

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PEITTAUSTILAN SUUNNITTELU

Designing of a Pickling Area

TEKIJÄ/T Santeri Vihtala

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Santeri Vihtala			
Työn nimi Peittaustilan suunnittelu			
Päiväys	31.5.2023	Sivumäärä/Liitteet	47
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pro-Tot Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää peittaustilan käyttöönoton ja käytön kannalta oleelliset ympäristö- ja turvallisuusvaatimukset, suunnitella tilalle layout sekä testata esiselvitysprojektissa valikoitua peittaushappoa. Tavoitteena oli myös ottaa suunnittelussa huomioon standardien SFS-EN ISO 14001 ja SFS-EN ISO 45001 tuomat vaatimukset.</p> <p>Opinnäytetyötä pohjustettiin esiselvitysprojektilla, jossa perehdyttiin peittauksen sekä elektrolyyttisen kiillotuksen teoriaan, vertailtiin eri peittaushappojen ominaisuuksia ja selvitettiin peittaustilan laitteiston vaatimuksia. Esiselvityksessä kerättyä aineistoa hyödynnettiin opinnäytetyössä. Opinnäytetyössä tehtiin ensin selvitys vaarallisia kemikaaleja käsittelevän yrityksen velvollisuuksista ympäristön sekä työntekijöiden turvallisuuden kannalta, jonka jälkeen näiden tietojen pohjalta suunniteltiin peittaustilan prosessin kulku sekä layout. Lopuksi esiselvitysprojektissa valikoitua happoa testattiin niin peittaukseen kuin myös elektrolyyttiseen kiillotukseen.</p> <p>Työn tuloksena toimeksiantajayritys sai kattavan selvityksen peittaustilan ympäristö- sekä turvallisuusasioista. Selvityksen ansiosta peittaustilan rakentamisen tullessa ajankohtaiseksi, on huomioon otettavat seikat jo dokumentoitu. Yritys sai myös alustavan suunnitelman peittausprosessin kulusta sekä peittaustilan layoutista. Peittaustestin tuloksena tultiin johtopäätökseen, että happoallas vaatii lämmityksen toimiakseen kunnolla. Ilman lämmitystä peittausaika pidentyy huomattavasti sekä lopputuotteen laatu kärsii, jos lämpötila putoaa tarpeeksi matalaksi. Elektrolyyttisen kiillotuksen testien perusteella kyseinen happoseos ei sovellu sellaisenaan kiillotukseen ja samaan altaaseen integroitua kiillotusjärjestelmää ei ole kannattava rakentaa.</p>			
Avainsanat Peittaus, ruostumaton teräs, elektrolyyttinen kiillotus			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Santeri Vihtala	
Title of Thesis Designing of a pickling area	
Date 31 May 2023	Pages/Appendices 47
Client Organisation /Partners Pro-Tot Oy	
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to investigate the essential environmental and safety requirements for the implementation and use of a pickling facility, design the layout for the facility and test the pickling acid selected in the preliminary investigation project. The aim was also to consider the requirements brought by the standards SFS-EN ISO 14001 and SFS-EN ISO 45001 in the design process.</p> <p>The thesis was commissioned by a preliminary study project, which involved studying the theory of pickling and electrolytic polishing, comparing the properties of different pickling solutions, and determining the equipment requirements for the pickling facility. The information gathered in the preliminary study was utilized in the thesis. The thesis was started with an examination of the obligations of a hazardous chemical handling company concerning environmental and employee safety. Based on this information, the process flow and layout for the pickling facility were designed. Finally, the selected acid from the preliminary study project was tested for pickling and electrolytic polishing.</p> <p>As a result of this work, the client company received a comprehensive assessment of the environmental and safety aspects of the pickling facility. Thanks to this assessment, when the construction of the pickling facility becomes relevant, the considerations to be taken into account have already been documented. The company also obtained a preliminary plan for the process flow and layout of the pickling facility. Based on the pickling test it could be concluded that the acid bath requires heating to function properly. Without heating, the pickling time will increase significantly, and the quality of the product will suffer if the temperature drops low enough. Based on the tests of electrolytic polishing, it was determined that the selected acid solution is not suitable for polishing as it is, and integrating a polishing system into the same bath is not economically feasible.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Pickling, stainless steel, electrolytic polishing</p>	

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 TOIMEKSIANTAJA.....	8
3 RUOSTUMATON TERÄS.....	9
4 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN PINTAKÄSITTELY.....	10
4.1 Peittäus.....	10
4.1.1 Tahnapeittäus.....	11
4.1.2 Ruiskupeittäus.....	11
4.1.3 Allaspeittäus.....	11
4.2 Peittäusaikaan vaikuttavat tekijät.....	11
4.2.1 Kylvyn lämpötila.....	11
4.2.2 Hitsausmenetelmä.....	12
4.2.3 Materiaali.....	12
4.3 Peittäuskylvyn hoito.....	12
4.4 Elektrolyttinen kiillotus.....	13
5 TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖ.....	15
5.1 Ympäristölupa.....	15
5.2 Ilmoitus vähäisestä toiminnasta.....	15
5.3 Käyttöönotto tarkastus.....	16
5.4 Peittäushapon säilytys ja varastointi.....	16
5.5 Henkilökohtaiset suojavälineet.....	17
5.6 Happojätteen jälkikäsitteily.....	17
5.7 Terveydelle haitalliset kaasut.....	17
5.8 SFS-EN 14001 Ympäristöjärjestelmät.....	18
5.8.1 Riskien käsittely.....	19
5.8.2 Suorituskyvyn arviointi.....	19
5.8.3 Muita huomioita.....	20
5.9 SFS-EN ISO 45001 Työterveys- ja turvallisuusjärjestelmät.....	20
5.9.1 Riskien käsittely.....	21
5.9.2 Suorituskyvyn arviointi.....	22
5.9.3 Muita huomioita.....	22

5.10	Toiminta onnettomuustilanteissa	22
5.10.1	Peittaushapon aiheuttamat vammat	22
5.10.2	Peittaushapon aiheuttamien vammojen ensiapu	23
5.10.3	Peittaushapon vuoto altaasta.....	23
6	HAPON TESTAUS.....	25
6.1	Peittäus.....	25
6.1.1	Testauslaitteisto	25
6.1.2	Testit	26
6.1.3	Tulokset ja pohdinta	28
6.2	Elektrolyyttinen kiillotus.....	29
6.2.1	Testauslaitteisto ja parametrit	29
6.2.2	Testit	30
6.2.3	Tulokset ja pohdinta	33
7	PEITTAUSTILAN SUUNNITTELU	34
7.1	Altaat	34
7.2	Hoitotaso.....	34
7.3	Huuhtelusermi	37
7.4	Altaan lämmitys	37
7.5	Layout ja prosessin kuvaus	40
8	YHTEENVETO.....	43
	LÄHTEET	44
	LIITE 1: SUHDELUKULASKENNAN TULOS TYPPI-FLUORIVETYHAPOLLE.....	46
	LIITE 2: SUHDELUKULASKENNAN TULOS NOX-VAPAALLE HAPOLLE	47

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

PDCA-malli = plan, do, check, act – suunnittele, toteuta, arvioi, toimi

Oksidikalvo = kromista rikastunut passiivikerros, jonka ansiosta ruostumaton teräs ei ruostu

Rautakontaminaatio = Ruostumattoman teräksen pinnan saastuminen raudasta

Diffuusio = Diffuusiossa molekyylit pyrkivät siirtymään väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan tasoihitaakseen mahdolliset pitoisuuserot

XRF-analysaattori = Röntgenfluoresenssispektrometri eli XRF on ainetta rikkomaton tekniikka, jolla pystytään määrittämään materiaalien kemiallinen koostumus

TTT-järjestelmä = työterveys- ja turvallisuusjärjestelmä

NO_x = yleisnimitys typen oksideille

Katodi = elektrolyyttisen systeemin elektrodi, jolla tapahtuu pelkistyminen

Anodi = elektrolyyttisen systeemin elektrodi, jolla tapahtuu hapettuminen

1 JOHDANTO

Pro-Tot Oy valmistaa tuotteita ruostumattomasta teräksestä teollisuuden eri tarpeisiin. Ruostumattoman teräksen korroosionkesto-ominaisuudet kärsivät hitsauksen seurauksena, joten se on saatettava uudelleen korroosiota kestäväan tilaan peittaamalla. Peittausta suoritetaan tätä nykyä tehtaalla ruisku- sekä tahnapeittauksena. Yrityksessä on lähdetty miettimään allaspeittauslaitteiston hankintaa, jotta lopputuotteiden laatu olisi parempi.

Opinnäytetyötä pohjustettiin esiselvitysprojektilla, jossa tutustuttiin peittauksen sekä elektrolyyttisen kiillotuksen teoriaan, vertailtiin eri peittaushappojen ominaisuuksia ja selvitettiin peittaustilan laitteiston vaatimuksia. Esiselvityksessä kerättyä aineistoa hyödynnetään opinnäytetyössä.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää peittaustilan kannalta oleelliset ympäristö ja turvallisuus asiat sekä suunnitella peittaustilan layout ja prosessin kulku. Lisäksi tavoitteena on testata esiselvitysprojektissa valikoidun hapon peittaavuutta sekä soveltuvuutta elektrolyyttiseen kiillotukseen.

2 TOIMEKSIANTAJA

Pro-Tot Oy on vuonna 2008 Pieksämäellä perustettu kasvuyritys. Yrityksen perusti Joni Karhinen, joka toimii vieläkin yrityksen toimitusjohtajana. Tällä hetkellä Pro-Tot työllistää noin 50 henkilöä ja sen toimipisteet sijaitsevat Pieksämäellä, Kuopiossa sekä Mikkelissä. Yrityksen arvoja ovat asiakkaan positiivinen yllättäminen, korkea laadun pitäminen takeena jatkumosta, hyvä yhteisöllisyys, palveluherkkyys, avoimuus sekä asiakaslähtökohtaisuus.

Pro-Tot tarjoaa asiakkailleen kokonaisvaltaista palvelua kunnossapitoon, asennukseen sekä laitevalmistukseen. Asiakaskunta koostuu elintarvike-, kemian-, panimo- sekä raskaan teollisuuden alojen yrityksistä. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2022 5,6 miljoonaa euroa ja tavoitteena on nostaa se 10 miljoonaan euroon vuoteen 2028 mennessä.

3 RUOSTUMATON TERÄS

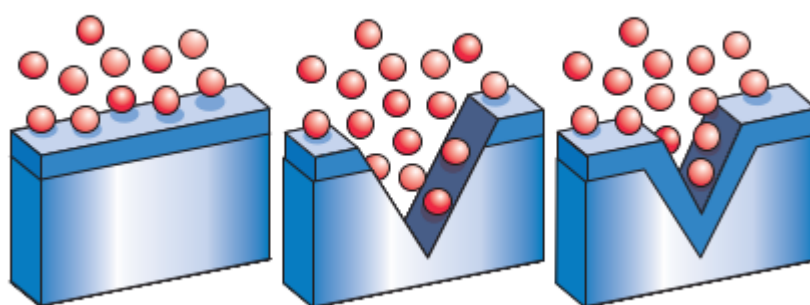
Ruostumattomaksi teräkseksi kutsutaan terästä, joka sisältää vähintään 10,5 % kromia ja enimmillään 1,2 % hiiltä. Näiden seosaineiden ansiosta ruostumattoman teräksen reagoiessa hapen kanssa sen pinnalle syntyy kromista rikastunut passiivikerros, kromioksidikerros. Tämän muutaman nanometrin paksuisen itsekorjautuvan kerroksen ansiosta ruostumaton teräs ei ruostu. (Crookes 2004, 2.)

Ruostumattoman teräksen pinta passivoituu itsestään, kun se on olosuhteissa, jossa on tarpeeksi hapetta kromista rikkaan oksidikalvon muodostumiseksi. Tästä syystä ruostumaton teräs ei ruostu, vaikka sen pintaa vaurioitettaisiin mekaanisesti. Prosessi havainnollistettu kuvassa 1. Passiivikerroksen paksuus kasvaa ajan kuluessa. Hapetta sisältävät luonnolliset olosuhteet kuten ilma tai ilmastoitunut vesi edesauttavat passiivikerroksen muodostumista sekä ylläpitoa. (Crookes 2004, 2.)

Ruostumattoman teräksen korroosionkestävyyttä voidaan lisätä seostamalla siihen nikkeliä, molybdeeniä, typpiä tai titaania. Seostamalla terästä saadaan korroosionkestävyyden lisäksi parannettua muitakin käyttöominaisuuksia kuten muovattavuutta, lujuutta ja kuumankestävyyttä. (Crookes 2004, 2.)

On olemassa käyttöolosuhteita, joissa myös ruostumaton teräs on altis korroosiolle. Näissä olosuhteissa teräksen passiivikerros murtuu ja uuden syntyminen estyy. Tätä tilaa kutsutaan aktiivitilaksi ja sitä voi esiintyä heikosti hapetta sisältävillä alueilla kuten mekaanisissa liitoksissa, terävissä kulmissa ja heikosti viimeistellyissä hitseissä. (Crookes 2004, 2.)

Ruostumattomat teräkset jaetaan neljään pääryhmään mikrorakenteensa perusteella. Austeniittisiin, ferriittisiin, martensiittisiin sekä austeniittis-ferriittisiin ruostumattomiin teräksiin. (Crookes 2004, 2.)



Kuva 1. Passiivikerroksen muodostuminen (Crookes 2004, 2.)

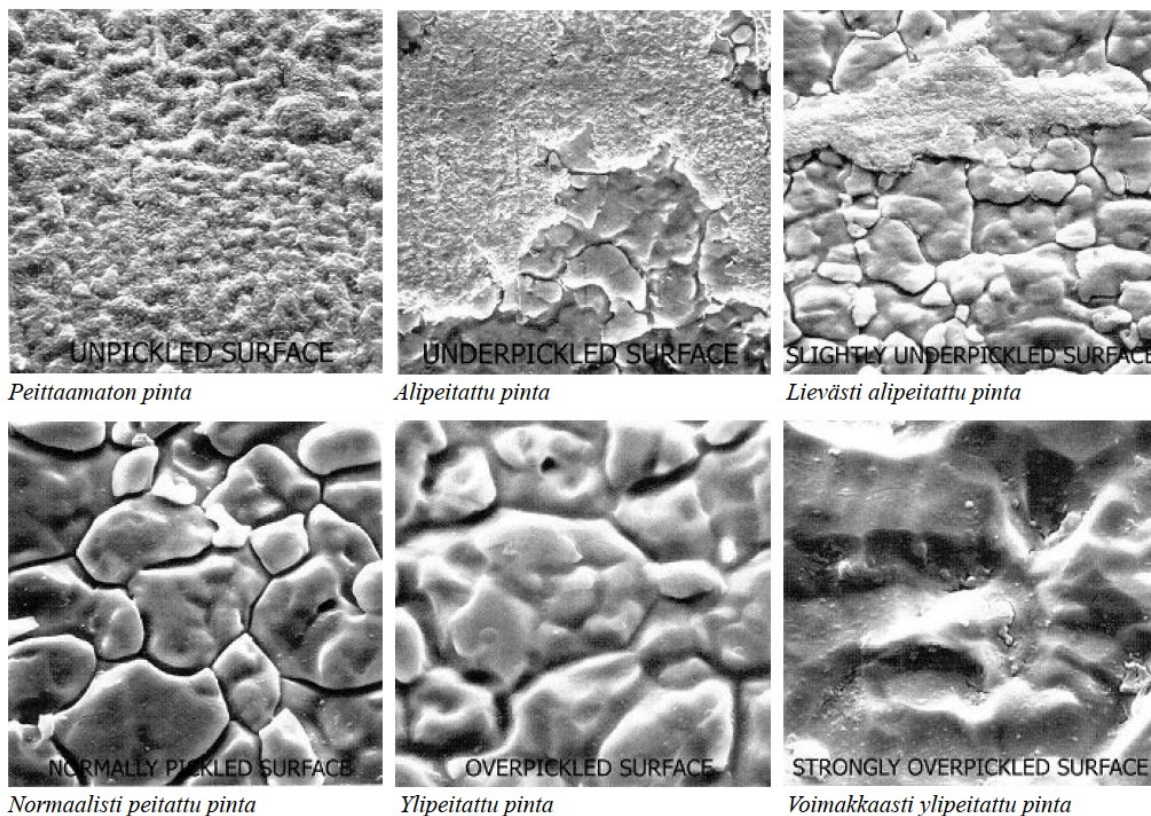
4 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN PINTAKÄSITTELY

Kemiallisilla menetelmillä pystytään poistamaan lämpöoksidit sekä rautakontaminaatiot vahingoittamatta kappaleen pinnanlaatua. Näillä menetelmillä poistetaan pintakerrosta hallitun syövyttämisen avulla. Kemikaalit pystyvät valikoivasti poistamaan heikosti korroosiota kestävät alueet, kuten kromiköyhät vyöhykkeet. (Bornmyr ja Holmberg 1995, 4.)

4.1 Peittaus

Peittaus on yleisin kemiallinen pinnankäsittelyprosessi oksidien sekä rautakontaminaatioiden poistoon. Peittaus on ruostumattoman teräksen hitsauksen jälkeinen käsittely, jolla teräksen korroosionkesto-ominaisuudet palautetaan. Hitsauksessa materiaalin korroosionkesto-ominaisuudet kärsivät hapettumisen seurauksena. Kromioksidikerroksen alla, teräksen pinnassa oleva kromi diffundoituu hapettuneeseen pintakerrokseen, jonka takia pintakerroksen alle syntyy kromista köyhä vyöhyke. Tämä hapettunut ja huokoinen kromista köyhä vyöhyke syövytetään hapolla pois, jotta uusi ehyt korroosiota kestävä passiivikerros voi muodostua. (Esab 2004, 5.)

