



Venttiликartoitus ja venttiilimateriaalien optimointi

Juuso Metsi

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Biotuote- ja prosessitekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka

METSI, JUUSO:
Venttiilikartoitus ja venttiilimateriaalien optimointi

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2022

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kemira Oyj Joutsenon toimipisteen lipeätehtaalle optimaalisimmat venttiilimateriaalit sen jokaiselle kemikaalille, kuhunkin prosessin käyttökohteeseen. Lipeätehtaalla on huomattu jo pidemmän aikaa nykyisten käytössä olevien venttiilien materiaalien heikentymistä. Venttiilimateriaalien optimoinnin on tarkoitus parantaa kustannustehokkuutta venttiilien pidennyksen elinkaaren ja huollettavuuden myötä.

Mahdollisia venttiilimateriaaleja kartoitettiin venttiilitoimittajien, Kemiran tehtaiden käyttökokemuksien sekä kirjallisuudessa esiintyvien tietojen avulla. Käyttökokeuksia venttiilien toimivuudesta, kestävydestä sekä huoltotarpeista saatiin suullisesti, kirjallisesti sekä sähköpostitse Kemiran Joutsenon kunnossapidon henkilökunnalta sekä Kuusankosken kunnossapitoinsinööriltä sekä Äetsän tehtaiden prosessi-insinööriltä. Työssä hyödynnettiin lisäksi muun muassa tekniikan alojen eri tietokanoista löytyvää tietoa.

Venttiilimateriaalien kartoituksessa haluttiin saada lipeätehtaan tuleviin venttiilihankintoihin varten useampi eri materiaalivaihtoehto. Laitetoimittajien tarjoamat venttiilit koostuvat useimmiten useammasta eri materiaalista, joten on tärkeää saada materiaalivalinnoille vaihtoehtoiksi useampi materiaali. Kirjallisuuskatsauksen sekä käyttökokemuksien tarkastelun avulla jokaiselle lipeätehtaan kemikaalille saatiin viisi eri venttiilimateriaalisuosittelua. Materiaalisuosittelut ovat kemikaali- sekä prosessiolosuhdekohtaisia.

Lipeätehtaalla on useampi tuhat venttiiliä ja niitä vaihdetaan lähestulkoon aina vasta venttiilin rikkoontuessa. Kunnossapidolliset työt on taltioitu SAP-järjestelmään eri tavoin ja siitä syystä ei esimerkiksi suolahapon venttiilien vaihtojen lukumäärää tai vaihtoväliä pystynyt saamaan selville kohtuullisella työmäärällä. Kunnossapidolliset työt venttiilien osalta tulisikin jatkossa tallentaa aina samaan paikkaan, jotta venttiilien kestävyttä pystyisi seuraamaan paremmin. Työn tilaaja voi myös tuloksien avulla standardoida venttiilimateriaalit kemikaali- ja prosessiolosuhdekohtaisesti ja siten helpottaa tulevia venttiilihankintoja. Opinnäytetyöhön sisältyvä luottamuksellinen aineisto ja tulokset on jätetty pois julkisesta opinnäytetyöraportista.

Asiasanat: kemikaali/väliaine, kustannustehokkuus, venttiili

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and Process Engineering

METSI, JUUSO:
Valve Mapping and Optimization of Valve Materials

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 3 pages
May 2022

The purpose of the thesis was to find out the most optimal valve materials for each of the chemicals and process applications in use at Kemira Oyj's Joutseno lye plant. At the lye plant, the deterioration of the materials of the existing valves in use has been observed for some time. The optimization of valve materials was intended to improve cost efficiency with extended valve life cycle and serviceability.

Potential valve materials were identified by means examining the valve suppliers' user experiences at the Kemira mills and conducting a literature review. Operational experiences with the functionality, durability and maintenance needs of the valves were obtained orally, in writing and by e-mail from Kemira's Joutseno maintenance staff, as well as the maintenance engineer at Kuusankoski mills and the process engineer at the Äetsä mills. The work also utilized information found in various databases in the related fields of technology.

In the mapping of valve materials, the aim was to have several different material options for the valve purchases of the lye plant. The valves offered by the equipment suppliers usually consist of several different materials, so it is important to have more materials as an alternative to the material choices. The review of the literature and a review of operating experiences yielded five different valve material recommendations for each lye plant chemical. Material recommendations are specific to each chemical and process application.

The lye plant has several thousand valves and they are almost always replaced only when the valve breaks. The maintenance work has been stored in the SAP-system in various ways, and for this reason, for example, it was not possible to find out the number of changes or intervals of replacement of the hydrochloric acid valves with a reasonable amount of research work. In the future, maintenance work on valves should always be stored in the same place so that the durability of the valves can be better monitored. Results of the work can also be used by the client to standardize the valve materials for each chemical and process condition and thus facilitate future valve purchases. Confidential material and results has been removed from the public report.

Key words: chemical, cost-effectiveness, valve

SISÄLLYS

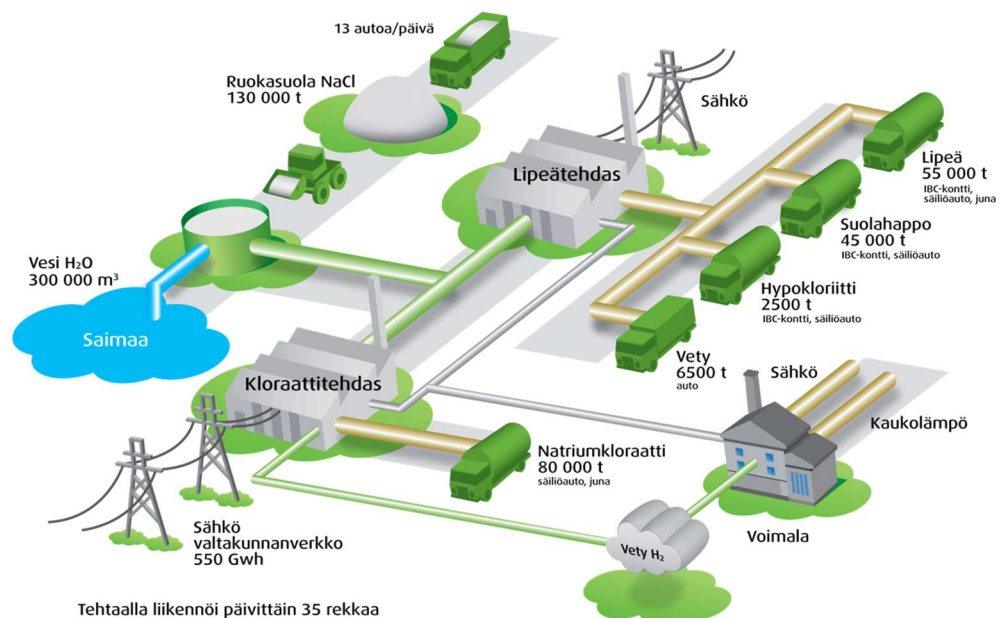
1	JOHDANTO	6
2	KEMIRA OYJ	8
3	KEMIKAALIT, VENTTIILIT JA VENTTIILIMATERIAALIT	10
3.1	Lipeätehtaalla valmistettavat kemikaalit	11
3.1.1	Kloori	11
3.1.2	Laihaliuos	12
3.1.3	Lipeä	12
3.1.4	Natriumhypokloriitti	13
3.1.5	Suolahappo	13
3.1.6	Suolaliuos	14
3.1.7	Vety	14
3.2	Venttiilit	15
3.2.1	Istukkaventtiilit	16
3.2.2	Kalvoventtiilit	16
3.2.3	Läppäventtiilit	17
3.2.4	Palloventtiilit	17
3.3	Venttiileissä käytettävät materiaalit	18
3.3.1	Fluorimuovit	18
3.3.2	Muovit	22
3.3.3	Metallit	23
3.3.4	Kumit	25
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	26
4.1	Kirjallisuus	26
5	POHDINTA	29
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	35
	Liite 1. Kennosalin venttiilien kalvojen vaihdot v.2005–2021	35
	Liite 2. Kemiallisen kestävyuden taulukko. (Aco Nordic Oy n.d.).	36
	Liite 3. Kumilaatujen ominaisuudet. (Ravelast Polymers n.d.).	37

LYHENTEET JA TERMIT

Cl ₂	Kloori (kaasu)
CSM	Kloorisulfonoitu polyeteenikumi
ECTFE	Eteeniklooritrifluorieteeni, fluorimuovi
ETFE	Etyleenitetrafluorietyleeni, fluorimuovi
EPDM	Etyleenipropyleenidieenikumi
EPM	Eteenipropeenikumi
FPM	Fluorikumi
H ₂	Vety (kaasu)
H ₂ O ₂	Vetyperoksidi
HCl	Suolahappo
Laihaliuos	Suolapitoinen vesiliuos, joka sisältää klooria
NaClO	Natriumhypokloriitti
NaOH	Lipeä
PFA	Perfluoriaalkoksi, fluorimuovi
PP	Polypropeeni, kestopuovi
PTFE	Polytetrafluorieteeni, fluorimuovi
PVC	Polyvinyylikloridi, kestopuovi
PVDF	Polyvinyylidifluoridi, fluorimuovi

1 JOHDANTO

Kemiran Joutsenon tehtailla valmistetaan lipeää, suolahappoa, natriumhypokloriittia, vetyä, AKD (alkyyliketeenidimeeri)-liimaa ja natriumkloraaattia. Näiden valmistus tapahtuu kahdella eri tehtaalla, joista toisella valmistetaan ainoastaan natriumkloraaattia. Tämä työ sijoittuu lipeätehtaalte, joissa em. kemikaaleja valmistetaan useammassa eri pitoisuudessa. Joutsenon tehtaiden tuotteet ja tarvitsemat raaka-aineet ovat esiteltynä kuvassa 1. Tehdasalueella sijaitsee myös Adven Oy:n vetyvoimalaitos, joka tuottaa sähköä, höyryä ja kaukolämpöä.



KUVA 1. Joutsenon tehtaiden elektrolyysiprosessit ja raaka-aineet (Kemira 2022a).

Lipeätehtaalla on tuhansia venttiileitä, jotka uusitaan kunnossapidollisten toimien yhteydessä tulevaisuudessa. Venttiilien uusimisjärjestykseen ja määrään vaikuttavat nykyisten venttiilien kestävyys ja uusien venttiilien saatavuus sekä kustannustehokkuus. Venttiilit pyritään valitsemaan niin, että ne kestävät käyttökohdeissa mahdollisimman pitkään, mutta ovat silti kustannuksiltaan järkeviä. Venttiilin on oltava materiaaliltaan oikea ja sen tulee olla tarpeen mukaan huollettava. Tämän työn tarkoituksena on selvittää sopivimmat venttiilit, jotka toimivat Kemira Chemicals Oy Joutsenon lipeätehtaan prosessiolosuhteissa parhaiten. Sopivien venttiilien valinta parantaa osaltaan käytön, mutta myös kunnossapidon

kustannustehokkuutta, koska venttiileitä joutuu huoltamaan vähemmän ja näin ollen niihin kuluu myös vähemmän varaosia ja työtunteja. Käytön osalta suuri tekijä on tarpeettomien prosessin alasajojen välttäminen.

