

Opinnäytetyö (AMK )

Kone- ja tuotantotekniikka

2022

Joonas Mononen

# KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄN VALINTA LAIVAHYTEISSÄ

**TURKU AMK**   
TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka

2022 | 34 sivua

Joonas Mononen

# KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄN VALINTA LAIVAHYTISSÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli valita laivahytteihin uusi käyttövesijärjestelmä Piikkio Works Oy:n tuleviin projekteihin. Piikkio Works Oy on Meyer Turku Oy:n tytäryhtiönä toimiva yritys, joka valmistaa laivahyttejä Meyer Turun telakalla rakennettaviin laivoihin.

Hytin käyttövesijärjestelmällä tarkoitetaan putkistoa, jolla syötetään käyttövesi suihkulle, pesuallashanalle ja WC:n huuhteluun. Jokaiseen Piikkio Worksillä valmistettuun hytin kylpyhuoneeseen suunnitellaan ja asennetaan käyttövesiputkisto, joka myöhemmin liitetään laivan järjestelmään.

Työ toteutettiin vertailemalla ja testaamalla neljää aikaisemmin esivalittua putkijärjestelmää. Jokaisella vaihtoehdolle rakennettiin olemassa olevasta projektista kopioitu testialusta, jossa järjestelmien eroavaisuudet tulisivat esiin mahdollisimman selvästi. Näihin huoltotila-alustoihin suunniteltiin putkistot mahdollisimman hyvin alkuperäistä järjestelmää mukaillen.

Vertailun parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui Viegan Raxofix –järjestelmä, jota esitettiin yrityksen uudeksi putkijärjestelmäksi. Raxofix erottui muista liittimien kompaktilla koolla, yrityksen käyttöön valmiilla tuotevalikoimalla, asennuksen helppoudella, ja aikaisemmalla hyvällä kokemuksella Viegasta tavarantoimittajana.

Asiasanat:

käyttövesijärjestelmä, 3D-suunnittelu, laivanrakennus

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical and production engineering

2022 | 34 pages

Joonas Mononen

## Potable water system selection for the cruise ship's cabin

The purpose of the thesis was to choose a new potable water system for a cruise ships' cabins for future projects of Piikkio Works Oy. Piikkio Works Oy is a company operating as a subsidiary of Meyer Turku Oy, which manufactures cabins for ships to be built at the Meyer Turku shipyard.

A potable water system refers to the piping that supplies water to the shower mixer, the sink faucet and the toilet. Potable water system is designed and installed in each bathroom unit made at Piikkio Works, which is later connected to the ship's potable water system.

The project was executed by comparing and testing four previously selected piping systems. A test platform was copied from the existing project and built for each option, where the differences between the systems would emerge as well as possible. Piping for these service space platforms was designed to be as similar as possible to the original system.

The best alternative in the comparison was the Viega Raxofix, which was presented as the company's new piping system. Raxofix was distinguished by the compact size of the connectors, the company's ready-to-use product range, ease of installation, and previous good experience with Viega as a supplier.

Keywords:

potable water system, 3D design, shipbuilding

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2 Toimeksiantaja</b>	<b>7</b>
<b>3 Laivan LVI-tekniikka</b>	<b>8</b>
3.1 Yleistä	8
3.2 Käyttövesi	8
3.3 Jätevesi	9
3.4 Ilmanvaihto ja jäähdytysvesijärjestelmä	10
<b>4 Hyttien putkistosuunnittelu</b>	<b>12</b>
4.1 Huoltotilan rakenne ja moduulit	12
4.2 Käyttövesikokoonpanojen mallintaminen	13
<b>5 Nykyinen käyttövesijärjestelmä</b>	<b>15</b>
<b>6 Vertailtavat käyttövesijärjestelmät</b>	<b>16</b>
6.1 Viega Raxofix	16
6.2 Georg Fischer JRG Sanipex MT	16
6.3 Geberit Flowfit	17
6.4 Wavin Tigris K5	18
<b>7 Testin suunnittelu</b>	<b>20</b>
7.1 Huoltotila	20
7.2 Komponenttien 3D-mallit	21
7.3 Kokoonpanojen 3D-mallinnus	22
<b>8 Vertailu</b>	<b>25</b>
8.1 Järjestelmän vaatima tilantarve	25
8.2 Asennettavuus	28
8.3 Jälkityöt ja laaduntarkastus	30

<b>9 Tulokset ja yhteenveto</b>	<b>32</b>
---------------------------------	-----------

<b>LÄHTEET</b>	<b>34</b>
----------------	-----------

## **Kuvat**

Kuva 1. Evac jätevesijärjestelmä. (Evac 2021)	10
Kuva 2. Esimerkki huoltotilan sisällöstä.	13
Kuva 3. Testihuoltotilan alkuperäinen käyttövesiputkisto.	21
Kuva 4. 20x20x20 T-haarojen päämitat.	26
Kuva 5. Putken minipituudet.	28
Kuva 6. Wavin liittimen tarkistusikkuna ja puristamattoman liitoksen erottaminen puristetusta.	30
Kuva 7. Raxofix liittimen puristus.	31

## **Taulukot**

Taulukko 1. Nykyistä järjestelmää vastaavien komponenttien saatavuus. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Taulukko 2. Lopullinen materiaalista.	24
Taulukko 3. Esimerkki taulukosta.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena oli testata ja vertailla neljän eri putkivalmistajan käyttövesijärjestelmää toimeksiantajayritys Piikkio Worksille. Projekti tehtiin samaan aikaan myös emoyhtiö Meyer Turun telakalla. Saksalaisella Meyer Werftillä sekä hyttitehdas EMS PreCab:lla vastaavat testit oli suoritettu jo loppuvuodesta 2020. Projekti liittyy osaan suurempaa kokonaisuutta jossa konsernin kaikkien yhtiöiden prosesseja yhdenmukaistetaan, jotta yhteistyö yritysten välillä olisi helpompaa. Yhteinen käyttövesiputkijärjestelmä on yksi vaihe kohti tätä tavoitetta. Tällä hetkellä järjestelmät vaihtuvat projekteittain, ja usein myös saman projektin sisällä. Laivan ja hytin putkistot voivat olla eri valmistajan tuotteita, jolloin yhteenliittämisessä on haasteita.

Tässä projektissa tavoitteena oli selvittää testiasennuksien avulla Piikkio Worksin tarpeisiin sopivin putkistovaihtoehto. Testit toteutettiin rakentamalla mahdollisimman monipuolisesti järjestelmien ominaisuuksia haastavat hytin huoltotilat, joihin suunniteltiin ja asennettiin käyttövesikokoonpanot. Suunnittelu toteutettiin 3D-mallinnuksen avulla ja asennus tapahtui Piikkio Worksin tuotantolinjalla.

Vertailu toteutettiin arvioimalla järjestelmien ominaisuuksia ja sopivuutta suunnittelun ja asennustestin pohjalta. Asennusten jälkeen kerättiin kommentit testiin osallistuneilta henkilöiltä, sekä putkien taivutuksen suorittaneelta alihankkijayritykseltä. Lopuksi järjestelmät pisteytettiin ja asetettiin paremmuusjärjestykseen.

## 2 Toimeksiantaja

Vuonna 1982 aloittanut Piikkio Works Oy on varsinaissuomalainen laivan hyttimoduulien valmistukseen erikoistunut yritys. Yritys valmistaa hytti- ja kylpyhuonemoduuleja risteilyaluksiin, matkustaja-autolauttoihin ja offshore teollisuuteen. Tämänhetkinen vuosittainen tuotantokapasiteetti on yli 8000 yksikköä, ja yhteensä historiansa aikana yritys on toimittanut yli 140000 hyttimoduulia. Valmistus perustuu teolliseen sarjatuotantoon, jossa tuotantolinjan alkupäässä on kylpyhuonemoduulin pohjarakenne, ja lopussa täysin valmis hytti avaimet käteen- periaatteella. Kaikki hytit ovat valmiiksi kalustettuja, ja ne ovat varustettu kokoonpanolinjalla testatuilla LVI- ja sähköjärjestelmillä. (Piikkio Works 2021.)

Viime vuosina Piikkio Works on toimittanut hyttejä pääasiassa vain emoyhtiölleen Meyer Turku Oy:lle. Meyer Turku on vuonna 1737 perustettu suomalainen telakkayhtiö, jonka omistaa saksalainen Meyer Werft. Meyer Turku on erikoistunut risteily- ja erikoisalusten sekä autolauttojen rakentamiseen. Viime vuosina yritys on keskittynyt loistoristeilijöiden valmistamiseen muun muassa Royal Caribbeanille ja Carnival Corporationille. Telakka on rakentanut asiakkailleen yhteensä yli 1 300 alusta. Pernon telakalla Turussa toimivalla yrityksellä on tänä päivänä yli 2 000 työntekijää. (Meyer Turku 2021.)

