

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutusohjelma

2022

Tero Niskanen

**LAISSUUNNITTELUN  
ASENNUS- JA  
MATERIAALIKUSTANNUSTEN  
SELVITYS**

– REJLERS FINLAND OY



Opinnäytetyö (AMK / YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutusohjelma

2022 | 43 sivua

Tero Niskanen

## Laitossuunnittelun asennus- ja materiaalikustannusten selvitys

- Rejlers Finland Oy

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Rejlers Finland Oy:n laitossuunnittelun osastolle. Työn tavoitteena oli luoda putkistoprojektien laskentaan soveltuva työkalu sekä vertailla toteutuneiden putkistoprojektien kustannuksia kolmen asiakasprojektin pohjalta. Opinnäytetyöllä pyrittiin parantamaan putkistosuunnittelijoiden kustannusarviointikykyä sekä helpottamaan muuttuvien kustannusten arviointia.

Asiakasprojektien laskentaan sekä laskentatyökalun luomiseen käytettiin aikaisempien projektien materiaalihinnastoja, laskentapohjia sekä projektiraportteja. Lisäksi laskentatyökalun käytön havainnollistamiseen luotiin esimerkkiprojekti keksityillä lähtöarvoilla. Työn teoriaosuus pohjautuu teollisuuden kirjallisuuteen, yrityksen julkaisuihin sekä sisäisiin haastatteluihin.

Tuloksena laskettiin asiakasprojektien kustannukset sekä luotiin laskentatyökalu uusien putkistokokonaisuuksien kustannusarviointiin materiaali- ja asennuskustannusten osalta. Työkalu saatiin käyttövalmiiksi yrityksen suunnittelijoille ja sen tietoja voidaan päivittää tarvittaessa lisäämällä putkenosia sekä muuttamalla putkenosien hintoja.

Asiasanat:

Putkistosuunnittelu, materiaalikustannukset, asennuskustannukset, teollisuusputkistot

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 43

Tero Niskanen

## Material and installation costs research in Plant design

- Rejlers Finland Oy

This thesis was executed to assist the design engineers at Rejlers Finland Oy in estimating pipeline projects costs. The thesis focuses on installation and material costs in pipeline projects comparing three previous projects and calculating the costs of these projects. In addition to comparing different projects, a calculation sheet was created for estimating pipeline project costs and changes.

Reports, material lists and calculation sheets were used as sources for creating the new calculation sheet and calculating the costs of previous projects. In addition, the theory sections of this thesis are based on pipeline industry literature, company's internal interviews and company's publications.

The principles of the calculation sheet are explained with a made-up example project to ease the understanding of the calculation methods. The new calculation sheet can be updated when necessary to match the current prices of the market.

As a result, the calculations were completed, and a new calculation sheet was created successfully. With these results, design engineers can compare the costs of previous projects and estimate the costs of future projects more efficiently.

Keywords:

Plant design, material costs, installation costs, industrial piping

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
1.1 Taustaa	8
1.2 Yritys	8
<b>2 Teollisuusputkistot</b>	<b>10</b>
2.1 Putkistojen valmistus ja materiaalit	10
2.2 Putkistoinstrumentit, komponentit ja kannakointi	13
2.3 Putkistostandardit	17
<b>3 Laitossuunnittelu</b>	<b>19</b>
3.1 Putkistosuunnittelu	20
<b>4 Putkistoprojektien kustannukset</b>	<b>22</b>
4.1 Kustannusten merkitys	22
4.2 Materiaali- ja asennuskustannukset	23
4.3 Rejlers Finland Oy:n toimintatapa kustannusten arvioinnissa	24
<b>5 Kustannusten laskenta</b>	<b>25</b>
5.1 Materiaalikustannukset	25
5.2 Asennuskustannukset	25
5.3 Kokonaiskustannukset	28
<b>6 Asiakasprojektien laskenta</b>	<b>29</b>
6.1 Projekti 1	29
6.1.1 Kustannukset	29
6.2 Projekti 2	30
6.2.1 Kustannukset	30
6.3 Projekti 3	30
6.3.1 Kustannukset	31

<b>7 Projektien vertailu</b>	<b>32</b>
<b>8 Laskentatyökalu/ kustannuslaskentaohjelmisto</b>	<b>35</b>
8.1.1 Esimerkkilaskenta	35
<b>9 Päätelmät</b>	<b>41</b>
<b>Lähteet</b>	<b>42</b>