Työssä selvitetään venttiileiden eri materiaalien kestävyyttä Kemiran Joutsenon lipeätehtaan prosessiolosuhteissa. Työssä käsitellään Joutsenon tehdasta ja siellä valmistettavia kemikaaleja sekä venttiileiden materiaaleja, jotka kestävät tietyn kemikaalin tietyssä lämpötilassa ja paineessa. Joutsenossa on huomattu jo pidemmän aikaa nykyisten käytössä olevien venttiilien käyttöiän laskeneen aikaisempien vuosien kokemuksesta. Työn tilaaja haluaa etsiä uudet optimaalisemmat materiaalit ja vaikuttaa näin kustannustehokkuuteen.

Työssä käsiteltävät venttiilien materiaalit ovat yleisimpiä kemianteollisuudessa käytettäviä materiaaleja. Nämä materiaalit perustuvat osittain venttiilitoimittajien materiaalivalikoimaan ja osittain kirjallisuudesta löytyvään tietoon. Lähtökohtana työlle on myös tutkia venttiilitoimittajien valikoimasta löytyvien materiaalien kestävyyttä kirjallisuuden ja käyttökokemusten avulla. On turhaa tutkia materiaaleja, jotka mahdollisesti kestäisivät lipeätehtaan kemikaaleja ja prosessiolosuhteita, jos Kemiralla ei ole mahdollisuutta hankkia kyseisellä materiaalilla olevia venttiileitä venttiilitoimittajien tarjonnasta johtuen.

Työssä saatuihin tuloksiin vaikuttavat sekä käyttökokemukset, että kirjallisuudesta saatu tieto. Eri materiaalien kemikaalikorroosiot ovat kirjallisuudesta saatua tietoa, mutta jokaisen tehtaan omat prosessiolosuhteet vaikuttavat materiaalin kestävyteen. Työssä käsitellään venttiilitoimittajien antamia materiaalivaihtoehtoja eri prosessiolosuhteisiin, jotka vastaavat osittain tai täysin lipeätehtaan prosessiolosuhteita. Venttiilitoimittajien tiedot ovat osittain kirjallisuustietoa ja osittain käyttökokemusperusteisia. Ainoastaan Joutsenon lipeätehtaan venttiilien materiaalien käyttökokemustiedot voidaan käsitellä faktana, koska venttiilimateriaalien kestävydestä ja soveltuvuudesta saatu tieto on peräisin työn kohteena olevalta tehtaalta.

2 KEMIRA OYJ

Kemira Oyj on perustettu vuonna 1920 kemian toimialalle ja sen toimitusjohtajana toimii Jari Rosendal. Kemiran pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja tutkimuskeskukset (R&D) Espoossa, Atlantassa ja Shanghaissa. Kemiralla on yksiköitä yli 40:ssä eri maassa ja Suomessa toimivia yksiköitä on kuusi. Suomessa toimivat yksiköt sijaitsevat Harjavallassa, Porissa, Sastamalassa, Oulussa, Kuusankoskella ja Joutsenossa. Vuonna 2020 Kemiran liikevaihto oli noin 2,4 miljardia euroa ja henkilöstön määrä noin 5 000. Asiakaskuntaa Kemiralla on yli 100:ssä eri maassa. Kemiran osakkeet on listattu Nasdaq Helsinki Oy:ssä. (Kemira 2022b.)

Kemira on maailman johtava kestäviä kemikaaliratkaisuja runsaasti vettä käyttäville teollisuudenaloille valmistava yhtiö. Kemiran kilpailuetu perustuu asiakkaiden prosessi- ja resurssitehokkuutta sekä laatua parhaiten tukeviin tuotteisiin ja asiantuntemukseen. Kemira keskittyy massa- ja paperi-, öljy- ja kaasuteollisuuden sekä veden käsittelyyn. (Kemira 2022b.) Kuvassa 2 on esiteltyä Kemiran Joutsenon toimipiste ja työn kohteena olevan lipeätehtaan sijainti.



KUVA 2. Kemiran Joutsenon toimipiste (Kemira 2022a, muokattu).

Kemiran liiketoiminta on jaettu kahteen asiakassegmenttiin: Pulp & Paper -segmenttiin, jonka osuus konsernin liikevaihdosta on noin 60 % ja Industry & Water -segmenttiin, jonka osuus on noin 40 %. Opinnäytetyö tehtiin Kemiralla Joutsenon toimipisteelle, joka kuuluu Pulp & Paper asiakassegmenttiin. Joutsenossa tuotetaan kemikaaleja kartonki-/paperi- & selluteollisuuden tarpeisiin. Tuotanto paikan kuulumisen tiettyyn asiakassegmenttiin määräytyy sen tuotteiden mukaan. (Kemira 2022b.)

Vahvan, kevyen, visuaalisesti houkuttelevan, suojaavan ja turvallisen pakkaus-kartongin valmistaminen vaatii erityistä kemiantuntemusta. Kemiran laaja asiantuntemus tuo lisäarvoa kartongin- ja paperinvalmistukseen ja mm. laadukkaiden kemikaalien avulla metsäteollisuuden yritykset voivat räätälöidä tuotteita, jotka vastaavat tiukimpiakin loppukäyttäjävaatimuksia aina ruoan turvallisuudesta brändin houkuttelevuuteen. Kemira tekee yhteistyötä sellunvalmistajien kanssa haluttujen sellun lujuus-, vaaleus- ja puhtausominaisuuksien saavuttamiseksi. Kemira pystyy parantamaan omalla kemian tietämyksellään asiakkaittensa mm. sellu- ja kartongintuotannon kokonaistehokkuutta ja näin ollen pienentämään kustannuksia. Kemiralla on edistyksellinen chemical island -konsepti, joka osoittaa sitoutumista sellu- ja paperiteollisuuden kehitykseen. (Kemira 2022b.)

Kemiralla on kasvustrategia, jolla se tavoittelee nopeampaa liikevaihdon kasvua, mikä tarkoittaa markkinak kasvuna n. 4–5 % keskimääräisenä vuotuisena kasvuna vuosina 2020–2026. Se on listannut kasvustrategiassaan väestörakenteen muutokseen ja sen vaikutukseen liittyviä megatrendejä, jotka hyödyttävät Kemiraa. Kemira on muun muassa havainnut kasvavan keskiluokan ja kaupungistumisen lisäävän veden ja pehmopaperin kulutusta, joten sen asiantuntemukselle ja kemikaaleille tulee olemaan lisää kysyntää. (Kemira 2022b.)

Venttiilien materiaaleja valittaessa on ymmärrettävä siinä virtaavan kemikaalin ominaisuudet. On tiedettävä mm., onko kemikaali syövyttävää, kuumaa vai kylmää ja onko kemikaali mahdollisesti reaktiivinen. Näiden ja monien muiden ominaisuuksien tarkastelun jälkeen voidaan tutkia kemikaaleille oikeita venttiilimateriaaleja. Tavoitteena on löytää jokaiselle kemikaalille mahdollisimman kestävä, mutta kuitenkin kustannustehokas venttiilimateriaali. (Malinen 2022.)

3.1 Lipeätehtaalla valmistettavat kemikaalit

Kuten edellä mainittiin, lipeätehtaalla valmistetaan useaa eri kemikaalia. Työssä etsitään optimaalisia materiaaleja klooria sisältäville kemikaaleille, lipeälle, suolahapolle, vedylle ja natriumhypokloriitille. Esimerkiksi lipeää käsitellään tehtaalla eri lämpötiloissa ja eri pitoisuuksina, joten materiaalisuositukset vaihtuvat näiden tekijöiden mukaan.

Jokaisesta edellä mainitusta kemikaalista on hyvä tietää sen fysikaalisista ominaisuuksista. Lähestulkoon jokainen kemikaali on omalla tavallaan ihmiselle vaarallinen ja siksi niitä on käsiteltävä prosessiolosuhteissa erityisellä tarkkuudella.

3.1.1 Kloori

Kloori (Cl_2) on vihreänkeltainen, pistävän hajuinen huoneenlämpötilassa esiintyvä kaasu, jota ihminen voi hengittää helposti sisään. Se on erittäin reaktiivista, toisin sanoen se muodostaa helposti yhdisteitä muiden aineiden kanssa. Kloori reagoi silmissä ja keuhkoissa olevan veden kanssa ja muodostaa happoa, joka vaikuttaa ärsyttävästi tai jopa syövyttävästi. (Bruun ja Thomas 2014.)

Altistuminen edes pienellekin klooripitoisuudelle saattaa aiheuttaa noin puolen tunnin jälkeen lievää hengitysteiden ärsytystä, päänsärkyä ja yskimistä. Todella suuri klooripitoisuus voi aiheuttaa kuoleman muutamalla syvällä sisäänhengityksellä. Nestemäisen kloorin roiskeet silmään pystyvät aiheuttamaan pysyviä vaurioita, jopa sokeuden. Kloorikaasu muodostaa vesihöyryn kanssa myrkyllistä ja syövyttävää kloorivetyä eli suolahappoa. Kloori reagoi kiivaasti monien

orgaanisten yhdisteiden ja hienojakoisten metallien sekä ammoniakkin kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Sitä käytetään laajalti kemianteollisuudessa, jossa sen käyttökohteita ovat muun muassa suolahapon valmistus. Lisäksi klooria käytetään muun muassa juomaveden puhdistamiseen eli desinfiointiin. (Työterveyslaitos 2016.)

3.1.2 Laihaliuos

Laihaliuos on Kemiran Joutsenon lipeätehtaalla syntyvä oma prosessikemikaali, joka on laimea suolaliuos joka sisältää klooria. Se on elektrolyysin lävitse kulkenut kemikaali ja se esiintyy prosessissa eri lämpötiloissa, mutta useimmiten kuumana. Laihaliuoksessa kloori on alikloorihapokkeena, joka hajotetaan pH-säädöllä klooriksi. Klooripitoisuuden vuoksi laihaliuoksen kanssa on käytettävä materiaaleja, jotka ovat kemikaalikestävyydeltään kloorille sopivia. Kloorin vuoksi sitä kuuluu käsitellä vaarallisena kemikaalina ja siksi sen yhteydessä käytettävät materiaalit tulee olla kestäviä, jotta mahdollisia prosessivuotoja ei pääse syntymään. (Malinen 2022.)

3.1.3 Lipeä

Lipeä eli natriumhydroksidi (NaOH) on vaalea, hajuton ja kiinteä aine, jota käytetään yleensä vesiliuoksena. Huoneenlämpötilassa 50-prosenttinen vesiliuos on neste, mutta väkevämmät liuokset ovat viskositeetiltaan todella korkeita tai lähes tulkoon kiinteitä. Lipeä on vahva emäs ja aineen liuetessa veteen vapautuu lämpöä. (Työterveyslaitos 2021.)