## 3 Laivan LVI-tekniikka

### 3.1 Yleistä

LVI-tekniikalla tarkoitetaan kaikessa rakentamisessa vesi-, lämmitys-, ilmanvaihto- ja viemärijärjestelmien muodostamaa kokonaisuutta, jonka tehtävänä on luoda tilaan tai rakennukseen halutut olosuhteet ja toiminnot. Laivoissa LVI-tekniikka on perusteiltaan samanlaista kuin maarakentamisessa, mutta vaihtelevat olosuhteet tuovat rakentamiseen tiettyjä haasteita. Näitä olosuhteita ovat esimerkiksi ahtaat tilat, laivan liikkeestä aiheutuvat räsäykset, ympäristöolosuhteet, sekä eri maiden viranomaisten vaatimukset. Laivojen LVI-tekniikka on otsikkotasolla samoista kokonaisuuksista koostuva kuin rakennuksissakin. Se sisältää kylmä- ja kuumavesijärjestelmän, viemärijärjestelmän, ilmastointijärjestelmän ja palovesijärjestelmän. Eroja maapuolen rakentamiseen löytyy kuitenkin useita. Viemärijärjestelmä on laivoissa aina jaettu niin sanottuun harmaaseen ja mustaan veteen. Mustaa vettä on kaikki käymälävedet, ja harmaa vesi sisältää muun ”puhtaamman” jäteveden, kuten keittiön ja suihkun viemäriveden. (Räisänen 1997, 44-1.)

### 3.2 Käyttövesi

Laivojen käyttövedellä, eli makealla vedellä, tarkoitetaan joko teknistä makeaa vettä, tai talousvettä. Tekninen makea vesi on laivan koneistojen käyttöön tarkoitettua vettä, kun taas talousvedellä tarkoitetaan juomavettä. Tässä työssä käyttövedellä, makealla vedellä tai juomavedellä tarkoitetaan talousvettä. (Räisänen 1997, 44-1.)

Laivojen makea vesi saadaan joko ottamalla se mukaan maista, tai kehittämällä se merivedestä. Vesi voidaan tuottaa joko evaporaattorilla tai käänteisosmoosilla. Risteilyaluksissa käytetään yleensä kumpaakin tapaa suuren makean veden tarpeen vuoksi. Evaporaattori perustuu menetelmään, jossa pääkoneen jäähdytysveden hukkalämpöä käytetään veden tislamiseen. Tämän



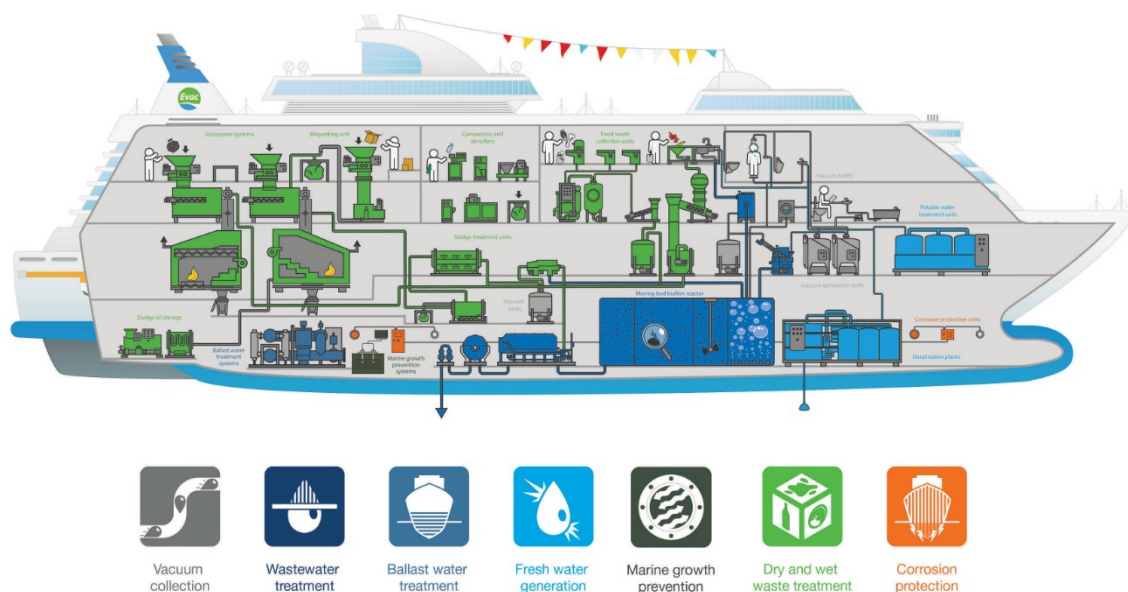
vedentuottotavan kapasiteetti riippuu jäähdytysveden hukkalämmön määrästä. Käänteisosmoosi on menetelmä, jossa vesi pakotetaan paineen avulla orgaanisten kalvojen läpi. Kalvoissa on pieniä reikiä, jotka läpäisevät vesimolekyylejä, mutta eivät orgaanisia molekyylejä tai ioneja. Kun käyttöpaine nostetaan meriveden osmoosipainetta suuremmaksi eli vähintään 25 bariin, väkevämpi liuos virtaa kalvojen läpi puhdistuen liuoksen. Ennen kuin vesi on valmis juomavedeksi, se vaatii vielä käsittelyn kloorilla, joka tuhoaa mahdolliset bakteerit ja pieneliöt. Lopuksi vesi johdetaan mineraalisuodattimen läpi, jotta maku saadaan oikeaksi. (Räisänen 1997, 44-4.)

### 3.3 Jätevesi

Laivojen jätevesi on jaettu kahteen kahteen erilliseen järjestelmään, mustaan ja harmaaseen veteen. Jäteveden käsittelyä ohjailevat kansalliset ja kansainväliset sopimukset. MARPOL 73/78 on yleissopimus, johon ympäristönsuojelua koskevat määräykset perustuvat.

Musta vesi koostuu WC:n huuhteluvvedestä ja sairaalan jätevesistä. Marpol 73/78 liite IV ohjaa käymälävesien käsittelyä. Risteilyaluksissa musta vesi kerätään alipaineviemärijärjestelmän avulla keräystankkeihin, joista jätevesi ohjataan edelleen jätevesitankkeihin. Satamassa jätevesi voidaan tyhjentää tankeista maihin. Vaihtoehtoisesti aluksessa voi olla oma jäteveden puhdistusjärjestelmä, jossa puhdistusprosessin jälkeen käsitelty jätevesi voidaan tyhjentää mereen.

Harmaa vesi sisältää kaiken sen jäteveden jota ei lasketa mustaksi vedeksi. Tähän kuuluu suihkujen, pesuallaiden ja keittiön viemäriverdet. Hyteistä harmaa vesi kerätään kannen alapuolella kulkevaan runkolinjaan, ja siitä eteenpäin keräystankkeihin. Vesi voidaan päästää suoraan mereen, jos alueella vallitsevat jätevesimääräykset sen sallivat. Harmaa vesi voidaan myös sekoittaa mustaan veteen ja käyttää puhdistusprosessin läpi. Kuvassa 1 Evacin esimerkkikaavio jätevesijärjestelmästä. Tummansinisellä värillä on kuvattu mustan ja harmaan veden putkistot, tankit ja jäteveden puhdistusjärjestelmä. (Räisänen 1997, 44-6.)



Kuva 1. Evac jätevesijärjestelmä. (Evac 2021)

### 3.4 Ilmanvaihto ja jäähdytysvesijärjestelmä

Laivan ilmanvaihto on tärkeää viihtyvyyden ylläpitämisessä. Ilmanvaihdon tehtävänä on säilyttää haluttu lämpötila, ja huolehtia sisäilman laadusta. Lämpötila ja ilmanlaatu määrittyy tilan käyttötarkoituksen perusteella. Esimerkiksi laivan keittiössä ja hyttikäytävällä olosuhteet ovat hyvin erilaiset, joten ilmanvaihto täytyy suunnitella kuhunkin tilaan sopivaksi.

Sisäilman jäähdytys toteutetaan järjestelmällä, jossa vedenjäähdytysyksikkö tuottaa kylmää nestettä, joka lämmönvaihtimen avulla jäähdyttää tuloilman. Yleisten tilojen tuloilma tuotetaan ilmastointihuoneissa, joista ilma kuljetetaan ilmastointikanavissa haluttuun kohteeseen.

Hyttien ilmastointi toteutetaan fan coil -yksikön avulla, joka on hytin huoltotilassa sijaitseva ilmanvaihtokone. Tuloilma tuotetaan FCU:ssa ja ohjataan ilmastointikanavassa hytin sisäpuolelle. Kylmäenergia saadaan ilmanvaihtokoneeseen vedenjäähdytysyksikön tuottamasta kylmästä vedestä. Kylmä vesi kiertää FCU:n jäähdytyspatterissa, jonka läpi puhalletaan ilmaa. Hyttikäytävän yläpuolella kulkee jäähdytysveden runkolinja, josta vesi jaetaan

huoltotiloihin. FCU:ssa kiertänyt jäähdytysvesi palautuu takaisin vedenjäähdytysyksikköön. (Räisänen 1997, 44-17.)