## **Kaavat**

Kaava 1. Materiaalikustannukset (Rejlers 2022).	25
Kaava 2. Yksikkökertoimen laskenta (Rejlers. 2022).	27
Kaava 3. Asennusyksiköt (Rejlers. 2022).	27
Kaava 4. Asennuskustannukset (Rejlers. 2022).	27
Kaava 5. Esimerkkiprojektin asennuskustannukset.	40
Kaava 6. Esimerkkiprojektin materiaalikustannuslaskenta.	40

## **Kuvat**

Kuva 1. Saumaton putki, päätyhitsattu putki ja kierrehitsattu putki (Maurice, S. 2016).	11
Kuva 2. Päittäishitsatun putken valmistus (Maurice, S. 2016).	12
Kuva 3. Kierrehitsatun putken valmistus (Maurice, S. 2016).	12
Kuva 4. Saumattoman putken valmistus (Maurice, S. 2016).	13
Kuva 5. Clamp-liitos (Rejlers 2022).	14
Kuva 6. Laippaliitos (Rejlers 2022).	16
Kuva 7. Standarditunnus (SFS. 2022).	17
Kuva 8. Henkilöstökustannusten arviointi.	36
Kuva 9. Välillisten kustannusten arviointi.	37

## **Kuviot**

Kuvio 1. Laitossuunnittelun jakautuminen (Kesti, M. 1992, 13).	19
--	----

## **Taulukot**

Taulukko 1. DN 50 putken kustannusvertailu.	32
Taulukko 2. Putkistohaaran kustannusvertailu.	33
Taulukko 3. Esimerkkiprojektin materiaalista.	38
Taulukko 4. Asennusyksiköt esimerkkiprojektissa.	39

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

PI-kaavio	Putkitus- ja instrumenttikaavio. PI-kaaviolla esitetään yksinkertaisesti putkenosat ja liitännät.
NDT-testing	Ainetta rikkomaton aineenkoetus. (Non destructive testing)
Laserkeilain	Laserkeilain tai laserskanneri on laite, joka tallentaa miljoonia mittapisteitä ympäristöstään ja muuttaa nämä pisteet 3D-malliksi. Mittapisteiden avulla laite määrittelee ympäristön geometrian yksityiskohtaisesti minuuteissa. Laserkeilaimen luomaa 3D-mallia kutsutaan pistepilveksi. (FARO.)
Linjakoko	Putkistokokonaisuuden putkenosien kokoluokka. Ilmoitetaan joko DN tai tuumakokoina. (Hurme, O. 2022.)
MTO	Material Take-OFF. Projektin materiaaliluettelo.

# 1 Johdanto

## 1.1 Taustaa

Tämä opinnäytetyö luotiin apuvälineeksi Rejlers Finland Oy:n laitossuunnitteluosaston suunnittelijoille. Työssä keskityttiin putkistosuunnittelun projektien materiaali- ja asennuskustannuksiin kolmen eri asiakasprojektin pohjalta. Putkistoprojektien muuttuvien asennus- ja materiaalikustannusten arviointi on perustunut aikaisemmin suunnittelijoiden omiin kokemuksiin sekä tietoihin edellisistä projekteista (Hurme, O.2022).

Lopputuloksena koottiin lasketut kustannukset asiakasprojekteista sekä luotiin erillinen laskentatyökalu, jonka avulla suunnittelija voi lasketa kertyviä tai muuttuvia kustannuksia putkistoprojekteissa.

Opinnäytetyön aineistona käytettiin laitosteollisuuden sekä tekniikan alan kirjallisuutta ja standardeja. Lisäksi lähteinä toimivat Rejlers Finland Oy:n sisäiset projekti aineistot sekä suunnittelijahaastattelut. Kustannusarvioinnin selvitystyöhön käytettiin aikaisempien projektien lähtötietoja ja laskentapohjia. Kirjallisuuteen perustuvissa kappaleissa esiintyvät käytännöt poikkeavat osittain Rejlers Finland Oy:n käytännöistä ja nämä kyseiset eroavaisuudet on selitetty tekstissä erikseen yrityksen näkökulmasta.

## 1.2 Yritys

Rejlers on suunnittelu-, konsultti- ja insinööritoimisto. Konserni toimii pohjoismaissa sekä Abu Dhabista käsin Lähi-idässä. Suomessa konsernin toiminta alkoi vuonna 1980 Mikkelissä ja on laajennut yli 20 kaupunkiin. (Rejlers 2022a.)