Vahvat hapot reagoivat lipeän kanssa kiivaasti. Lipeä syövyttää metalleja kuten sinkkiä, alumiinia ja magnesiumia vapauttaen syttyvää vetykaasua. Lipeä on tärkeä teollisuuskemikaali, koska sitä käytetään suurina määriä mm. happojen neutralointiin, selluloosan ja paperin, sekä tekstiilien ja muovin valmistukseen. Lipeää käytetään myös saippuan ja puhdistusaineiden tuotannossa sekä alkalipesukoneissa ja laboratoriokemikaalina. (Laspek Oy n.d.; Työterveyslaitos 2021.)

3.1.4 Natriumhypokloriitti

Natriumhypokloriitti (NaClO) on liuksena väritöntä tai kellertävää nestettä, jolla on kloorimainen haju. Ainetta myydään tyypillisesti vesiliuksena, jossa natriumhypokloriittipitoisuus on 10 %, 13 % tai 15 %. Natriumhypokloriittiliuos reagoi stabilisaattoriksi lisätyn lipeän vuoksi emäksisesti. Aine on voimakas hapetin, joten se reagoi palavien aineiden kanssa kiivaasti. Aineen reagoissa happojen kanssa vapautuu kloorikaasua. Natriumhypokloriittiliuos syövyttää heikosti metalleja ja liottaa nahkaa, eräitä muoveja, tekstiilejä, terästä ja betonia. (Työterveyslaitos 2015.)

Natriumhypokloriittia käytetään teollisuudessa pääasiassa desinfiointi- ja valkaisu-kemikaalina sekä orgaanisten tuotteiden puhdistukseen. Natriumhypokloriittia käytetään uima-altaiden veden desinfiomisessa ja sellun valkaisu-kemikaalina. Natriumhypokloriittia käytetään myös hampaiden hoidossa. Juurihoidoissa juurikanavia huuhdellaan natriumhypokloriittiliuksella tarkoituksena tuhota bakteereita sekä liottaa hampaan kudosta. (Eerola 2016; Työterveyslaitos 2015.)

3.1.5 Suolahappo

Suolahappo (HCl), toiselta nimeltään vetykloridihappo tai kloorivetyhappo, on vesiliukoinen kaasumainen kloorivety. Suolahapon ominaisuuksiin kuuluu pistävä haju ja kaasuna värittömyys tai heikosti kellertävyys. Vesiliuksena eli nestemäisenä suolahappona se on kirkas, väritön tai vaalean kellertävä, pistävän hajui-nen neste. Suolahappo reagoi voimakkaasti vahvojen hapettimien kanssa, jolloin vapautuu kloorikaasua. Se syövyttää metalleja ja se reagoi räjähdyksenomaisesti kaliumpermanganaatin ja natriumin kanssa. Sekoittuminen rikkihapon kanssa vapauttaa kloorivetykaasua. Suolahappo on myrkyllistä hengitettynä ja se on voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa. Suomessa valmistettava kloorivety liuotetaan veteen 30–33-prosenttiseksi liuokseksi eli suolahapoksi. Suolahappoa käytetään kemiallisessa metsäteollisuudessa klooridioksidin valmistukseen ja erilaisiin pesuihin. Sitä käytetään myös orgaanisissa synteeseissä sekä ioninvaihtohartsien elvytyksessä. (Työterveyslaitos 2022.)

Suolahappoa käytetään laajasti muun muassa metalliteollisuudessa metallien peittauksessa sekä kemian teollisuudessa happamoittamis-, neutralointi- ja liuotusreaktioissa (Wibax n.d.).

3.1.6 Suolaliuos

Lipeätehtaalla toimii suolaliuoskierto, joka on yksi lipeätehtaan keskeisin osaprosessi. Lipeätehtaalla valmistettavien tuotteiden prosessi alkaa kyllästinasemalta, jossa kiinteää natriumkloridia (NaCl) liuotetaan kyllästimissä laihaan suolaliuokseen. Suolaliuos siis väkevöidään kyllästimissä haluttuun väkevyyssasteeseen lipeätehtaan prosessia varten, joka on hieman yli 300 g/l. (Malinen 2022.)

Suolaliuos tarvitsee väkevöinnin jälkeen puhdistuksen, jossa siitä poistetaan haitalliset epäpuhtaudet. Tämän jälkeen suolaliuosta voidaan käyttää lipeätehtaan elektrolyysiprosessiin. (Malinen 2022.)

3.1.7 Vety

Vety (H_2) on luonnon yleisin alkuaine ja toisin kuin fossiiliset polttoaineet kuten maakaasu tai raakaöljy, vety ei koskaan lopu. Sähkön tavoin vety on energian kantaja, eikä niinkään ensisijainen energialähde. Vetyä käytetään energian siirtämiseen ja tuottamiseen sekä varastointiin. Varastoitua vetyä voidaan käyttää esimerkiksi suoraan polttoaineena tai sähkön tuottamiseen. (Linde n.d.)

Vety on ilmaa kevyempi, mauton, hajuton ja väritön erittäin helposti syttyvä kaasu. Monet reaktiot vedyn kanssa voivat aiheuttaa palon tai räjähdysen. Kaikki vetykaasu-ilma seokset ovat räjähtäviä. Vedyn ja ilman seoksen sytyttämiseen riittää 0,02 mJ:n energia. Paineistetun vedyn vuoto esimerkiksi säiliössä voi muodostaa niin paljon staattista varausta, että vuoto syttyy näennäisesti itsestään. Suuret pitoisuudet ilmassa aiheuttavat ihmisille hapenpuutetta, mistä voi seurata tajuttomuus tai kuolema. (Työterveyslaitos 2022.)

Vetyä käytetään kemianteollisuudessa ammoniakkisynteeseissä, suolahapon ja vetyperoksidin valmistuksessa, orgaanisissa synteeseissä sekä monissa kemianteollisuuden toimissa kaasuna. Vety reagoi kiivaasti halogeenien eli mm. kloorin ja useimpien halogeeniyhdisteiden kanssa. (Työterveyslaitos 2003.)

3.2 Venttiilit

Venttiilin tarkoitus on muuttaa venttiilin läpi virtaavan aineen määrää. Venttiileillä voi olla erilaiset käyttötarkoitukset eri käyttökohteista riippuen, joten venttiilit ovat jaoteltu kolmeen eri luokkaan: sulku-, säätö-, ja erikoisventtiileihin. Venttiileille on myös osoitettu peruskäsitteitä, jotka käsitellään venttiilien perustietoina. Näitä peruskäsitteitä on neljä ja ne ovat venttiilille tärkeimpiä ominaisuuksia sen käyttösovellusta valittaessa. Peruskäsitteitä ovat nimellispaine, nimelliskoko, rakennepituus ja liitántätapa. (Knowpap 2022a.)

Venttiilin nimellispaine – suurimman venttiilissä esiintyvän käyttöpaineen suuruus esim. PN (pressure nominal) 25 (0–25 bar). Nimelliskoko – putkiston osien nimellinen halkaisija millimetreinä esim. DN (diameter nominal) 25 (millimetriä). Rakennepituus – venttiilien rakennepituudet on standardisoitu vaihtokelpoisuuden lisäämiseksi. Liitántätapa – liitántätavalla tarkoitetaan rakennetta, jolla venttiili liitetään laitteeseen tai putkistoon. Yleisimmät liitántätavat ovat laippaliitántä, laipaton liitántä, hitsausliitántä ja kierrelliitántä. (Knowpap 2022a.)

Nykyaikaisen instrumentoinnin ja automaation merkitys prosessiteollisuuden käyttökustannusten kannalta kasvaa jatkuvasti. Venttiilin toimittajien on tunnettava asiakkaan prosessit hyvin ja esimerkiksi venttiilin melu- ja kavitaatio-ongelmat on pystyttävä ratkaisemaan. (Knowpap 2022a.)

Säätöventtiilityyppejä on monia erityyppisiä erilaisiin käyttötarkoituksiin. Yleisimpiä säätöventtiileitä Kemiran Joutsenon lipeätehtaalla ovat kalvoventtiilit, läppäventtiilit ja istukkaventtiilit. Palloventtiileitä tehtaalla käytetään lähinnä sulkutarkoitukseen. (Malinen 2022.)

3.2.1 Istukkaventtiilit

Istukkaventtiili on perinteinen venttiili, joka omaa vahvan aseman tietyistä käyttösovellutuksista. Se on rakenteeltaan tukeva ja normaalisti kokonaan metallinen venttiili, jolla on laajat käyttömahdollisuudet. Se on lineaarinen, jossa on tulppamainen sulkuelin. Venttiilin avautuessa sulkuelin liikkuu kohtisuoraan poispäin tiivisteestä ja virtausaukosta. (Knowpap 2022b.)

Istukkaventtiili soveltuu sekä säätö- että sulkuventtiiliksi ja sitä käytetään yleisimmin korkeissa paineissa sekä lämpötiloissa. Istukkaventtiilien rakennemateriaaleja ovat valurauta, kupariseokset, kuormalujat teräkset, haponkestävät teräkset sekä kylmän sitkeät teräkset. (Knowpap 2022b.)

3.2.2 Kalvoventtiilit

Kalvoventtiili on yksi monikäyttöisimmistä venttiileistä ja sitä käytetäänkin lukemattomiin eri tarkoituksiin kaikilla toimialoilla. Kalvoventtiilin merkittävimpiä etuja ovat, että läpivirtaavan väliaineen kanssa kosketuksiin joutuu ainoastaan venttiilinrunko ja sulkukalvo, sekä se, että se ei tarvitse karatiivistettä lainkaan. Venttiilin sulkukalvo puristuu kiinniasennossa ollessaan venttiilinrunгон tiivistereunaa vasten, jolla tavalla se pystyy sulkemaan jopa 10 bar:n käyttöpaineen. Kalvoventtiilin heikko kohta on sen kalvo, joka rajoittaa sen lämpötilan ja paineen kestoa. (Knowpap 2022b, GemÜ 2022.)

Kalvoventtiileillä on laaja materiaalivalikoima, jonka ansiosta se soveltuu erinomaisesti syövyttävälle, hankaaville ja erittäin viskoosisille väliaineille, joita käytetään usein kemian- ja ympäristötekniikan alalla sekä jalostusteollisuudessa. Kalvoventtiilin runkomateriaalina voidaan käyttää useita eri metalleja ja muoveja, joista otollisimpia kemianteollisuuden käyttöön ovat muoveista mm. PFA (perfluorialkoksi), PP (polypropeeni), PVC (polyvinyylikloridi) ja PVDF (polyvinyylideeni-fluoridi), sekä metalleista mm. jaloteräs sekä teräsvalun vuoraukset kova- ja pehmytkumeilla. (GemÜ 2022.)

