulterade i att fyra kolumner adderades, dessa var: Tillverkningsmaterial, senaste inspektion, cisternbokens tillstånd samt tillverkningsår. När detta var gjort påbörjades informationsinhämtningen. Material samt tillverkningsår hittades från ritningar i ERP-systemet och en del cisternböcker samt granskningsdokumentation fanns även tillgänglig där.

Utöver ERP-systemet söktes det även efter samma information i det fysiska arkivet som fanns vid fabriken. Detta gjordes eftersom en del dokumentation, främst gällande de äldsta cisternerna, endast fanns i arkivet. Ett symbolsystem uppgjordes även för att göra informationen så korrekt som möjlig eftersom dokumentation var utspridd och ibland ofullständig. I tabell 2 kan beteckningar för granskningsdokument samt deras förklaringar åskådas.

Tabell 2. Beteckningar för granskningsdokument.

Granskningsdokument (XXXX = årtal)	
Dokument i ERP-systemet	S-XXXX
Dokument i arkivet	A-XXXX
Dokument hos driftövervakaren	K-XXXX
Ingen dokumentation	-

Utöver detta uppgjordes även ett symbolsystem för att beskriva var cisternböckerna fanns samt även hur kompletta dessa var. Detta symbolsystem kan åskådas i tabell 3.

Tabell 3. Beteckningar för cisternbokens tillstånd.

Cisternboks-beteckningar	
Finns i ERP-systemet	x
Finns i arkivet	*
Finns hos driftsövervakaren	+
Finns i ERP-systemet, bristfällig	y
Finns i arkivet, bristfällig	∩
Hittas ej	-

I och med genomgången uppdagades även vissa oklarheter samt missplaceringar, i och med detta skapades även ett färgschema för öronmärkning av cisterner som krävde extra uppmärksamhet. Denna åtgärd gjordes främst för att underlätta intervjuförloppet eftersom det annars skulle vara svårt att hålla en handfull cisterner i minne då en lista med hundratals cisterner skall gås igenom. I tabell 4 kan färgkoderna samt deras förklaring åskådas.

Tabell 4. Färgkodning för avvikande cisterner.

	Anmärkning
	Ej hittad
	Tryckkärl

I bilaga 1 förevisas en exempelmodell på excel-filens uppbyggnad med modifierat data på grund av sekretesskäl.

Dokumentet är även skapat på finska eftersom arbetspråket vid fabriken är finska och således ansågs det smidigast att skapa all dokumentation på finska för att smidigare kunna få feedback samt även senare öka användbarheten av samtliga dokument

## 4.2 Genomgångar i fabriken

Listan som hade skapats i Excel formaterades så att alla cisterner hamnade i grupper enligt den avdelning som de tillhörde. Listan printades sedan ut och togs med ut på fältet där cisternernas existens i fabriken bekräftades. Cisterner som inte hittades öronmärktes för att sedan tas upp i intervjuerna med driftsövervakarna.

Cisternernas position var angiven enligt stolparna i fabriken (se figur 2) vilket stundvis skapade svårigheter eftersom alla stolpar inte alltid var märkta eller så hade märkningen bleknat avsevärt med åren. Utöver detta fanns det inte alltid heller identifieringsskyltar på cisternerna vilket innebar att man hamnade se på till exempel nivåsensorer eller inkommande rörledning för att bekräfta att det var rätt cistern som hade hittats.



Figur 2. Stolpar i fabriken samt deras markeringar.

### 4.3 Intervjuer med driftsövervakare

Efter att listan hade blivit ifylld så långt som det gick med tillgänglig dokumentation skapades frågeställningar för att komplettera informationen. Fyra frågor formulerades och lades till som skilda kolumner i dokumentet. Detta innebar att alla frågor besvarades för varenda cistern. Frågorna som valdes var:

- Hur frätande är det lagrade ämnet?
- Behövs det byggställningar för att ha möjlighet att granska?
- När är det möjligt att granska?
- Hur kritisk för processen är cisternen?

Den första samt sista frågan ämnade för att ge en insikt i hur kritiskt det är att cisternen i fråga granskas och kan användas senare i samband med andra faktorer för att göra en grov riskbedömning. Behovet av byggställningar för granskningen är en sak som är relevant vid arbetsplaneringsskedet och likaså frågan om när det är möjligt att granska. Processen vid fabriken går kontinuerligt från en underhållsstagnation till en annan vilket gör att majoriteten av out-of-service inspektioner kan göras då. Dock kan det förekomma dagsstagnationer samt linjestagnationer vilket kan ge möjlighet till enstaka granskningar beroende på var i processen cisternen i fråga befinner sig.