Rejlers perustettiin vuonna 1942 Ruotsissa perheyhtiönä tehtävänänsä sähkön jakelu sekä sähköistäminen Ruotsissa. Yrityksen toiminta on laajentunut vuosien myötä eri suunnittelu- sekä konsulttipalveluiden aloille. 1950-luvulla Rejlers nousi

paperi- ja laivanrakennusteollisuuden keskeiseksi suunnittelijaksi keskittyen pääosin automaatioon. Tämän jälkeen yritys on laajentunut muun muassa lentokenttien sekä rautatieprojektien suunnitteluun 1980–1990-luvuilla. Vuonna 2021 konsernin Suomen yhtiöiden liikevaihto oli 102 miljoonaa euroa. (Rejlers 2022b.) Tällä hetkellä Rejlers toimii energian, infran, rakentamisen, Telecomin, digitalisaation sekä teollisuuden toimialoilla (Rejlers 2022c).

Rejlersin tehdas- ja laitossuunnittelu osasto tarjoaa putkisto- ja layoutsuunnittelua, teräsrakenne- ja säiliösuunnittelua sekä laserskannausta erilaisten projektien avuksi. Putkistosuunnittelu toteutetaan pääosin digitaalisesti 3D-mallinnusohjelmien avulla. Osaston käyttämiä suunnitteluohjelmistoja ovat muun muassa AutoCAD, AutoCAD Plant 3D, PDMS sekä E3D. (Rejlers 2022d.)

## 2 Teollisuusputkistot

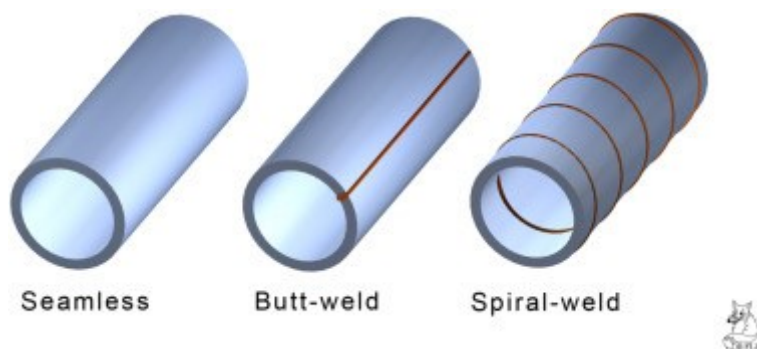
Putkistoja käytetään prosessiteollisuudessa laajasti monessa eri käyttökohteessa. Putkistolla tarkoitetaan yhteen koottuja putkiston osia jonkin väliaineen tai energian siirtoon.

Erilaisia käyttökohteita putkistoille teollisuudessa ovat ilmanvaihtoputkistot, lämmitysputkistot, kylmäputkistot, hydraulikkaputkistot, ydinvoimalaitosputkistot, kaasuputkistot, kunnallisputkistot, materiaalin siirtolinjat, korkean lämpötilan putkistot, vaarallisten aineiden putkistot, vesihöyryputkistot sekä suspensioputkistot. (Kesti, M. 1992, 8–13.)

### 2.1 Putkistojen valmistus ja materiaalit

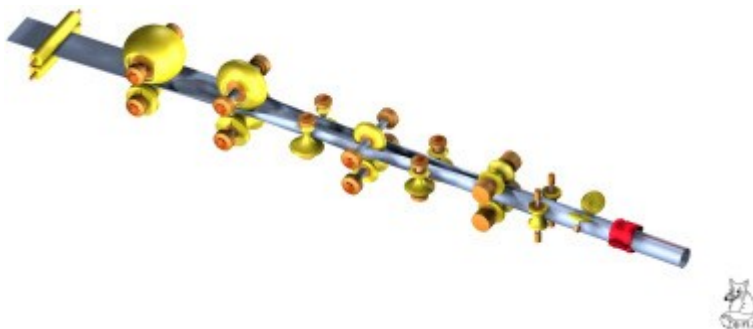
Teollisuusputkistot valmistetaan pääosin metalleista, erityisesti teräksen seoksista. Muita yleisesti käytettyjä materiaaleja ovat kuparimetallit, valuraudat, erilaiset muovit sekä muut metalliseokset, kuten nikkeli, alumiini ja titaani. (Kesti, M. 1992, 45–60.)