3.2.3 Lämpäventtiilit

Lämpäventtiili koostuu rengasmaisesta kotelosta, jonka sisään on asennettu rengasmainen elastomeerisulkutiiviste ja sen akselin läppä kääntyy 90°:n kääntöliikkeellä tiivisteeseen. Lämpäventtileitä käytetään useimmiten mekaanisesti puhtaiden nesteiden sulkemiseen, mutta oikeilla materiaaliyhdistelmillä läppäventtiiliä pystytään käyttämään myös haastavammissa kohteissa. Lämpäventtiilissä pystytään käyttämään laajaa materiaalivalikoimaa, mistä syystä sen on erittäin kelvollinen venttiili teollisuuden eri tarkoituksiin. (GemÜ 2022.)

Lämpäventtiiliä pystytään käyttämään kemianteollisuuden sovellutuksissa, asentamalla sulkutiivisteiden materiaaliksi esim. PTFE:n (polytetrafluorieteeni) ja vuoraamalla venttiilin pesän PFA vaipalla. Lämpäventtiilit jaotellaankin kahteen eri ryhmään: läppäventtiilit ja vuoratut läppäventtiilit. Vuorattuja läppäventtiilejä on kahta perustyyppiä: kokonaan vuoratut ja rungoltaan vuoratut. Vuoraus toimii sulku- ja laippatiivisteinä. Näin ollen runko ei ole väliaineen kanssa tekemisissä, joten se voidaan tehdä halvemmasta materiaalista. (GemÜ 2022; Knowpap 2022c.)

3.2.4 Palloventtiilit

Palloventtiilejä voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin ja myös erittäin vaativissa olosuhteissa. Palloventtiili on keskeisesti pyörivä venttiili, jonka sulkutiivistys tapahtuu sulkuelimen ja tiivisteiden pallomaisten pintojen välillä. Koska sulkulaitteena toimii lävistetty pallo, se soveltuu erityisen hyvin nestemäisten ja kaasumaisten väliaineiden sulkuun korkeilla käyttöpaineilla. (GemÜ 2022; Knowpap 2022d.) GemÜ on venttiilitekniikan teoriassaan tuonut esille palloventtiilien soveltuvuuden eri väliaineiden kanssa: ”Koska väliainetta pääsee pallon ja kotelon väliin avaamisen ja sulkemisen yhteydessä, palloventtiilit soveltuvat käytettäviksi mekaanisesti puhtaiden, neutraalien tai syövyttävien nesteiden, kaasujen tai höyryjen kanssa”. (GemÜ 2022.)

Palloventtiilien ominaisuuksiin kuuluvat suuret läpivirtausarvot (pieni virtausvastus), korkeat käyttöpaineet sekä lämpötilat ja nopeat kytkennän vaihdokset.

Palloventtiilin kulutuskestävyyteen ja tiiviyteen voidaan vaikuttaa tiivisteiden materiaalin, muodon sekä venttiilin rakenteen avulla. Tiivisteinä venttiilissä toimivat pehmeätiivisteet sekä metallitiivisteet. Pehmeätiivisteinen venttiili on tiivis ja sitä käytetään tyypillisimmin sulkukäytössä ilma-, vesi-, matalapainehöyry- ja kemikaalilinjoissa. Metallitiivisteisiä venttiilejä käytetään, kun väliaineessa on epäpuhtauksia tai korkea paine-ero sekä lämpötila rajoittaa pehmeätiivisteisen venttiilin käyttöä. Säättökäytössä metallitiivisteinen palloventtiili on parhaimmillaan. (Knowpap 2022d.)

3.3 Venttiileissä käytettävät materiaalit

Teollisuudessa venttiileissä käytetään useita eri materiaaleja käyttökohteen mukaan. Näitä materiaaleja ovat mm. muovit yleisesti, fluorimuovit, erilaiset metallit ja kumit. Venttiileissä saattaa olla venttiilistä riippuen koko venttiili samaa materiaalia, tai vaihtoehtoisesti venttiilin pesä, kara ja esim. sulkuelimenä toimiva kalvo kaikki eri materiaaleja. Tässä osuudessa käsitellään Joutsenon tehtaan ja venttiilitoimittajien käyttökokemuksien sekä kirjallisuustiedon pohjalta potentiaalisimpia toimivia materiaaleja Joutsenon lipeätehtaan käyttökohteisiin. (Malinen 2022.)

3.3.1 Fluorimuovit

Fluorimuovit ovat teknisiä muoveja, jotka sisältävät nimensä mukaisesti fluoria. Ne kuuluvat erikoismuoveihin, joita usein miten käytetään kohteissa missä on korkeita lämpötiloja ja vahvoja kemikaaleja. Erikoismuovien useissa laaduissa voidaan saavuttaa yli 200 celsiusasteen lämpötilan kesto ja jossain jopa yli 400 celsiusasteen. (Koljonen 2020.)

PFA (perfluorialkoksi) on fluorimuovien ehdotonta kärkeä koska se on perusominaisuuksiltaan poikkeuksellisen hyvä kemiallisessa kestävyudessa sekä korkeissa lämpötiloissa. PFA:n kehittämisessä oli tarkoituksena helposti työstettävään ja mahdollisimman paljon PTFE:n (polytetrafluorieteeni) hyviä ominaisuuksia omaavaan muoviin. PFA on PTFE:tä kovempaa materiaalia ja se hitsaantuu

perinteisillä menetelmillä, kun taas PTFE ei. PFA:n kemiallinen kestävyys on PTFE:tä vastaava ja lämpötilan kestävyys lähes sama kuin PTFE:llä. PFA:lla on hyvin pieni suotaantumisasaste eli kaasujen läpäisy, joten se soveltuu erinomaisesti prosessiteollisuuden vaikeisiin pinnoituskohteisiin. PFA:lla on lämpötilankesto yksi muovien korkeimpia, sen käyttölämpötila on $-190\text{--}260\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Fluorotech n.d.; Plasthouse 2018.)

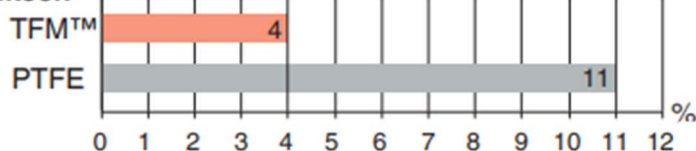
PTFE (polytetrafluorieteeni), kauppanimeltään Teflon, kehitettiin ensimmäisenä fluorimuovina vuonna 1938. PTFE:llä on erittäin hyvä kemiallinen kesto, se on helposti koneistettava ja se on muita aineita hylkivä. Sillä on myös pienin tunnettu kitkakerroin metallia ja itseään vastaan. PTFE on valkoista ja melko pehmeää ainetta, jonka sähköisiä tai mekaanisia ominaisuuksia voidaan muuttaa eri seosaineiden avulla, yleisimpiä seosaineita ovat grafiitti, hiili, lasi, pronssi ja molybdeenidisulfidi (MoS_2). PTFE:llä on hyvä valon-, UV- ja säänkestävyys ja se on joustava sekä hyvä väsymiskestävyys alhaisessa rasituksessa. PTFE:tä käytetään yleisesti ratkaisuna öljy- ja kaasuteollisuudessa sekä kemianteollisuudessa sen kustannustehokkuuden vuoksi. PTFE on yksi kemiallisesti kestävimmistä polymeereistä. Poikkeuksia ovat sulat alkalimetallit, kaasumainen fluori korkeissa lämpötiloissa ja paineissa sekä muutama orgaaninen halogenoitu yhdiste, kuten klooritrifluoridi (ClF_3) ja happidifluoridi (OF_2). PTFE:n käyttölämpötila on $-200\text{--}260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fluorotech n.d.; Omnexus 2022.)

TFM on toisen sukupolven kehitys PTFE:stä, joka sisältää lisätyn modifiointiaineen nimeltä PPVE (perfluoropropyylivinyylieetteri). Tämä modifiointiaine tekee sen polymeerirakenteesta tiheämmän kuin PTFE:n polymeerirakenteesta ja se pienentää sen suotaantumisasastetta eli kaasujen läpäisevyyttä, mutta ei pääse täysin samalle tasolle PFA:n kanssa. TFM:ssä on 1 %-osuus PPVE:tä ja sitä lisäämällä saadaan PTFE-hiukkaset leviämään paremmin, jolloin polymeerirakenteesta tulee kaiken kaikkiaan tiiviimpi. Tästä toimenpiteestä seuraa lisäetuja, jotka ovat huomattavasti paremmat kylmävirtausominaisuudet, pienempi kaasun läpäisevyys ja paremmat sulkuominaisuudet. Materiaalin sileä pinta saa aikaan sulkutiivisteen vähäisemmän kulumisen ja vähemmän kulumishiukkasia väliaineessa. TFM:n samalla seinämäpaksuudella kuin PTFE:n on kaksinkertaiset barrier-ominaisuudet. Sen vedenabsorptio ominaisuus on verrattavissa PTFE:hen, joka on erittäin hyvä. Samalla tavoin kuten PFA, se toimii korkeissa lämpötiloissa

hyvin ja on kemiallisesti erittäin inertti. Verrattuna PTFE:hen, TFM:llä on paremmat pintaominaisuudet, se on jäykempi ja sillä on paremmat väsymisominaisuudet. PTFE:hen verrattuna se palautuu myös paremmin mekaanisesta rasituksesta. Sen suurin jatkuva käyttölämpötila on 250°C, joka on hieman alle PFA:n. (GEMÜ 2021; Advanced EMC Technologies 2015.)

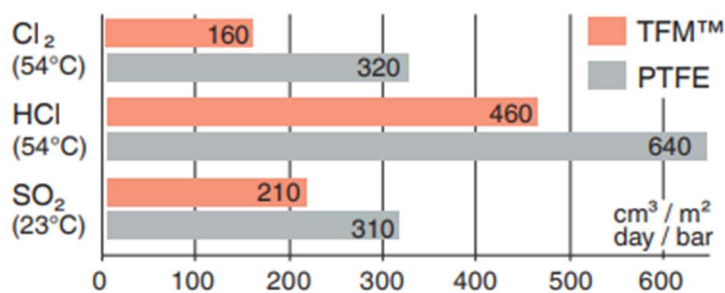
Kuviossa 1 on esiteltynä TFM:n vertailu PTFE:hen, josta voidaan tarkastella TFM:n parempia ominaisuuksia verrattuna PTFE:hen. Tärkeimpänä ominaisuutena kuvasta voi tarkastella, kuinka TFM:llä on kaksi kertaa pienempi kloorikaasunläpäisevyys kuin PTFE:llä. TFM:llä on myös pienempi kaasunläpäisevyys suolahapolla ja rikkidioksidilla.

A: Pysyvä muodonmuutos toistuvan kuormituksen jälkeen



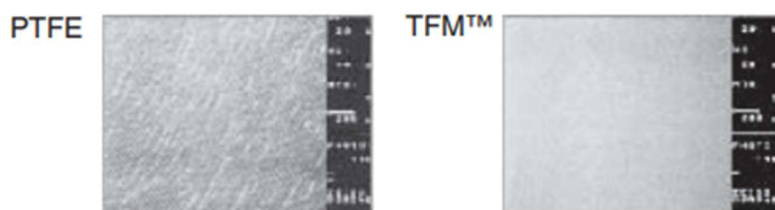
Kuormitus: 150 bar 100 tunnin ajan, lämpötila 23 °C
Pysyvä muodonmuutos prosenteissa 24 tuntia kuormituksen poistamisen jälkeen

B. Eri väliaineiden kaasun läpäisevyys



TFM:n™ kaasun läpäisevyys verrattuna perinteiseen PTFE:hen (paksuus: 1 mm)

C. Pinnan laatu 50-kertainsena suurennoksena



KUVIO 1. TFM:n vertailu PTFE:hen. (Gemu 2021).