Eftersom vaga svar ville undvikas (i enlighet med kapitel 2.5) var svarsalternativen för hur frätande ämnet är samt hur kritisk för processen en numerisk skala från 1–6 baserat på riskbedömningsmatrisen i kapitel 2.3.2. Utöver detta kontrollerades även behörigheten hos driftövervakarna eftersom det finns krav på deras kompetens (se kapitel 2.1). Bild på Excel-filen som användes kan åskådas i bilaga 2.

För att stärka kartläggningen ombads även driftövervakarna se över listan för att se ifall någon cistern var borttagen samt ifall någon cistern som var på den allmänna listan över cisterner kunde klassificeras som kemikaliecistern i enlighet med den definition som gavs i kapitel 2.1.

## 5 Granskningar

Med kartläggningen som grund kunde nu granskningsförfaranden i form av typ av granskning samt granskningsintervall uppdateras med hjälp av teorin. Utöver detta gjordes även försök till att skapa ett så genomförbart system som möjligt eftersom det lätt blir allt för tungrovt på grund av den stora mängden cisterner som bör granskas.

### 5.1 Uppdatering av granskningsförfaranden

Som man kan se i teorin (kapitel 2.3.2) är RBI väldigt omfattande och måste genomföras som ett större projekt där ett team med olika spetskompetenser används. Vid diskussioner med examensarbetets beställare gjordes därmed ett beslut att göra en hybridversion av RBI där en grov riskbedömning görs för att kunna prioritera cisterner med högre risk för läckage.

Utgående från intervju svaren i fråga 1 samt 4 i kapitel 4.3 samt ytterligare två andra risk-kategorier gjordes en grov riskbedömning. De två riskkategorierna som inte nämndes i kapitel 4.3 var sådana som kunde extraheras direkt ur det tillgängliga data. Dessa var risken baserat på cisternens ålder samt risken baserat på när cisternen senast hade blivit granskad. För att kunna räkna ihop samtliga kategorier användes även här en skala från 1–6.

Frågan från 4.3 angående processkritiskheten är en hopslagning av det som i en heltäckande RBI-implementering skulle göras som tre skilda moduler. Den innefattar risken för person-, material- samt ekonomiska skador. Detta gjordes eftersom arbetet annars skulle vara allt för omfattande.

För åldern användes empiriska erfarenheter från anställda på fabriken samt den information som framkom i kapitel 2.2.2 för att bestämma risken utgående från åldern. Riskvärden samt korresponderande ålder kan avläsas ur tabell 5.

Tabell 5. Risk baserat på ålder.

Ålder (år)	Risk
40	1
35	2
30	3
25	4
20	5
0	6

För tiden sedan senaste inspektion användes tabellen ur bilaga B1 i EEMUA 159 (vilket behandlas i kapitel 2.3.1). Detta resulterade i riskvärden som kan avläsas ur tabell 6.

Tabell 6. Risk baserat på tid sedan senaste granskning.

Senaste granskning (år sedan)	Risk
15	1
10	2
8	3
6	4
4	5
0	6

En matris där risken för ålder och tid sedan senaste granskning skapades sedan för få ett mellanvärde till riskbedömningen, denna riskvariabel kallades för "tidsrisk" och matrisvärden baserades på en extrapolering av riskbedömningsmatrisen från kap 2.3.2 samt uppbyggnaden på matriser i (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018). Bakgrunden till denna riskvariabel för risk är den tidsbundna egenskapen för korrosion, och som det framkom i kap 2.2.2 finns det ett brett val av korrosion samt andra defekter som kan uppkomma med tid. Således är det befogat att ha en hög risk för en icke-granskad och gammal cistern och låg risk för en nybyggd och nyligen granskad cistern. Matrisen kan åskådas i tabell 7. Risken för ålder är i den lodräta kolumnen och risken utgående från senaste granskning är i den vågräta raden.

Tabell 7. Tidsbaserad risk.

Tidsrisk							
Ålder/Senaste granskning		1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	2	2	3	4
2	2	1	2	2	3	3	4
3	3	2	2	3	3	4	5
4	4	3	3	4	4	5	6
5	5	4	4	5	5	6	6
6	6	5	5	6	6	6	6

En matris uppgjordes även för att bedöma risken för olika kombinationer av cisternmaterial samt risknivån hos den lagrade kemikalien. Som bas användes här såväl Outokumpus online-verktyg samt tabeller från (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2018).

Tabell 8. Materialrisk.