Hitsauksen jälkeen kappaleesta kannattaa poistaa mahdollisimman paljon kuonaa ja oksidia peittauksen helpottamiseksi. Poistaminen käy helpommin, kun hitsi on vielä lämmin ja oksidikerros pehmeä. Kappale on myös puhdistettava kaikesta liasta, rasvasta ja öljystä. Hitsin on annettava jäähtyä alle 40 °C lämpötilaan ennen peittauksen suorittamista eli kappaletta pitää pystyä koskettamaan käsin. (Esab 2004, 23.)



Kuva 2. Peitatus pinnan rakenne (Esab 2004, 6.)

Kuvassa 2 on nähtävillä ruostumattoman teräksen pinta peittaamattomasta yllipeitattuun. Kuvien kuvaukset Esabin peittausoppaasta:

- Peittaamaton: Pintaoksidin peittämä (hitsauksen hapettama) pinta.
- Alipeitattu: Peittaus rikkonut oksidia ja osia alla olevasta teräspinnasta on paljastunut.
- Lievästi alipeitattu: Teräksen raerajat ja rakeet erottuvat selvästi. Oksidia esiintyy kuitenkin vielä paikka paikoin.
- Normaalisti peitattu: Kaikki oksidi on poissa myös raerajoilta. Myös kromiköyhä kerros on poistettu.
- Yllipeitattu: Peittaus on kestänyt liian kauan. Raerajoille on ilmestynyt kuoppia ja rakeet ovat reunoiltaan pyöristyneet. Yllipeittaantumisen huomaa silmin pinnan paikoittaisena harmaana värivirheenä.
- Voimakkaasti yllipeitattu: Peittaus on edennyt niin pitkälle, että jotkut rakeista ovat irronneet perusmateriaalista. Materiaali menettää sille ominaisen pintarakenteen. Voimakkaasti yllipeitautuneen pinnan tunnistaa harmaasta värivirheestä. (Esab 2004, 6.)

4.1.1 Tahnapeittaus

Tahnapeittauksessa geelimäinen peittausahna levitetään tuotteen pintaan sivelemällä. Tahnapeittauksen etuna on sen käytettävyyden helppous. Tätä menetelmää on helppo käyttää osana tuotantolinjaa eikä se edellytä erityisosaamista prosessin hallinnasta. Tahnapeittaukseen käytetään yleensä todella pienten kappaleiden peittaukseen. (Crookes 2004, 5–6.)

4.1.2 Ruiskupeittaus

Ruiskupeittauksessa peittausneste sumutetaan tuotteen pintaan ruiskulla. Ruiskupeittaukseen käytetään todella isojen kappaleiden tai muuten allaspeittaukseen soveltumattomien kappaleiden peittaukseen. Ruiskupeittaukseen voidaan myös tehdä "on-site"-työnä muun tuotantolinjan yhteydessä, mutta se edellyttää asiantuntevaa toimijaa, joka osaa työskennellä turvallisesti hapojen kanssa sekä tuntee peittauksen teknologian. (Crookes 2004, 5.)

4.1.3 Allaspeittaus

Lähtökohtaisesti allaspeittauksella saadaan aina paras lopputulos aikaiseksi. Kappaleen ollessa upotuksissa, sen jokainen pinta reagoi peittausahnon kanssa antaen tasaisen siistin värityksen lisäksi paremman korroosionkestävyyden kuin muilla prosesseilla. Prosessin hallinnan helppous lisää myös tuotteiden laatua. Peittausnesteen lämpötilaa, virtausta sekä vahvuutta on todella helppo hallita altaassa. Lisäksi terveys- sekä turvallisuusriskit ovat allaspeittauksessa ruiskupeittaukseen pienemmät. (Crookes 2004, 5.)

4.2 Peittausaikaan vaikuttavat tekijät

4.2.1 Kylvyn lämpötila

Peittauskylvyn lämpötilalla on todella suuri merkitys peittausaikaan. Peittausnesteen lämpötilan noustessa hapon tehokkuus kasvaa. Korkeammassa lämpötiloissa on kuitenkin otettava huomioon

riski peittausaineen kuivumisesta teräksen pintaan. Kuivumisesta johtuvat ulkonäköhaitat saa korjattua vain uudelleen peittaamalla. (Esab 2004, 5.)

NO_x-vapaan hapon käyttölämpötila-alue on 20–25 °C. Lämpötilan tippuminen 25 asteesta 20 asteeseen lähes tuplaa peittausajan ja alle 18 °C lämpötilassa happo ei käytännössä peittaa ollenkaan. Normaali tehdasolosuhteissa happo siis vaatii lämmityksen toimiakseen kunnolla. (Juha Seppälä 2023.)

Peittausnesteen lämmitykseen yleisimmin käytettyjä keinoja ovat höyryn tuonti altaaseen avonaisten putkien kautta tai sähkövastusten upottaminen kylpyyn. Lämmittimen osat, jotka ovat kosketuksissa hapon kanssa, on luonnollisesti oltava hapon kestävästä materiaaleista. (Nickel institute 2020, 13.)

Allaspeittausnesteen lämpötilaa nostaessa on otettava huomioon myös haihtumisen kasvaminen. Nesteen haihtuessa tehokkaammin altaan happotasapainon seuraamisesta sekä myrkyllisten kaasujen poistosta tulee entistä tärkeämpää. (Esab 2004, 5.)

4.2.2 Hitsausmenetelmä

Syntyvän oksidikerroksen paksuus riippuu hitsausmenetelmästä ja eri paksuiset oksidikerrokset vaativat eri pituiset peittausajat (Esab 2004, 5). Hitsauskaasun pitäisi luonnollisesti olla hapettumisen estämiseksi niin vapaa hapesta kuin mahdollista. Tyypillisesti Mag-hitsauskaasu on argon pohjainen ja sisältää 1–2 % happea tai 2–3 % hiilidioksidia kaaren vakauttamiseksi. Tätä suuremmat pitoisuudet lisäävät hitsin hapettumista. Parhaan peittauslopputuloksen parametrien selvittämiseksi testaus on paras menetelmä. (Avesta Polarit Welding AB 2004, 91.)

4.2.3 Materiaali

Mitä seostetumpaa teräs on, sitä pidemmän peittausajan ja/tai peittauslämpötilan se vaatii. Kuvassa 3 on nähtävillä Avesta Polarit Welding AB:n taulukko eri ruostumattomien teräslaatuojen peitattavuudesta.

Group	International steel number/name		AvestaPolarit steel name	AvestaPolarit chemical composition, average %					DIN	SS	Pickleability
	EN	ASTM		C	Cr	Ni	Mo	Others			
1	1.4301	304	4301	0.04	18.1	8.3	–	–	1.4301	2333	1
	1.4401	316	4401	0.02	17.2	10.2	2.1	–	1.4401	2347	2
	1.4404	316L	4404	0.02	17.2	10.2	2.1	–	1.4404	2348	2
	1.4571	316Ti	4571	0.04	16.8	10.9	2.1	Ti	1.4571	2350	2
	1.4436	316	4436	0.02	16.9	10.7	2.6	–	1.4436	2343	2
2	1.4362	S32304	SAF 2304™	0.02	23	4.8	0.3	–	1.4362	2327	3
	1.4462	S32205	2205	0.02	22	5.7	3.1	–	1.4462	2377	3
	1.4439	S31726	4439	0.02	17.8	12.7	4.1	–	1.4439	–	3
	1.4539	N08904	904L	0.01	20	25	4.3	1.5 Cu	1.4539	2562	3
3	1.4410	S32750	SAF 2507™	0.02	25	7	4	–	–	2328	4
	1.4547	S31254	254 SMO®	0.01	20	18	6.1	Cu	–	2378	4
	1.4652	S32654	654 SMO®	0.01	24	22	7.3	3.5 Mn, Cu	–	–	4

The steels have been divided into three groups. The pickleability of these steel grades ranges from 1 (very easy) to 4 (very difficult). SAF 2304 and SAF 2507 are manufactured under licence granted by AB Sandvik Steel.

Kuva 3. Ruostumattomien terästen peitattavuus (Avesta Polarit Welding AB 1995, 4)

4.3 Peittauskylvyn hoito

Peittauskylpyä on valvottava ja hoidettava sen tasalaatuisen toimimisen ylläpitämiseksi. Liuoksen rautapitoisuus nousee käytettäessä ja esimerkiksi typpi-fluorivetyhappoliuoksen rautapitoisuuden

saavuttaessa 5 massa-% on se heitettävä pois. (Nickel institute 2020, 14.) Liuoksen rautapitoisuutta voidaan mitata esimerkiksi XRF-analysointilaitteella tai erottamalla rauta pois näytteestä saostamalla. Kuitenkin laitteen korkean hinnan sekä vaadittavien kemian taitojen vuoksi näytteen lähettäminen asiantuntevalle analysoijalle on järkevämpää. Tällaista palvelua tarjoaa esimerkiksi Voestalpine Böhler Welding.

Nesteen kunnon seurannan helpoin tapa on peitattujen tuotteiden tarkastus. Kun peittäystä lähdetään suorittamaan ilman aiempaa kokemusta, olisi peittäusajat, nesteen lämpötila ja lopputuotteen kunto hyvä merkata ylös. Näin kylvyn toiminnasta saadaan dataa ja sen tehokkuutta on helpompi ennustaa sekä ylläpitää.

Peittäusnesteen happamuutta voidaan seurata normaaleilla pH-mittausliuskoilla. Kun peittauksen lopputuloksessa havaitaan muutoksia, nesteen pH-arvo kannattaa merkata ylös, jotta kylvyn käytäytymistä voidaan jatkossa ennustaa.

Esab on kertonut NO_x-vapaan happokylvyn hoidosta peittäusoppaassaan seuraavasti:

1. Mittaa etäisyys peittäusaltaan yläreunasta pintaan, kun kylpy on käyttövalmis. Kirjoita mitta ylös. Tarkista mitta säännöllisesti. Taso laskee haihtumisen ja happohävikin takia.
2. Liian suuren happohävikin estämiseksi on peitatut kappaleet riiputettava altaan yläpuolella, kunnes peittäusneste on tippunut takaisin altaaseen. Rakenna upotusväline niin, että riiputus onnistuu sen avulla.
3. Tietty haihtuminen ja happohävikki on kuitenkin hyväksyttävä kylvyn käyttöänsä aikana.
4. Jotta kylvyn teho ja käyttöikä olisi optimaalinen, seuraavat toimenpiteet tulisi tehdä:

A: Anna tason (kohta 1) laskea enintään 2 cm alkuperäiseen verrattuna. Lisää vettä alkuperäiseen tasoon ja sekoita kylpy hyvin esim. puhaltamalla siihen paineilmaa. Kirjaa päivämäärä ylös.

B: Anna tason laskea uudestaan enintään 2 cm alkuperäiseen verrattuna. Lisää vettä alkuperäiseen tasoon ja sekoita kylpy hyvin esim. puhaltamalla siihen paineilmaa. Kirjaa päivämäärä ylös.

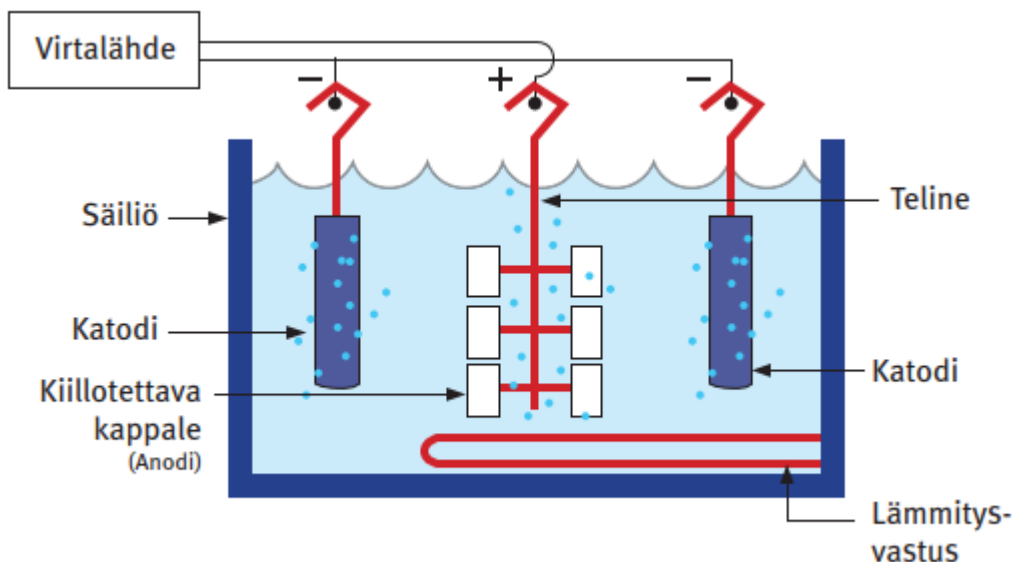
C: Anna tason laskea uudestaan enintään 2 cm alkuperäiseen verrattuna. Lisää käyttövalmista alaspesäainetta alkuperäiseen tasoon ja sekoita kylpy hyvin esim. puhaltamalla siihen esim. paineilmaa. Kirjaa päivämäärä taas ylös. Jatka toistamalla A-C. (Esab 2004, 25.)

4.4 Elektrolyyttinen kiillotus

Elektrolyyttinen kiillotus on kemiallinen materiaalia poistava pinnan viimeistelytekniikka. Kiillotus tasoittaa pinnan mikroskooppisen pienet epätasaisuudet, joka tekee tuotteesta hygieenisemmän sekä korroosionkestoltaan paremman. Näistä syistä elektrolyyttinen kiillotus onkin laajasti käytössä lääke-, biokemia- ja elintarviketeollisuudessa. (Kosmac 2010, 2.)

Elektrolyyttisessä kiillotuksessa teräksen pinta syöpyy kasvattaen ympäröivän elektrolyyttiliuoksen metalli-ioni määrää. Kiillotuslaitteisto on ulkoisesti hyvin samanlainen kuin sähköpinnoituslaitteisto. Elektrolyyttiliuosta säilytetään muovisessa tai joko lyijypinnoitetussa säiliössä, johon upotetaan lyijystä, kuparista tai ruostumattomasta teräksestä valmistetut katodilevyt. Muuntajalla muutetaan vaihtovirta matalan jännitteen tasavirraksi ja katodit kiinnitetään muuntajan negatiiviseen napaan.

Kiillotettava kappale asetetaan roikkumaan säiliöön titaanista, kuparista tai pronssista valmistetusta telineestä, johon johdetaan sähkö muuntajan positiivisesta navasta. Kiillotettava kappale toimii täten positiivisena eli anodisena napana, kun taas negatiivinen eli katodinen napa on kiinnitetty soveltuvaan johtimeen. Kun molemmat navat ovat upotettuna nesteeseen, muodostuu tasavirtapiiri. (Kosmac 2010, 4.) Systemi havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4. Elektrolyttinen kiillotus (Kosmac 2010, 5)

Kiillotettavasta kappaleesta liukenevan metallin määrä on riippuvainen käytettävästä virrasta, elektrolyytin tehokkuudesta ja kiillotusajasta. Kiillotettaessa ruostumattomia teräksiä eri alkuaineiden liukenemisnopeus vaikuttaa lopputulokseen. Rauta- ja nikkeliatomit liukenevat kromiatomeja tehokkaammin, joten elektrolyttisessä kiillotuksessa kappaleesta poistuu lähinnä nikkeliä ja rautaa. Tämä johtaa pinnan kromipitoisuuden kohoamiseen minkä ansiosta kiillotetut pinnat passivoituvat käsittelemättömä pinta tehokkaammin. (Kosmac 2010, 5.) Passivoitumisen lisäksi elektrolyytti kiillotus tarjoaa paljon muitakin hyötyjä, kuten kappaleen pintajännityksien vapautuminen, oksidien poisto ja kitkan väheneminen.

Kiillotuksessa yleisimmin käytetty liuos sisältää 96 massa-% rikkihappoa sekä 85 % fosforihappoa.

Parametrit kiillotukselle ovat tavallisesti seuraavat:

- virrantiheys: vähintään 5 A/dm²
- lämpötila: 40 °C - 75 °C,
- aika: 2–20 min,
- katodien materiaali: ruostumaton teräs, kupari tai lyijy.

(SFS-EN ISO 15730, 2016, 13; Kosmac 2010, 7.)

5 TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖ

Peittauksessa ollaan tekemisissä terveydelle ja ympäristölle vaarallisten aineiden kanssa, joten työntekijöiden sekä ympäristön turvallisuus ovat tärkeässä roolissa. Lait, jotka koskevat vaarallisten kemikaalien teollista käyttöä ja varastointia sekä niihin liittyvät lupa- ja ilmoitusmenettelyt on säädetty kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä. Lisäksi on otettava huomioon ympäristönsuojelulaki sekä vesilaki.

5.1 Ympäristölupa

Ympäristönsuojelulaissa on säädetty ne teollisuuden toiminnot, jotka tarvitsevat ympäristöluvan. Lisäksi vesilaissa on lueteltu hankkeita, joihin lupa on aina haettava. Lupaa haetaan toiminnan laajuuden mukaan joko kunnan ympäristöviranomaiselta tai aluehallintoviranomaiselta. (Ympäristö.fi.)

Metallien tai muovien pintakäsittelylle elektrolyyttistä tai kemiallista menetelmää käyttäen on haettava lupaa, jos käsittelyaltaiden yhteenlaskettu tilavuus on vähintään 5 m³ ja enintään 30 m³ (Ympäristölaki, liite 1, 2.g). Altaiden tilavuuden ollessa alle 30 m³ ympäristöluvan myöntää kunnan ympäristöviranomaisen ja tätä suurempiin altaisiin lupaa haetaan aluehallintoviranomaiselta (Toivola 2023). Pro-Tot Oy:n tuotantotiloihin suunniteltujen altaiden yhteistilavuus on 3 m³, joten lupaa ei tarvitse hakea.