Koko maailman teräksentuotannosta noin kymmenen prosenttia päättyy putkituotteiksi. Teollisuuden putkistot valmistetaan kahdella eri tavalla: hitsaamalla tai kuumamuokkaamalla. Suurin osa, eli noin 70 prosenttia putkista valmistetaan hitsaamalla. Hitsisauma voi olla putken pituussuunnan myötäinen eli päätyhitsattu, tai kiertää putkea. (Metallinjalostajat ry. 2014, 85.) Kuvassa 1 esitetään saumaton putki, päätyhitsattu putki ja kierrehitsattu putki.

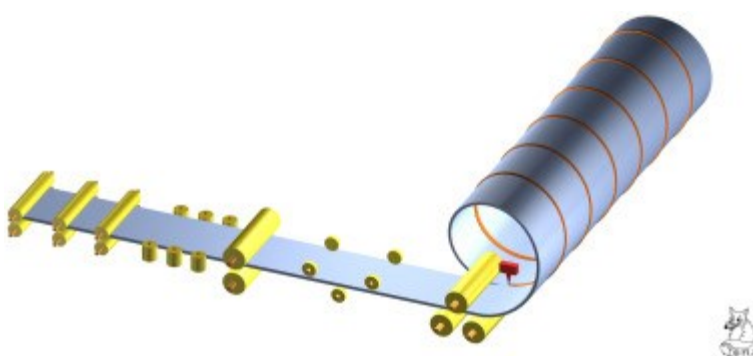


Kuva 1. Saumaton putki, päätyhitsattu putki ja kierrehitsattu putki (Maurice, S. 2016).

Hitsattuja putkia on kolme eri laatua. Putki voidaan hitsata ulko- tai sisäpuolelta. Vaihtoehtoisesti putki voidaan hitsata sekä ulko- että sisäpuolelta. Hitsatun putken valmistus alkaa teräskelan mankeloinnilla haluttuun paksuuteen levyksi. Tämän jälkeen levy rullataan kerälle ja hitsataan levyjen liitoskohdista valitulla hitsausmenetelmällä. Hitsaus suoritetaan kemiallisesti neutraalissa ympäristössä minimoiden epäpuhtaudet hitsissä. Kuvissa 2 ja 3 esitetään päittäishitsatun sekä kierrehitsatun putken valmistus. Hitsatun putken etuja ovat hinta, putken yhtenäisyys, pinnan laatu sekä valmistuksen nopeus. Hitsattua putkea on laajasti saatavilla ja se on halvin vaihtoehto putkiston valmistukseen. Hitsatun putken seinämänpaksuus on saumatonta putkea yhtenäisempi. Tässä putkessa ei esiinny yhtä paljon vaihtelua, koska se valmistetaan tasaisesta teräslevystä. Hitsatun putken yksinkertaisuuden ansiosta sen valmistaminen on nopeaa sekä luotettavaa. (Forth, L.2019.)

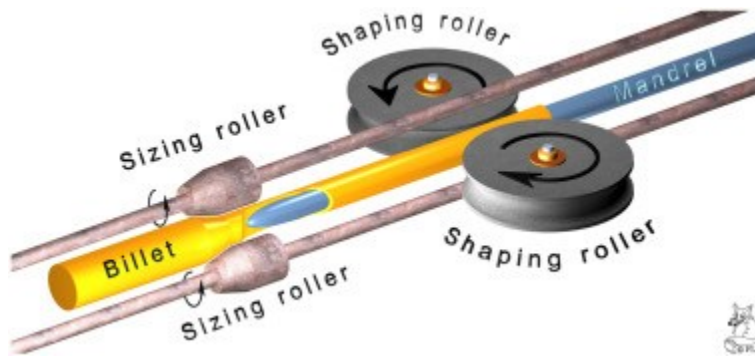


Kuva 2. Päittäishitsatun putken valmistus (Maurice, S. 2016).



Kuva 3. Kierrehitsatun putken valmistus (Maurice, S. 2016).