Materialrisk							
Material/Kemikaliens riskvärde		1	2	3	4	5	6
Musta		1	1	2	3	4	5
Musta (?)		1	1	2	3	4	5
Rosteri		2	2	3	4	5	6
Haponkestävä		3	3	4	5	6	6
Titan		3	4	4	5	6	6
Lasikuitu		3	3	4	5	6	6

När tidsrisken samt materialrisken hade beräknats kunde sedan kritiskheten för granskning bestämmas utgående från dessa två variabler. Tidsvariabeln tar i beaktande hur länge korrosion samt andra defekter kan ha grott och materialvariabeln tar i beaktande hastigheten för korrosionen. Eftersom detta är en ren riskbedömning används även här samma matris-struktur som för den tidsbaserade risken.

Tabell 9. Granskningskritiskhet.

Granskningskritiskhet							
Tidsrisk/Materialrisk		1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	2	2	3	4
2	2	1	2	2	3	3	4
3	3	2	2	3	3	4	5
4	4	3	3	4	4	5	6
5	5	4	4	5	5	6	6
6	6	5	5	6	6	6	6

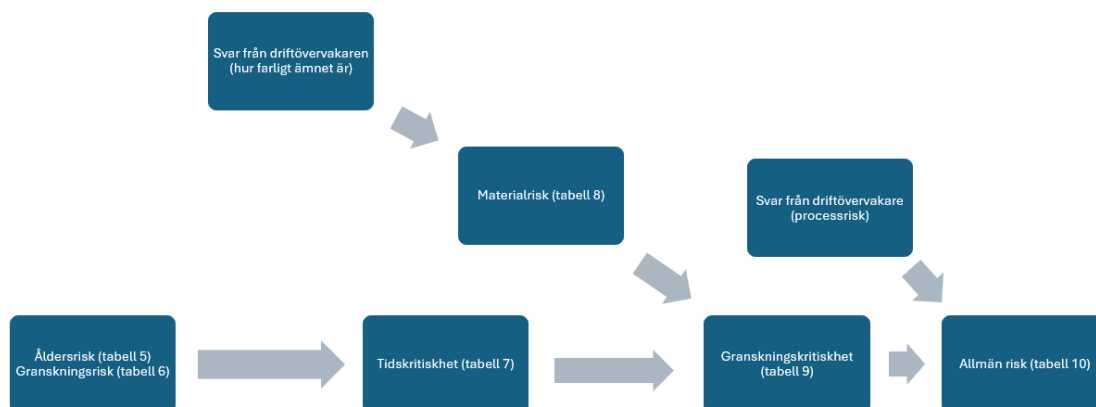


Resultaten från matrisen i tabell 9 ger en utgångspunkt för hur cisternerna ska prioriteras då granskningssystemet först tas i bruk. I fortsättningen kan en allmän kritiskhetsmatris användas, denna tar även i beaktande processrisken som beskrevs tidigare.

Tabell 10. Slutgiltig riskbedömning för cistern.

Processrisk./Gransk. risk	Allmän risk					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	2	3	4
2	1	2	2	3	3	4
3	2	2	3	3	4	5
4	3	3	4	4	5	6
5	4	4	5	5	6	6
6	5	5	6	6	6	6

Ovanstående riskbedömningar gjordes sedan för samtliga cisterner med hjälp av Excel där IF-villkor användes för att bestämma risk för ålder samt tid samt tid sedan senaste granskning. För matriserna användes INDEX- samt MATCH-funktionen. Utöver detta lades även conditional formatting på cellerna för att göra allting mer överskådligt. Resulterande riskbedömning kan åskådas i bilaga 4. I figur 3 illustreras processen för riskbedömningen samt vad som ligger som grund för matriserna.



Figur 3. Arbetsflödet för riskbedömningen.

Cisternerna grupperades sedan i enlighet med riskvärdet som tillhandahölls. Cisterner med risknivå 1 eller 2 lades i grupp 1, risknivå 3 och 4 i grupp 2 samt risknivå 5 och 6 i grupp 3. För grupp 1 bestämdes ett granskningsintervall på 4 år eftersom detta är det kortaste intervallet som är praktiskt möjligt. Fabriken har underhållsstagnationer vartannat år och med ett intervall på 4 år kan gruppen delas i två så att en mer hanterbar mängd kan granskas varenda stagnation.

Uppdelningen gjordes även för grupp 2 samt 3, vilket leder till att man sammanlagt får sex grupper som skall granskas. Intervallen för de två andra grupperna är 8 år för grupp 2 samt 12 år för grupp 3. Således hålls den maximala tiden mellan granskningarna inom den rekommenderade ramen utlagd av EEMUA och de jämna årtalen gör så att allting kan följa stagnationerna på ett relativt vettigt vis. I tabell 11 kan ett exempel på granskningsformat åskådas.