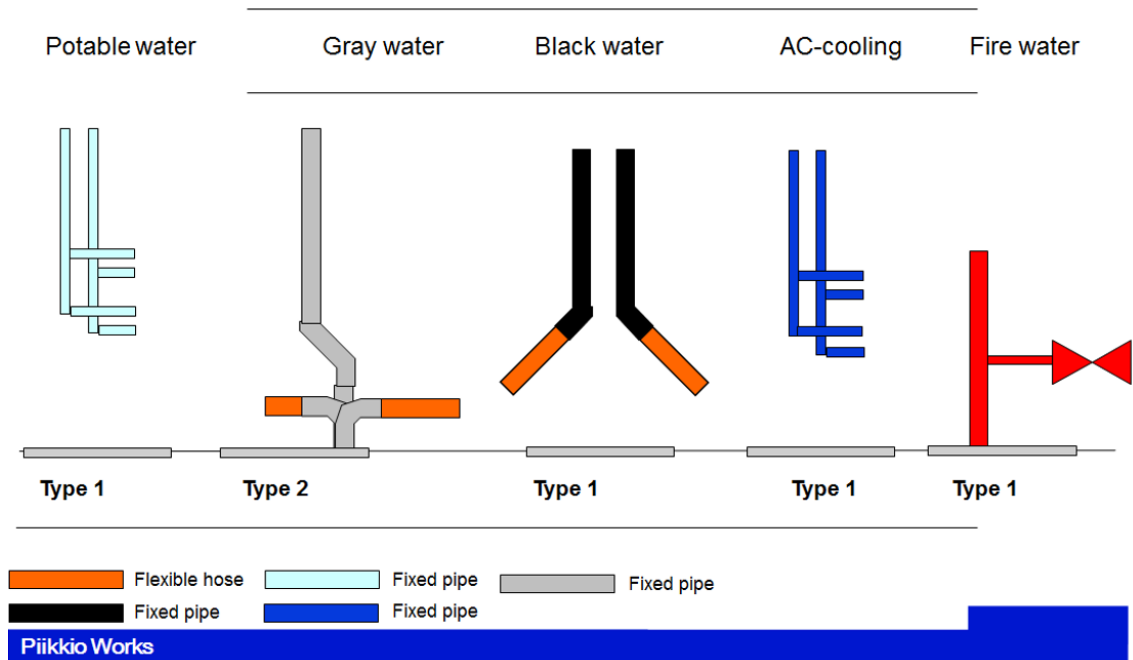
## 4 Hyttien putkistosuunnittelu

Hyttien LVI-järjestelmät sijaitsevat huoltotilassa kylpyhuonemuodulin seinän takana. Huoltotilassa sijaitsee käyttövesi-, harmaavesi-, mustavesi sekä jäähdytysvesijärjestelmät. Näiden lisäksi siellä on myös ilmanvaihtokone, ilmanvaihtokanavat sekä usein myös sähkön keskusyksikkö ja kaapelointeja. Tässä työssä keskitytään ainoastaan käyttövesijärjestelmään. Huoltotila on kuitenkin ahdas kokonaisuus, jossa kaikkien eri järjestelmien vaatimukset ja tilantarve täytyy ottaa huomioon.

### 4.1 Huoltotilan rakenne ja moduulit

Piikkio Worksillä kaikki hyttisuunnittelu tehdään 3D-mallinnuksen avulla. Tähän käytetään Solidworks ohjelmistoa. Huoltotilan osalta suunnittelu alkaa kylpyhuoneen structuresta, eli seinärakenteesta. Seinän ulkopinnan ja hyttikäytävän välinen tila muodostaa rajat, joihin huoltotilan on mahduttava. Tämän takia putkistosuunnittelua ei voida aloittaa ennen kylpyhuoneen rakennesuunnittelun valmistumista. Myös laivan kansiläpivientien sijainnit vaikuttavat oleellisesti huoltotilan lopulliseen rakenteeseen.

Kunkin huoltotilan sisältö esitetään tyyppityksessä, joka on erittely jokaisesta laivaan tulevasta hyttistä. Tyyppityksessä näytetään muun muassa mihin hyttiin huoltotila liittyy, ja mitä putkijärjestelmiä se sisältää. Kaikki LVI-järjestelmät suunnitellaan erillisinä moduuleina, jotka paikoitetaan omina alikokoonpanoinaan huoltotilakokoonpanoon. Näin voidaan helposti valita kuhunkin huoltotilaan sopivat moduulit. Hytissä voi olla esimerkiksi kaksi muuten samanlaista huoltotilaa, mutta toisessa mustavesiputki yhdistyy runkolinjaan hytin päällä käytävän katossa, ja toisessa kannen alapuolella alemmassa kerroksessa. Alla esimerkki huoltotilan sisällöstä, jossa käyttövesi, jäähdytysvesi ja mustavesi kytketään hyttiin sen yläpuolelta runkolinjoista käytävän katosta. Harmaavesi tuodaan ylemmältä kannelta ja viedään läpi alempaan. Huoltotilassa on myös paloposti, jonka putki menee huoltotilan läpi.



Kuva 2. Esimerkki huoltotilan sisällöstä.

Vaihtelevat putkistojen liittymissuunnat johtuvat laivan runkolinjojen sijoittelusta. Runkolinjoja ei ole joka kannella, vaan esimerkiksi harmaavesiä kerätään useammalta kannelta yhteen runkolinjaan.

#### 4.2 Käyttövesikokoonpanojen mallintaminen

Putkikokoonpanon mallinnus alkaa sillä, että tyhjään malliin tuodaan pohjalle kylpyhuoneen structure, jossa on valmiina tarvittavat reiät lavuaarin sekä suihkusekoittajan läpivientejä varten. Tapauskohtaisesti kokoonpanoon on myös tuotava referenssiksi esimerkiksi huoltotilan sähkökeskus, ilmanvaihtokone tai muita putkijärjestelmiä, jotta tiedetään minkälaiseen tilaan putket täytyy sijoittaa. Näin vältetään yhteentörmäykset muiden kokonaisuuksien kanssa. Tämän lisäksi on tärkeää myös tietää paikka, johon putket päättyvät ja josta ne kytketään laivassa runkolinjaan. Kun on tiedossa mistä putkilinja alkaa, mihin se päättyy ja missä putkilla on tilaa kulkea, voidaan aloittaa putkien mallinnus ja liittimien lisääminen.

Kaikki projekteissa tarvittavat putkijärjestelmien liittimien 3D-mallit sijaitsevat valmiina komponenttikirjastossa, josta ne on helppo tuoda kokoonpanoon. Työ alkaa yleensä sijoittamalla nämä komponentit oikeille tai alustaville paikoilleen. Esimerkiksi kulmaläpivientien paikka on tässä vaiheessa jo tiedossa, mutta venttiilin tai T-haaran tarkkaa sijaintia joudutaan todennäköisesti vielä säätämään. Komponenttien paikoitus tapahtuu mate-toiminnolla, jossa osan paikka määritetään xyz-koordinaatistossa suhteessa origoon. Toinen vaihtoehto on piirtää putkistolle 3D-sketchi eli rata, jota putket mukailevat, ja paikottaa liittimet tähän rataan. Liittimien paikkoja on näin helppo muuttaa 3D-sketchin mittoja muuttamalla.

Kun komponentit ovat alustavasti paikallaan, voidaan aloittaa putkien mallinnus. Siihen käytetään 3D-sketchiä, jolla piirretään kolmiulotteinen rata liittimestä toiseen. Tässä vaiheessa täytyy huomioida valmistajan putkimateriaalille asettamat rajoitukset, jotka vaikuttavat putken sallittuun geometriaan. Niihin kuuluu esimerkiksi putken vaatima suora pituus liittimen jälkeen sekä minimi-taivutussäde. Sen jälkeen putki pursotetaan sweep-komennolla tätä rataa pitkin haluttuun paksuuteen. Nyt kun putki on mallinnettu suoraan kiinni liittimiin, on mahdollista siirtää vielä liittimiä siten, että putki seuraa mukana ja päivittyy automaattisesti.

Kun putkiston geometria on valmis, jokaisesta putkesta tehdään 2D-valmistuspiirustukset, joiden avulla putket katkaistaan ja taivutetaan oikeaan mittaan. Lisäksi kokoonpanosta tehdään kaksi piirustusta tuotantoa varten: yksi esivalmistukseen ja toinen tuotantolinjalle. Näissä näytetään putkiston rakenne mittoineen, kannakointi, asennusohjeita sekä materiaaliluettelo.

## 5 Nykyinen käyttövesijärjestelmä

Tällä hetkellä kaikissa projekteissa on käytössä testin ehdokkaita vastaava puristusliitosjärjestelmä, jossa liittimet ovat punametallia ja putket muovin ja alumiinin muodostamaa monikerrosputkea. Perinteisiin kupariputkiin, varsinkin juottamalla liitettäviin, verrattuna muovijärjestelmässä on paljon etuja. Huomattavin ero on asennusnopeudessa. Yhden puristusliitoksen tekeminen vie aikaa 2–10 sekuntia, kun taas kupariputken liittimeen juottaminen vähintään minuutin. Lisäksi puristustyökalun käyttö on helppoa, eikä asentajalta vaadita pätevyyksiä hitsaamiseen. Myös palovaaran poistuminen asennuksessa on aina työturvallisuuden kannalta merkittävää.

Puristamalla liitettävään kupariputkeen verrattuna komposiittijärjestelmän etuna on keveys, joka on laivanrakennuksessa aina tavoiteltava asia. Suurimmat risteilyalukset ovat pituuden ja leveyden osalta jo satamien asettamissa maksimimitoissa, joten ainoa kasvusuunta on ylöspäin. Tällöin laivan painon merkitys korostuu. Jos laivan paino ylittää sopimuksessa määritellyn rajan, joudutaan maksamaan tilaajalle sakkoa. Sakon suuruus riippuu ylityksen määrästä. Sopimukseen on myös kirjattu hylkäysraja, jonka ylittyessä tilaajan ei tarvitse ottaa laivaa vastaan. (Räisänen 1997, 5-1.)

Monikerrosputket eivät ruostu, niitä ei tarvitse uusia tai huoltaa koko käyttöikänsä aikana ja niiden taivuttaminen on kupariputkia helpompaa. Sanfix Fostan putkikokoja on saatavilla välillä 16–63 mm, joista hyttien kylpyhuoneissa ja huoltotiloissa käytetään tavallisesti kokoja 16 mm ja 20 mm.