ECTFE (eteeniklooritrifluorieteeni) kaupanimestään HALAR, kuuluu fluorimuoveihin, joiden perusominaisuuksina ovat erinomainen kemiallinen kestävyys, sekä korkea lämpötilankesto. ECTFE:n erikoisominaisuutena on erittäin alhainen suotaantumisaste, joka on tehnyt siitä suosittua vuorausmateriaalia. ECTFE:n kemiallinen kesto on hieman parempi ja käyttölämpötila-alue hieman laajempi kuin PVDF:llä. Sillä on myös hyvä säänkesto ja se on hitsattava materiaali. Sen tyypillisiä käyttökohteita ovat prosessiteollisuuden putkistot ja säiliöiden pinnoitteet. ECTFE:n käyttölämpötila on $-76-150^{\circ}\text{C}$. (Plasthouse 2018).

ETFE (etyleenitetrafluorietyleeni) on läpikuultavan eteenin ja tetrafluorietyleenin kopolymeeri, joka on samanlainen kuin ECTFE, mutta sillä on korkeampi jatkuva käyttölämpötila ja pienempi liekinkestävyys. Sillä on korkea sitkeys, erittäin hyvä sähköominaisuudet ja erinomainen kemikaalien, UV-säteilyn ja korkeiden lämpötilojen kestävyys. ETFE on tyypillisesti sitkeämpi ja kulutusta kestävämpi materiaali kuin PTFE, joten se sopii ihanteellisesti moniin vaativiin sovelluksiin. ETFE on usein hyvä valinta, kun vaaditaan tai halutaan erinomaista lämmön, UV-valon, epäorgaanisten happojen tai emästen ja orgaanisten liuottimien kestävyyttä. Sen jatkuva käyttölämpötila on tyypillisesti $-100-150^{\circ}\text{C}$. (Polymerdatabase 2022).

PVDF (polyvinyylideenifluoridi) on jäykkä ja luja, sitkeä sekä suhteellisen kova fluorimuovi. Kemiallisessa kestävydessä PVDF ei pääse aivan PTFE:n tasolle, mutta se on silti hyvä verrattuna muihin muoveihin. PVDF on myrkytön ja sen kulutuskestävyys on erinomainen. PVDF kestää hyvin UV-säteilyä ja sääolosuhteita, eikä se ylläpidä palamista. PVDF:n työstettävyys ja hitsattavuus ovat hyvät ja sen tyypillisimmät käyttökohteet ovat prosessiteollisuudessa putkistot ja säiliövuoraukset sekä esim. pumppujen osat. PVDF ei läpäise kaasuja ja sillä on hyvät mekaaniset ominaisuudet. Sen käyttölämpötila on $-30-150^{\circ}\text{C}$. (Plasthouse 2018.)

3.3.2 Muovit

PP (Polypropeeni) on nykyisin useissa suurissa teollisuusmaissa kolmanneksi eniten käytetty muovi ja 19,7 % osuudellaan eniten käytetty muovi Euroopassa. PP:n kemiallinen kesto on hyvä ja se on kovapintaisempaa ja kestää korkeampia lämpötiloja kuin polyeteeni. PP:n tyypillisimmät käyttökohteet ovat teollisuudessa prosessiputkistoina ja säiliöiden rakenne- tai vuorausmateriaalina. Polypropeeni kestää hyvin räsitusta ja sillä on hyvä sähköneristyskyky. Se ei sovellu alhaisiin lämpötiloihin haurastumisen vuoksi ja UV-säteily vahingoittaa materiaalia. Sen käyttölämpötila on 5–100°C, mutta se ei kestä suurta mekaanista räsitusta tai vahvasti hapettavia aineita. Sen käyttölämpötila on 5–100°C. (Fluorotech n.d.; Plasthouse 2018; Plastics Europe 2021.)

PVC (Polyvinyylidikloridi) on neljänneksi eniten käytetty muovi Euroopassa. PVC:tä valmistetaan montaa eri laatua, aina solumuoveista (Vaahto-PVC), kirkkaaseen PVC-GLAS:iin ja teollisuuden eniten käyttämään kovaan PVC:hen. Teollisuuden käytössä yleisimmät käyttökohteet ovat säiliöt ja putkistot, sekä muun muassa sähköteollisuuden eristelevyt. (Plasthouse 2018; Plastics Europe 2021.)

U-PVC on kova PVC-laatu ja se on yksi jäykimmistä muovilaaduista. Se on erittäin vahva normaaleissa lämpötiloissa ja sen iskunkestävyys on hyvä, joten siihen ei synny helposti halkeamia. U-PVC:llä on hyvä kemiallinen kestävyys ja se on työstettävä sekä liimattava. Sen käyttölämpötila on -15–60 °C. PVC-C on kloorattua PVC:tä, joka kestää erityisen hyvin painetta ja lämpöä. Sitä voi käyttää mm. kemiallisissa laitoksissa tai lääke- ja bioteollisuudessa. Sen käyttölämpötila on -40–95 °C. (Aikolon 2019; Plasthouse 2018.)

3.3.3 Metallit

Kirkkaat teräkset jakautuvat tavanomaisesti ruostumattomiin, haponkestäviin ja duplex-teräksiin. Ne ovat mustiin teräksiin verrattuna seostetuimpia ja niiden kromi-, molybdeeni- ja nikkeliarvot ovat korkeampia. Nämä antavat vastustuskykyä korroosiota ja hapettumista vastaan. Tämän lisäksi niiden muovaus- ja hitsausominaisuudet ovat erinomaiset. (Flinkenberg 2022.)

EN 1.4404 eli 316L on yksi yleisimmin käytetyistä ruostumattomista teräksistä. Yleiskielellä materiaaliin viitataan usein kirkkaana tai haponkestävänä, ”happosena” teräksenä. 316L on kuitenkin todellisuudessa niukkahillinen haponkestävä teräs, kun taas EN 1.4401 eli 316 on ns. haponkestävä teräs. Puhekielen nimityksistä voidaankin päätellä, että materiaali kestää hyvin eri happoja ja emäksiä soveltuen siten hyvin prosessiteollisuuden raaka-aineeksi. Materiaalilla on hyvä hitsattavuus ja mekaaniset ominaisuudet, sekä hyvä korroosionkesto. (Outokumpu 2022c; Valmistajat.fi n.d.)

EN 1.4539 eli 904L on yksi kemianteollisuuden erikoisteräs. Se on korkean nikkeli- ja molybdeenipitoisuuden omaava austeniittinen ruostumaton teräs, joka on tarkoitettu käytettäväksi kovissa korroosio-olosuhteissa. Verrattuna 316L:ään, 904L ei eroa juurikaan sen lujuudeltaan tai kovuudeltaan. Sen korkeammat kromi-, molybdeeni- ja nikkeliarvot sekä pieni määrä kuparia saavat aikaan paremman korroosion- ja kulutuskestävyyden. 904L on yleisesti käytetty materiaali kemian- ja petrokemianteollisuuden olosuhteissa mm. väkevöitetyn rikkihapon käsittelyyn. (Outokumpu 2022a.)

Titaani (Ti) on väriltään kiiltävän hopea metalli, joka on erittäin lujaa. Titaani on mekaanisten ja fyysisten ominaisuuksiensa vuoksi ainutlaatuinen metalli, sillä on korkea lujuus suhteessa painoonsa ja se kestää korroosiota erittäin hyvin. Titaani reagoi ilman hapen ja typen kanssa muodostaen pinnalleen ohuen oksidikerroksen. Oksidikerros ei juurikaan reagoi muiden aineiden kanssa, pois lukien voimakkaasti emäksiset aineet, jotka poistavat oksidikerroksen välittömästi. Titaanin hyvien ominaisuuksien ansiosta sen eri seoksia käytetään laajasti monenlaisissa sovelluksissa, joissa edellytetään korkeaa käyttövarmuutta. Titaania käytetään siksi kirurgiassa ja lääketieteessä, lentoteollisuudessa, autoteollisuudessa,

kemiantehtaissa, sähköntuotannossa, öljyn- ja kaasuntuotannossa, urheilussa sekä muilla merkittävillä teollisuudenaloilla. (Harald Pihl 2022.)

Titaanista tehdään eri seoksia eri käyttötarkoituksia ajatellen. Nämä seokset ovat luokiteltu Grade-nimellä. Grade 4 titaani on kaupallisista puhtaista titaaneista lujuin. Sitä käytetään enimmäkseen lentoteollisuudessa, mutta myös teollisuuden sovelluksissa, joissa metallilta edellytetään erinomaista lujuutta. Grade 2 titaani on teollisuudessa eniten käytetty titaanilaatu, jonka saatavuus on markkinoiden paras. Grade 7 titaani on kaupallisesti puhdas titaani, joka vastaa muuten Grade 2 -titaania, mutta se sisältää 0,12–0,25 % palladiumia. Tämä pieni palladiumlisä tekee titaanista rakorokroosionkestävän alle 250 °C:n lämpötiloissa ja pH-arvon ollessa yli 1. Grade 7 titaania käytetään yleisesti kemiallisissa prosesseissa, suolanpoistossa ja sähköntuotannossa. (Harald Pihl 2022.)

Duplex- ruostumattomilla teräslaaduilla on ferriittis-austeniittinen rakenne, joka on noin 50 % ferriittiä ja 50 % austeniittia. Yhdessä ne muodostavat monia ferriitin ja austeniitin hyviä ominaisuuksia. Duplex:in mikrorakenne antaa korkean mekaanisen lujuuden ja hyvän kestävyuden jännityskorroosiohalkeilua vastaan. Muita duplex-teräslaaduille ominaisia ominaisuuksia ovat hyvä kulutuksen kestävyys, ja eroosiokestävyys, hyvä väsymiskestävyys ja alhainen lämpölaajeneminen. Duplex:in ruostumattomat teräslajit ovat ylivoimaisia jännityskorroosiossa tavallisiin austeniittisiin teräksiin verrattuna. Ne ovat myös hyviä useissa happamissa ja emäksissä ympäristöissä. (Outokumpu 2022b.)

Nikkeli (Ni) on ruostumattoman teräksen pääasiallisia aineosia ja erikoisteräksissä nikkelin määrä voi olla jopa 60 %. Se on taottavaa, helposti muokattavaa ja sitkeää metallia. Metallin pinnalle syntyy suojaava kerros, kun sitä kuumennetaan yli 750 °C:een. Tällöin se kestää hyvin lämpöä sekä suola- ja rikkihappoa. (Työterveyslaitos n.d.)