5.2 Ilmoitus vähäisestä toiminnasta

Suomessa vaarallisten kemikaalien valvonta- ja lupaviranomaisena toimii Tukes. Jos yrityksen kemikaalien käyttö on laajamittaista, on toiminnalle haettava lupaa Tukesilta. Muuten valvontaa hoitaa pelastusviranomaisen. (Tukes 2021.) Pro-Tot Oy:n kemikaalien käytön luvanvaraisuuden selvitys tehtiin opinnäytetyön esiselvitys projektissa ja tulokset nähtävillä liitteissä 1 ja 2. Suunniteltujen peittausaltaiden kapasiteetti sekä aineen varastoitu määrä ei ylitä laajamittaisen toiminnan raja-arvoa, joten ilmoitus varastoinnista paikalliselle pelastusviranomaiselle riittää.

Vaarallisten kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia ei saa harjoittaa ilman ilmoitusta pelastusviranomaiselle. Ilmoituksen on sisällettävä tiedot ja selvitykset suunnitellusta toiminnasta sekä turvallisuusjärjestelyistä. (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 24 §.) Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta kuvaa ilmoituksessa selvitettävät asiat. Ilmoitus on tehtävä kirjallisesti vähintään kuukausi ennen toiminnan aloittamista. Ilmoitus pohja saatavilla pelastuslaitosten kumppanuusverkoston sivulta.

Ilmoituksessa on selvitettävä:

- toiminnanharjoittajan nimi, kotipaikka ja yhteystiedot;
- tuotantolaitoksen sijainti;
- alueen vedenottamot, tärkeät ja muut vedenhankintaan soveltuvat pohjavesialueet sekä maaperän laatu;
- tuotantolaitoksessa käsiteltävät ja varastoitavat fysikaalista vaaraa aiheuttavat (palo- ja räjähdysvaarallinen) kemikaalit sekä terveydelle tai ympäristölle vaaralliset kemikaalit;
- kemikaalien käyttölaitteissa sekä varastossa kerrallaan olevat suurimmat määrät;

- toiminnan suunniteltu aloittamisajankohta.

Ilmoitukseen on liitettävä:

- selvitys vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyvistä vaaroista ja onnettomuusriskeistä;
- käyttöturvallisuustiedotteet tai vastaavat tiedot pääasiallisista käsiteltävistä ja varastoitavista kemikaaleista;
- pääpiirteittäinen selostus siitä, miten teollinen käsittely ja varastointi on suunniteltu tapahtuvaksi;
- selvitys palontorjunnan järjestelyistä, mahdollisen vuodon hallinnasta ja muista onnettomuuksien varalta suunnitelluista toimenpiteistä. (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 685/2015, 33 §.)

5.3 Käyttöönotto tarkastus

Vähäistä teollista käsittelyä tai varastointia harjoittava tuotantolaitos on tarkastettava pelastusviranomaisen toimesta ennen toiminnan aloittamista. Erityistä huomiota tarkastuksessa on kiinnitettävä tuotantolaitoksen turvalliseen käyttöön, laitoksen rakenteiden, laitteistojen ja varusteiden huoltoon ja kunnossapitoon, henkilöstön koulutukseen ja opastukseen sekä onnettomuuksien ehkäisyyn ja pelastustoiminnan organisointiin. Tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, josta on käytävä ilmi mahdollisesti havaitut puutteet sekä toimenpiteet niiden korjaamiseksi. Pelastusviranomainen lähettää tarkastuspöytäkirjan aluehallintovirastolle sekä kunnan ympäristösuojeluviranomaiselle ja rakennusvalvontaviranomaiselle. (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 685/2015, 37 §.)

5.4 Peittaushapon säilytys ja varastointi

Palavien nestemäisten kemikaalien varastopaikkoja käsittelee standardi SFS 3350 sekä palavien nestemäisten kemikaalien varaston sammutus- ja palontorjuntakalustoa käsittelee standardi SFS 3357. Standardeita kuitenkin sovelletaan vain, jos varastossa olevien palavien nesteiden yhteismäärä on 500 m³ tai enemmän eli toisin sanoen toiminta on laajamittaista. (SFS 3350, 2016, 4; SFS 3357, 2017, 5).

Vaaralliset kemikaalit on säilytettävä vaatimusten mukaisissa päällyksissä sekä niille varatuissa paikoissa. Kemikaalin haltijan on myös huolehdittava, etteivät asiattomat pääse kemikaaliin käsiksi. Säilytystilassa on lisäksi huolehdittava asianmukaisesta järjestyksestä ja ilmanvaihdosta sekä onnettomuustilanteessa kemikaalin talteen keräyksestä tai vaarattomaksi saattamisesta. (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 35 §.) "Vaarallisen kemikaalin varastointiin tarkoitetut säiliöt tulee suunnitella, mitoittaa ja valmistaa niin, että ne ovat tiiviitä ja lujia sekä kestävät varastoitavien kemikaalien vaikutusta sekä käyttötarkoituksenmukaisista ja ennakoitavista käyttöolosuhteista sekä häiriötilanteista aiheutuvia rasituksia niin, että varastoitavat kemikaalit eivät pääse hallitsemattomasti säiliön ulkopuolelle" (Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005, 49 §).

Peittausainetta sisältävät astiat on säilytettävä sisätiloissa noin 20 °C lämpötilassa, kansi tiukasti suljettuna pystyasennossa. Tätä suuremmat lämpötilat vauhdittavat hapon vanhenemista. Varastoalueen on oltava selkeästi merkitty sekä ulkopuolisten pääsy varastoon on estettävä. Varastoidun peittausaineen määrä tulisi pitää aina mahdollisimman pienenä onnettomuusriskin pienentämiseksi sekä hapon vanhenemisen välttämiseksi. (Bornmyr & Holmberg 1995, 13.)

5.5 Henkilökohtaiset suojavälineet

Peittaukselta suorittavien työntekijöiden suojavälineiden tulisi olla aina henkilökohtaisia. Varusteiden suojaavuus kärsii, jos ne eivät ole sopivat sekä niiden huolto on todennäköisesti parempaa niiden ollessa henkilökohtaisia. Kaikki roiskeille alttiit alueet on suojattava haponkestävällä materiaalilla, kuten polyeteenillä (PE), polyvinyylikloridilla (PVC) tai polypropyleenillä (PP). Käytännössä työntekijällä on siis oltava aina peitattaessa kasv suoja, suojahanskat, kumisaappaat sekä haalari. Kasv suojaimeissa on oltava hengityslaitte, mikäli peittausaineesta höyrystyy ilmaan terveydelle haitallisia kaasuja. Välittömässä peittauustyöpisteen läheisyydessä on oltava ensiapusumutetta tai kalsiumglyko-naattigeeliä. (Bornmyr & Holmberg 1995, 12.)

5.6 Happojätteen jälkikäsittely

Kaikki huuhtelussa syntyvä jätevesi on happopitoista ja raskasmetallien, pääasiassa kromin, raudan ja nikkelin saastuttamaa. Jätevesi on siksi neutraloitava ja käsiteltävä paikallisten määräysten mukaisesti. Jäteveden vierasaineiden pitoisuus ei saa ylittää vesi- ja viemärlaitoksen tai osuuskunnan asettamia raja-arvoja (Keski-Savon ympäristötoimen kuntien ympäristönsuojelumääräykset 2018, § 23). Pieksämäen vesi ei ole asettanut jätevesiensä vierasaineiden pitoisuuksien raja-arvoihin mitään paikkakunta kohtaisia velvoitteita yleisien lakiin määrättyjen ohjeiden lisäksi.

Hapon jätevesi neutraloidaan emäksellä, esimerkiksi kalkilla tai soodalla. Optimaalinen pH arvo raskasmetallien saostukseen on $9 \pm 1,0$. Raskasmetallit painuvat neutraloinnin jälkeen altaan pohjaan ja voidaan erotella kirkkaasta vedestä lietteenä. Tämä liete tulee käsitellä raskas-metallijätteenä ja hävitettävä asianmukaisella tavalla. (Bornmyr ja Holmberg 1995, 10.)

Jos teollisuusjäteveettä johdetaan yhdyskunnan jätevedenpuhdistamolle, ympäristöluvassa ja 115 d §:ssä tarkoitettussa ilmoitus päätöksessä on tarvittaessa määrättävä jätevesien esikäsitteystä ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tai jätevedenpuhdistamon toimintakyvyn turvaamiseksi (Ympäristönsuojelulaki 67§).

5.7 Terveydelle haitalliset kaasut

Peittauksessa terveydelle haitallisimmat kaasut syntyvät typpihappoa sisältävistä peittauustuotteista. Ne kehittyvät ilmaan kaasumaisia typpioksideja (NO_x) peittausprosessin aikana. NO_x koostuu typpioksidista (NO) ja typpidioksidista (NO_2). NO_x reagoi veden kanssa muodostaen typpihapoketta (H_2NO_3), joka voi vahingoittaa silmiä sekä limakalvoja. Terveydelle haitallisinta on typpidioksidi. (Esab 2004, 7.)

NO_x -vapaa happo valittiin, koska se ei muodosta käytettäessä vaarallisia typpioksideja. Näin ollen peittausaltaan ei tarvitse olla varustettu imurikannella eikä työntekijöiden tarvitse käyttää hengityssuojainta. Silti peittausalueen ilmanvaihdesta olisi hyvä huolehtia sillä happoliuoksen muut hapot

ärsyttävät hengitysteitä varsinkin pitkäaikaisessa altistumisessa. Peittausaltaaseen voidaan rakentaa siirrettävä kansi, joka estää hapon höyrystymistä ja pidentää näin myös kylvyn käyttöikää.

5.8 SFS-EN 14001 Ympäristöjärjestelmät

Pro-Tot Oy on ottamassa käyttöön eurooppalaisen standardin SFS-EN ISO 14001 ympäristöjärjestelmät, vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Standardissa on kuvattu miten organisaatio voi perustaa toiminnalleen ympäristöjärjestelmän, jonka tavoitteena on ympäristönsuojelun tason parantaminen, sitovien velvoitteiden täyttäminen sekä organisaation itsensä itselleen asettamien ympäristötavoitteiden täytyminen. Standardin keskeinen teema on myös jatkuva parantaminen. Organisaatio voi hakea ympäristöjärjestelmänsä toiminnan osoitettuaan sille sertifiointia tai rekisteröintiä. (SFS-EN 14001, 2015, 6–8.) Tässä osiossa on kuvattu peittaustilan suunnittelussa huomioon otettavat standardin osa-alueet.

PDCA-malli on ympäristöjärjestelmän rakenteen perustana. PDCA-malli on iteratiivinen prosessi, jota voidaan soveltaa ympäristöjärjestelmään ja kaikkiin sen osiin jatkuvan parantamisen saavuttamiseksi. (SFS-EN 14001, 2015, 6.)

Organisaation täytyy määrittää ulkoiset sekä sisäiset tekijät, joilla on vaikutusta sen kykyyn saavuttaa ympäristöjärjestelmältä halutut tulokset, ja jotka ovat organisaation tarkoituksen kannalta olennaisia. Organisaation on ymmärrettävä ympäristöjärjestelmän kannalta olennaisten sidosryhmien tarpeet sekä odotukset. Sitä koskevista tarpeista ja odotuksista tulee sitovia velvoitteita. (SFS-EN 14001, 2015, 13.) Peittaustilan kannalta olennaiset sidosryhmät ovat

- Pelastusviranomainen
- Keski-Savon ympäristötoimi
- Peittausjätteen jälkikäsittelijä
- Pieksämäen Vesi Oy.

Pelastusviranomaisen asettamat odotukset koskevat kemikaalien varastoinnin sekä käytön turvallisuutta. Aiemmin todettiin, että heille on ilmoitettava toiminnan aloittamisesta vähintään kuukautta ennen sekä he suorittavat tarkastuskäynnin yritykseen.

Keski-Savon ympäristösuojeluviranomainen vastaa Pieksämäen ympäristönsuojelusta ja on näin oleellinen sidosryhmä. He antavat ohjeistusta ympäristöasioihin liittyen.

Happopitoisesta jätevedestä saostetaan raskasmetallit pois. Raskasmetalliliete toimitetaan jälkikäsittelijälle, joka vastaa jätteen hävityksestä/kierrätyksestä.

Pieksämäen vesi hoitaa vesihuollon palvelut Pieksämäen alueella. He määräävät yleiseen viemäriin laskettavan jäteveden laadusta. Pieksämäen vesi ei ole määrännyt lakiin kirjattujen yleis- ja teollisuudenalakohtaisten määräysten lisäksi muita velvoitteita koskien viemäriin johdettavien jätevesien laatua (Tarvainen, 2023).

5.8.1 Riskien käsittely

Organisaation on otettava huomioon ennustettavissa olevat hätätilanteet sekä muuttuneet tuotteet ja palvelut (SFS-EN 14001, 2015, 15). Peittauksessa mahdolliset hätätilanteet on selvitettävä sekä niiden ehkäisemiseksi on tehtävä toimia. Riskianalyysi taulukossa 1.

Taulukko 1. Peittauksen riskianalyysi ympäristöjärjestelmän kannalta

Riski	Todennäköisyys	Vaikutuksen suuruus	Vaikutus ympäristölle pahimmillaan	Riskin merkitys	Riskin hallintaluokka	Toimenpide riskin minimoimiseksi	Toimenpide riskin toteutuksessa
Jätteen jälkikäsittelyn puute	1	2	Viemäriverkon vahingoittuminen	3	2	Neutralointi toimivuus testattava	Neutralointi prosessin läpikäynti ja korjaus
Hapon vuoto peittäustaasta	1	3	Maaperän saastuminen	3	1	Valuma-allas	Käsitelty kappaleessa 5.10.3
Hapon vuoto varastossa	1	3	Maaperän saastuminen	3	1	Huolellinen varastointi. Käsitelty kappaleessa 5.4	Käsitelty kappaleessa 5.10.3
	1=pieni 2=kohtalainen 3=suuri	1=pieni 2=kohtalainen 3=suuri		1=pieni 2=kohtalainen 3=suuri	1=poistaminen 2=minimointi 3=ehkäisy 4=kantaminen		

5.8.2 Suorituskyvyn arviointi

Ympäristönsuojelun tasoa on seurattava, mitattava ja arvioitava. Organisaatio itse määrittää mitä seurataan ja millä menetelmillä varmistetaan kelvolliset tulokset. Lisäksi on määritettävä kriteerit sekä asianmukaiset indikaattorit, joiden perusteella ympäristönsuojelun tasoa arvioidaan. Seurannan, mittauksen, analysoinnin ja arvioinnin tuloksista on säilytettävä dokumentoitua tietoa. (SFS-EN 14001, 2015, 21.)

Peittäusprosessissa tärkein seurattava, mitattava ja arvioitava asia ympäristönsuojelun kannalta on happojäte sekä sen jälkikäsittely. Happojäte on neutraloitava ennen yleiseen viemäriverkkoon laskua. Happojätteen neutraloinnin jälkeen viemäriin laskettavan jäteveden pH-arvon sekä vierasainepitoisuuksien on oltava kunnan ympäristöviranomaisen asettamien raja-arvojen sisällä. Jäteveden mitaus on suoritettava säännöllisesti sekä analysoinnin tulokset on dokumentoitava. Happojätteen jälkikäsittelyä kuvattu tarkemmin kappaleessa 5.6.

5.8.3 Muita huomioita

Organisaation on määritettävä, millainen pätevyys sen työntekijöillä on oltava, joiden työ vaikuttaa ympäristönsuojelun tasoon ja organisaation kykyyn täyttää sitovat velvoitteet. Työntekijöiden pätevyys tehtävään on varmistettava koulutuksen tai kokemuksen perusteella. Tarvittaessa vaadittava pätevyys on hankittava. Peittausta suorittavan työntekijän on oltava tehtävään koulutettu sekä tietoinen ympäristönäkökohdista ja niihin liittyvistä ympäristövaikutuksista. (SFS-EN ISO 14001, 2015, 18.)

Organisaation on ylläpidettävä dokumentoitua tietoa ympäristönäkökohdista, ympäristövaikutuksista ja ympäristönäkökohtien määrittämiseen käytetyistä kriteereistä. Lisäksi on määritettävä sitovat velvoitteet koskien ympäristönäkökohtia, selvítettävä miten nämä velvoitteet koskevat organisaatiota ja lopuksi otettava velvoitteet huomioon ympäristöjärjestelmän luomisessa, käyttöönotossa, ylläpitämisessä sekä jatkuvassa parantamisessa. (SFS-EN ISO 14001, 2015, 16.) Peittauksen ympäristövaikutuksista on siis säilytettävä dokumentoitua tietoa. Sitovat velvoitteet koskien peittausta suorittavaa yritystä on käsitelty aiemmin kappaleissa 5.1–5.7.

5.9 SFS-EN ISO 45001 Työterveys- ja turvallisuusjärjestelmät

Pro-Tot Oy on ottamassa käyttöön myös standardin SFS-EN ISO 45001 työterveys- ja turvallisuusjärjestelmät, vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmän (TTT-järjestelmän) tarkoitus on auttaa organisaatiota edistämään työpaikan turvallisuutta ja terveellisyttä, ehkäisemään työhön liittyviä vammoja ja terveyden heikentymistä sekä parantamaan jatkuvasti sen työterveys- ja työturvallisuustoiminnan tasoa. TTT-järjestelmän halutut tulokset ovat työntekijöiden työhön liittyvien vammojen ja terveyden heikentymisen ehkäiseminen sekä turvallisen ja terveellisen työpaikan luominen. Myös tämän standardin toimintamallin perustana on PDCA-malli. (SFS-EN ISO 45001, 2018, 5.) Tässä osiossa on kuvattu mitä seikkoja peittaustilan suunnittelussa on otettava TTT-järjestelmän kannalta huomioon.