Tabell 11. Tidsschema för granskningar.

År	2024	2026	2028	2030	2032	2034
Grupp(er) som skall granskas	Grupp 1A Grupp 2A	Grupp 1B Grupp 3A	Grupp 1A Grupp 2B	Grupp 1B	Grupp 1A Grupp 2A	Grupp 1B Grupp 3B

Vid varje granskning skall en bedömning göras för när nästa granskning skall göras, ovanstående riskbedömning kan då användas och ifall det konstateras baserat på empirisk erfarenhet att det är möjligt att ytterligare förlänga granskningsintervallet kan cisternenen flytta till en granskningsgrupp med lägre risk.

På samma vis gäller även inversen för cisterner där större brister upptäcks, dock lades en rekommendation in på att reparationer skall utföras i sådana fall eftersom det riskbaserade systemet bygger på att tillräckliga åtgärder tas när situationen så kräver. Anledningen till att en bedömning skall göras är för att validera intervallen uppsatta på basis av riskbedömningen. Utöver detta kan oförutsedda händelser även ha orsakat en accelererad degradation av materialet vilket höjer cisternens prioritering i granskningsformat.

## 5.2 Uppdatering av granskningsbotten

Som rubriken antyder fanns det en existerande granskningsbotten. Den var dock ämnad för att printas ut, fyllas i och sedan antingen skannas in eller fyllas i igen i Word. Detta innebär en risk att ifyllda dokument inte kommer in till systemet och således lämnar granskningar odokumenterade.

En lösning som togs fram för detta var en Excel tabell som kan fyllas i på en surfplatta som tas med vid granskningen. Tabellen består av tre blad, det första bladet är själva granskningsformuläret där cisternens identifieringsnummer kan väljas från en dropdown-lista. Data till listan matas in på andra bladet. Detta gjordes eftersom det ofta är många cisterner som granskas på samma gång och således underlättar det att ha en lista med endast relevanta cisterner.

Utgående från det valda identitetsnumret fylls sedan avdelning, cisternens material samt namn in automatiskt med en VLOOKUP-funktion utgående från det tredje bladet där data för samtliga cisterner finns.

Listan på objekt som skall granskas fördes över från den ursprungliga mallen men ett svarsalternativ som lades till var "irrelevant". Detta i och med att cisternen som granskas inte alltid har alla de granskningspunkter som listas upp.

Nedanför granskningslistan finns sedan instruktioner för inspektionen som är baserade på kapitel 2.3.3. i teorin. Slutligen skapades ett tomt fält längst ner för att möjliggöra för bifogande av bilder som tas i samband med granskningen. Ett fält där tid tills nästa granskning finns också med, detta fält är här på grund av det som läggs ut i kapitel 6.2

Vid diskussioner med handledarna från UPM framkom det dock att det inte alltid är så lätt att få folk att använda tekniska hjälpmedel i sina arbetssätt och således gjordes även en helt blank mall för att möjliggöra så dokumentet kan printas.

## **6 Resultat**

I detta kapitel behandlas slutresultatet som åstadkoms, de dokument som levererades till uppdragsgivaren beskrivs och de allmänna rekommendationer som gavs lyfts även fram. Granskningsprocessen beskrivs även för att ge en överblick över var och hur dokumenten i fråga kommer användas.

### **6.1 Dokument**

Den slutgiltiga produkten av projektet blev tre dokument. Det första dokumentet innehåller all information gällande cisternerna, d.v.s. tillverkningsår, material, position, senaste granskning, dokumentation samt även när den kan granskas och ifall det behövs ställningar för granskningen, dokumentet kan åskådas i bilaga 5. Det andra dokumentet är granskningsdokumentet som kan åskådas i bilaga 3 och det tredje ett anvisningsdokument som innehåller de fastställda granskningsintervallerna samt även praktiska förfaranden. Det tredje dokumentet beskrivs närmare i kapitel 6.2.

### **6.2 Fastställda granskningsförfaranden**

I anvisningsdokumentet fastställs granskningsintervallen som behandlades i kapitel 5.1 utöver detta beskriver dokumentet även ansvarsuppdelningen mellan drift- samt underhållspersonalen. De praktiska åtgärderna som krävs behandlas även. De tre första kapitlen gällande allmänna saker behövs i sin originalutformning från utgångsdokumentet, medan de återstående 4 kapitlen fylldes på med mer specifik information angående granskningarna. Bland annat sådan information som det att det skall utnämnas en person eller grupp som ansvarar för att det förstnämnda dokumentet i kapitel 6.1 hålls uppdaterat samt en uppmaning att använda den uppdaterade granskningsblanketten. Dokumentet i sin helhet finns ej bifogat p.g.a. sekretesskäl. I kapitel 6.2.1 beskrivs de direktiv som finns med i sin korthet.