Kuvassa 4 esitetään saumattoman putken valmistus yksinkertaistettuna. Saumaton putki valmistetaan valamalla raakateräs haluttuun aihioon. Aihiossa teräs työnnetään tai vedetään muotin ylitse, jolloin putkea puristetaan ja pakotetaan mankelin läpi. Prosessissa suurennetaan putken sisähalkaisijaa ja pienennetään ulkohalkaisijaa. Saumatonta putkea käytetään usein erilaisten fluidien, kuten veden sekä maakaasun siirtoon. Ne sopivat korkean paineluokan sekä suurten korroosiovaikutusten alaisiin putkistoihin. Näistä esimerkkejä ovat muun muassa öljyteollisuus, energiateollisuus sekä lääketeollisuus. (Forth, L. 2019.)



Kuva 4. Saumattoman putken valmistus (Maurice, S. 2016).

Etuja saumattomalla putkella ovat: vahvuus, kestävyys sekä vähemmät vaatimukset testaukselle. Saumaton putki on nimensä mukaisesti saumaton, joten putkessa ei ole riskiä heikosta hitsisaumasta tai saumasta irtoavista epäpuhtauksista. Tämän ansiosta saumaton putki voi kestää jopa 20 prosenttia suurempia paineita kuin hitsattu putki, jos kyseessä on materiaaliteknisiltä ominaisuuksiltaan muuten identtinen putki. Hitsatut putket vaativat hitsisauman lujuustestauksen sekä tarkistuksen, miltä vältytään käytettäessä saumatonta putkea. (Forth, L. 2019.)

## 2.2 Putkistoinstrumentit, komponentit ja kannakointi

Putkiston käyttö sekä toiminnan valvominen vaatii usein kattavan määrän erilaisia instrumentteja. Putkistoinstrumenttien valintaan vaikuttavat useat samat vaatimukset, kuin putkiluokan valintaan.

Putkistossa esiintyvistä instrumenteista suuri osa on erilaisia mittalaitteita. Mittalaitteilla tarkastellaan siirrettävän aineen ominaisuuksia prosessin aikana.

Putkistossa siirrettävästä virtausaineesta voidaan mitata seuraavia suureita: virtausnopeus, lämpötila, paine, pinnankorkeus, sakeus, johtokyky sekä muita virtausaineen ominaisuuksiin kohdistuvia yksityiskohtia, kuten pH-arvoja.

Virtauksesta mitataan yleisesti virtausaineen virtausnopeutta, tilavuusvirtaa, massavirtaa sekä mahdollista pyörrettä. (SFS 5059. 2007.)

Huomioitavia kohtia instrumenttien sijoittamisessa ovat: ympäristöolosuhteet, mittaus- ja säätövaatimukset, huoltotoimenpidevaatimukset, kustannusvaikutukset sekä käyttöön liittyvät vaikutukset. Erityisesti mittalaitteiden sijoituksessa tulee huomioida putkistosta aiheutuvat tärinät sekä muut mekaaniset rasitukset. (SFS 5059. 2007.)

Rejlers:llä ja vastaavilla konsultti- ja suunnittelualan yrityksillä on usein omat organisaatiot putkistosuunnitteluun ja instrumenttisuunnitteluun. Opinnäytetyössä keskitytään kustannusten arviointiin putkistosuunnittelun näkökulmasta. Termeillä putkistokomponentti tai putkenosa viitataan esimerkiksi suoriin putkiin, käyriin, T-kappaleisiin, supistuksiin ja laippoihin.

Supistuksilla liitetään kaksi tai useampi halkaisijaltaan erilaista putkea yhteen suuremmasta pienempään tai päinvastoin. Kuvassa 5 havainnollistettu Clamp-liitos on harvinainen, lähes yksinomaan lääketeollisuudessa käytetty putkiston liitoskomponentti. Tässä liitostyyppissä laipan kiristykseen käytetyt mutterit ja pultit on korvattu pannalla, joka kiristetään kahden laipan päälle. Clamp-liitokset ovat nopeampia asentaa, kuin perinteiset laippaliitokset. Nämä liitokset sopivat putkistoihin, joissa ei tarvita suurta paineensietokykyä. (Hurme, O. 2022.)



Kuva 5. Clamp-liitos (Rejlers 2022).

Laippa on yksi putkiston liitosmenetelmä. Laipoilla yhdistetään venttiileitä, pumppuja, putkia sekä muita putkiston osia toisiinsa. Tyypillisesti laipat ovat hitsattuja tai kierteellisiä, jotka kiinnitetään toisiinsa pulteilla ja muttereilla. Liittämällä kaksi laippaa toisiinsa tiivisteiden kanssa luodaan putkistoon yhde, josta se on helppo purkaa tarvittaessa. Yleisiä laippaliitoksia ovat muun muassa hitsauskauluslaipat, umpilaipat sekä liukulaipat. (PIPINGMART. 2020.)