TTT-järjestelmä standardin toimintamalli noudattaa samaa kaavaa ympäristöjärjestelmä standardin kanssa. Organisaation täytyy määrittää ulkoiset sekä sisäiset tekijät, joilla on vaikutusta sen kykyyn saavuttaa TTT-järjestelmältä halutut tulokset, ja jotka ovat organisaation tarkoituksen kannalta olennaisia. Organisaation on ymmärrettävä TTT-järjestelmän kannalta työntekijöiden lisäksi olennaisien sidosryhmien tarpeet sekä odotukset. Sitä koskevista tarpeista ja odotuksista tulee sitovia velvoitteita. (SFS-EN 45001, 2018, 16.) Peittaustilan kannalta olennaisia sidosryhmiä työntekijöiden lisäksi ovat

- Pelastusviranomainen
- Työsuojeluviranomainen
- Asiakas.

5.9.1 Riskien käsittely

Organisaation on otettava huomioon ennustettavissa olevat vaaratilanteet sekä TTT-riskit (SFS-EN ISO 45001, 2018, 19–20.) Peittauksessa työntekijöille mahdolliset vaaratilanteet on selvitettävä sekä niiden ehkäisemiseksi on tehtävä toimia. Mahdolliset vaaratilanteet sekä keinot niiden ehkäisemiseksi listattu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Peittauksen riskianalyysi TTT-järjestelmän kannalta

Riski	Todennäköisyys	Vaikutuksen suuruus	Vaikutus pahimmillaan	Riskin merkitys	Riskin hallintaluokka	Toimenpide riskin minimoimiseksi	Toimenpide riskin toteutuksessa
Hapon roiskuminen työntekijän päälle	2	3	Myrkytys, syöpyminen, kuolema	3	2	Henkilökohdalliset suojavälineet	Esitelty kappaleessa 5.10.2
Hapon vuoto peittausaltaasta	1	3	Myrkytys, syöpyminen, kuolema	3	1	Valuma-allas	Alueen eristys, ensiapua tarvitseville
Kappaleen tippuminen työntekijän päälle	1	2	Vammautuminen	3	2	Turvakengät, kappaleen kunnollinen kiinnitys	Ensiapu, avun hälytys tarvittaessa
Asiattomien pääsy happoaltaalle/-varastolle	1	3	Myrkytys, syöpyminen, kuolema	3	2	Lukittu varasto, peittausalustaan varoitusmerkit	Valvonnan tehostus
Kouluttamaton henkilö	2	3	Vahingoittaa itseään tai muita	3	1	Koulutus	Työtä tekevien valvonta
Huuhtelun laiminlyönti/unohdus	2	2	Happoa voi päätyä asiakkaalle	3	3	Peittausprosessin suoritus loppuun saman henkilön toimesta/kommunikointi	Huolellisuuteen/kommunikointiin panostus
	1=pieni 2=kohtalainen 3=suuri	1=pieni 2=kohtalainen 3=suuri		1=pieni 2=kohtalainen 3=suuri	1=poistaminen 2=minimoiminen 3=ehkäisy 4=kantaminen		

5.9.2 Suorituskyvyn arviointi

TTT-toiminnan tasoa on seurattava, mitattava ja arvioitava. Organisaatio itse määrittää mitä seurataan ja millä menetelmillä varmistetaan kelvolliset tulokset. Lisäksi on määritettävä kriteerit sekä asianmukaiset indikaattorit, joiden perusteella TTT-toiminnan tasoa arvioidaan. Seurannan, mittauksen, analysoinnin ja arvioinnin tuloksista on säilytettävä dokumentoitua tietoa. (SFS-EN 45001, 2018, 28.)

Peittauseroissa seurattavia asioita työturvallisuuden kannalta ovat

- Suojavälineiden käyttö
- Hapon varastointi
- Suojavälineiden kunto
- Hapollaisten kunto.

5.9.3 Muita huomioita

Organisaation on määritettävä TTT-järjestelmään liittyvien olennaisten roolien vastuut ja valtuudet sekä pidettävä näistä dokumentoitua tietoa. Tämä tieto on oltava organisaation jokaisen tason saatavilla. (SFS-EN 45001, 2018, 18.) Eli on nimettävä henkilö, joka vastaa peittaustilan turvallisuudesta.

Organisaation on määritettävä, millainen pätevyys sen työntekijöillä on oltava, joiden työ vaikuttaa TTT-toiminnan tasoon ja organisaation kykyyn täyttää sitovat velvoitteet. Työntekijöiden pätevyys tehtävään on varmistettava koulutuksen tai kokemuksen perusteella. Tarvittaessa vaadittava pätevyys on hankittava. Peittausta suorittavan työntekijän on oltava tehtävään koulutettu sekä tietoinen työturvallisuus riskeistä. (SFS-EN ISO 14001, 2015, 18.)

5.10 Toiminta onnettomuustilanteissa

Molempien standardien (SFS-EN ISO 14001 ja SFS-EN ISO 45001) mukaisesti onnettomuustilanteiden varalle on tehtävä suunnitelmat sekä niiden toimintaa on valvottava, testattava ja arvioitava. Taulukoissa 1 ja 2 tehtyjen riskianalysien perusteella tehdään suunnitelma jokaisen ennustettavissa olevan onnettomuustilanteen varalle.

Onnettomuudesta on ilmoitettava valvontaviranomaiselle, jos siitä on seurauksena kuolema, vakava loukkaantuminen tai muu kuin vähäinen omaisuus- tai ympäristövahinko. (Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 685/2015, 53 §.)

5.10.1 Peittaushapon aiheuttamat vammat

Esiselvitystyössä valikoitu peittaushappo (NO_x-vapaa happo) sisältää fluorivetyhappoa, rikkihappoa sekä fosforihappoa. Tässä osiossa on käyty läpi näiden happojen aiheuttamat terveyshaitat sekä niiden vaatima ensiapu.

Fluorivetyhappo on todella vahva happo, joka syövyttää ihoa ja ihonalaista kudosta. Aine voi tunkeutua syvälle kudoksiin. Fluorivetyhappo sitoo kalsiumia, mikä voi aiheuttaa sydämen rytmihäiriöitä. Väkevän fluorivetyhapon (50–70 %) tuntee iholla välittömästi todella kovana kipuna. Aluksi iho turpoaa ja punoittaa. Myöhemmin iholle muodostuu valkoisenkellertävä kiinteä ketto, johon syntyy

harmaita todella kipeitä rakkuloita. Laimeampien vesiliuoksien vaikutus alkaa vasta muutamien minuuttien kuluttua. Alle 20 % vesiliuoksen vaikutus voi tuntua vasta tuntien päästä. Roiskeet silmään aiheuttavat ärsytystä ja syövytystä, josta voi seurata jopa sokeutuminen. (Työterveyslaitos 2022.)

Väkevä rikkihappo aiheuttaa roiskuessa silmään vakavia silmävaurioita. Näön menetys on mahdollista. Väkevä rikkihappo syövyttää myös voimakkaasti ihoa ja aiheuttaa syviä haavoja. Ihovammat ovat hitaita paranemaan ja jättävät yleensä arpia. Laimeat liuokset aiheuttavat lievempiä vammoja. (Työterveyslaitos 2022.)

Fosforihapon roiskeet silmään aiheuttavat niin ikään silmän syövytysvammoja. Väkevä fosforihappo ärsyttää ja syövyttää ihoa. Muutaman minuutin kosketus ihon kanssa voi aiheuttaa kirvelyä, punoitusta ja toisen asteen palovammoja. Altistunut alue näyttää aluksi harmaanvalkealta ja muuttuu myöhemmin tummaksi ja ryppyiseksi. Syvät syöpymisvammat jättävät parantuessaan arpia. (Työterveyslaitos 2022.)

5.10.2 Peittaushapon aiheuttamien vammojen ensiapu

Hengitysteitse hapolle altistunut henkilö on siirrettävä heti raittiiseen ilmaan ja asetettava tarvittaessa lepoon puoli-istuvaan asentoon. Jos potilas ei hengitä, on hänelle annettava tekohengitystä ja mahdollisuuksien mukaan happea. Potilas on toimitettava välittömästi ensiapuasemalle. (Työterveyslaitos 2022.)

Happoroiskeen kohdistuessa silmään on silmää huuhdeltava haalealla juoksevalla vedellä vähintään 30 minuuttia pitäen silmäluomea auki. Huuhdellaessa on oltava varuillaan, ettei huuhteluvesi pääse puhtaaseen silmään. Huuhtelun jälkeen silmään tiputetaan useita tippoja joko kalsiumglubionaattiliuosta tai kalsiumglukonaattiliuosta. Potilas on tämän jälkeen toimitettava välittömästi ensiapuasemalle. (Työterveyslaitos 2022.)

Peittaushapon päästessä kosketuksiin ihon kanssa on hapon likaama vaatetus poistettava välittömästi ja ihoa huuhdeltava haalealla juoksevalla vedellä minuutin ajan. Vesihuuhtelun jälkeen iholle hierotaan kalsiumglukonaattigeeliä. Hieronta on tärkeä tehdä sormin sillä se edistää geelin imeytymistä. Jos kipu palautuu, hoito tehdään uusiksi. Mikäli happoliuos oli laimea eikä kipua kerennyt ilmetä ollenkaan hierontaa jatketaan, kunnes iho näyttää normaalilta. Potilas toimitetaan aina ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten. (Työterveyslaitos 2022.)

Suun kautta tapahtuvassa altistuksessa potilaan suu on huuhdottava välittömästi, minkä jälkeen hänelle annetaan ensiapuna 0,5–1 dl maitoa, 30–40 ml magnesiamaitoa, pari kappaletta pureskeltavia kalsiumkarbonaattitabletteja tai muutama ampulli kalsiumglubionaatti- tai kalsiumglukonaattiliuosta lasillisessa vettä. Potilasta ei saa oksennuttaa, mutta jos hän oksentaa itse, suu huuhdellaan vedellä ja hänelle juotetaan 0,5–1 dl lisää vettä. Jos potilas on tajuton tai kouristelee, ei suun kautta saa antaa mitään vaan hänet on toimitettava viipymättä ensiapuasemalle. (Työterveyslaitos 2022.)

5.10.3 Peittaushapon vuoto altaasta

Peittaushapon vuotaessa altaasta on ensimmäisenä pyrittävä sulkemaan vuoto ja tämän jälkeen rajoitettava pääsyä vaara-alueelle. Pienet määrät happoa voidaan imeyttää hiekkään tai tehokkaampaan kaupalliseen imeytysaineeseen. Jäte kerätään tiiviisiin astioihin ja neutraloidaan. Isommissa

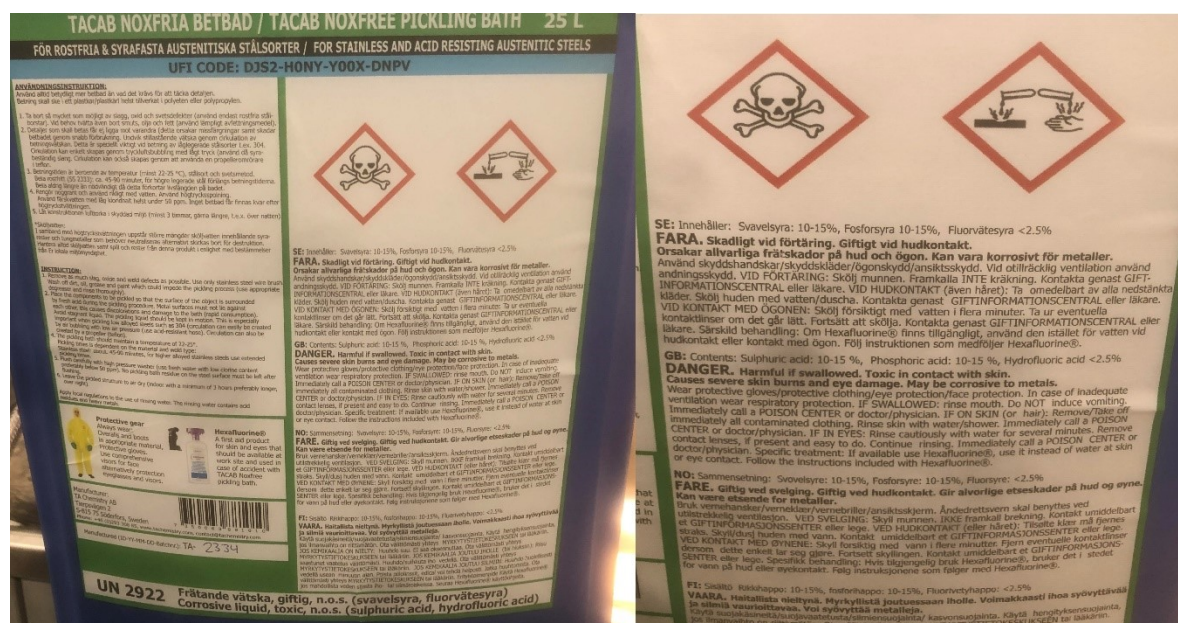
vuodoissa happo pyritään patoamaan ja keräämään talteen. Maahan jäänyt neutraloidaan ja kuori-
taan. (Työterveyslaitos 2022.)

Hapon vuodosta aiheutuvien terveys- sekä ympäristöhaittojen vuoksi happoaltaalla on oltava aina
valuma-allas, johon happoneste valuu mahdollisen vuodon sattuessa. Viemärit on myös varustettava
happoa kestäville kansilla, jos happo pääsee vuotamaan suoraan lattialle.

6 HAPON TESTAUS

Peittaustilan esiselvitysprojektissa peittaushapoksi valikoitui Impomet Oy:n maahantuoma ja Ta Chemistry AB:n valmistama NO_x -vapaa peittaushappo. Happoseos sisältää 15–20 % rikkihappoa, 15–20 % fosforihappoa sekä 0,9–2 % fluorivetyhappoa. Happo kuvassa 5. Happo valittiin, koska se ei vapauta käytettäessä ilmaan vaarallisia typen oksideja, se ei kuormita jätevettä nitraatti- eikä nitriitti-ioneilla sekä sen hinta on kilpailukykyinen yleisesti käytössä olevien typpi-fluorivetyhaposeosten kanssa.

NO_x -vapaata hapetta lähdettiin testaamaan Savonia-ammattikorkeakoulun laboratorioissa. Testauksen tavoitteena oli selvittää hapon kyky peitata eri lämpötiloissa sekä sen soveltuvuutta elektrolyttiin keuhkotukseen.



Kuva 5. Testattu haposeos (Vihtala 2023, CC BY)

6.1 Peittaus

Peittauskoekeseen koepaloja hitsattiin kolme kappaletta ja materiaaliiksi valittiin yrityksessä yleisimmin käytettävä ruostumaton teräslaatu, Aisi 304 eli EN 1.4301. Koepalat leikattiin 60x3 millimetrin lattaraudasta, jotka hitsattiin päittäisihtoksella käyttäen Tig-hitsausmenetelmää. Hitsauksessa ei käytetty lisäainetta.

NO_x -vapaan hapon käyttölämpötila-alue on 20–25 °C ja lämpötilan putoaminen 25 asteesta 20 asteeseen lähes kaksinkertaistaa peittausajan. Alle 18 °C lämpötilassa happo ei käytännössä peittaa ollenkaan. (Seppälä 2023.) Kokeiden pääasiallinen tarkoitus oli selvittää, tarvitseeko allas lämmityksen ja kuinka tehokas sen täytyisi olla. Kyseisestä haposta ei myöskään löydy käyttöperäistä tietoa ollenkaan, joten sen toimivuudesta haluttiin olla varmoja ennen sijoittamista täyteen altaalliseen. Kokeet tehtiin neljällä eri lämpötilalla ja tulokset nähtävillä kuvista 7–10.

6.1.1 Testauslaitteisto

Peittaushapon testaus suoritettiin vetokaapissa, jotta hengityselimiä ärsyttävät kaasut saadaan poistettua huoneilmasta. Hapon lämpötilaa säädeltiin asettamalla haposta vesihauteeseen kuvan 6

näyttämällä tavalla. Lämpötilaa seurattiin infrapunalämpömittarilla ja tarvittaessa vettä lisättiin hauteeseen. Koko testauksen ajan roiskeille alttiit alueet suojattiin haponkestävillä materiaaleilla. Testauksen jälkeen käytetty happo neutraloitiin ja hävitettiin.



Kuva 6. Peittaus testi (Vihtala 2023, CC BY)

6.1.2 Testit

NO_x-vapaan hapon suositeltava peittausaika ruostumattomalle teräkselle on 45–90 minuuttia (Impomet). Testeihin peittausajaksi valittiin kaikille koekappaleille 60 minuuttia. Näin koekappaleista pystyttiin arvioimaan lämpötilan vaikutusta peittauksen lopputulokseen.