### 6.2.1 Granskningsförfaranden i praktiken

Här redogörs kort för det som står i anvisningarna samt hur granskningarna går till i praktiken. Processen börjar med att personen, utnämnd i enlighet med anvisningarna, som är ansvarig för master-listan (det förstnämnda dokumentet i kapitel 6.2) skickar ut avdelningsvisa listor på cisterner som skall granskas vid nästa stagnation till underhållsförmännen för avdelningarna.

Utgående från listorna ser förmännen ifall ställningar behövs och gör beställningar på dessa enligt behov. I detta skede bestäms även hur omfattande granskning man använder sig av, ofta bottnar detta sig i hur mycket pengar som finns tillgängligt. Enligt anvisningarna skall man så ofta som möjligt använda sig av tjockleksmätningar men ifall man måste prioritera så prioriteras de cisterner med längre tidsintervall eftersom man då får vägt upp risken något även fast detta kan höja risken hos cisternerna med kortare intervall men det är en kompromiss som måste göras helt enkelt.

Beställningar till leverantörer av tjockleksmätningar görs således till näst och till driftövervakarna meddelas om vilka cisterner som skall granskas. Enligt anvisningarna skall sedan driftövervakarna se till att säkerhetsfrånskiljning, tvättning av cisternen samt gasmätningar schemaläggs till inspektionstidpunkten. Vid behov kan även ansvaret för att bestämma typen av inspektion ges över till driftövervakaren.

När granskningen ska genomföras gör driftpersonalen säkerhetsfrånskiljning, tvättning samt säkerställer att gasmätning utförs, efter detta utfärdas ett arbetstillstånd och ställningar byggs vid behov av en utomstående leverantör. Ifall tjockleksmätningar skall göras gör sedan en utomstående leverantör mätningarna och rapporterar resultaten. Baserat på resultaten bestäms tidpunkt för nästa granskning. Detta görs för att möjliggöra flexibilitet ifall oväntade defekter upptäcks och noggrannare måste följas med.

Ifall endast en visuell granskning skall göras görs den av endera driftövervakaren eller annan lämplig person som är bekant med de defekter samt vanliga ställen där korrosion förekommer i cisternen i fråga. Vid granskningen används granskningsblanketten som återfinns i bilaga 3.

Granskningsblanketten från den visuella granskningen matas sedan in i ERP-systemet med eget metadata för att göra den lätthittad i ett senare skede. Slutligen uppdateras masterlistan så att granskningsdatum hålls aktuella. Detta görs av personen eller personerna ansvariga för listan.

### **6.3 Allmänna rekommendationer**

Utöver rekommendationer för granskningen gjordes även rekommendationer angående åtgärder för dokumentationen. Enkla brister som avsaknaden av identifieringsskyltar på vissa cisterner påpekades även. I och med att riskbedömningen som gjordes här var väldigt grov skulle det även löna sig att göra en heltäckande riskbedömning m.h.a. av en arbetsgrupp för att få ett så optimerat underhållssystem som möjligt. Detta fördes även fram till uppdragsgivaren.

### **6.4 Resultatdiskussion**

Resultaten som tillhandahölls uppfyllde målsättningen, beställaren ville få en kartläggning gjord samt ett uppdaterat sätt att granska sina cisterner på, alla dessa punkter uppfylldes. Riskbedömningen är även uppbyggd så man ändra på värden och även använda den fortlöpande och slopa grupperingen. Dock är det i det fallet rekommenderbart att ytterligare riskbedömningar görs, men samma matriser kan användas vilket underlättar den processen. Således finns åtminstone ett robust ramverk att utveckla ifall beställaren så anser.

En helt tidsbaserad approach skulle säkerligen också ha varit möjlig att implementera men då skulle man hamna att basera sig betydligt mer på empiriska erfarenheter eftersom det är ytterst svårt att hitta facklitteratur samt standarder för en strikt tidsbaserad approach. Således var valet av en riskbaserad approach mer eller mindre framtvingat, dock var detta till fördel eftersom det fanns en bra mängd källor för den riskbaserade metodologin och den gick ändå ganska smidigt att omforma till den hybridversion som åstadkoms i detta arbete.