## 6 Vertailtavat käyttövesijärjestelmät

Seuraavassa esitellään putkivalmistajat ja heidän järjestelmänsä, joita testissä vertaillaan. Nämä neljä valmistajaa ovat Viega, Georg Fischer, Geberit ja Wavin.

### 6.1 Viega Raxofix

Viega on kansainvälinen, vuonna 1899 perustettu perheyrittys, joka on valmistaa LVI-järjestelmiä ja -kokonaisratkaisuja. Viega on alansa markkinajohtaja, joka työllistään yli 4700 työntekijää. Tuotevalikoima on kattava, koska pelkästään puristusliitoksella toimivia putkijärjestelmiä on toistakymmentä ja tuotevalikoimaan kuuluu kokonaisuudessaan yli 17000 tuotetta. (Viega 2021a.)

Viegan uusin puristusjärjestelmä Raxofix koostuu monikerrospotkista ja piipronssista valmistetuista komponenteista. Raxofixin käyttökohteita ovat erilaiset käyttövesi-, sadevesi-, lämmitys- ja paineilmajärjestelmät. Putkikokoja on saatavilla välillä 16–63 mm. Uusi ”Raxial”-puristustekniikka hyödyntää radiaalisen ja aksiaalisen puristamisen yhteen vaiheeseen. Näin yhdistyvät radiaalisen puristamisen helppokäyttöisyys ja aksiaalisen tasainen puristus, jonka tuloksena liitokseen ei tarvita O-rengasta tai putken kalibrointia katkaisun jälkeen. Tällä saavutetaan pienemmät virtausvastukset ja mahdollisesti pienemmän putkikoon käyttämisen. Puristamattoman liitoksen löytäminen onnistuu visuaalisesti liittimen holkista. Kun holkin ja rungon välillä on rako, liitos on puristamatta. Samasta raosta voidaan tarkistaa myös putken riittävä asennussyvyys. Viegan kaikki liittimet on varustettu SC-Conturvuodonilmaisimella, joka varmistaa, että puristamatta jääneet liitokset vuotavat aina painekokeessa, eikä putkistoon jää piileviä vuotoriskejä. (Viega 2021b.)

### 6.2 Georg Fischer JRG Sanipex MT

Georg Fischer on yritys, joka tarjoaa ratkaisuja nesteiden ja kaasujen jakeluun, kevyitä valukomponentteja energiateollisuuteen sekä kokonaisratkaisuja työkalu-



ja muottiteollisuudelle. GF Piping Systems on erillinen osasto, joka on keskittynyt putkijärjestelmien toimittamiseen rakentamiseen ja vesiliikenteeseen. Se tarjoaa myös kattavat digitaaliset suunnittelutyökalut, kuten Plant Desing -ohjelmiston, CAD-kirjaston ja esimerkiksi materiaalien kemiallista kestävyyttä käsittelevän työkalun. (Georg Fischer 2021a.)

JRG Sanipex MT on jo 20 vuotta myynnissä ollut järjestelmä, joka ei muiden testin järjestelmien tavoin perustu koneellisesti tehtävään puristusliitokseen, vaan kartioliitântekniikkaan, jossa mutterin avulla kiristetään putki liittimeen. Tällä liitântätavalla varmistetaan täysi virtaustilavuus ja alhaiset painehäviöt. Liittimien sileä kartiomainen rakenne varmistaa myös sen, että rakenteeseen ei jää vesitaskuja, jotka olisivat otollisia kasvualustoja bakteereille. Sanipex MT -järjestelmä on saanut saksalaisen Fraunhofer Institute -tutkimuslaitoksen myöntämän hygieniasertifikaatin, joka vahvistaa, että liittimien pinnat täyttävät steriileihin pintoihin kohdistuvat vaatimukset. Kartioliitintekniikan ansiosta kaikki liitokset ovat purettavissa ja uudelleenkäytettävissä, joten asennusten laajentaminen tai supistaminen sekä virheellisten liitosten korjaaminen on helppoa. Putkimateriaalina toimii PE-X/AL/PE-X-monikerrosputki, ja liittimet ovat sisäosasta PPSU-muovia sekä ulkokuori polyamidin ja lasikuidun sekoitusta. (Georg Fischer 2021b.)

### 6.3 Geberit Flowfit

Geberit on sveitsiläinen monikansallinen konserni, joka valmistaa saniteettitekniikkaa, -tuotteita ja -järjestelmiä. Se on alansa markkinajohtaja Euroopassa. Vuonna 1874 perustettu yritys työllistää tällä hetkellä yli 12 000 työntekijää yli 50 maassa. Vuonna 2015 Geberit osti suomalaisen saniteettikalusteita valmistavan Sanitecin. Nykyään Geberit Oy toimii konsernin myyntiyhtiönä Suomessa. (Geberit 2021a.)

Geberitin uusi putkijärjestelmä Flowfit on käyttövesi- ja lämmitysovelluksiin tarkoitettu puristusliitosjärjestelmä, jonka suunnittelussa on painotettu asennuksen helppoutta ja nopeutta vaikeissakin työolosuhteissa. Järjestelmässä

käytetään liitántätapaa, jossa putken ympärillä on muoviholkki, joka puristetaan metallisen pannan avulla. Työkalu tarttuu ainoastaan tähän pantaan, eikä leukoja tarvitse asettaa putken ympäri. Pantoja on kahta eri kokoa, joten vain kahdet leuat riittävät koko 16–75 mm putkivalikoimaan. Flowfit liittimien rungot ovat materiaaliltaan PPSU-muovia, putken päälle puristettava holkki polyamidia, ja puristuspanna ruostumatonta terästä. Liittimissä on metallisen pannan päällä myös muovinen rengas, joka irtoaa puristuksen aikana. Sen tarkoitus on helpottaa puristamattomien liitosten havaitsemista. (Geberit 2021b.)

#### 6.4 Wavin Tigris K5

Wavin on hollantilainen vuonna 1955 peustettu erilaisten vesienkäsittelyyn liittyvien järjestelmien valmistaja. Yritys on keskittynyt muoviputkijärjestelmien ja -tuotteiden toimittamiseen useisiin kohteisiin, kuten puhtaan veden jakeluun, sade- ja hulevesien käsittelyyn sekä jäähdytys-, ja lämmitysjärjestelmiin. Wavin toimii yli 40 maassa työllistäen 10 500 ihmistä. Konsernin liikevaihto on 1,2 miljardia. Vuonna 2012 Wavin siirtyi osaksi Orbia-konsernia (entinen Mexichem), joka on maailmanlaajuinen rakentamisen ja infrastuktuurin sekä tietoliikenteen aloilla toimiva yritys. Suomessa Wavinilla on pääkonttori Tampereella sekä kaksi tuotantolaitosta Joutsassa ja Kangasalla. (Wavin 2021a.)

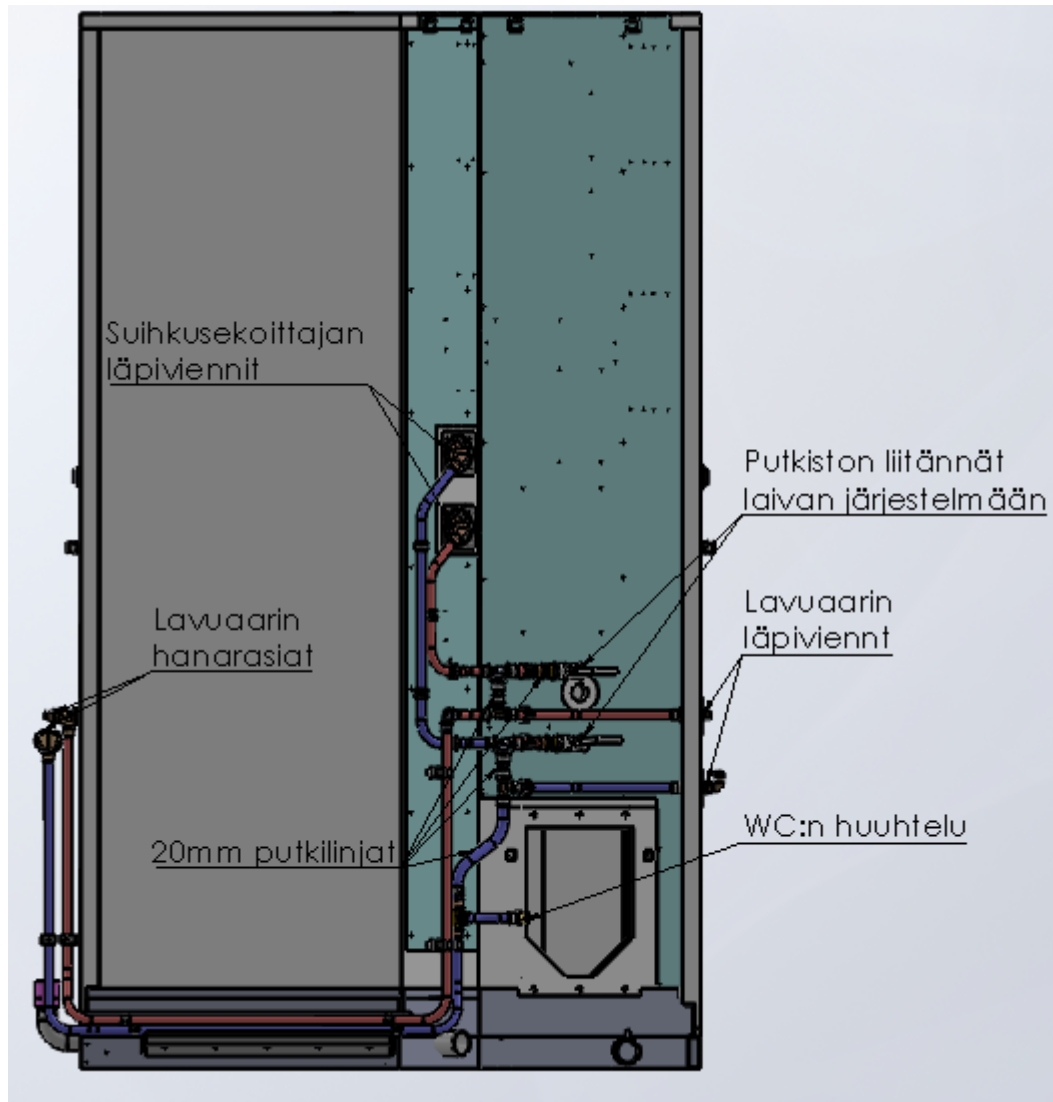
Wavin Tigris K5 on käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmiin tarkoitettu järjestelmä. Putkena käytetään monikerrosputkea. Liittimet ovat rungoltaan PPSU-muovia, ja puristusholkki on ruostumatonta terästä. Tigris-tuoteperheeseen kuuluu myös M5-sarja, jossa liittimien rungot ovat messinkiä. K5-järjestelmä on saatavana kokoina 16–40 mm. Puristusliitántä tapahtuu järjestelmässä radiaalisesti, eli holkki puristetaan työkalulla kohtisuoraan putken pintaa vasten. Tigris K5:n liittimien erikoisuutena on puristusholkkien muoto ja koko, joka sallii puristamisen useilla eri leukaprofiileilla. Ne ovat yhteensopivia U-, Up-, H-, TH- ja B-profiilien kanssa, eli kun vaihdetaan Tigris K5-liittimiin, ei ole tarvetta hankkia uusia työkaluja. Wavin on panostanut järjestelmän virtaavuuteen suurentamalla