Nikkeli ja nikkeli-pohjaiset metalliseokset ovat elintärkeitä modernille teollisuudelle, koska ne kestävät hyvin vaativia käyttöolosuhteita. Nikkeli kestää syövyttävät ja korkeat lämpötilat omaavat ympäristöt, se kestää kovaa jännityskorroosiota sekä kaikkia näiden tekijöiden yhdistelmiä. (Total Materia 2001.)

3.3.4 Kumit

CSM on kloorisulfonoitu polyeteenikumi, joka tunnetaan myös kauppanimellä Hypalon. Se on kloorilla käsiteltyä polyeteeniä ja rikkidioksidilla oikeassa seossuhteessa. CSM kestää hyvin lämpöä ja varsinkin happoja, mutta myös muita kemikaaleja. Sillä on erinomainen sään- ja otsoninkesto eikä se ikäänny nopeasti. Se on myös käytännössä palamaton kumi ja sillä on myös erittäin hyvä kaasu- ja vesitiiviys. CSM kuitenkin turpoo kuumassa höyryssä tai vedessä, mutta sillä on EPDM:ää (etyleenipropyleenidieeni) parempi kulutuksen kesto. CSM:n yleisiä käyttökohteita ovat happoletkut ja haponkestävät tiivisteet. (Ravelast polymers n.d.)

FPM tai FKM on fluorikumi, joka tunnetaan myös kauppanimellä Viton. Se on fluoria sisältävä elastomeeri, joka kestää laajasti erilaisia nesteitä, kemikaaleja ja ikääntymistä. Vitonin mekaaninen lujuus on hyvä ja lämmönkestävyys 200 °C. Se ei kuitenkaan kestä hyvin pakkasta. (Ravelast polymers n.d.)

EPDM (etyleeniproyleenidieeni) on eteenipropeenikumi, joka nimensä mukaan koostuu eteeni-, propeeni- ja dieenimonomeereistä, jossa propeenikumien hiilivetyketjuista puuttuvat kaksoissidokset. Siitä johtuen EPDM kestää erinomaisesti säätä ja otsonia. Se kestää hyvin heikkoja happoja ja emäksiä, sekä hyvin kuumaa vettä ja höyryä. EPDM:n käyttölämpötila on -50–150 °C. (Ravelast polymers n.d.)

EPM (eteenipropeenikumi) on eteenin ja propeenin kopolymeeri. Se on hyvin samanlainen elastomeeri kuin EPDM, mutta toisin kuin EPDM:ssä, EPM:ssä ei ole kaksoissidoksia samalla tavoin sen rakenteen pääketjussa. EPM:llä on erinomainen lämmön-, hapettumis-, sään- ja otsoninkestävyys. Sillä on myös erinomaiset sähköneristys- ja alhaiset lämpötilaominaisuudet, mutta kohtuulliset mekaaniset ominaisuudet. Se kestää hyvin kemikaaleja sekä erilaisia öljyjä ja rasvoja. Se kestää kuumaa vettä ja höyryä 150 °C:een asti. Suurimmat markkinat EPM:llä on autoteollisuudessa. Sen tyypillisiä käyttökohteita ovat renkaat, putket, O-renkaat, tiivisteet ja akkukotelot. (Polymerdatabase 2022.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Työssä käytettyinä menetelminä ovat venttiilitoimittajien kanssa pidetyt palaverit, lipeätehtaan omien kokemuksien käsittely kunnossapidon ja käytön osalta, sekä kirjallisuudesta saadut tiedot. Näiden kaikkien eri tekijöiden summana muodostetaan taulukot materiaalien soveltuvuudesta.

Taulukoinnin yhtenä perustana on käytetty kappaleessa 3 esitelty venttiilimateriaalien teorian tiedot. Suurimman painoarvon kuitenkin taulukoinnissa saa käyttökokemuksiin perustuvat tiedot, jotka vastaavat parhaiten lipeätehtaan vaatimuksia.

4.1 Kirjallisuus

Opinnäytetyössä tutustuttiin kirjallisuuden avulla vaihtoehtoihin venttiilimateriaaleihin, jotka voisivat tulla kyseeseen. Tietoa etsittiin venttiilitoimittajien kanssa palavereissa esiintyneistä materiaaleista, sekä muiden Kemiran tehtaiden käytössä olevista materiaaleista. Tietoa etsittiin myös erinäisistä tekniikan alan tietokannoista kemikaalikorroosion perusteella.

Kirjallisuuden materiaalitietoja on taulukoitu eri tavoin, mikä yksinkertaistaa materiaalien vertailua. Taulukoinnissa on käytetty vertailukohteina käyttölämpötilaa, kemikaalikohtaista kestävyyttä sekä yleisesti kemiallista kestävyyttä ja suotaantumistasetta. Seuraavassa taulukossa 1, jonka tiedot Aco Nordic Oy on julkaissut esitellään 316L:n, PVC:n, EPDM:n, ja FPM:n määritetyt kemialliset kestävyudet lipeälle, natriumhypokloriitille, suolahapolle, kuivalle kloorille ja kloridille.

TAULUKKO 1. Kemiallisen kestävyys taulukko (Aco Nordic Oy n.d).

A=Erittäin hyvä käyttökelpoisuus B=Kohtuullinen käyttökelpoisuus C=Rajallinen tai vaihteleva käyttökelpoisuus D=Huono	316 L	PVC	EPDM	FPM
Natriumhydroksidi (Lipeä)	A	A	A	B
Natriumhypokloriitti	D	A	B	A
Suolahappo	D	A	A	A
Kloridi	D	A	-	-
Kloori (Kuivana)	A	D	-	A

Materiaalien kestävydestä on myös taulukoitu tietoja Teknikum Oy:n toimesta, jonka Ravelast Polymers on julkaissut. Taulukossa 2 tarkastelun kohteina ovat FPM, CSM, sekä EPDM ja niiden emäksien ja happojen kestävyys. Myös lämpötilan kesto on huomioon otettava ominaisuus.

TAULUKKO 2. Kumilaatujen ominaisuudet (Ravelast polymers n.d.).

Ominaisuus	FPM	CSM	EPDM
Käyttölämpötila			
pitkäaikainen, °C	175	80	80
lyhytaikainen, °C	250	150	150
pakkanen, -°C	20–40	20–40	30–60
Kestävyys			
hapot	hyvä	erittäin hyvä	hyvä
emäkset	tyyydyttävä	erittäin hyvä	hyvä

Taulukkoa 2 tarkasteltaessa nähdään, kuinka CSM kestää erittäin hyvin happoja ja emäksiä. Sillä on myös suhteellisen laaja käyttölämpötila, joka antaa mahdollisuudet sen käyttämiseen eri prosessiolosuhteissa. EPDM ja FPM eivät pääse kestävyydeltään samalle tasolle CSM:n kanssa, mutta laimeilla hapoilla ja emäksillä ovat nekin varteenotettavia vaihtoehtoja.

Seuraavaksi käsitellään fluorimuovien ja muovien ominaisuuksia. Fluorimuovit ja muovit ovat hyvin yleisiä venttiilimateriaaleja kemian teollisuudessa, joten taulukko 3 on tai tulee olemaan tämän työn yksi tärkeämpiä tarkastelun kohteita.

TAULUKKO 3. Fluorimuovien ja muovien ominaisuudet (Fluorotech n.d.; Polymerdatabase 2022; Plasthouse 2018; GEMÜ 2021). A = erittäin hyvä käyttökelpoisuus, B = kohtuullinen käyttökelpoisuus, C = rajallinen tai vaihteleva käyttökelpoisuus, D = huono ja miinusmerkki (-) = ei tietoa.

Ominaisuus	ECTFE	ETFE	PFA	PTFE	PVDF	PVC-C	PP	TFM (PTFE+)
Käyttölämpötila, °C	150	150	260	260	140	100	100	200
Pakkanen, -°C	76	100	190	200	40	10	10	20
Kemiallinen kestävyys	A	A	A	A	B	A	B	A
Suotaantumisaste	A	A	A	B	C	C	C	A

Taulukkoa 3 tarkastellessa nähdään, kuinka erinomaiset fluorimuovien ominaisuudet ovat kemian teollisuuden käyttökohteisiin. Lähestulkoon kaikilla fluorimuoveilla on todella laaja käyttölämpötila ja erinomainen kemiallinen kestävyys. ECTFE:llä, ETFE:llä, PFA:lla sekä TFM:llä on paras suotaantumisaste, mikä on tärkeä ominaisuus kemian prosesseissa. Mitä pienempi suotaantumisaste on, sitä vähemmän materiaali absorboi kemikaalia itseensä.

Metallien ominaisuuksista ei kirjallisuuden pohjalta tehty taulukkoa, koska niiden ominaisuudet olivat toisistaan paljon poikkeavia. Metalleilla on laaja käyttölämpötila, mutta eri metallit lämpölaajenevat eri tavoin. Metallien kemiallinen kestävyys perustuu metallin kykyyn kestää korroosiota ja eri metallit kestävät eri kemikaaleja. Metallien taulukointi on tehty lipeätehtaan omien sekä venttiilitoimittajien käyttökokemustietojen pohjalta kappaleessa 4.5 materiaalien soveltuvuus.

5 POHDINTA

Kemira Chemicalsin Joutsenon toimipisteen lipeätehtaalla oli useamman vuoden ajan haasteita nykyisten venttiilimallien kestävyiden kanssa. Venttiilit ovat osittain kymmeniä vuosia vanhoja ja uusia venttiilimateriaalikartoituksia ei ole tehty edellisten venttiilien kestäessä kohtalaisesti.

Työssä saatiin monien eri toimijoiden kanssa pidettyjen palaverien sekä kirjallisuustietojen tutkimisen ansiosta koottua jokaiselle tehtaan kemikaalille suositeltavat venttiilimateriaalit. Työn olennaisin osa olikin jo olemassa olevan tiedon ja käyttökokemusten yhteen saattamista.

Työssä muodostui osittain suureksi ongelmaksi se, että nykyisten lipeätehtaan venttiilien kestävydestä tai niiden vaihtoväleistä ei löytynyt tietoa kuin kennosalin osalta. Venttiilitoimittajien kanssa käydyissä keskusteluissa on huomioitava, että venttiilien elinkaarikustannusta ei huomioitu heidän kanssaan käydyissä keskusteluissa. Vain venttiilien ja varaosien saatavuudella ja toimitusvarmuudella sekä materiaalin soveltavuudella oli painoarvoa. Lipeätehtaalla on useampi tuhat venttiiliä ja niitä vaihdetaan lähestulkoon aina vasta venttiilin rikkoontuessa. Kunnossapidolliset työt on taltioitu SAP-järjestelmään eri tavoin ja siitä syystä ei esimerkiksi koko tehtaan suolahapon venttiilien vaihtojen lukumäärää tai vaihtoväliä pystynyt saamaan selville kohtuullisella työmäärällä. Kunnossapidolliset työt venttiilien osalta tulisivat jatkossa tallentaa aina samaan paikkaan, jotta venttiilien kestävyttä pystyisi seuraamaan paremmin. Tällä tavoin pystyisi myös tarkastelemaan sitä, miksi jossain kohtaa prosessia tietyllä kemikaalilla venttiili rikkoontuu useammin kuin muualla.