En annan sak värd att påpeka är symbolsystemet som uppgjordes för att återge tillståndet hos cisternboken. Symbolerna är relativt arbiträra och kan inte förstås utan en förklaringstabell så som den i tabell 3. Valet att använda dessa föll på det att ifall ordförkortningar skulle ha blivit använda skulle det ha tagit mer tid att fylla i information jämfört med då endast en symbol matades in. Systemet går dock lätt att ersätta med "sök och ersätt" funktionen i Excel ifall beställaren anser att ett annat system vore bättre.

I skrivande stund är riskkartläggningen inte komplett eftersom en del svar från driftövervakare ännu saknas, detta är dock inget större problem eftersom ramverken är utlagda och således måste endast data matas in i Excel och sedan fås den slutgiltiga riskbedömningen och grupperingen av cisternerna.

## **6.5 Kritisk granskning samt förslag till fortsatt forskning**

Ifall man skall granska arbetet kritiskt så kan det påpekas att riskbedömningen säkerligen kunde ha gjorts mera robust, men eftersom det finns en stor risk att arbetet skulle ha blivit oproportionerligt stort anser jag att den är tillräcklig för att åtminstone ge riktgivande värden. Empiriska erfarenheter från systemet får utvisa dess effektivitet. På grund av den stora mängden cisterner kan det även vara möjligt att någon cistern som skulle klassificeras som kemikaliecistern missades under arbetets gång. Utöver detta kanske det var en aning optimistiskt att tro att en digitaliserad granskningsblankett kommer att användas heltäckande.

Vad det gäller fortsatt forskning så är digitaliseringen alltmer närvarande hos dagens företag, således skulle möjligheten att direkt ladda upp granskningsdokument till ERP-systemet från till exempel en surfplatta vara något värt att undersöka. Detta skulle avsevärt spara tid samt säkerställa att dokumentation faktiskt kommer ända fram till ERP-systemet.

Utöver detta kunde även ett liknande system implementeras för de cisterner som inte lagrar farliga kemikalier eftersom även dessa är viktiga att hålla intakta ifall man vill att processen skall fungera optimalt. Slutligen kunde det även vara en idé att göra en snäppet djupare dykning ner i riskbedömningen för att få en mer detaljerad bild över riskerna och således ett mer optimalt system.

## 7 Diskussion

Nästan alla steg i processen togs dubbelt då man insåg att det fanns bättre sätt att göra saker på och man hamnade börja om. Detta kunde stundvis vara frustrerande men med facit i hand var det värdefulla lärdomar. Den första versionen av något är sällan den bästa, fast hur mycket man än försöker. Således har jag nu lärt mig att vara mer accepterande av den iterativa processen.

Att hitta en stadig bas för teorin i arbetet var inte så svårt men att fördjupa sig i såväl nationell- som EU-lagstiftning kunde stundvis skapa sin beskärda del huvudbry. Utöver detta var det även mycket arbete med att komprimera något så stort som RBI för att rymmas i ett examensarbete. Men även fast det var mycket arbete var det väldigt givande, man fick en förbättrad förståelse på hur både lagtext och standarder är uppbyggda och navigeringen av dessa i framtiden kommer gå märkvärt smidigare. Det bör även nämnas att saker som till exempel kemikaliehantering är ett väldigt djupgående ämne och således är teorin inte heltäckande utan den skall snarare ses som övergripande.

I sin helhet gick dock arbetet smidigt. Detta till stor del tack vare den hjälpsamma personalen på fabriken. Många lärdomar tillhandahölls och jag är säker på att jag kommer ha nytta av dessa lärdomar då jag småningom kliver in i arbetslivet.

Slutligen vill jag konstatera att målen uppnåddes och jag är nöjd med slutresultatet. Jag vill tacka mina handledare från såväl UPM som skolan, utan dessa skulle ett projekt av denna art inte ha varit genomförbart.