liittimen sisähalkaisijaa 50 % vanhempaan järjestelmään verrattuna. Erityisesti pienemmän halkaisijan putkissa sen vaikutus kokonaispainehäviöön on merkittävä. Asennuksen laadun ja tehokkuuden parantamiseen Tigris-järjestelmässä on uusia ominaisuuksia kuten liittimen holkin tarkastusikkuna, josta voidaan varmistaa putken riittävä syvyys liittimessä. Toisena ominaisuutena on akustinen vuotohälytin, joka ilmalla tehdyssä painetestissä ilmaisee vuotavan liitoksen 80 desibelin viheltävällä äänellä. (Wavin 2021b.)

## 7 Testin suunnittelu

### 7.1 Huoltotila

Testin tarkoituksena oli rakentaa olosuhteet jotka vastaisivat parhaiten tulevaisuuden laivaprojektien vaatimuksia. Alustaksi testikokoonpanoille päätettiin ottaa huoltotila tällä hetkellä Piikkio Worksilla käynnissä olevasta projektista. Tässä huoltotilassa tilaa oli vähän, ja suunnittelussa oli ollut hankaluuksia nykyisellä putkijärjestelmällä. Näin saatiin testi vastaamaan todellista tämän hetken vaativinta tilannetta, eikä uuden huoltotilan suunnitteluun tarvinnut käyttää aikaa. Huoltotila kuuluu miehistön kombihyttiin, jossa on yhteinen kylpyhuone kahdelle yhden hengen hytille. Lavuaareja on kaksi ja ne sijaitsevat hyttien sisäpuolella. Kylpyhuoneessa olevaan suihkusekoittajaan putkilinjat viedään suoraan huoltotilan takaseinän läpi. WC-istuimen huuhteluvesi liitetään järjestelmään huoltotilan puolella. 20 mm putkea on käytetty kuuman veden puolella laivaliitännästä eteenpäin toiseen T-haaraan asti. Kylmän veden linjassa 20 mm putkea on tuloliitännästä WC huuhtelun T-haaraan asti. (Kuva 2.)



Kuva 3. Testihuoltotilan alkuperäinen käyttövesiputkisto.

## 7.2 Komponenttien 3D-mallit

Kaikilta valmistajilta oli saatavilla valmiita 3D STEP-tiedostoja komponenteista. STEP-tiedosto (Standard for the product data Exchange) on 3D-mallien jakamiseen tarkoitettu tiedostomuoto. Niiden avaaminen onnistuu kaikilla 3D tiedostojen käsittelyyn tarkoitetuilla ohjelmistoilla. Tiedostot olivat ladattavissa valmistajien nettisivuilta, lukuunottamatta Geberitin komponentteja, joiden

tiedostot tulivat suoraan valmistajan edustajan lähettämänä. Viega oli kuitenkin ainut valmistaja, jolta löytyi suoraan kaikki tarvittavat osat. Muutkin toimittajat vakuuttivat puuttuvien komponenttien valmistamisen olevan jatkossa mahdollista, mutta tämä testi tehtiin sillä hetkellä saatavilla olevilla osilla. Taulukossa 1 on eriteltyä kokoonpanossa tarvittavien osien saatavuus kultakin valmistajalta. Suora hanaläpivienti on testiputkistossa putkilinjan päässä, joten sen puuttuminen ei vaikuta oleellisesti järjestelmän arviointiin. Geberitin ja Wavinin puuttuvat venttiilit korvattiin Giacomini-merkkisellä kierrepäisellä venttiilillä, jonka voi adapterin avulla yhdistää molempiin järjestelmiin.

Taulukko 1. Komponenttien saatavuus.

	20x20x20 T-haara	20x20x16 T-haara	20x16x20 T-haara	20x16x16 T-haara	16x20x16 T-haara	Kulmaliitin 90°	Palloventtiili	Adapteri 1/2" sisäkieriteellä	16mm 90° hanaläpivienti	16mm suora hanaläpivienti	16mm 90° hanarasia
Viega Raxofix	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Georg Fischer JRG Sanipex MT	x	x	x	x		x	x	x	x		x
Geberit Flowfit	x	x	x	x	x	x		x	x		x
Wavin Tigris K5	x	x	x	x	x	x		x	x		x

### 7.3 Kokoonpanojen 3D-mallinnus

Jokaisesta järjestelmästä tehtiin oma kokoonpano, johon tuotiin kirjastosta tarvittavat komponentit ja mallinnettiin putket. Suunnitelmana oli kopioida alkuperäinen nykyisen järjestelmän putkilla suunniteltu geometria. Raxofix-

kokoonpanon suunnittelu oli helpointa, koska järjestelmä on hyvin samanlainen kuin Sanfix Fosta. Samankokoiset liittimet ja yhteneväinen putkimateriaali mahdollistavat putkistolle geometrian, joka vastaa täysin alkuperäistä Sanfix Fostalle suunniteltua kokoonpanoa.

Koska Georg Fischerin liittimissä on avaramman rakenteen takia pienemmät virtaushäviöt, voitiin putkisto suunnitella kokonaan 16 mm putkella. Tämä vähensi erikokoisten T-haarojen määrää viidestä yhteen. Toisiaan lähellä olevien T-haarojen yhdistämiseen käytettiin kaksoisliitintä, joka yhdistää liittimiä toisiinsa ilman väliin asennettavaa putkea. Tällä tavoin vaakalinjat saatiin lähemmäs toisiinsa. Muilla valmistajilla ei vastaavaa adapteria ole saatavilla. Muilta ominaisuuksiltaan putkiston geometria vastaa alkuperäistä Sanfix Fosta -putkistoa.

Geberitin liittimien suuremman koon takia alkuperäistä putkigeometriaa jouduttiin muuttamaan. Vaikka huoltotilan muuta sisältöä ei testtiin rakennettu, ne huomioitiin kuitenkin suunnitteluvaiheessa, jotta testiasetelma olisi mahdollisimman todenmukainen. Ylemmän vaakasuuntaisen kuumavesilinjan korkeutta ei voitu nostaa, sillä se osuisi sähkökeskukseen, joka oikeassa huoltotilassa sijaitaisi heti putken yläpuolella. Lavuaarille menevää kylmävesilinjaa ei voitu myöskään siirtää alemmas, koska se olisi peittänyt WC-istuimen takaosan.

Wavinin järjestelmä ei juurikaan eroa Viegan Sanfix Fostasta tai Raxofixista, joten kokoonpano voitiin suunnitella alkuperäistä vastaavaksi.

Taulukko 2. Lopullinen materiaalista.