Työssä saadut tulokset toimeksiantaja saa hyödynnettäväksi venttiilihankintoja varten. Venttiilihankinnoissa, kuten hankinnoissa ylipäätään, on tärkeää tarkastella kustannustehokkuutta. Toimeksiantajalla on nyt useampi eri vaihtoehto, jotka voi ottaa laitetoimittajien kanssa tarkasteluun mukaan. Venttiileitä on useampaa eri tyyppiä, joten esimerkiksi kalvoventtiileitä hankittaessa on toimeksiantajan hyödynnettävä tuloksista vähintään kahta eri materiaalia, kalvon ollessa usein eri materiaalia, kuin venttiilin pesä. Toimeksiantaja pystyy nyt myös

tarkastelemaan PFA-venttiileiden tarjontaa, sen käydessä jokaiseen tehtaan prosessiolosuhteeseen. Yhden venttiilimateriaalin sekä -mallin käydessä useampaan kohteeseen, helpottaa se varaston hallintaa sekä venttiilien tilauksien uusimista. Toimeksiantajalla on nyt myös mahdollisuus standardoida venttiilimateriaalit kemikaali- ja prosessiolosuhdekohtaisesti, joka helpottaa venttiilihankintoja sekä venttiilien huollettavuutta. Työn tuloksien oikeellisuutta ei voi täysin varmistaa, osan kirjallisuuden tiedoista ollessa hieman vanhoja ja osa vastaavasti huonosti esiteltyinä, mm. kumilaatujen kemiallinen kestävyys ainoastaan happo/emäs -tasolla. Myös venttiilitoimittajien käyttökokemuksiin täytyy suhtautua sillä varauksella, että käyttökokemukset eivät pohjautu täysin identtisiin prosessiolosuhteisiin lipeätehtaan kanssa.

LÄHTEET

Aco-nordic. n.d. Kemiallisen kestävyuden taulukko. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022.

https://www.aco-nordic.fi/fileadmin/standard/aco-nordic_fi/Dokumentit/Tuotteet/Muhviviemaerijaerjestelmaet/Muhviviemaerit/Kemiallinen_kestaevyys.pdf?fileVersion=1588140199

Advanced EMC Tehcologies. 10.6.2015. PFA and TFM to PTFE as excellent material choice for bellows and diaphragms. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022.

<https://advanced-emc.com/pfa-and-tfm%C2%96to-ptfe-as-excellent-material-choice-for-bellows-and-diaphragms/>

Aikolon. 2019. C-PVC. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022.

<https://www.aikolon.fi/tuotteet/erikoismuovit/c-pvc>

Bruun, A. & Thomas, L. 07.12.2014. Kloori: Suolasta taistelukaasuun. Tieteen kuvalehti. Verkkosivu. Viitattu 9.2.2022

<https://tieku.fi/fysiikka/jaksollinen-jarjestelma/jaksollinen-jarjestelma-kloori>

Eerola, J. 2016. Natriumhypokloriitti hampaan juurihoidossa: Käyttö ja säilyvyys. Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto. Verkkosivu. Viitattu 23.2.2022

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/173592>

Flinkenberg. 2022. Ruostumattomat ja haponkestävät teräkset. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022

<https://www.flinkenberg.fi/steel/teraslevyt/ruostumattomat-ja-haponkestavat-terakset/>

Fluorotech. n.d. Muovimateriaalit. PFA. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022

<https://fluorotech.fi/pfa>

Fluorotech. n.d. Muovimateriaalit. PP. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022

<https://fluorotech.fi/pp>

GEMÜ. 7/2021. GEMÜ 490 Edessa Läppäventtiili – Alkuperäinen asennusohje. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022.

https://www.gemu-group.com/gemu-cdn2/dokumente/1/ba_490_de_fi.pdf

GEMÜ. 2022. GEMÜ kalvoventtiilit. Venttiilityyppi. Verkkosivu. Viitattu 9.5.2022.

https://www.gemu-group.com/fi_FI/venttiilitekniikka/kalvoventtiilit/

GEMÜ. 2022. GEMÜ läppäventtiilit. Venttiilityyppi. Verkkosivu. Viitattu 9.5.2022.

https://www.gemu-group.com/fi_FI/venttiilitekniikka/laeppaeventtiilit/

GEMÜ. 2022. GEMÜ palloventtiilit. Verkkosivu. Viitattu 9.5.2022.

https://www.gemu-group.com/fi_FI/venttiilitekniikka/palloventtiilit/

Harald Pihl. 2022. Titaani GR7. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022

<https://www.haraldpihl.com/fi/products/titanium-alloys/titanium-gr7/>

Harald Pihl. 2022. Titaani. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022
<https://www.haraldpihl.com/fi/products/titanium-alloys/titaani/>

Kemira. 2022a. Tehtaan kuvat. Sisäinen materiaali.

Kemira. 2022b. Konserni. Verkkosivu. Viitattu 19.1.2022
<https://www.kemira.com/fi/konserni/>

Knowpap versio 23.0. 2022a. AEL / Proledge Oy. Yleistä paperitehtaan venttiileistä. Luettu 4.4.2022
http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/1_valves/1_mill_valves/1_general/frame.htm?zoom_highlightsub=venttiilit
Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap versio 23.0. 2022b. AEL / Proledge Oy. Muut venttiilit. Luettu 9.5.2022.
http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/1_valves/2_types/6_others/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap versio 23.0. 2022c. AEL / Proledge Oy. Lämpäventtiilit. Luettu 9.5.2022.
http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/1_valves/2_types/2_butterfly/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Knowpap versio 23.0. 2022d. AEL / Proledge Oy. Palloventtiilit. Luettu 9.5.2022.
http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/1_valves/2_types/1_ball/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

Koljonen, M. 6.7.2020. Muovikoulu blogi. Verkkosivu. Viitattu 5.4.2022
<https://blog.aikolon.fi/tag/fluorimuovit>

Laspek Oy. n.d. Lipeälius 50 %, Natriumhydroksidi. Verkkosivu. Viitattu 23.2.2022
<https://www.laspek.com/tuotteet.html?id=47702/656911>

Linde. n.d. Think hydrogen. Think Linde. Verkkosivu. Viitattu 9.2.2022
https://www.linde-gas.fi/fi/products_ren/hydrogen_energy_h2/index.html

Malinen, K. Prosessi-insinööri. Kemira Oyj. Haastattelu 5.4.2022. Haastattelija Metsi, J.

Omnexus. 2022. Polytetrafluoroethylene (PTFE): Everything you need to know. Verkkosivu. Viitattu 23.4.2022.
<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polytetrafluoroethylene-ptfe-fluoropolymer>

Outokumpu. 4.4.2022a. Ultra 904L. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022.
<https://secure.outokumpu.com/steelfinder/GradeDataSheetv3PDF.aspx?OKGrade=904L&Category=Ultra>

Outokumpu. 2022b. Duplex stainless steel grades. Verkkosivu. Viitattu 6.4.2022
<https://www.outokumpu.com/fi-fi/products/stainless-steel-types/duplex-stainless-steel>

Outokumpu. 2022c. Supra. Verkkosivu. Viitattu 8.5.2022.
<https://www.outokumpu.com/fi-fi/products/product-ranges/supra>

Plastics Europe. 2021. Plastics – the Facts. Verkkosivu. Viitattu 8.5.2022
<https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>

Plasthouse. 2018. E-CTFE. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022.
<https://plasthouse.fi/muovit/mita-muovit-on/tekniset-muovit/pvc/>

Plasthouse. 2018. PFA. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022
<https://plasthouse.fi/muovit/mita-muovit-on/tekniset-muovit/pfa/>

Plasthouse. 2018. PP. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022
<https://plasthouse.fi/muovit/mita-muovit-on/valtamuovit/pp/>

Plasthouse. 2018. PVC. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022.
<https://plasthouse.fi/muovit/mita-muovit-on/valtamuovit/pvc/>

Plasthouse. 2018. PVDF. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022
<https://plasthouse.fi/muovit/mita-muovit-on/tekniset-muovit/pvdf/>

Polymerdatabase. 2022. Ethylene propylene rubber. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022.
<https://polymerdatabase.com/Polymer%20Brands/EPMs.html>

Polymerdatabase. 2022. Ethylene tetrafluoroethylene. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022.
<https://polymerdatabase.com/Polymer%20Brands/ETFE.html>

Ravelast Polymers. n.d. Kumilaatujen ominaisuudet. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022.
<https://www.ravelast.com/media/esitykset/kumityyppien-ominaisuudet.pdf>

Total Materia. 2001. Corrosion of Nickel-Base Alloys. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022
<http://www.totalmateria.com/article18.htm>

Työterveyslaitos. 28.2.2003. OVA-ohje: VETY – tiivistelmä. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2022.
<https://www.ttl.fi/ova/tvety.html>

Työterveyslaitos. 10.12.2015. OVA-ohje: Natriumhypokloriitti – tiivistelmä. Verkkosivu. Viitattu 23.2.2022
<https://www.ttl.fi/ova/tnathklo.html>

Työterveyslaitos. 2016. OVA-ohje: KLOORI – tiivistelmä. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2022.
<https://www.ttl.fi/ova/tkloori.html>

Työterveyslaitos. 2022. Suolahappo. Kansainvälinen kemikaaliturvakortti. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2022.

<https://www.ttl.fi/ova/kloovety.html>

Työterveyslaitos. 2022. Vety. Kansainvälinen kemikaaliturvakortti. Verkkosivu. Viitattu 9.2.2022

http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=0001&p_version=2

Työterveyslaitos. n.d. Nikkeli. Verkkosivu. Viitattu 19.4.2022

<https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijöille/kemiallisten-tekijöiden-hallinta-tyopaikalla/kemikaalit-ja-tyo-altistumistietosivusto/nikkeli>

Valmistajat.fi. n.d. Haponkestävä teräs EN – 1.4404 (ASTM – 316L). Verkkosivu. Viitattu 4.4.2022

<https://valmistajat.fi/materiaalit/en-1-4404>

Wibex. n.d. Suolahappo. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2022

<https://www.wibax.com/fi/tuotteet/suolahappo/>

LIITTEET

Liite 1. Kennosalin venttiilien kalvojen vaihdot v.2005–2021 (1) (Kemiran kunnossapito 2022).

Luottamuksellinen aineisto poistettu.

Liite 1. Kennosalin venttiilien kalvojen vaihdot v.2005–2021 (2)

Luottamuksellinen aineisto poistettu.

Liite 1. Kennosalin venttiilien kalvojen vaihdot v.2005–2021 (3)

Luottamuksellinen aineisto poistettu.

Liite 2. Kemiallisen kestävyden taulukko. (Aco Nordic Oy n.d.).