## Källor

- Akpanyung, K. V., & Loto, R. T. (2019). Pitting corrosion evaluation: a review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378.
- American Petroleum Institute. (1999). API RP 580. Washington: API Publishing Services.
- American Petroleum Institute. (2003). API RP 571. Washington: API Publishing Services.
- American Petroleum Institute. (2013). API RP 575. API Publishing Services.
- American Petroleum Institute. (2020). API RP 653. Washington: API Publishing Services.
- Bajpai, P. (2018). *Biermann's Handbook of Pulp and Paper*. Kanpur: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/C2017-0-00513-X>
- Billerud. (16.2.2024). Hämtat från billerud.com: <https://www.billerud.com/about-us/our-production-units/jakobstad>
- Blanco, A., Hermosilla, D., & Negro, C. (2016). Water Reuse Within the Paper Industry. *The Handbook of Enviromental Chemistry*, 223.
- CNBM International Pulp and Paper. (8.1.2024). *paperpulpingmachine.com*. Hämtat från <https://www.paperpulpingmachine.com/introduction-to-liquor-of-paper-pulping/>
- Dansk Fjernvarme. (2015). *Recommendations Water Treatment and Corrosion Prevention*. Dansk Fjernvarme.
- De Vogelaere, F. (2008). Corrosion under insulation. *Process Safety Progress*, 30-35.
- ecorobotics. (29.1.2024). Hämtat från [www.ecorobotics.com](http://www.ecorobotics.com): <https://ecorobotics.com/how-to-increase-industrial-storage-tank-life-expectancy/>
- EEMUA. (2017). *EEMUA Publication 159 Edition 5*. London: The Engineering Equipment and Materials Users Association.
- European Comission. (2006). *Reference Document on Best Available Techniques on Emission from Storage*. European Commission.
- Gustavsson, M. (den 4 26 2007). The Significance of Liquor-to-Wood Ratio on the Reaction Kinetics of Spruce Sulphate Pulping. *Masters Thesis*, 17. Hämtat från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:6539/FULLTEXT01.pdf>
- Hariharan, A. (2015). *The Strategic Knowledge Management Handbook : Driving Business Results by Making Tacit Knowledge Explicit*. ASQ Quality Press.
- Houtkoop-Steenstra, H. (2000). *Interaction and the Standardized Survey Interview: The Living Questionare*. Cambridge Universty Press.
- Howe, K. J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trussel, R. R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Principles of Water Treatment*. John Wiley & Sons, Incorporated.

- Khan, F. I., & Haddara, M. (2004). Risk-Based Maintenance (RBM): A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance. *Process Safety Progress*, 252-265.
- Lag om säkerhet vid hantering av farliga kemikalier och explosiva varor 390/2005. (2005). Hämtat från finlex.fi
- Miljöskyddslagen 527/2014. (u.d.). Hämtat från finlex.fi
- Outokumpu. (23.1.2024). Hämtat från www.outokumpu.com:  
<https://www.outokumpu.com/en/products/steel-finder>
- PALA. (29.1.2024). Hämtat från www.palagroup.com:  
<https://www.palagroup.com/what-is-the-average-aboveground-fuel-storage-tanks-life-expectancy/>
- Pineau, A. (2013). Low-Cycle Fatigue. i A. Pineau, *Fatigue of Materials and Structures; Fundamentals* (ss. 113-177).
- Pola, L., Collado, S., Oulego, P., & Díaz, M. (2022). Kraft black liquor as a renewable source of value-added chemicals. *Chemical Engineering Journal*.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137728>
- PolyProcessing. (30.1.2024). Hämtat från blog.polyprocessing.com:  
<https://blog.polyprocessing.com/blog/effective-wastewater-treatment-chemical-storage>
- SFS. (2005). SFS-EN 14015. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS. (1.3.2016). SFS-EN 13018. Suomen Standardisoimisliitto SFS .
- SFS. (2018). SFS-EN 12285:2018. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS. (04.05.2018). SFS-EN 16991:2018.
- Statsrådets förordning om säkerhetskraven vid industriell hantering och upplagring av farliga kemikalier 856/2012. (u.d.). Hämtat från finlex.fi
- Statsrådets förordning om övervakning av hanteringen och upplagringen av farliga kemikalier 685/2015. (u.d.). Hämtat från finlex.fi
- Svensson, I.-L., Jönsson, J., Berntsson, T., & Moshfegh, B. (2008). Excess heat from kraft pulp mills: Trade-offs between internal and external use in the case of Sweden—Part 1: Methodology. *Energy Policy*, 4178-4185.
- Työterveyslaitos. (18.1.2024). *OVA-Ohjeet*. Hämtat från www.ova.ttl.fi:  
<https://ova.ttl.fi>
- UPM. (16.2.2024). UPM intra-nät.
- UPM. (5.1.2024). *upmpulp.com*. Hämtat från <https://www.upmpulp.com/pulp-production/>
- Walki. (16.2.2024). Hämtat från walki.com:  
<https://www.walki.com/aboutus/plants.html>





Blankett för visuella granskningar (roterad till höger för läsbarhet)