	20x20x20 T-haara	20x20x16 T-haara	20x16x20 T-haara	20x16x16 T-haara	16x20x16 T-haara	16x16x16 T-haara	Kulmaliitin 90°	Palloventtiili	Palloventtiili, Giacomini	16mm adapteri 1/2" sisäkierfeellä	20mm adapteri 3/4" ulkokierfeellä	16mm 90° hanaläpivienti	16mm suora hanaläpivienti	16mm 90° hanarasia	16mm kaksoisliitin
Viega Raxofix	2	2	1	1	1		1	2		1		2	2	2	
Georg Fischer JRG Sanipex						7	1	2		1		2		2	2
Geberit Flowfit	2	2	1	2					2	1	4	2		2	
Wavin Tigris K5	2	2	1	1	1		1		2	1	4	2		2	



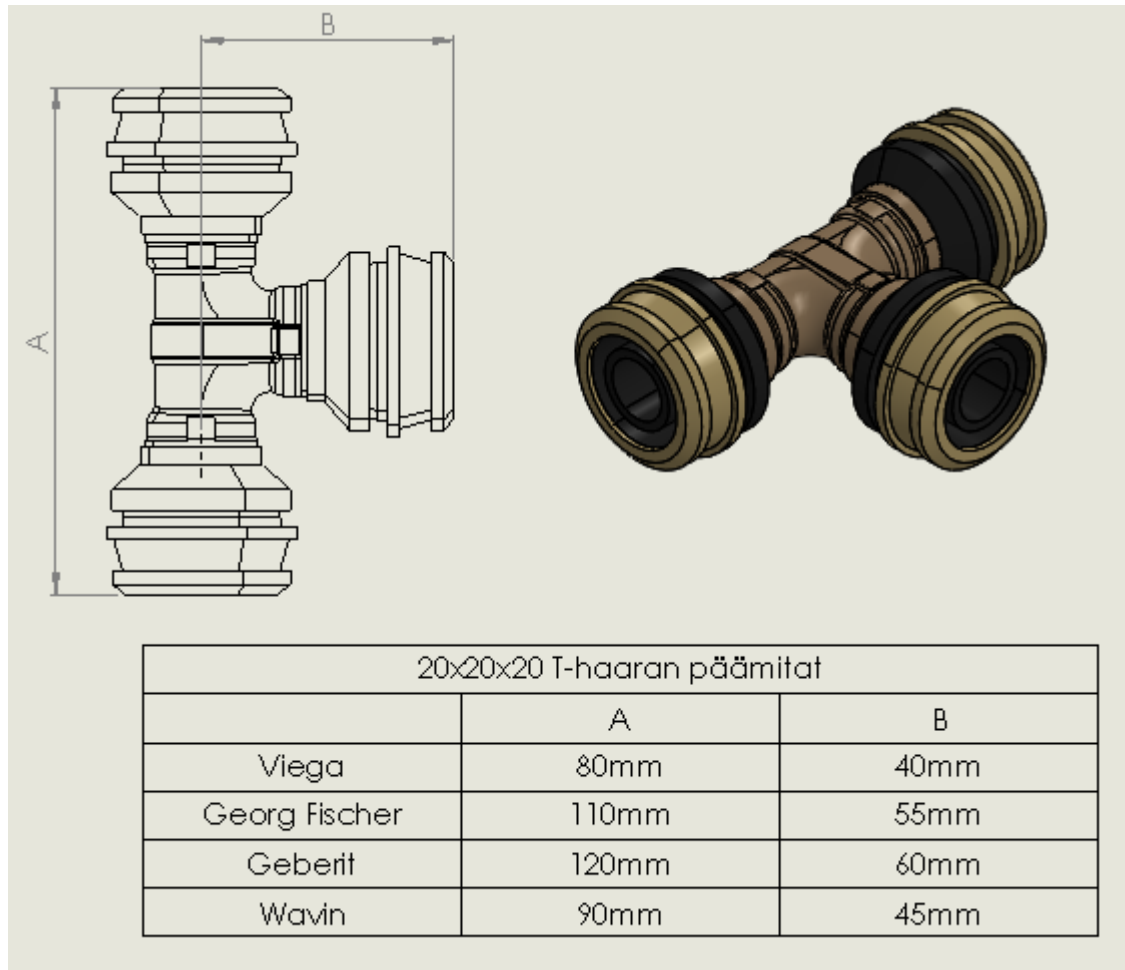
## 8 Vertailu

Kaikki asennukset onnistuttiin rakentamaan suunnitelmien mukaan. Eroja syntyi, ja jokaisesta ehdokkaasta löytyi omat vahvuudet ja heikkoudet. Järjestelmien vertailu suoritetaan käsittelemällä yksi ominaisuus kerrallaan.

### 8.1 Järjestelmän vaatima tilantarve

Suunnittelijan kannalta putkiston tilantarve on merkittävin yksittäinen työhön vaikuttava järjestelmän ominaisuus. Ahtaissa huoltotiloissa putkilinjojen suunnittelu on sitä helpompaa, mitä pienempiä komponentit ovat, ja mitä vapaampaa on putkien taivutus ja mitoittaminen.

Komponenttien koko vaikuttaa suoraan putkiston kokonaismittoihin. Tässä oli merkittäviä eroja eri järjestelmien välillä. Kuvassa on 20x20x20 T-haarojen päämitat. Mitoista huomataan, Geberitin T-haara on 50 % suurempi kuin Viegan. Suurissa putkistoissa kokoeron vaikutus on huomattava, kun liittimien määrä on suuri. Geberitin kohdalla liittimien koko muodostui siinä määrin ongelmaksi, että alkuperäistä geometriaa jouduttiin muuttamaan, jotta putket saatiin mahtumaan.



Kuva 4. 20x20x20 T-haarojen päämitat.

Muiden liittimien kokoerot vastaavat hyvin T-haarojen eroja, joten esimerkiksi hanakulmien tai adapterien mittoja ei ole tarpeen käsitellä erikseen. Komponenteissa on toki muitakin muotoeroja muun muassa laippojen koon tai liittimien paksuuden osalta, mutta ne ovat järjestelmän tilantarvetta käsitellessä toisarvoisia.

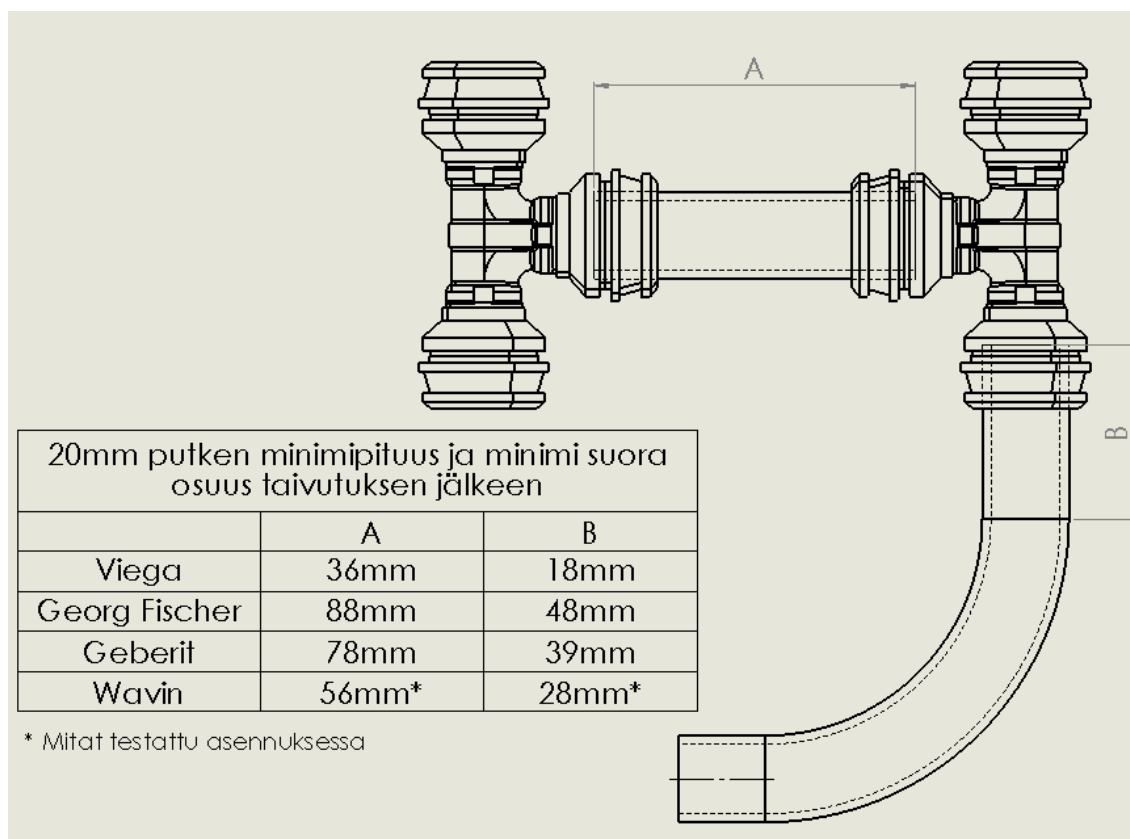
Toinen putkiston mittoihin vaikuttava tekijä on putket ja niiden ominaisuudet. Kaikkien valmistajien putket ovat materiaaliltaan hyvin lähellä toisiaan. Kaikissa on ohut alumiinikerros kahden polyeteenikerroksen välissä. Erot putkissa syntyvät muoviseoksesta ja sen käsittelystä, sekä materiaalien paksuudesta. Valmistajat ilmoittavat putkilleen minimaivaikutussäteen, eli taivutetun putken keskilinjan kaaresta muodostuvan säteen pienimmän sallitun arvon.