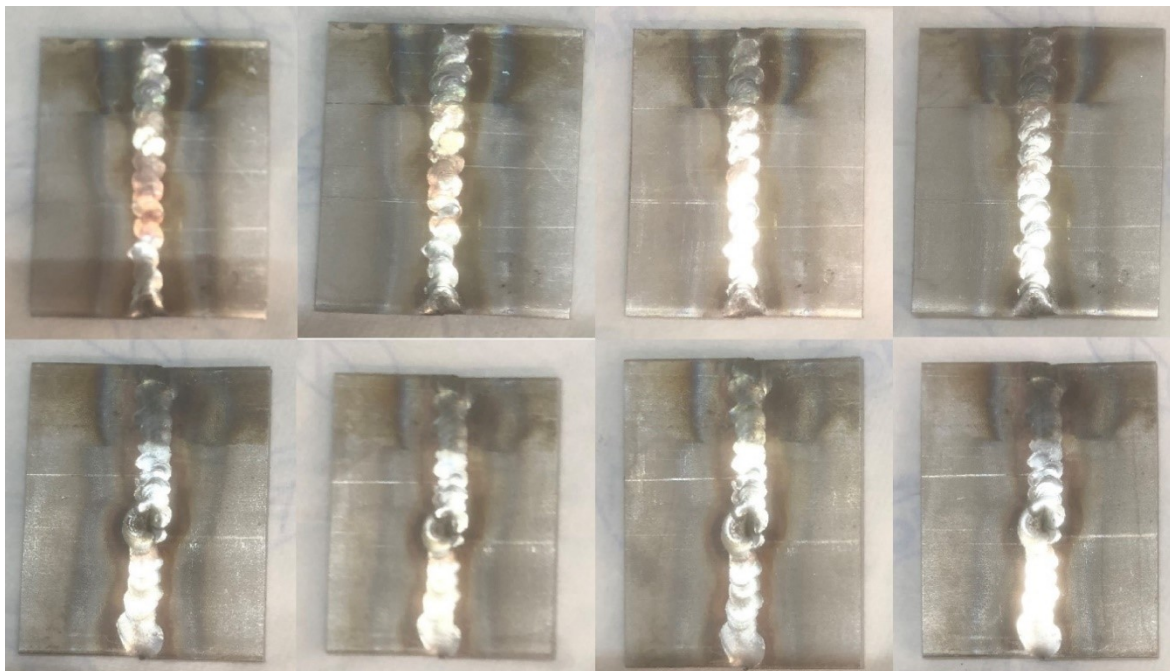
Kaksi ensimmäistä testiä suoritettiin siten, että koekappale ei ollut kokonaan happokylvyssä. Osittainen upotus tehtiin tarkoituksellisesti, sillä nyt kuvista on helppo verrata peitatus ja peittaamattoman osan eroavaisuuksia. Koekappale oli myös näin helppo nostaa happo kylvystä koskettamatta happoon. Viimeisessä, kolmannessa, testissä kappale oli kokonaan happokylvyssä.

Ensimmäinen testi tehtiin 18 °C lämpötilassa. Tämä lämpötila vastaa tuotantotiloissa vallitsevaa lämpötilaa talvi sekä syksy aikana. Kuvassa 7 on nähtävillä, miten koekappale reagoi happokylvyssä. Kuvat otettiin 15 minuutin peittauksen välein. Kuvasarjan viimeisestä kuvasta huomataan, että tunnin peittausajalla ei saavuteta tyydyttävää lopputulosta tässä lämpötilassa. Kappale ei ole puhdistunut kokonaan ja siinä on vielä nähtävillä lämpövärjäämiä.



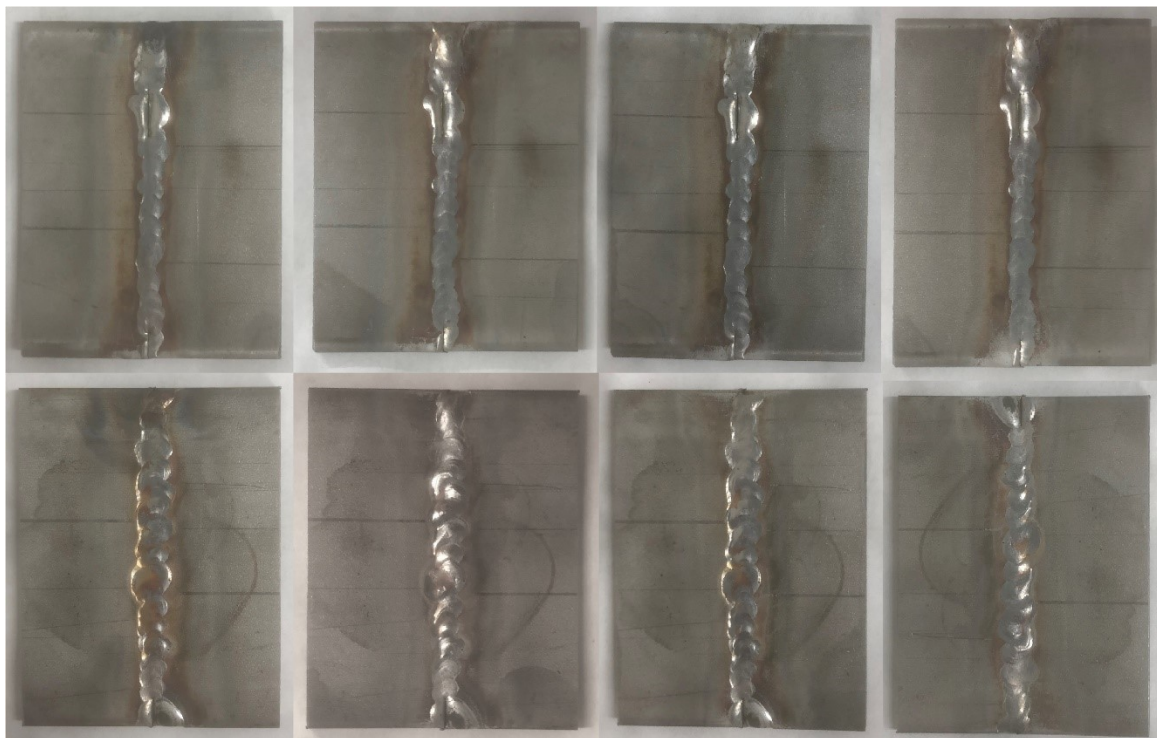
Kuva 7. 18 astetta (Vihtala 2023, CC BY)

Seuraavaksi peittausta testattiin 20 °C lämpötilassa ja tulokset nähtävillä kuvassa 8. Peittaustulos on hieman parempi kuin aiemmassa testissä. Lämpövärjäämiä sekä hapettumia on vielä nähtävillä, mutta etenkin hitsi on puhdistunut paremmin kuin ensimmäisessä testissä.



Kuva 8. 20 astetta (Vihtala 2023, CC BY)

Viimeiseen testiin hapon lämpötila nostettiin 25 °C lämpötilaan, joka on NO_x-vapaan hapon käyttölämpötila-alueen yläraja. Tulokset nähtävillä kuvassa 9. Kuvista nähdään, että happo on toiminut huomattavasti tehokkaammin kuin aiemmissa testeissä. Lämpövärjäämät ovat hävinneet miltei kokonaan, mutta niitä on vielä havaittavissa hitsin vieressä. Kappaleen puhdistuminen kokonaan vaatii tuntia pidemmän peittausajan.

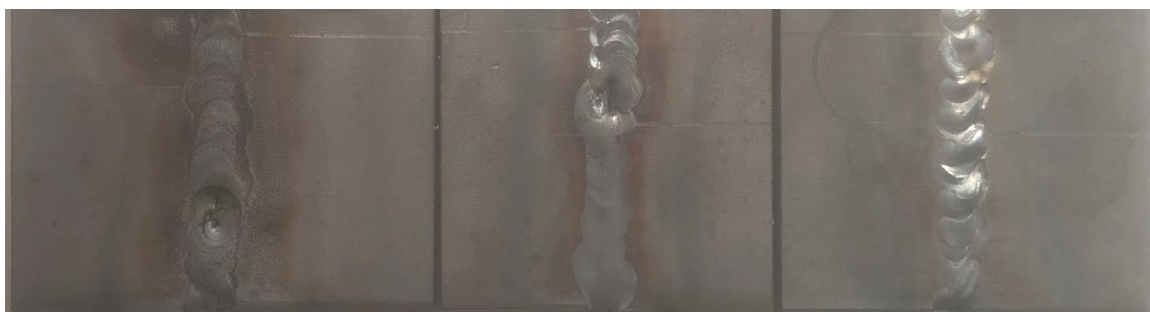


Kuva 9. 25 astetta (Vihtala 2023, CC BY)

6.1.3 Tulokset ja pohdinta

Kuvassa 10 nähtävillä 18, 20 sekä 25 °C lämpötiloissa tunnin ajan peitattujen kappaleiden eroja. Kuvassa vasemmalla 18 °C lämpötilassa peitattu kappale ja oikealla 25 °C lämpötilassa peitattu kappale. Aiemmin kappaleessa 6.1. esitetty väite lämpötilan vaikutuksesta peittausaikaan pitää tämän testin perusteella paikkansa. Peittausaltaaseen on siis rakennettava lämmityssysteemi, jolla hapon lämpötila saadaan nostettua noin 25 °C:een.

Peittauksessa olisi voitu vielä viimeiseksi testata, miten kauan kappaleella kestää puhdistua kokonaan hapettumista sekä värjäymistä. Tämän tiedon avulla tulevaa peittausprosessin kulkua on helppompaa suunnitella sekä arvioida. Lisäksi nähdään mikä lopputuotteiden laatu tulee olemaan peittauksen jälkeen. Testi tullaan toteuttamaan ennen suunnittelun viemistä pidemmälle.



Kuva 10. Eri lämpötiloissa peitattujen kappaleiden vertailua (Vihtala 2023, CC BY)

6.2 Elektrolyyttinen kiillotus

Elektrolyyttisen kiillotuksen idea syntyi jo opinnäytetyön aloituspalaverissa. Pro-Tot Oy:n asiakkaina on paljon yrityksiä elintarvike- sekä kemianteollisuudesta, joten lopputuotteiden hygieenisuus on erittäin tärkeää. Kuten kappaleessa 4.4 todetaan, elektrolyyttisellä kiillotuksella kappaleesta saadaan korroosion kestoaltaan sekä hygieenisyydeltään parempi kuin pelkällä peittauksella.

Elektrolyyttisen kiillotuksen testauksen tarkoituksena oli selvittää, soveltuuko NO_x -vapaa happo kyseiseen käyttötarkoitukseen ja olisiko peittausaltaaseen mahdollista integroida kiillotusjärjestelmä. Testattavat koekappaleet olivat samanlaisia sekä samasta materiaalista kuin peittaustestissä.

6.2.1 Testauslaitteisto ja parametrit

Elektrolyyttisen kiillotuksen testaukseen parametrit haettiin standardista SFS-EN ISO 15730, joka on esitelty kappaleessa 4.4. Testauskappaleiden kiillotettavan osan pinta-ala mitattiin ja elektrolyyttiliuokseen syötettiin matalajännitteistä tasavirtaa lausekkeen $5 \text{ A} / \text{dm}^2$ mukaisesti. Kappaleiden puhdistettavat pinta-alat vaihtelivat $0,12\text{--}0,17 \text{ dm}^2$ välillä ja vastaavasti käytettävät virrat $0,6\text{--}0,85 \text{ A}$ välillä. Elektrolyyttiliuoksen lämpötila oli noin $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ja katodin sekä kiillotettavan kappaleen etäisyys toisistaan 35 millimetriä.

Katodina testissä käytettiin AISI 304 lattarautaa eli samaa materiaalia kuin koekappaleissa. Prosessissa käytettiin vain yhtä katodia, jonka voi huomata kiillotettujen kappaleiden eri puolien pinnanlaadusta. Katodi sekä puhdistettava kappale asetettiin roikkumaan muovikiinnittimestä kuvan 11 mukaisesti. Muovikiinnitin mitoitettiin siten, että se ei mahdu putoamaan happoastian pohjalle vaan jää roikottamaan kappaleita happokylvyssä. Lopuksi virtalähteen positiivinen napa kytkettiin kiillotettavaan kappaleeseen ja negatiivinen napa katodiin. Myös tämä testi toteutettiin vetokaapissa hengitystä ärsyttävien kaasujen vaikutuksilta välttymiseksi.



Kuva 11. Elektrolyyttisen kiillotuksen testauslaitteisto (Vihtala 2023, CC BY)

6.2.2 Testit

Kiillotuksen testausta lähdettiin suorittamaan kolmella eri variaatiolla. Yhtä koekappaletta kiillotettiin 4 kertaa 3 minuuttia, toista kappaletta 2 kertaa 8 minuuttia ja viimeistä 4 kertaa 5 minuuttia. Jokaisen testin muut parametrit olivat samat kuin kappaleessa 6.2.1 esitellyt.

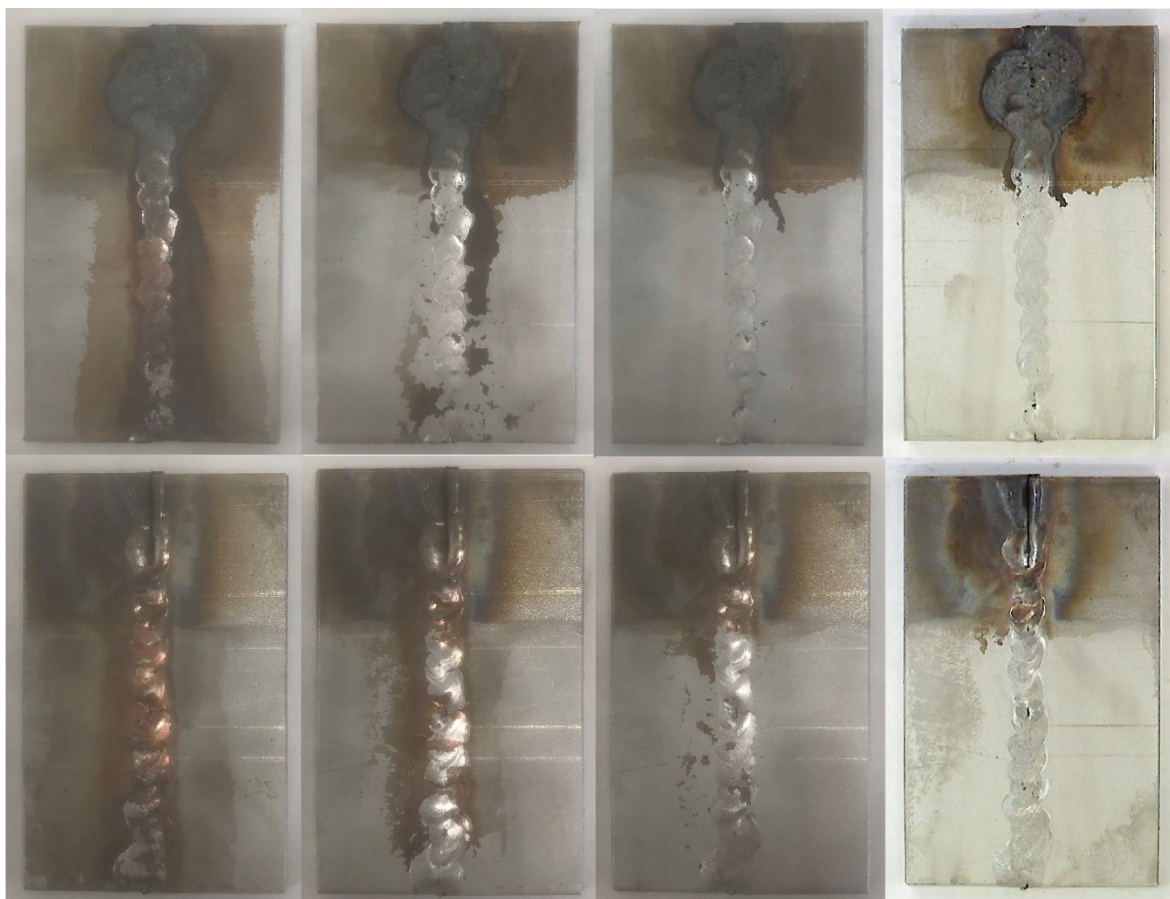
Ensimmäistä koekappaletta lähdettiin kiillottamaan 3 minuutin sekvensseissä ja kiillotus suoritettiin 4 kertaa. Tulokset nähtävillä kuvassa 21. Myös tässä testissä kappaleet upotettiin vain osittain happoon. Koekappaleista näkee selkeästi rajan mikä osa kappaleesta on ollut liuoksessa ja mikä ei.

Kuvan ylärivillä on koekappaleen katodia vasten ollut puoli ja alarivillä katodista poispäin ollut puoli. Huomataan, että katodia vasten ollut puoli on puhdistunut huomattavasti paremmin kuin toinen puoli. Metallionit irtoavat katodin puoleiselta puolelta helpommin. Tasalaatuinen kiillotus saadaan aikaiseksi asettamalla katodit kiillotettavan kappaleen molemmiin puoliin. 12 minuutin kiillotuksen jälkeen kappaleessa on vielä nähtävillä värjäymiä, joten kiillotusaika ei ollut tarpeeksi pitkä.



Kuva 12. 4 kertaa 3 minuuttia kiillotus (Vihtala 2023, CC BY)

Kuvassa 22 nähtävillä toinen koekappale, jota kiillotettiin 5 minuutin sekvensseissä 4 kertaa. Kuvasarjan viimeinen kuva otettu eri kameralla. Kuvista huomataan, että kappale on puhdistunut toiselta puolelta kokonaan jo 15 minuutin jälkeen ja 20 minuutin jälkeen katodin vastainenkin puoli on puhdistunut. Tämän testin mukaan näillä kiillotusparametreilla kappale puhdistuisi kokonaan 15 minuutissa, jos puhdistettavan kappaleen molemmilla puolilla on katodit.