A	B	C	D	E	F	G
1	<b>SILMÄMÄÄRÄINEN TARKASTUSLOMAKE</b>					
2	Päivämäärä		Rakennemateriaali			Musta
3	Toimintopaikka	PIE1-M-077415	Osasto	MKK	KK1	
4	Nimi	KK1 HYDRAULIKESKUS	Seuravaa tarkastus			
5	Tarkastaja		Allekirjoitus			
6	Tarkastus	Tulos (ok/ei/-)				Huomautus
7	Korroosio					
8	kuluminen					
9	Säröt					
10	Lommot ja painumat					
11	Hitsisaumat					
12	Venttiilit ja varusteet					
13	Palkeet					
14	Maadoitus					
15	Kannakkeet					
16	Kiintopisteet					
17	Jousikannakkeet					
18	Eristys					
19	Sähkösaatto					
20	Putkistomerkinnot					
21	Varustemerkinnot					
22	Laitetietojen tarkastus					
23	Laippaliitoksien kunto					
24	<b>TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET</b>					
25						
26	Tarkastuksen tyyppi:		Allekirjoitus			
27						
28	Tarkastettu alueet	Lattia	Vaiippa	Valitse		Kuvat liitetään rivillä 35!
29						
30			<b>Tarkastus tehdään SFS-EN 13018 mukaisesti!</b>			
31	Valaistus on oltava minimi 160 lx jos on yleinen tarkastus.					
32	Yksityskohtainen tarkastus vaatii 500 lx.					
33	1 lx = 1 lumen/m <sup>2</sup>					
34	Jos tarkastus tehdään endoskooppilla tai vastaavalla tarkastuksen tyyppi on etä					
35	Suora tarkastus vaatii <600mm läheisyys ja maksimi 30 asteen näkökulma					

Excel-blad för riskbedömning (roterad till höger för läsbarhet)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Toimintopaikka															
	Materiaali															
	Tarkastusvuosi															
	Ilman koodi															
	Years since last inspektion															
	Valmistusvuosi															
	Ikä															
	R. Ikä															
	R. Tark.															
	R.aine															
	R.Kriit.															
	Kulutuskriittisyys															
	Aikakriittisyys															
	Tarkastuskriittisyys															
	Yleinen kriittisyys															
	Tarkastusryhmä															
PIE1-M-099413	Rosteri	S-2022	2022	2,00	2003	21,00	5	6	1	2	2	2	6	5	5	3
PIE1-M-088414	Musta	S-2017	2017	7,00	1980	44,00	1	4	1	1	1	1	2	1	1	1
PIE1-M-077415	Musta	A-2016	2016	8,00	1999	25,00	5	4	6	4	5	5	5	6	6	3
PIE1-M-066416	Haponkestävä	S-2020	2020	4,00	2007	17,00	6	6	3	2	4	4	6	6	6	3
PIE1-M-055417	Musta	S-2018	2018	6,00	2009	15,00	6	5	5	2	3	1	6	5	5	3
PIE1-M-044418	Rosteri	S-2019	2019	5,00	1997	27,00	4	5	4	4	5	4	5	5	5	3
PIE1-M-033419	Lasikuitu	S-2021	2021	3,00	2015	9,00	6	6	1	1	1	3	6	6	5	3

## Huvudlista för cisterner (roterad till höger för läsbarhet)

Toimintopaikka	Nimi	Osasto	Käytönvalvoja	Tarkempi osasto	Sijanti	Materiaali	Viime inspektointi	Säiliökirja	Valmistusvuosi	Tarkastusryhmä	Telinetarvetta	Milloin voi tarkastaa
PIE1-M-099413	Kemikaalisäiliö 1	MTO	Käytönvalvoja 1	Hahhduttamo	A-B +2,8m	Rosteri	S-2022	x	2003	3B	Kyllä	Seisokki
PIE1-M-088414	Kemikaalisäiliö 2	MSA	Käytönvalvoja 2	Valkaisu	H-J +14,8m	Musta	S-2017	*	1980	1A	Ei	Linjaseisokki
PIE1-M-077415	Kemikaalisäiliö 3	MKK	Käytönvalvoja 3	KK1	O-P +2,8m	Musta	A-2016	*	1999	3A	Ei	Päiväseisokki
PIE1-M-066416	Kemikaalisäiliö 4	MTO	Käytönvalvoja 1	Soodakattila	F-G +2,8m	Haponkestävä	S-2020	x	2007	2A	Kyllä	Seisokki
PIE1-M-055417	Kemikaalisäiliö 5	MTO	Käytönvalvoja 4	Soodakattila	K-L +14,8m	Musta	S-2018	x	2009	3A	Kyllä	Seisokki
PIE1-M-044418	Kemikaalisäiliö 6	MKK	Käytönvalvoja 3	KK1	M-N +2,8m	Rosteri	S-2019	y	1997	3B	Ei	Seisokki
PIE1-M-033419	Kemikaalisäiliö 7	MSA	Käytönvalvoja 2	Keittämö 1	E-F +2,8m	Lasikuitu	S-2021	y	2015	3B	Ei	Seisokki