Liukulaipan sisähalkaisija on putken ulkohalkaisijaa hiukan suurempi ja täten liukulaippa voidaan liittää putken päälle. Liukulaipat ovat joko tasaisia tai kohotetulla reunuksella. Kyseinen laippatyyppe sopii erityisesti matalapaineisiin putkistoihin. (PIPINGMART. 2020.)

Umpilaipalla tai sokkolaipalla tarkoitetaan laippaa, josta puuttuu halkaisijareikä. Sokkolaipalla voidaan sulkea putki ja päättää virtausaineen kulku kyseiseen suuntaan. Yleisesti sokkolaippoja käytetään huoltojen yhteydessä tai jos putkiston haara ei ole käytössä. (PIPINGMART. 2020.)

Hitsauskauluslaippa on nimensä mukaisesti kaulus, joka siirtää putkeen aiheutuvaa rasitusta vähentämällä laipan alaosaan kohdistuvaa painetta. Laippatyypinä hitsauskauluslaippa kestää korkeita paineita ja soveltuu korkean-että matalan lämpötilan putkistoihin. (PIPINGMART. 2020)

Laippaliitosten, kuva 6, määrä pyritään minimoimaan putkiston suunnittelussa. Jokainen putkiston liitoskohta on mahdollinen vuotoriski. Laippoja sijoitetaan putkiston liitoskohtiin sekä huollon ja asennuksen kannalta kriittisiin sijainteihin. Putkisto tulee pystyä purkamaan tehokkaasti esimerkiksi vuodon tai huollon vuoksi. (Kesti, M. 1992. 33.)



Kuva 6. Laippaliitos (Rejlers 2022).

Kannakoinnilla tarkoitetaan putkiston kiinnitystä ja tukemista. Kannakointi koostuu primääri- ja sekundäärikannakkeista. Sekundäärikannakkeet ovat suurempia teräsrakenteita tai kehikoita, joihin primäärikannakkeet kiinnittyvät. Primäärikannakkeet ovat suoraan kosketuksissa putkien kanssa. Rakennussuunnittelija vastaa usein sekundäärikannakoinnin suunnittelusta ja putkistosuunnittelija primäärikannakoinnista. (Hurme, O. 2022.)

Kannakoinnin tarkoitus on tukea putkistoa siihen kohdistuvilta rasituksilta. Putkistoon kohdistuvia rasituksia ovat putkiston ja siirrettävän väliaineen paino sekä ulkoiset kuormitukset. Suuri osa putkistoon kohdistuvista rasituksista vaikuttavat ainoastaan pystysuunnassa. Ulkoisia rasituksia ovat tuulen ja mahdollisen lumikuorman aiheuttamat rasitukset, lämpöliikkeet sekä dynaamiset kuormitukset. Lämpöliikkeillä tarkoitetaan lämpötilan vaihtelusta johtuvaa putkiston laajentumista tai supistumista. Riippuen putkiston sijainnista sekä prosessin ominaisuuksista, putkisto voi kokea suuriakin lämpötilan muutoksia. Kannakkeiden tehtävänä on estää tai ohjata lämpötilan muutoksista aiheutuvia lämpöliikkeitä, jotta putkisto ei vaurioidu. Dynaamisia kuormituksia ovat erilaiset satunnaiset rasitukset, kuten maanjäristykset ja epänormaalista virtauksesta johtuvat värähtelyt. (PSK 7302. 2021.)

## 2.3 Putkistostandardit

Standardeilla tarkoitetaan tietylle tuotteelle, valmistukselle tai toiminnalle yhteisesti asiantuntijoiden määrittelemiä vaatimuksia, ominaisuuksia ja suosituksia. Standardien tarkoitus on edistää turvallisuutta ja toimia ohjeistuksena alan yrityksille. Standardien käyttö on vapaaehtoista, mutta suotavaa. Organisaatiot voivat vaatia tiettyjen alan standardien noudattamista. Standardit vaihtelevat maailmanlaajuisista standardeista aina kansalliselle tasolle asti. (SFS. 2022.)