Kemiallisen kestävyden taulukko



	AISI 316 L haponkestävä		AISI 304 ruostumaton		Valurauta	Polyeteeni	PVC	Polypropeeni	EPDM	NBR	FPM
	A	B	A	B							
Asetoni	A	A	A	D	D	B	A	D	D		
Laimea etikkahappo (30 %)	A	A	A	C	C	A	A	B	B		
Etikkahappo (100 %)	A	A	A	D	D	C	A	C	C		
Etikkahappoanhydriidi	A	A	A	B	D	C	B	C	D		
Aluminiumkloridi	D	D	B	A	A	A	A	A	A		
Alumini-sulfaatti	A	D	B	A	A	A	A	A	A		
Ammoniumkarbonaatti	A	A	B	A	A	A	A	D	-		
Ammoniumkloridi (salmiakki)	B	C	B	A	A	A	A	A	-		
Ammoniumhydroksidi	A	A	B	A	A	A	A	D	B		
Amyyli-kloridi	A	A	B	D	D	D	-	-	-		
Anilini	A	A	B	D	D	B	B	D	C		
Anilinihydrokloridi	D	D	B	B	D	D	B	B	B		
Bariumkloridi	B	B	B	A	A	A	A	A	A		
Bariumhydroksidi	A	A	B	A	A	A	A	A	A		
Bentsaldehydi	A	A	B	D	D	C	A	D	D		
Bentseeni	A	A	A	D	D	D	D	D	A		
Bentsoehappo	A	A	B	A	A	B	-	-	A		
Booraksi	A	A	B	A	A	A	A	B	A		
Boonhappo	A	A	B	A	A	A	A	A	A		
Bromi	D	D	D	D	D	D	-	-	A		
Bromikloridihappo	D	D	D	A	D	C	A	B	A		
Bromivetyhappo	D	D	D	A	A	C	A	D	A		
Bromietyeeni	A	A	B	D	D	D	-	-	-		
Butanoli	A	A	A	D	D	D	D	A	A		
Butyyliasettaatti	A	A	B	D	D	D	B	-	D		
Voihappo	A	A	A	D	D	A	-	-	-		
Kalsiumbisulfaatti tai -sulfiitti	A	A	D	A	A	A	D	A	A		
Kalsiumkloridi	B	B	B	A	A	A	A	A	A		
Kalsiumhydroksidi (sammutettu kalkki)	A	A	C	A	A	A	A	A	A		
Kalsiumhypokloriitti	B	C	B	A	C	B	A	C	A		
Hiilisulfi di (rikkihili)	A	A	A	D	D	D	-	-	-		
Hilietrakloridi	A	A	A	D	D	D	D	C	A		
Monokloorietikkahappo	D	D	B	D	D	D	B	-	-		
Kloridi	D	D	B	C	A	D	-	-	-		
Kloorihappo	D	D	B	C	A	D	-	-	-		
Kloori (kuivana)	A	A	B	D	D	D	-	-	A		
Klooribentseeni	A	A	B	D	D	D	D	D	A		
Kloroformi	B	B	B	D	D	D	D	D	A		
Kloorisulfonihappo	B	C	A	D	D	D	D	C			
Kupankloridi	B	B	B	A	A	B	A	A	A		
Kuparinitraatti	A	A	A	A	A	B	-	-	-		
Kuparisulfaatti	A	A	A	A	A	B	A	A	A		
Eetteri	A	A	A	D	D	D	-	-	-		
Etyyli-kloridi	A	A	A	D	D	D	A	A	A		
Rasvahappo	A	A	A	D	A	B	D	B	A		
Fluori (kuivana)	A	A	D	D	B	D	-	-	-		
Fluorivetyhappo	D	D	D	B	C	C	B	D	A		
Formaldehydi	A	A	A	A	A	B	A	B	A		
Muurahaishappo	A	A	A	C	D	B	A	B	C		
Furfuraali	A	A	B	D	D	B	D	D	D		
Gallushappo	A	A	A	A	A	A	B	B	A		
Suolahappo (kloorivetyhappo)	D	D	D	A	A	A	D	A	A		
Vetyperoksidi	A	A	B	C	D	C	C	D	B		
Jodi (liuoksessa)	D	D	D	D	D	C	-	-	-		
Lyilyasettaatti	A	A	B	A	A	A	A	B	-		
Magnesiumkloridi	B	B	B	A	A	A	A	A	A		
Magnesiumsulfaatti	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Elohopea	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Metanoli	A	A	A	A	A	B	A	A	C		
Metyylkloridi	A	A	A	D	D	D	C	D	A		
Metyleenkloridi (dikloorimetaani)	B	B	A	D	D	D	D	D	B		
Naftaleeni (naftalini)	A	A	B	D	A	C	D	D	A		
Nikkelkloridi	B	B	B	A	A	A	A	A	A		
Nikkelsulfaatti (nikkelivihtrili)	A	A	B	A	A	A	A	D	A		
Typpihappo	C	C	A	D	D	D	C	D	A		
Oksaalihappo	C	C	B	A	A	C	A	B	A		
Perkloorihappo	D	D	A	A	D	C	B	-	A		
Fosforihappo	A	A	B	A	A	B	B	D	A		
Pikriinihappo	A	A	B	C	D	D	B	B	A		
Kaliumbromidi	A	A	B	A	A	A	-	-	-		
Kaliumkarbonaatti	A	A	B	A	A	A	-	-	-		
Kaliumkloriitti	A	A	B	A	A	A	-	-	-		
Kaliumsyaniidi (syankaliumi)	A	A	B	A	A	A	A	A	A		
Kaliumhydroksidi	A	A	D	A	A	A	A	B	B		
Kaliumnitraatti	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Kalumpermanganaatti	A	A	B	B	B	C	-	-	-		
Kaliumsulfaatti	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Kaliumsulfiidi	A	A	A	A	A	A	-	-	-		
Kaliumkloridi	B	B	A	A	A	A	A	A	A		
Propeenidikloridi	A	A	A	D	D	D	-	-	-		
Salmiakki (ammoniumkloridi)	B	C	B	A	A	A	A	A	-		
Hopeanitraatti	A	A	A	A	A	A	A	B	A		
Sooda (natriumkarbonaatti, jauhattuna)	A	A	B	A	A	A	-	-	-		
Natriumasettaatti	A	A	B	A	A	A	A	B	D		
Natriumbikarbonaatti	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Natriumbisulfaatti	A	C	A	A	A	A	-	-	-		
Natriumbisulfiitti	A	A	D	A	A	A	A	A	A		
Natriumbromidi	B	B	B	A	A	A	-	-	-		
Natriumkloriitti	A	A	A	A	C	A	-	-	-		
Natriumkloridi (ruokasuola)	D	D	B	C	A	D	-	-	-		
Natriumsyaniidi	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Natriumfluoridi	A	A	D	A	A	A	-	-	-		
Natriumhydroksidi (natronlipeä)	A	A	D	A	A	A	B	B	B		
Natriumhypokloriitti	D	D	B	C	A	B	B	B	A		
Natriumnitraatti (natronsalpietan)	A	A	A	A	A	A	A	B	-		
Natriumsulfaatti (glaubersuola)	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Natriumsulfiidi	A	A	B	A	A	A	-	-	-		
Natriumsulfiitti	A	A	D	A	A	A	-	-	-		
Tina(2)-kloridi	B	C	B	A	A	A	B	A	A		
Rikki	A	A	A	C	A	B	A	D	A		
Rikkikloridi	A	A	D	D	D	D	D	C	A		
Rikkidioksidi	A	B	D	C	D	C	A	D	A		
Rikkihappo	D	D	A	D	D	C	B	D	A		
Rikkihapoke	A	C	D	A	A	B	B	B	A		
Tionyylikloridi	A	A	B	D	D	C	D	-	A		
Tolueni (toluoli)	A	A	A	D	D	D	D	D	A		
Triklorieteeni	A	A	A	D	D	D	C	A	A		
Tärpätti	A	A	B	D	D	D	D	A	A		
Ksyleeni (ksyloli)	A	A	B	D	D	D	-	-	-		
Sinkkisulfaatti	A	A	A	A	A	A	-	-	-		

Taulukko perustuu laboratoriokeksin kemiallisesti puhtaila aineilla. Arvot ovat suuntaa-antavia.

Liite 3. Kumilaatujen ominaisuudet. (Ravelast Polymers n.d.).

Ominaisuus	NR	SBR	IIR	NBR	ECO, CO	CR	U	FPM	Q	CSM	EDPM
	Luonnonkumi	Styreeni butadieenikumi	Butyylikumi	Nitrilikumi	Epikloorihydrini-kumi	Kloropreeni-kumi	Uretaanikumi	Fluorikumi	Silikonikumi	Kloorisulfonoitu polyeteenikumi	Eteenipropeenikumi
Vetolujuus, MN/m ²	4-25	4-25	4-15	4-18	4-18	4-20	15-30	7-15	3-10	4-12	4-18
Murtovenymä	100-600	100-500	100-800	100-400	100-500	100-500	100-800	100-200	100-400	100-500	100-400
Käyttölämpötila											
pitkäaikainen, °C	60	70	80	70	80	70	60	175	200	80	80
lyhytaikainen, °C	100	100	140	130	150	130	80	250	275	150	150
pakkasen, °C	30-60	20-50	10-40	10-50	10-50	20-50	0-20	20-40	50-80	20-40	30-60
Jäännoispuristuma, °C/%	70/20-60	70/20-60	100/20-80	100/20-60	100/20-60	100/30-80	70/20-60	175/30-50	150/20-60	100/60-80	100/25-60
Kimmoisuus	erinomainen	erinomainen	tydyttävä	hyvä	hyvä	hyvä	erinomainen	tydyttävä	tydyttävä	hyvä	hyvä
Sähköiset ominaisuudet	erittäin hyvä	erittäin hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	huono	hyvä	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	erittäin hyvä	erittäin hyvä
Kestävyys											
sää ja otsoni	huono	huono	hyvä	tydyttävä	erittäin hyvä	erittäin hyvä	erinomainen	erinomainen	erittäin hyvä	erinomainen	erinomainen
hapot	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	huono	hyvä	tydyttävä	erittäin hyvä	hyvä
emäkset	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	huono	tydyttävä	huono	erittäin hyvä	hyvä
öljyt-alfiittiset	huono	huono	huono	erittäin hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	hyvä	erittäin hyvä	huono	huono	huono
öljyt-aromaattiset	huono	huono	huono	hyvä	hyvä	huono	huono	erittäin hyvä	huono	huono	huono
kulutus	erittäin hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	hyvä	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	hyvä	tydyttävä	hyvä	hyvä
liekki	huono	huono	huono	huono	hyvä	erittäin hyvä	huono	erittäin hyvä	tydyttävä	hyvä	huono
säteily	hyvä	hyvä	huono	hyvä	huono	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	huono
kemikaalit	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen
Kaasutiivisyys	hyvä	hyvä	erinomainen	hyvä	erittäin hyvä	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	erittäin hyvä	tydyttävä
Liimattavuus	erittäin hyvä	erittäin hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	tydyttävä	hyvä	hyvä	huono

©Bofe Tekniskum Oy