Kuva 13. 4 kertaa 5 minuuttia (Vihtala 2023, CC BY)

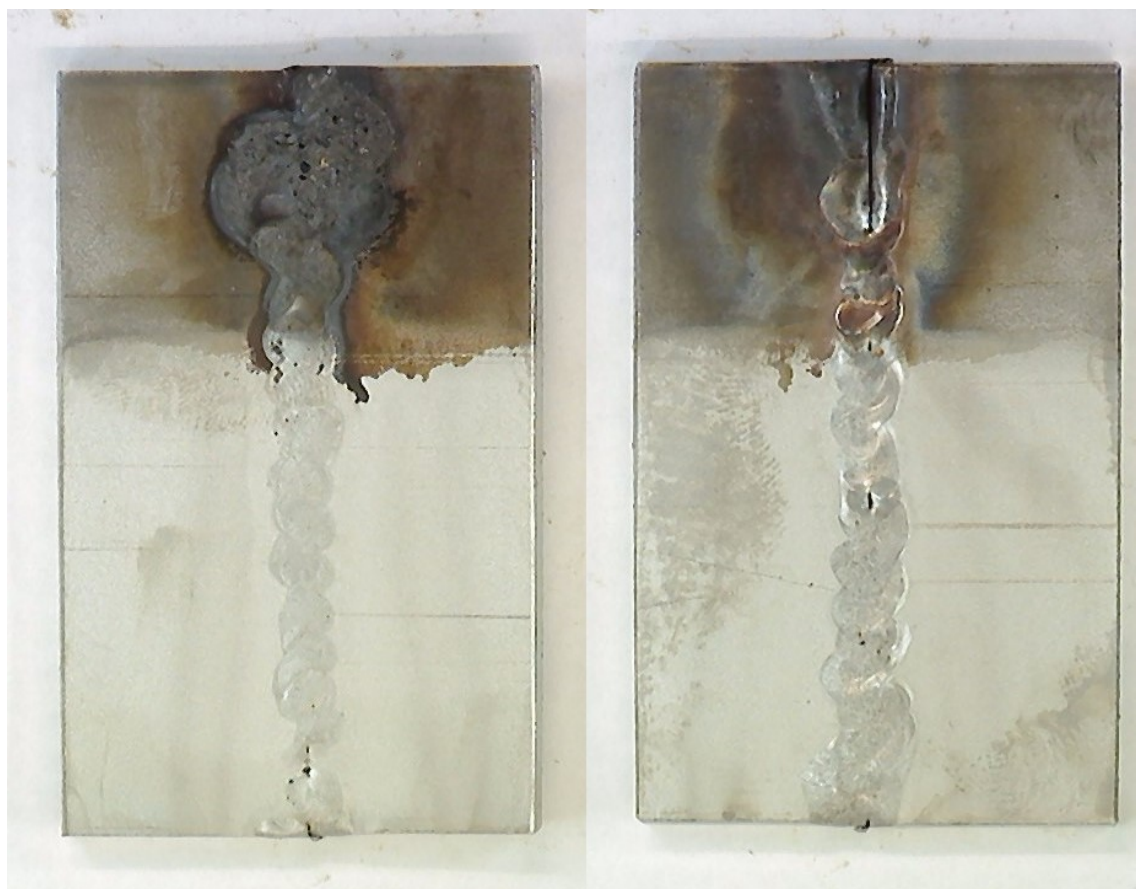
Kuvissa 14–16 nähtävillä 12, 16 ja 20 minuuttia kiillotettuja koekappaleita. Kiillotusjälki jokaisessa on melko samannäköistä. 20 minuuttia kiillotettu kappale on hieman kirkkaamman värinen kuin muut, mutta huomattavaa eroa ei tällä aikavälillä saavutettu.



Kuva 14. Kiillotettu 12 min (Vihtala 2023, CC BY)



Kuva 15. Kiillotettu 16 min (Vihtala 2023, CC BY)



Kuva 16. Kiillotettu 20 min (Vihtala 2023, CC BY)

6.2.3 Tulokset ja pohdinta

Kiillotetuista kappaleista nähdään, että kaikki lämpövärräjäämät sekä oksidit ovat puhdistuneet pinnasta pois toisin kuin peitatuista kappaleista. Kuitenkin kappaleen pinta on vielä matta eikä kiiltävä, kuten elektrolyyttisen kiillotuksen jälkeen sen pitäisi olla. Esimerkkikuva elektrolyyttisesti kiillotetusta kappaleesta kuvassa 17. Kiillotuksen tehottomuuden uskotaan johtuvan käytetystä happoseoksesta ja virran määrästä, mutta etenkin liuoksen matalasta lämpötilasta. Standardissa SFS-EN ISO 15730 elektrolyysiliuoksen lämpötilaksi sanotaan 40–75 °C, joten käyttämämme huoneenlämpötila oli todella matala.



Kuva 17. Elektrolyyttisesti kiillotettu kappale (EuroInox 2010)

Näiden testien pohjalta voidaan sanoa, että NO_x-vapaa happo toimii elektrolyyttisessä kiillotuksessa, mutta ei niin tehokkaasti kuin kiillotuksessa yleisesti käytetty rikki- sekä fosforihappoa sisältävä seos. Tulevaisuudessa testausta voitaisiin kokeilla pidemmällä kiillotusajoilla, suuremmalla virran määrällä sekä korkeammalla elektrolyysinesteen lämpötilalla. Tällöin nähtäisiin, pystytäänkö hapolla saavuttamaan elektrolyyttiseltä kiillotukselta vaadittu pinnanlaatu. Happo ei siis sellaisenaan ole soveltuva elektrolyyttiseen kiillotukseen eikä peittausaltaaseen ole järkevää integroida kiillotusjärjestelmää, koska happo ei kiillota kunnolla peittaukselle asetetulla käyttölämpötila-alueella.

Kuvassa 18 vasemmalla peitattu kappale ja oikealla elektrolyyttisesti kiillotettu kappale. Kiillotetusta kappaleesta huomataan, että myös hitsin pinta on tasoittunut verrattuna peitattuun kappaleeseen. Elektrolyyttistä kiillotusta voidaan myös käyttää kappaleen pinnan epätasaisuuksien sekä särmien viimeistelyyn. Tällöin käytettävät parametrit on selvitettävä tarkasti, sillä liian tehokas kiillotus voi johtaa mittavirheisiin.



Kuva 18. Peitattu ja kiillotettu pinta (Vihtala 2023, CC BY)

7 PEITTAUSTILAN SUUNNITTELU

Peittaustilan laitteisto koostuu tyypillisesti peittaus- sekä huuhtelualtaasta, pumpuista, nostimesta ja mahdollisesta sekoittajasta. Jätteen jälkikäsittelylle on oltava neutralointilaitteisto sekä hyvästä ilmanvaihdosta on huolehdittava kohdeilmanpoistolla. Välittömästä peittaustilan läheisyydestä on myös löydyttävä ensiaputarpeet ja laitteistoon voidaan lukea vielä suojavarusteet.

Tässä työssä ei suunniteltu peittaustilan komponentteja yksityiskohtaisesti valmistuskuvien kanssa vaan suunnittelu toteutettiin layout pohjaisesti. Rakenteet sekä komponentit on kuitenkin suunniteltu ja kuvattu siten, että niiden valmistus sekä käyttö on toteutettavissa. Lisäksi tässä osiossa kuvataan, miten peittausprosessin kulku on ajateltu toteutettavan.

7.1 Altaat

Peittaustilaan tulee yksi happoallas ja yksi huuhteluallas. Altaiden koko määritettiin esiselvitysprojektissa tuotteiden koon sekä käytettävissä olevan tilan perusteella. Päätökseen vaikutti myös laajamittaisen toiminnan täyttymisen kriteerit, joista kerrottu enemmän kappaleessa 5.2. Altaiden tilavuus on 1,5 m³ eli yhteensä 3 m³. Altaat tullaan valmistamaan, joko hapon kestävästä muovista tai ruostumattomasta teräksestä, joka pinnoitetaan hapon kestäväällä materiaalilla.

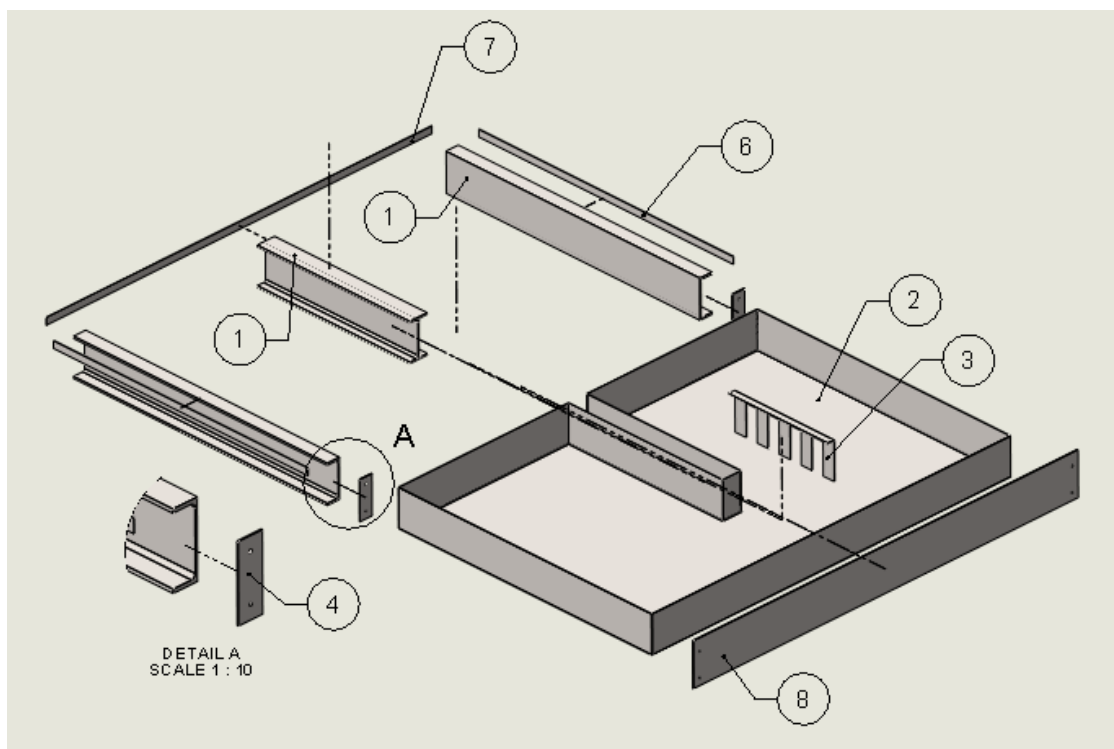
Huuhteluallas tullaan varustamaan putkilla, joihin johdetaan paineilmaa. Paineilman avulla vesi saadaan liikkumaan altaassa ja näin happo huuhdeltua pois kappaleen pinnalta. Putket valmistetaan haponkestävästä materiaalista.

7.2 Hoitotaso

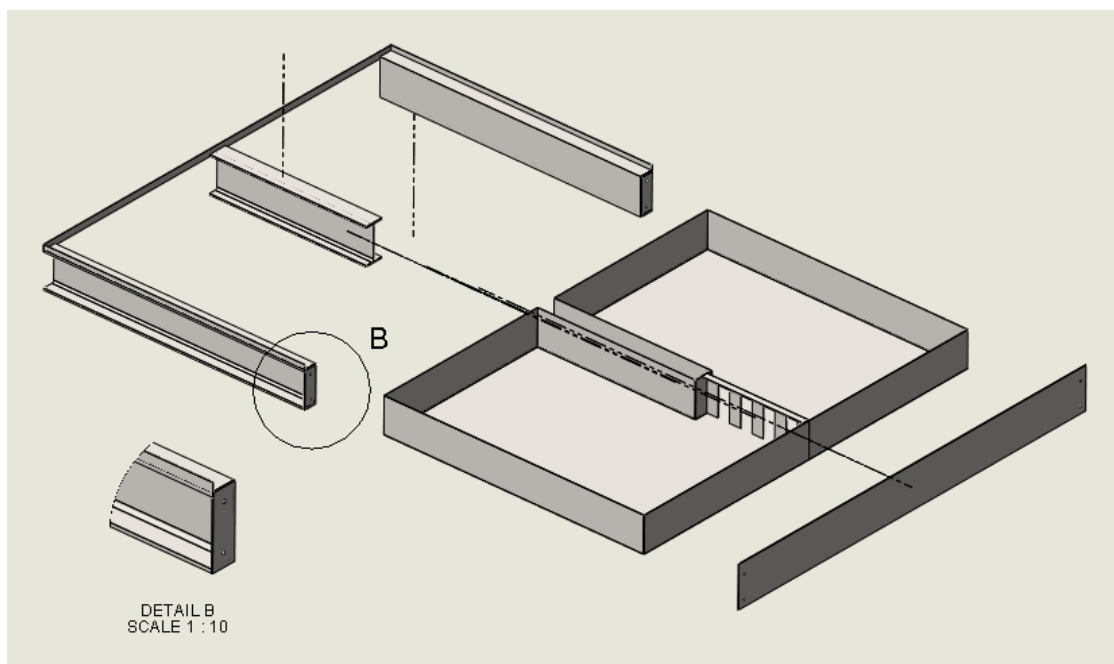
Altaiden alle valmistetaan hoitotaso, jotta mahdollisessa onnettomuustilanteessa hapon keräys onnistuu ongelmitta. Hoitotasoon valmistetaan valuma-allas, johon altaan vaurioituessa happo valuu. Valuma-altaan tilavuus on yhtä suuri kuin happoaltaan.

Valuma-allas (osa 2) valmistetaan 2–3 millimetrin ruostumattomasta teräslevystä särmäämällä ja hitsaamalla. Altaaseen hitsataan särmätty tukilevy (osa 3), jotta hoitotasoritolän jänneväli saadaan lyhyemmäksi. Poikkituen ansiosta altaan tilavuus säilyy mahdollisimman suurena sekä hoitotason korkeus mahdollisimman matalana.

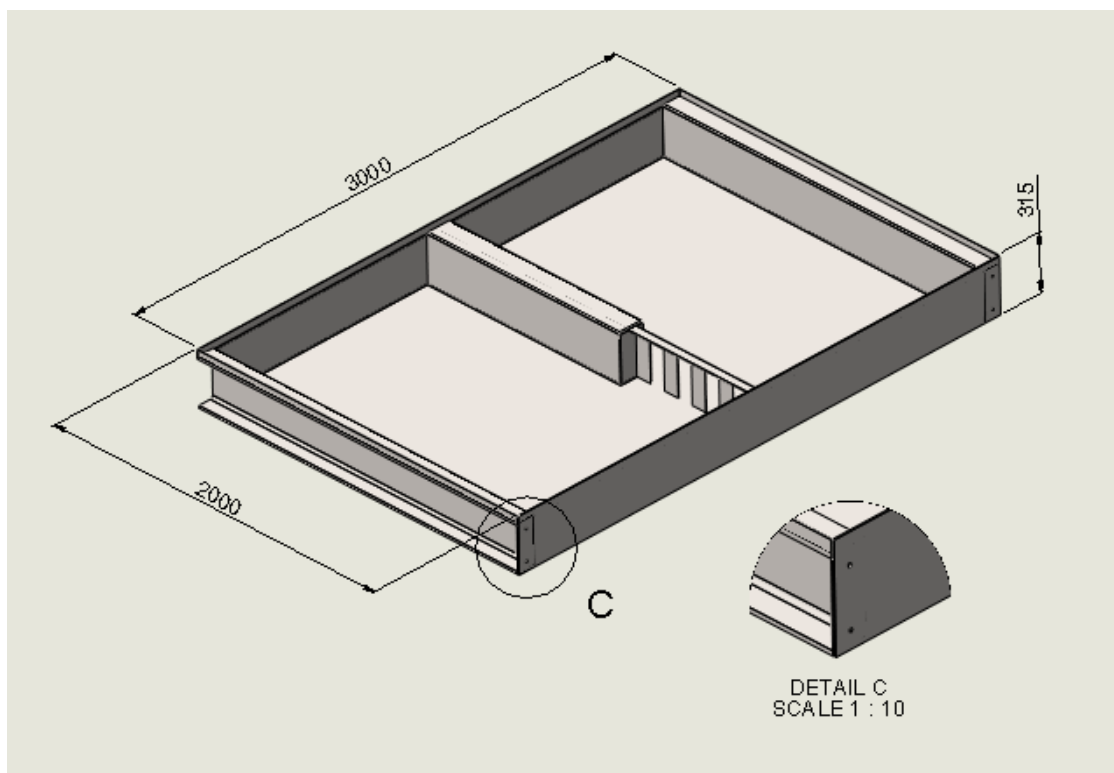
Hoitotason rakenne nähtävillä kuvissa 19–21. Hoitotason runkoratkaisuun voi tulla vielä muutoksia, kun projekti etenee suunnittelupöydälle. Tässä on esitelty yksi toteutustavoista. Runko koostuu UPE-270 palkeista sekä niiden keskellä olevasta IPE-270 palkista (osa 1). Palkit propataan kiinni lattiaan ja niihin hitsataan 50x3 lattaraudat reunoille (osat 6 ja 7) pitelemään hoitotasoritolät paikoillaan. UPE-270 palkkien päähän hitsataan kiinnityslevyt (osa 4), joihin päätylevy (osa 8) pultataan kiinni. Hoitotason eteen tullaan rakentamaan ainakin yksi askelma helpottamaan työntekijöiden kulkua tasolle.