Taivutussäde muuttuu halkaisijan mukaan, joten yleensä valmistajat ilmoittavat taivutussäteen muodossa  $X \times D$ , jossa  $X$  on kerroin ja  $D$  putken ulkohalkaisija. Näin kertoimella 3,5, 16 mm putken minimisäde olisi 56 ja 20 mm putkella se olisi 70. Viegalla ja Georg Fischerillä kerroin on 2, Geberitillä 3,5 ja Wavinilla 2,5. Kaikki putket päätettiin kuitenkin taivuttaa kertoimella 3, eli 16 mm putkella säteeksi tulee 48, ja 20 mm putkella 60. Syy tähän valintaan johtuu siitä, että putket tulevat Piikkio Worksille alihankkijan kautta. He taivuttavat putket valmiiksi, eikä heillä ollut projektin kiireellisen aikataulun puitteissa mahdollisuutta hankkia tarvittavia työkaluja useisiin eri taivutussäteisiin. Geberit oli valmistajista ainut, jonka ilmoitetut taivutussäteet olivat enemmän kuin  $3 \times D$ . Saimme kuitenkin luvan pienentää sädettä, ja taivutusten laatu osoittautui lopulta yhtä hyväksi kuin muilla.

Vaikka kaikkien järjestelmien putkissa käytettiin testissä samaa taivutussädettä, on niiden eroilla silti vaikutusta järjestelmien arviointiin. Jos tulevaisuudessa tulisi tilanne, jossa jouduttaisiin käyttämään pienempiä taivutussäteitä, Viegan ja Georg Fischerin tapauksessa se olisi mahdollista, toisin kuin Geberitin.

Liittimien koon ja putken taivutuksien lisäksi putkiston tilantarpeeseen vaikuttaa putken suoran pituuden sallittu minimipituus liitoksen jälkeen, sekä lyhimmän mahdollisen suoran putken pituus kahden liittimen välissä. Viega, Georg Fischer ja Geberit ilmoittavat nämä mitat asennusohjeissaan, mutta Wavinin kohdalla tietoja ei ollut saatavilla ja mitat selvitettiin testiasennuksessa. Kaikilla muilla paitsi Georg Fischerillä A:n pituus on puolet B:n pituudesta, eli asennuksen kannalta ei ole eroa onko suoran osuuden jälkeen liitin vai taivutus. Georg Fischerin järjestelmässä putken suoraa osuutta tarvitaan vähemmän ennen taivutusta, kuin ennen toista liitintä. Vertailussa Viegan putket ja liittimet tarvitsevat vähiten tilaa, muut kolme järjestelmää ovat mitoiltaan lähellä toisiaan. Vaikka erot ovat pieniä, suurissa putkistoissa erot korostuvat. Varsinkin kun huomioidaan aiemmin mainitut liittimien päämitat ja taivutussäteet. Todellisuudessa putken minimipituus ennen taivutusta on kaikissa vaihtoehdoissa niin pieni, että rajoittavaksi tekijäksi muodostuu itse taivutukseen tarvittava suora osuus. Taivutuskoneen leuka tarvitsee 30–40 mm suoran johon tarttua. Georg Fischerin liitostavasta johtuen suora putki kahden liittimen välillä

voidaan myös korvata kaksoisliittimellä, eli adapterilla joka yhdistää liittimet suoraan toisiinsa. Adapteri vastaa pituudeltaan 48 mm putkea, joten tällä tavalla liitettynä liittimet saadaan 39 mm lähemmäs toisiaan kuin putkella.



Kuva 5. Putken minimipituudet.

## 8.2 Asennettavuus

Testien aikana arvioitiin järjestelmien asennukseen kuluva aikaa ja asentamisen sujuvuutta. Näihin vaikuttavia tekijöitä ovat putkiston komponenttien määrä ja toimivuus, työkalujen tarve ja käytettävyys, sekä mahdollisten esivalmistelujen tai jälkityön määrä. Viega, Geberit ja Wavin ovat asennettavuudeltaan hyvin samankaltaisia järjestelmiä, johtuen yhtenevästä liitostekniikasta. Georg Fischer erottuu tässä selkeästi kolmesta muusta.

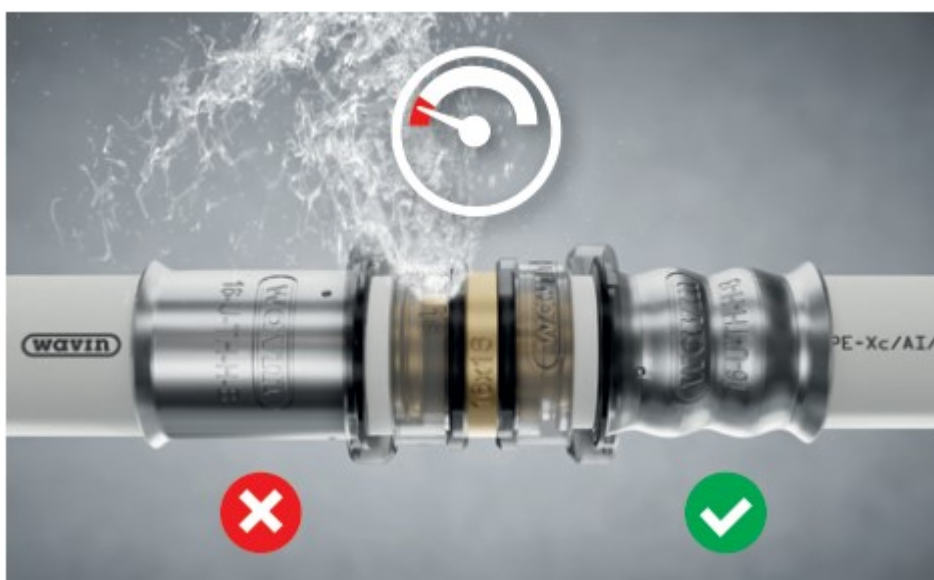
Liitosten puristaminen tapahtuu Viegan, Geberitin ja Wavinin järjestelmissä akkukäyttöisellä puristuskoneella. Puristustapahtuman kesto on hyvin lyhyt,

kaikilla alle 5 sekuntia. Koneet eroavat toisistaan hieman painoltaan ja ulkomuodoltaan. Viegan koneita on kahta kokoa, joista suurempi on kokoluokaltaan vastaava Geberitin ja Wavinin koneiden kanssa. Viegan pienempi kone on selkeästi muita kevyempi ja helppokäyttöisempi, mutta teholtaan ja akunkestoltaan huonompi. Wavinin leuat sopivat myös muiden valmistajien koneisiin, myös nykyisin Piikkio Worksilla käytössä oleviin, joten uusiin koneisiin ei ole Wavinin kohdalla tarvetta. Geberitin erottaa muista se, että koneen leukoja ei tarvitse asettaa liittimen ympärille, vaan puristus tapahtuu liittimen kyljestä. Leukoja ei myöskään tarvitse vaihtaa putkikoon muuttuessa, kunhan pysytään alle 40 mm putkikoossa. Kaikissa kolmessa järjestelmässä puristus voidaan suorittaa mistä tahansa suunnasta kohtisuoraan putkea vasten. Viegan koneeseen on saatavilla jatkovarsi, jolla mahtuu puristamaan ahtaisiin väleihin ja kulmien taaske. Myös Wavinin koneeseen vastaavan työkalun valmistaminen on mahdollista. Geberitin koneeseen tällaista lisäosaa ei ole saatavilla.

Georg Fischerin putkiliitoksen tekeminen alkaa kartiomutterin irrottamisella liittimestä. Mutteri asetetaan putken päälle, jonka jälkeen putken päähän tehdään työkalulla levitys. Sitten putki voidaan kiinnittää liittimeen kiristämällä mutteri momenttiavaimella. Kartiomutteri painaa putken levitetyn pään kohti liittimen tiivistepintaa. Muihin järjestelmiin verrattuna asentaminen on hitaampaa. Yhden liitoksen tekeminen vie nopealtakin asentajalta 30–60 sekuntia. Useampien työvaiheiden takia myös virheiden mahdollisuus on suurempi. Mutteri saattaa unohtua putken päältä tai päätyä sinne väärin päin, joka on mahdoton korjata levityksen jälkeen katkaisematta putkea. Tuotannossa on tullut vastaan myös tapauksia, jossa mutteri on unohdettu kiristää loppuun asti aiheuttaen vuotoa. Toisaalta kierrelitännän etuna on mahdollisuus putkiston purkamiseen katkaisematta putkia. Näin esimerkiksi väärän liittimen asentaminen putkistoon on helposti korjattavissa.