Kuva 19. Hoitotaso (Vihtala 2023, CC BY-NC)



Kuva 20. Hoitotaso (Vihtala 2023, CC BY-NC)



Kuva 21. Hoitotaso (Vihtala 2023, CC BY-NC)

Hoitotasoritulöiden mitoitukseen on käytetty kuvan 22 taulukkoa. Altaan tilavuus on $1,5 \text{ m}^3$, joten hapolla täytetyn altaan paino on noin 2000 kg . Allas aiheuttaa hoitotasolle kuormitusta seuraavasti

$$9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 2000 \text{ kg} = 19\,620 \text{ N} \approx 20 \text{ kN}$$

Kuvan 22 taulukossa sallitut kuormitukset on ilmoitettu yksikössä kN/m^2 . Ritulän on siis kestävä kuormitusta seuraavasti

$$\frac{20 \text{ kN}}{1,5 \text{ m}^2} = 13,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Hoitotasoritulän jänneväli on kuvan 23 mukaisesti noin $1,35$ metriä, joten kuvan 22 taulukon mukaan ritilä on valmistettava tällä kuormituksella vähintään 40×3 lattaraudasta. Tällä jänneväliillä ritilä kestää kuormitusta $15,5 \text{ kN/m}^2$ eli ritilän sallitulle kuormitukselle jää vielä varaa

$$15,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 13,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Peitattavat kappaleet on suunniteltu jätettävän roikkumaan altaasta peittauksen ajaksi, joten ritilälle kohdistuu myös kuormitus peitattavista kappaleista. Jotta ritilä kestää raskaammatkin kappaleet, valitaan hoitotasoritulän lattaraudan kooksi 45×3 , jolloin sallittu kuormitus käyttämällämme jänneväliillä on 22 kN/m^2 . Tällöin ritilän sallitulle kuormitukselle jää varaa

$$22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 13,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 8,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

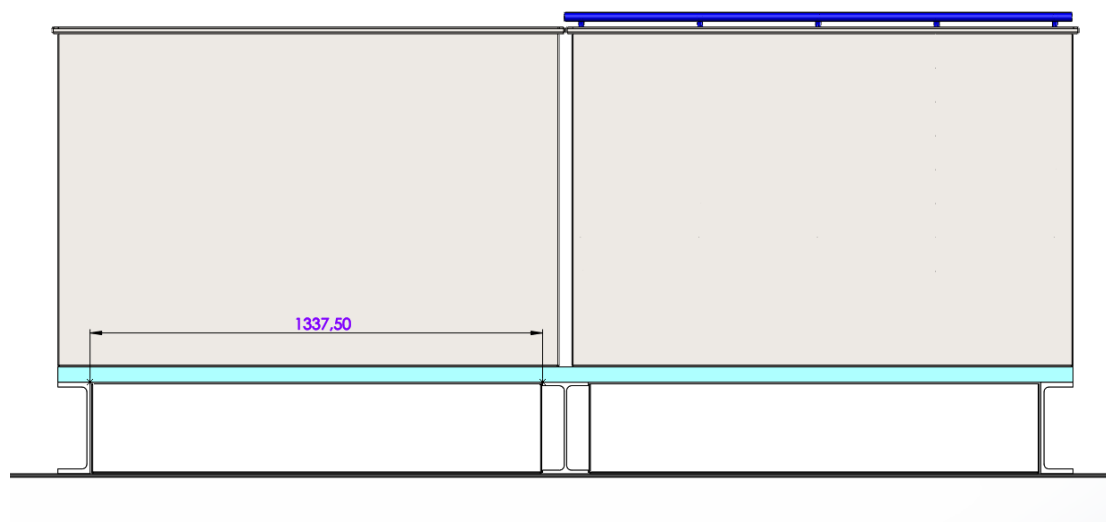
Tämä varmuus riittää suurempienkin kappaleiden kuormituksen vastaanottamiseksi.

Teräsritilä tyyppi H

Kantoteräs k/k = 34 mm

Kantoteräksen mitat (mm)	Jänneväli mm																	
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2200	2400
20x2	60	34	22	15	9,2	6,2	4,3	3,2	2,4									
20x3	90	51	32	22	14	9,3	6,5	4,7	3,6	2,7	2,2							
25x2	94	53	34	23	17	12	8,5	6,2	4,6	3,6	2,8	2,3						
25x3	140	79	51	35	26	18	13	9,3	7,0	5,4	4,2	3,4	2,7	2,3				
30x2	135	76	49	34	25	19	15	11	8,0	6,2	4,9	3,9	3,2	2,6				
30x3	202	114	73	51	37	28	22	16	12	9,3	7,3	5,8	4,7	3,9	2,7	2,0		
35x2	184	103	66	46	34	26	20	16	13	9,8	7,7	6,2	5,0	4,1	2,9	2,1		
35x3	276	155	99	69	51	39	31	25	19	15	12	9,3	7,5	6,2	4,4	3,2		
40x2	240	135	86	60	44	34	27	22	18	15	11	9,2	7,5	6,2	4,3	3,2		
40x3	360	202	130	90	66	51	40	32	27	22	17	14	11	9,3	6,5	4,7	3,6	2,7
45x3	455	256	164	114	84	64	51	41	34	28	24	20	16	13	9,3	6,8	5,1	3,9
50x3	563	316	202	141	103	79	62	51	42	35	30	26	22	18	13	9,3	7,0	5,4
50x4	1133	637	408	283	208	159	126	99	74	57	45	36	29	24	17	12	9,3	7,1
60x4	1632	918	587	408	300	229	181	147	121	99	78	62	51	42	29	21	16	12

Kuva 22. Teräsritilän kuormitustaulukko (Weland Oy)



Kuva 23. Ritilän jänneväli (Vihtala 2023, CC BY-NC)

7.3 Huuhtelusermi

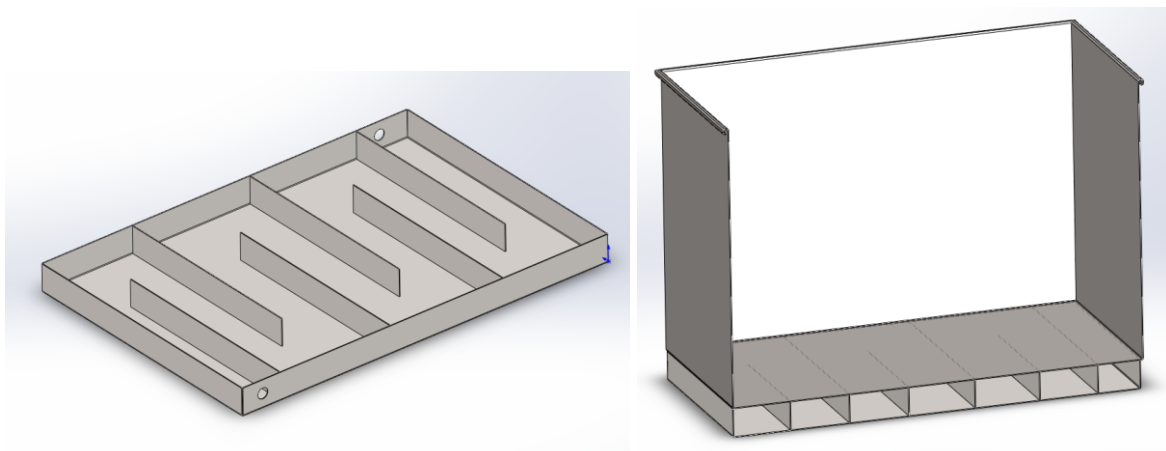
Huuhtelualtaan jälkeisen, painepesurilla tapahtuvan viimeistelyhuuhtelun vuoksi, peittaustilan kahdelle sivulle rakennetaan pellistä huuhtelusermi. Näin huuhtelussa syntyvät roiskeet eivät leviä muualle tuotantotilaan ja ne saadaan johdettua hallitusti viemäriin. Huuhtelusermi nähtävillä layout kuvissa 29–31.

7.4 Altaan lämmitys

Kuten hapon testauksessa todettiin, happoallas tarvitsee lämmityksen toimiakseen kunnolla. Altaan lämmitykseen ideoitiin muutama erilainen vaihtoehto ja ne on esitelty tässä kappaleessa.

Kuvassa 24 on nähtävillä ensimmäinen altaan lämmityksen toteutustapa. Altaan alle rakennettaisiin levyleikkeistä koko altaan pohjan kattava suljettu vesikiertosäiliö. Säiliöön johdetaan lämmintä vettä, joka puolestaan nostaa säiliön yllä olevan hapon lämpötilaa. Vesi pakotetaan kiertämään koko altaan

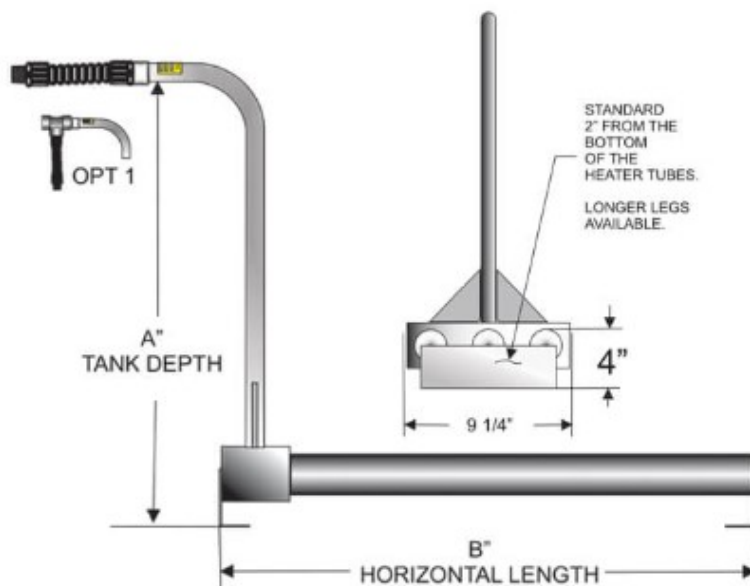
pohjan alalta rakentamalla säiliöön levyleikkeistä kuvan 24 mukainen sokkelo. Vesikiertosailiön veden lämmitys toteutetaan lämminvesivaraajalla ja vettä kierrätetään systeemissä pumpun avulla. Hapon lämpötilan vähäisen noston tarpeen vuoksi vesikiertojärjestelmällä saavutettaisiin varmasti haluttu happokylvyn lämpötila.



Kuva 24. Altaan lämmitys (Vihtala 2023, CC BY)

Happoaltaiden lämmityksessä käytetään myös paljon haponkestävällä materiaalilla päällystettyjä uppokuumentimia, jotka nimensä mukaisesti upotetaan happokylpyyn. Esimerkki altaan pohjalle asennettavasta uppokuumentimesta kuvassa 25. Uppokuumennin lämmittää ympäröivän nesteen säteilemällä ja nesteen lämpötilaa voidaan nostaa jopa 70–80 °C. Uppokuumenninta käytettäessä on kuitenkin huolehdittava sähköjohtojen sekä muiden hapolle alttiiden komponenttien suojaamisesta.

Uppokuumennin pinnoitetaan joko kvartsilla tai PTFE:llä. Kvartsilämmittimet kestävät 0–7 pH-liuoksia lukuun ottamatta fluorivetyhappoa ja emäksiä. Fluorivetyhapposeoksille, joiden pitoisuus on alle 9 % suositellaan käytettäväksi PTFE-pinnoitettuja lämmittimiä. (Keith Company.) NO_x-vapaa happo sisältää 0,9–2 % fluorivetyhappoa, joten PTFE-pinnoitettu lämmitin soveltuu tähän käyttöön.

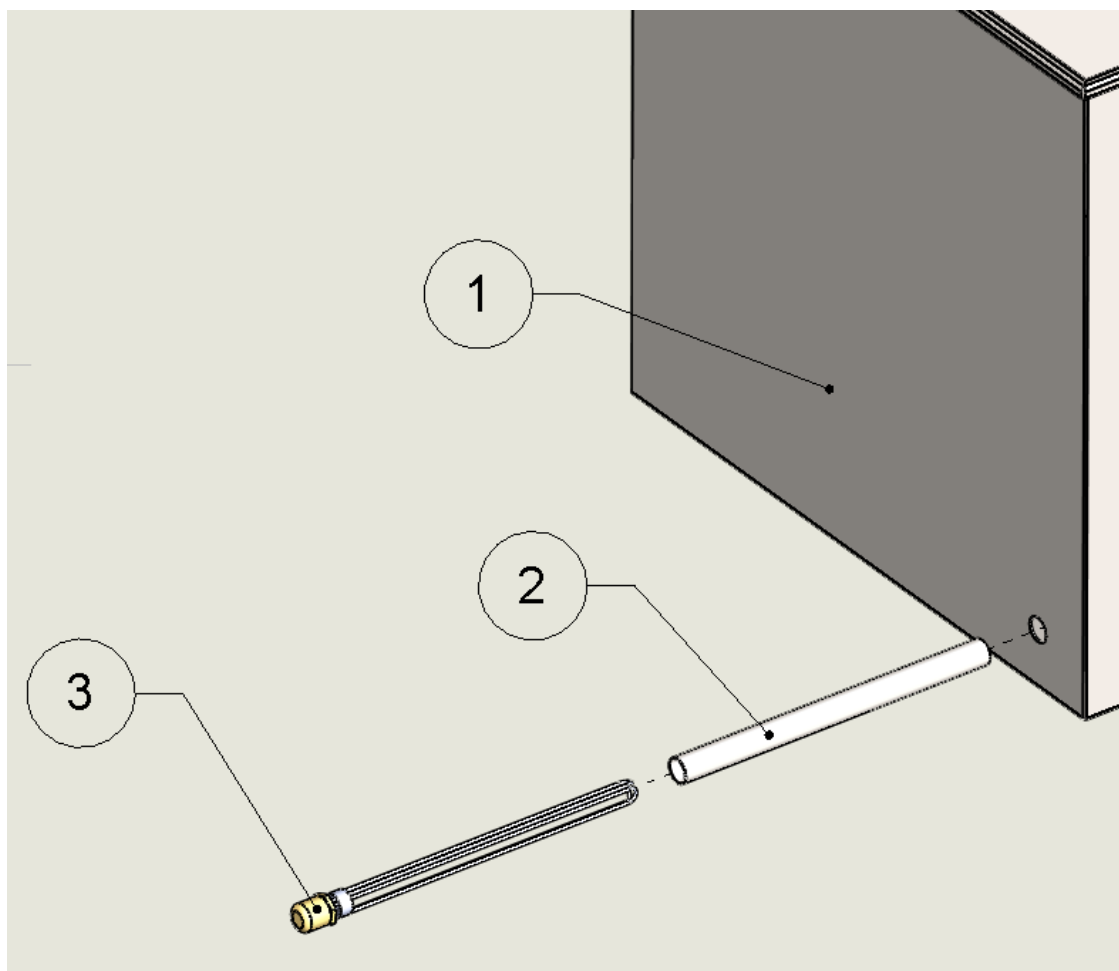


Kuva 25. Uppokuumennin (Industrial heating systems)

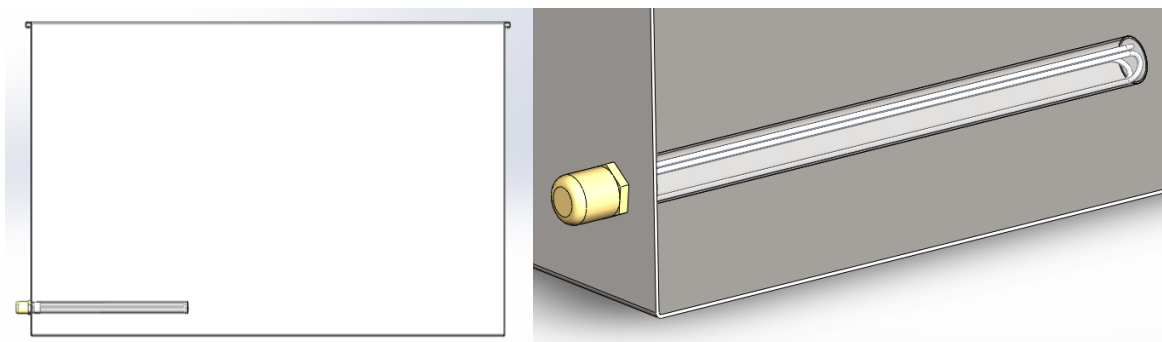
Kolmantena vaihtoehtona happoaltaan lämmitykseen ideoitiin kuvien 26–28 mukaista systeemiä. Altaan kylkeen tehdään reikä ja kierteellä varustettu lämmitysvastus (osa 3) työnnetään siitä läpi. Vastuksen kiinnitykseen tehdään kierreholkki, joka kiinnitetään altaan kylkeen. Vastus ympäröidään haponkestävällä suojaputkella (osa 2), jotta happo ei pääse kosketuksiin vastuksen kanssa.