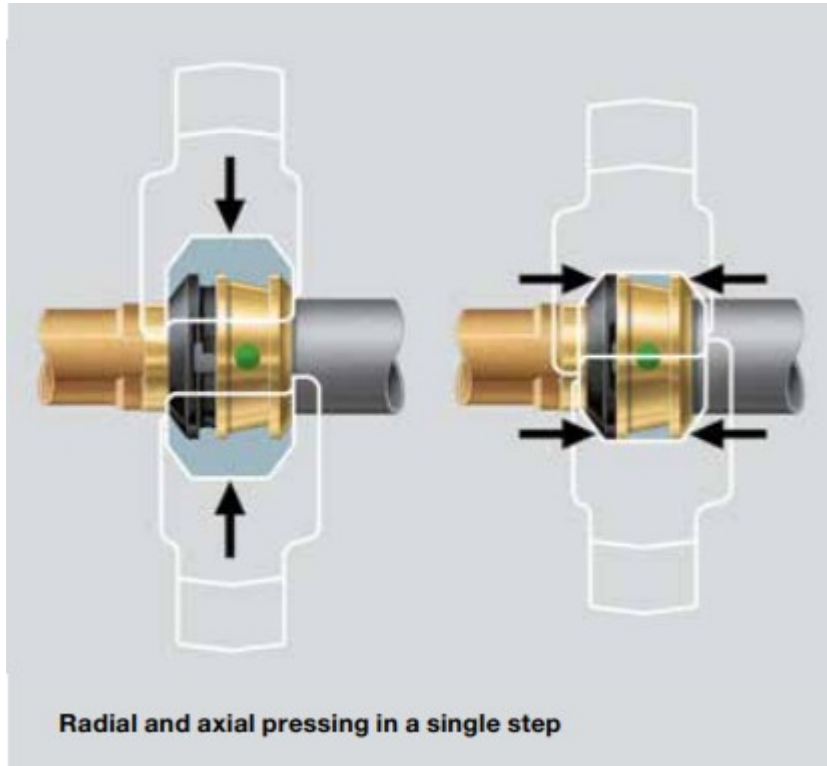
### 8.3 Jälkityöt ja laaduntarkastus

Asentajalle kuuluviin jälkitöihin lukeutuvat liitosten silmämääräinen tarkistaminen, sekä mahdollisten roskien siivoaminen. Puristamattoman liitoksen havaitseminen poikkeaa hieman eri järjestelmissä. Geberitin putkistossa tarkistus on helpointa. Puristustapahtuman yhteydessä muovisokka irtoaa liittimestä, joten paikallaan oleva sokka on merkinä liitoksen keskeneräisyydestä. Wavinin liittimissä on läpinäkyvä osuus, josta on helppo varmentaa putken riittävä asennussyvyys. Liitoksen puristamattomuus on vaikeampi huomata, mutta se on kuitenkin mahdollista todeta metallipinnan muodosta.



Kuva 6. Wavin liittimen tarkistusikkuna ja puristamattoman liitoksen erottaminen puristetusta.

Georg Fischerin liittimen mutterissa on valkoinen muoviliuska, jonka tarkoitus on irrota kiristämisen aikana, ja näin ilmaista liitoksen valmius tai keskeneräisyys. Liuska ei kuitenkaan aina katkea mutterin kiristämisen aikana, joten sen varaan ei voi tarkistamista täysin laskea. Viegan liittimestä on vaikein visuaalisesti päätellä onko liitos puristettu. Putken päälle puristuva osa ei Wavinin tavoin muuta muotoaan, vaan metalliholkki siirtyy kohti liittimen keskiosaa ja rako holkin ja rungon välillä poistuu.



Kuva 7. Raxofix liittimen puristus.

Jälkityötä aiheuttaa myös komponenttien pakkausmateriaalien siivoaminen, ja muu asennuksessa syntyvä jäte. Geberitin liittimistä asennuksen yhteydessä irtoava muovisokka on eniten lisätyötä aiheuttava asia. Puristuskoneeseen on saatavilla erillinen keräin, johon sokat irrotessaan päätyvät, mutta tämän toiminta oli testeissä vaihtelevaa. Geberitin liittimien päissä on myös muoviset suojaholkit, jotka tulee poistaa ennen asennusta. Georg Fischerin liittimien päissä on suojatarrat sekä mutterien ympärillä muoviliuskat. Viegan ja Wavinin komponenteissa ei ole erillisiä toimenpiteitä vaativia osia tai suoja.

## 9 Tulokset ja yhteenveto

Suunnittelun ja testien tuloksena saatiin kattava näkemys jokaisen vaihtoehdon ominaisuuksista, sekä hyvistä ja huonoista puolista. Käyttövesiputkistojen suunnittelu on huoltotilan moduuleista monimutkaisin ja aikaavievin. Myös tuotannossa putkiston esikokoonpano ja asentaminen vie suuren osuuden huoltotilan kokonaistyömäärästä. Näistä syistä on tärkeää, että tulevilla projekteilla olisi käytössä Piikkio Worksin tarpeisiin paras mahdollinen järjestelmä.

Testien ja suunnittelun perusteella saadut kommentit ja arviot taulukoitiin, ja jokainen järjestelmä pisteytettiin osa-alueittain. Kaikki vertailtavat ominaisuudet eivät ole samanarvoisia, vaan tärkeimpiä asioita on painotettu. Esimerkiksi kohdat ”asennettavuus” ja ”järjestelmän vaativa tilantarve” ovat kriittisiä arvoja, ja täten saavat taulukossa kertoimen kaksi. Toisaalta esimerkiksi komponenttien saatavuus on kertoimeltaan yksi, koska vaikka monia komponentteja puuttui, jokainen valmistaja oli lupautunut tarvittavat osat valmistamaan.

Eniten pisteitä vertailussa sai Viega Raxofix, joka oli lähes jokaisella osa-alueella paras vaihtoehto. Toiseksi sijoittui Wavin Tigris K5, ja tasapisteissä viimeiseksi Georg Fischer JRG Sanipex MT sekä Geberit Flowfit. Tulos oli odotettu, ja vastasi hyvin jo aikaisessa vaiheessa muodostunutta kuvaa järjestelmien vahvuuksista. JRG Sanipex MT:n suurin ja ratkaiseva heikkous oli asentamisen hitaus ja monimutkaisuus. Geberitin järjestelmässä ongelmaksi muodostuisi sen sovittaminen ahtaisiin huoltotiloihin. Jo testiasennuksessa putkiston geometriaan jouduttiin tekemään muutoksia, joten todennäköisesti hankaluuksia aiheutuisi myös tulevaisuudessa. Wavinin järjestelmässä ei ollut merkittäviä heikkouksia, mutta siinä ei myöskään ollut etuja verrattuna Viegan Raxofixiin. Ainoastaan puristamattomien liitosten löytäminen oli helpompaa.

Taulukko 3. Vertailun tulokset.



	painotuskerroin	Viega	Georg Fischer	Geberit	Wavin
Asennettavuus	2	3	0	2	2
Putki (taivutusten/putken laatu)	2	3	3	2	2
Järjestelmän tilantarve (liittimien koko, putkien mittarajoitukset)	2	3	2	0	2
Visuaalinen laaduntarkastus (puristamattoman liitoksen havaitseminen)	1	2	1	3	3
Komponenttien saatavuus (puuttuvat liittimet)	1	3	2	2	2
<b>Yhteensä</b>		<b>23</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>17</b>

Kokonaisuuden kannalta on huomioitava, että vaikka parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui Viega Raxofix, lopulliseen valintaan vaikuttavat myös konsernin muiden yritysten vastaavien testien tulokset. Valitun järjestelmän tulee olla sellainen, joka palvelee parhaiten kokonaisuutta. Muissa yrityksissä järjestelmältä vaadittavat ominaisuudet voivat olla erilaiset verrattuna Piikkio Worksin tarpeisiin. Vertailussa ei myöskään otettu huomioon valinnan kokonaiskustannuksia, jotka vaikuttavat oleellisesti päätöksentekoon. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää teknisiltä ominaisuuksiltaan ja käytettävyydeltään paras vaihtoehto. Työn tavoite täyttyi ja siinä pystyttiin selkeästi osoittamaan, miksi Viega Raxofix olisi Piikkio Worksille oikea valinta.

## LÄHTEET

Evac Cleantech kokonasiratkaisu meriteollisuudelle 2021. Viitattu 28.12.2021.  
<https://extranet.evac.com/dl/004370?preview=true&revision=3.3>

Geberit 2021a. Meistä. Viitattu 3.11.2021 <https://www.geberit.fi/meista/>

Geberit 2021b. Flowfit. Viitattu 3.11.2021.  
<https://www.geberit.com/insights/effortless-installation.html>

Georg Fischer 2021a. Yrityksen kuvaus. Viitattu 3.11.2021  
<https://www.gfps.com/fi-fi/about-us/company/portrait.html>

Georg Fischer 2021b. Tekninen käsikirja. Viitattu 3.11.2021  
<https://www.gfps.com/content/dam/gfps/fi/manuals/gfps%20-%20fi%20-%20manual%20-%20sanipex-mt%20-%20fi.pdf>

Meyer Turku 2021. About the shipyard. Viitattu 10.11.2021  
[https://www.meyerturku.fi/en/meyerturku\\_com/shipyard/company/about\\_the\\_shipyard\\_1/about\\_the\\_shipyard.jsp](https://www.meyerturku.fi/en/meyerturku_com/shipyard/company/about_the_shipyard_1/about_the_shipyard.jsp)

Piikkio Works 2021. Yrityksen esite. Viitattu 10.11.2021  
<https://www.esitteemme.fi/piikkioworks/WebView/>

Räisänen P. (toim.) 1997/2000. Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja. 2. korj. painos. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu.

Viega 2021a. Tietoa meistä. Viitattu 2.11.2021  
<https://www.viega.fi/fi/unternehmen/about-us.html>

Viega 2021b. Esite. Viitattu 2.11.2021.  
[https://www.viega.com/content/dam/viega/aem\\_online\\_assets/download\\_assets/com/795450\\_brochure\\_raxofix\\_2020\\_int\\_net.pdf](https://www.viega.com/content/dam/viega/aem_online_assets/download_assets/com/795450_brochure_raxofix_2020_int_net.pdf)

Wavin 2021a. Tietoa meistä. Viitattu 6.11.2021 <https://www.wavin.com/fi-fi/wavin-finland/tietoa-meista>

Wavin 2021b. Tekninen käsikirja. Viitattu 6.11.2021 <https://www.wavin.com/fi-fi/ratkaisut/lampo-ja-vesi-lv/sisaasennukset/tigris-k5>