Kuva 26. Lämmitysvastus (Grandado.com)



Kuva 27. Altaan lämmitys vastuksella (Vihtala 2023, CC BY)



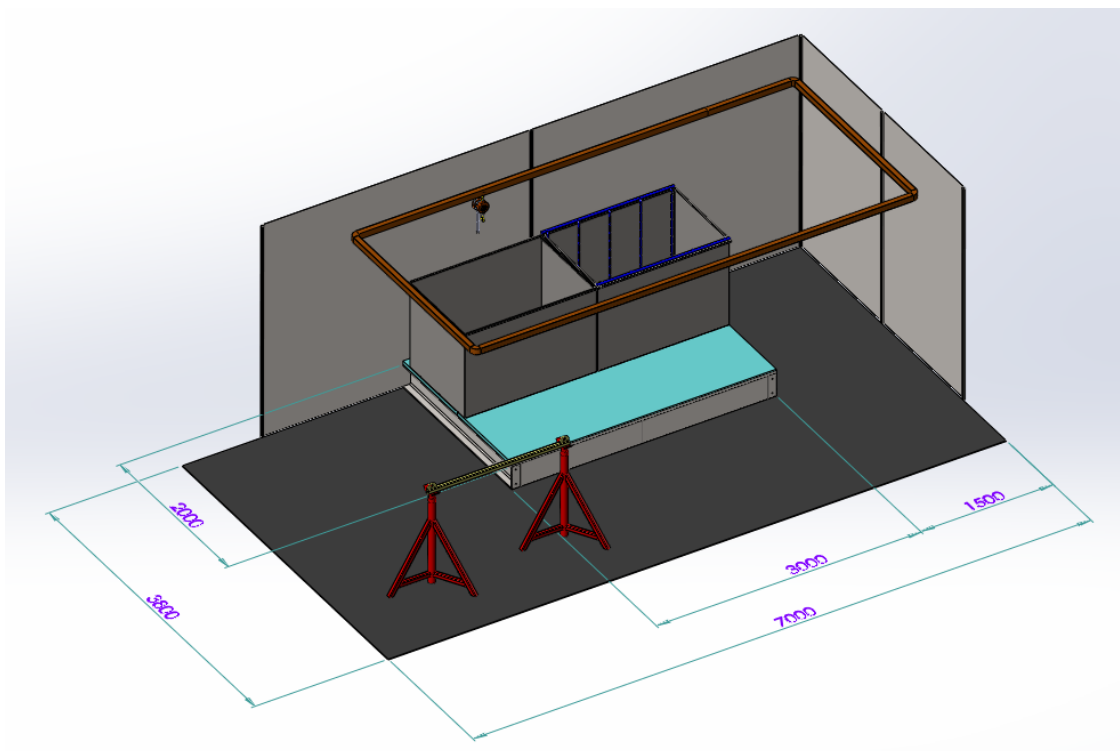
Kuva 28. Altaan lämmitys vastuksella (Vihtala 2023, CC BY)

7.5 Layout ja prosessin kuvaus

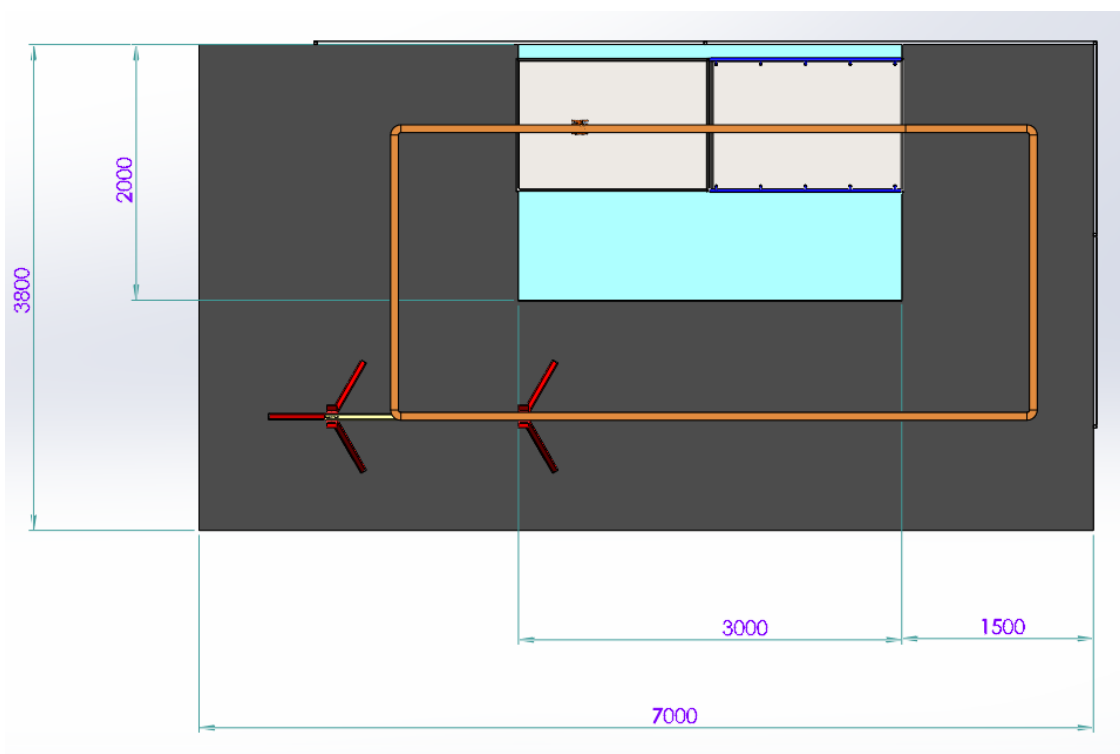
Peittaustilan suunniteltu layout kuvissa 29–31. Peittausallas on vasemmanpuoleinen ja huuhteluallas oikeanpuoleinen, jossa siniset huuhteluputket. Altaiden yllä kiertää liukukisko, jota pitkin kulkee ketjunostin. Peitattavat kappaleet lastataan punaisten pukkien päällä kiinnittimeen ja lastattu kiinnitin nostetaan ketjunostimella kiskolle roikkumaan. Altaisiin rakennetaan lepopukit, joihin kiinnitin voidaan jättää kuvan 31 mukaisesti lepäämään peittauksen sekä huuhtelun ajaksi. Nostimella voidaan suorittaa sillä välin muita nostoja. Suuret kappaleet, jotka eivät sovellu kiinnittimeen peitataan suoraan ketjunostimesta.

Huuhtelualtaan vesi muuttuu käytössä happopitoiseksi. Veden saavuttaessa liian korkean happopitoisuuden, vesi neutraloidaan emäksellä. Neutraloinnin jälkeen raskasmetallit erotellaan altaan pohjalta lietteenä ja toimitetaan ongelmajätteen käsittelijälle. Huuhteluveden saastumisen ehkäisemiseksi kappaleen pinnalla olevat ylimääräiset hapot kannattaa valuttaa peittauksen jälkeen takaisin happoaltaaseen.

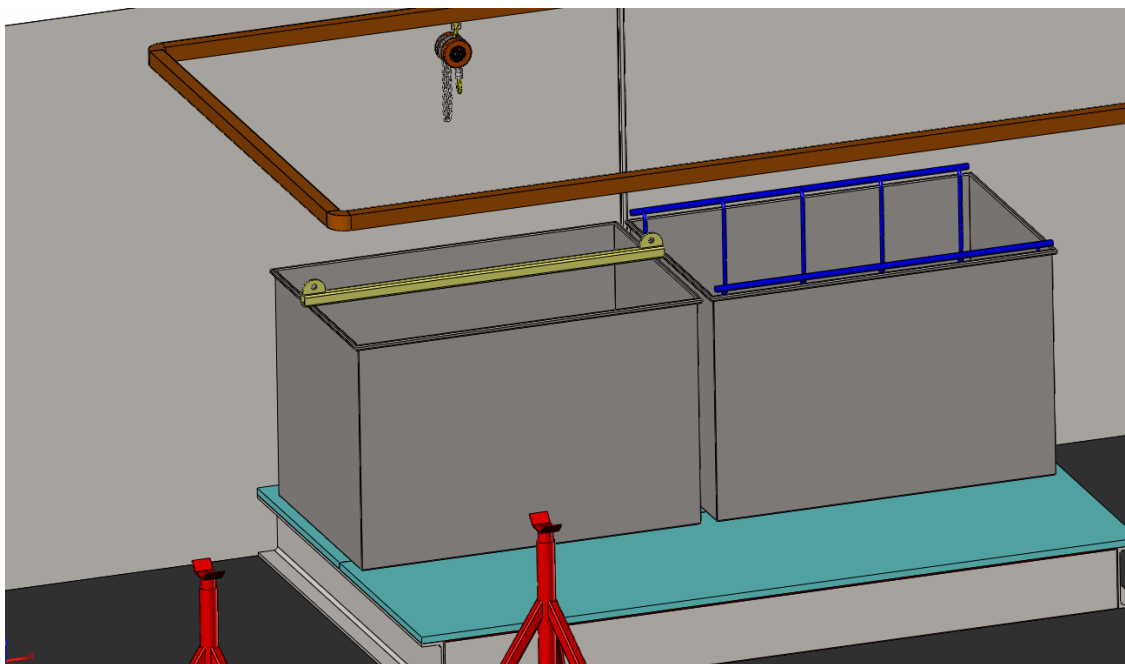
Viimeistelyhuuhtelu suoritetaan huuhtelualtaan viereisessä tilassa, jossa on peltiseinät estämässä roiskeiden pääsyn muualle tuotantotiloihin. Huuhteluvesi ohjataan tästä suoraan viemäriin.



Kuva 29. Peittaustilan layout (Vihtala 2023, CC BY-NC)



Kuva 30. Peittaustilan layout (Vihtala 2023, CC BY-NC)



Kuva 31. Peittaustilan layout (Vihtala 2023, CC BY-NC)

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää peittaustilan käyttöönoton ja käytön oleelliset ympäristö- ja turvallisuusvaatimukset, suunnitella tilalle layout sekä testata esiselvitysprojektissa valikoitua peittaushappoa. Tavoitteena oli myös ottaa suunnittelussa huomioon standardien SFS-EN ISO 14001 ja SFS-EN ISO 45001 tuomat vaatimukset.

Opinnäytetyötä pohjustettiin esiselvitysprojektilla, jossa perehdyttiin peittauksen sekä elektrolyyttisen kiillotuksen teoriaan, vertailtiin eri peittaushappojen ominaisuuksia ja selvitettiin peittaustilan laitteiston vaatimuksia. Esiselvityksessä kerättyä aineistoa hyödynnettiin opinnäytetyössä. Opinnäytetyössä tehtiin ensin selvitys vaarallisia kemikaaleja käsittelevän yrityksen velvollisuuksista ympäristön sekä työntekijöiden turvallisuuden kannalta, jonka jälkeen näiden tietojen pohjalta suunniteltiin peittaustilan prosessin kulku sekä layout. Lopuksi esiselvitysprojektissa valikoitua happoa testattiin niin peittaukseen kuin myös elektrolyyttiseen kiillotukseen.

Työn tuloksena toimeksiantajayritys sai kattavan selvityksen peittaustilan ympäristö sekä turvallisuus asioista. Selvityksen ansiosta peittaustilan rakentamisen tullessa ajankohtaiseksi, on huomioon otettavat seikat jo dokumentoitu. Yritys sai myös alustavan suunnitelman peittausprosessin kulusta sekä peittaustilan layoutista. Peittaustestin tuloksena tultiin johtopäätökseen, että happoallas vaatii lämmityksen toimiakseen kunnolla. Ilman lämmitystä peittausaika pidentyy huomattavasti sekä lopputuotteen laatu kärsii, jos lämpötila putoaa tarpeeksi matalaksi. Elektrolyyttisen kiillotuksen testien perusteella kyseinen happoseos ei sovellu sellaisenaan kiillotukseen ja samaan altaaseen integroitua kiillotusjärjestelmää ei ole kannattava rakentaa.

Lopuksi haluan esittää kiitokseni Pro-Tot Oy:n henkilökunnalle sekä opinnäytetyöni ohjaajalle työn mahdollistamisesta sekä kaikesta työn aikana saadusta tuesta.

LÄHTEET

- BestTechnology julkaisuaika tuntematon. Electropolishing Equipment and Electropolisher Machines for Stainless Steel. What is Electropolishing? How Does Electropolishing Work? Verkkojulkaisu. <https://www.besttechnologyinc.com/electropolishing-equipment/how-does-electropolishing-work/> Viitattu 4.4.2023.
- Bornmyr, Anders & Holmberg, Björn 1995. Handbook for the pickling and cleaning of stainless steel. Verkkojulkaisu. http://www-eng.lbl.gov/~shuman/NEXT/MATERIALS&COMPONENTS/Pressure_vessels/pickling-SS.pdf Viitattu 3.4.2023.
- Crookes, Roger 2007. Pickling and Passivating Stainless Steel. Bryssel: Euro Inox. Verkkojulkaisu. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Passivating_Pickling_EN.pdf Viitattu 4.4.2023.
- Esab 2004. Peittausopas ruostumattomien terästen hitseille. Verkkojulkaisu. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjzi-Kexgv_9AhVTzYsKHZnFCzgQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fpdf4pro.com%2Fcdn%2Fpeittausopas-ruostumattomien-ter-228-sten-hitseille-esab-fi-3b87ae.pdf&usq=AOvVaw04aWlyw6H4mnRVUbMPpHx4 Viitattu 5.4.2023
- Hänninen, Mikko 2023. Työnjohtaja. Franke Medical Oy. Haastattelu 29.3.2023.
- Keith Company julkaisuaika tuntematon. Quartz and PTFE Immersion Heaters for Acid Solution Plating tanks. Verkkokauppa. <https://www.keithcompany.com/quartz-heater-for-acid-solutions.html#1> Viitattu 30.5.2023.
- Keski-Savon ympäristötoimen kuntien ympäristönsuojelumääräykset 2018. Verkkojulkaisu. https://keskisavonymparistotoimi.fi/wp-content/uploads/2019/02/KESKI-SAVON-YMPÄRISTÖTOIMEN-YMPÄRISTÖNSUOJELUMÄÄRÄYKSET_VERKKOJULKAISU.pdf Viitattu 24.4.2023.
- Kosmac, Alenka 2010. Ruostumattomien terästen elektrolyyttinen kiillotus. Bryssel: Euro Inox. Verkkojulkaisu. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_FI.pdf Viitattu 5.4.2023.
- Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005. <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20050390#L3P24> Viitattu 21.4.2023.
- MasterChem julkaisuaika tuntematon. Typpihappo. MasterChem.ee teollisuuskemikaalien toimittaja. Tuotetieto. <https://masterchem.ee/fi/tuote/typpihappo-56-58-cas-7697-37-2/> Viitattu 20.4.2023.
- Nickel Institute 2020. Cleaning and descaling stainless steel, A designers' handbook series N° 9001 2020. Verkkojulkaisu. https://nickelinstitute.org/media/4654/ni_aisi_9001_cleaningdescaling.pdf Viitattu 5.4.2023.
- Pro-Tot Oy. Verkkosivut. <https://pro-tot.fi/yritys/> Viitattu 5.4.2023.
- Seppälä, Juha 2023. Tuotepäällikkö. Impomet Oy. Tarjouskysely peittaushapsista. Yksityinen sähköpostiviesti 6.4.2023. Viestin saaja: Santeri Vihtala.
- SFS-EN ISO 15730. 2016. Metallic and other inorganic coatings. Electropolishing as a means of smoothing and passivating stainless steel. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 3357. 2017. Palavien nestemäisten kemikaalien varaston sammutus- ja palontorjuntakalusto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 3350. 2016. Palavien nestemäisten kemikaalien varastopaikka ja siellä olevat kemikaalien käsittelypaikat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 14001. 2015. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 45001. 2018. Työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

TA Chemistry AB 2022. Käyttöturvallisuustiedote: TACAB Pickling bath concentrated. https://www.tachemistry.com/files/TACAB_Pickling-bath_concentrated_version-2_Finnish.pdf Viitattu 10.4.2023.

TA Chemistry AB 2022. Säkerhetsdatablad för TACAB NOXfria Betbad. https://www.tachemistry.com/files/TACAB_NOXfria_Betbad_SDB-vers-16_Swedish.pdf Viitattu 10.4.2023.

Tarvainen, Roope 2023. Puhdistamon hoitaja. Pieksämäen Vesi Oy. Viemäriverkkoon päästettävien jätevesien laatu. Yksityinen sähköpostiviesti 25.4.2023. Viestin saaja: Santeri Vihtala.

Toivola, Pirita 2023. Ympäristötarkastaja. Keski-Savon ympäristötoimi. Ympäristölupa. Yksityinen sähköpostiviesti 26.4.2023. Viestin saaja: Santeri Vihtala.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2021. Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi. Verkojulkaisu. <https://tukes.fi/vaarallisten-kemikaalien-kasittely-ja-varastointi> Viitattu 10.4.2023.

Työterveyslaitos 2022. Ova-ohjeet. Typpihappo. Verkojulkaisu. <https://ova.ttl.fi/typpihappo> Viitattu 24.4.2023.

Työterveyslaitos 2022. Ova-ohjeet. Rikkihappo. Verkojulkaisu. <https://ova.ttl.fi/rikkihappo> Viitattu 24.4.2023.

Työterveyslaitos 2022. Ova-ohjeet. Fluorivetyhappo. Verkojulkaisu. <https://ova.ttl.fi/fluorivety-ja-fluorivetyhappo> Viitattu 24.4.2023.

Työterveyslaitos 2022. Ova-ohjeet. Fosforihappo. Verkojulkaisu. <https://ova.ttl.fi/fosforihappo> Viitattu 24.4.2023.

Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 685/2015. <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20150685#L6P45> Viitattu 21.4.2023.

Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 856/2012. <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20120856?toc=1> Viitattu 21.4.2023.

Ympäristö.fi 2023. Luvat ja velvoitteet. Ympäristölupa. Verkojulkaisu. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ymparistolupa#Toiminnan%20olennainen%20muutos> Viitattu 21.4.2023.

LIITE 1: SUHDELUKULASKENNAN TULOS TYYPPI-FLUORIVETYHAPOLLE

**Suhdelukulas-
kennan tulos**

Vähäinen toiminta

Kohteen toiminta on vähäistä. Kohteen toiminnasta on tehtävä ilmoitus kunnan pelastusviranomaiselle.

Terveydelle vaarallisten aineiden suhdeluku:	2,0
Ympäristölle vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0
Fysikaalisesti vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0
Muiden vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0

**Suhdelukujen summat
vaaraluokittain**

Vaaraluokka	Ilmoitussuhdeluku	Lupasuhdeluku	MAPP-suhdeluku	TS-suhdeluku
Terveysvaarat	2,0	0,1	0,02	0,005

Tulokset vaaraluokittain

Kemikaali	Määrä (tonnia)	Ilmoitusraja (tonnia)	Ilmoitussuhdeluku	Luparaja (tonnia)	Lupasuhdeluku	MAPP-raja (tonnia)	MAPP-suhdeluku	Turvallisuusselvitysraja (tonnia)	TS-suhdeluku
Terveysvaarat Typpi-fluorivetyhappo	1,0	0,5	2,0	10,0	0,1	50,0	0,02	200,0	0,005

LIITE 2: SUHDELUKULASKENNAN TULOS NOX-VAPAALLE HAPOLLE

**Suhdelukulas-
kennan tulos**

Ei edellytä ilmoitusta

Kohteen toiminta ei edellytä ilmoitusta.

Terveydelle vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0
Ympäristölle vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0
Fysikaalisesti vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0
Muiden vaarallisten aineiden suhdeluku:	0,0

**Suhdelukujen summat
vaaraluokittain**

Vaaraluokka	Ilmoitussuhdeluku	Lupa-suhdeluku	MAPP-suhdeluku	TS-suhdeluku
Terveysvaarat	0,1	0,001	0,0	0,0

Tulokset vaaraluokittain

Kemikaali	Määrä (tonnia)	Ilmoitusraja (tonnia)	Ilmoitussuhdeluku	Lupa-raja (tonnia)	Lupa-suhdeluku	MAPP-raja (tonnia)	MAPP-suhdeluku	Turvallisuus-selvitysraja (tonnia)	TS-suhdeluku
Terveysvaarat									
Nox-vapaa happo	1,0	10,0	0,1	1000,0	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0