Jokaisella standardilla on oma yksilöllinen tunnus, jonka avulla standardi on tunnistettavissa. Standardin nimi sisältää paljon informaatiota. Esimerkkinä kuvan 7 standardi: SFS-EN ISO 128-1:2020. Ensimmäinen tunnus SFS kertoo standardin kansallisuuden. SFS-standardi vahvistetaan Suomessa, DIN Saksassa, SIS Ruotsissa ja niin edelleen. Suomessa voi käyttää myös ulkomailla vahvistettua standardia, jos se ei ole ristiriidassa suomalaisten standardien kanssa. (SFS. 2022.)



Kuva 7. Standarditunnus (SFS. 2022).

Korkeat paineet sekä siirrettävän virtausaineen ominaisuudet luovat riskejä, joita pyritään minimoimaan standardeilla sekä säädöksillä. Standardit toimivat ohjeina, mutta eivät korvaa perusteellisen suunnittelutyön tärkeyttä toimivuuden sekä turvallisuuden saavuttamiseksi. Muun muassa valtion viranomaiset voivat

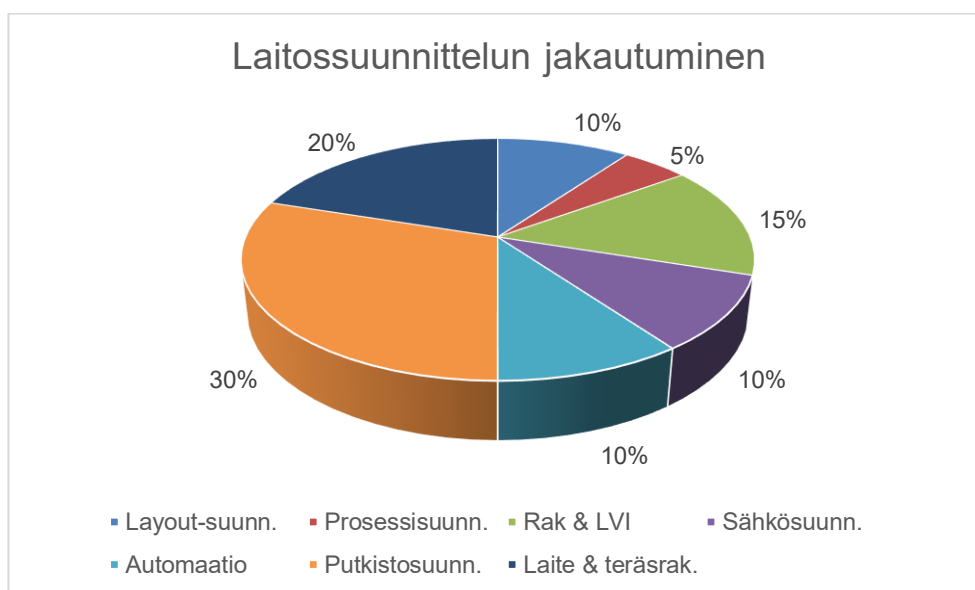
asettaa minimivaatimuksia putkistoille sekä niihin liittyville laitoksille. (Mohitpour, M ym. 2003, 8.)

Putkistojen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön liittyviä yleisiä standardeja ovat muun muassa: AGA (American Gas Association), API (American Petroleum Institute), ASME (American Society of Mechanical Engineers), ISO (International Standards Organisation), MSS (Manufacturers Standardization Society) ja NACE (National Association of Corrosion Engineers). Laajasti valvottu osa-alue on ympäristön suojeleminen, jonka merkitys on laajentunut vuosi vuodelta enemmän. Myös tähän osa-alueeseen on omat ohjeet. Ympäristön suojeleminen osalta huomioitavia ohjeiden aiheita ovat: lailliset vaatimukset, luonnonsuojeleminen, eroosio ja maaperän suojeleminen, vedenlaatu, arkeologiset suojeleminenkohteet sekä muut ympäristönsuojeleminenluun liittyvät ohjeistukset. (Mohitpour, M ym. 2003, 8–11.)

Rejlers Finland Oy:n noudattamat standardit vaihtelevat asiakkaiden mukaan. Yleisesti öljynjalostusteollisuudessa noudatetaan API, ASME sekä muita vastaavia maailmanlaajuisia standardeja. Yritykset voivat kuitenkin valita mitä standardia noudattavat, ja minkä standardien mukaan projektit toteutetaan. Konsulttiyrityksenä Rejlers on velvollinen noudattamaan määriteltyjä standardeja ja toteuttamaan sovitun suunnittelutyön näiden standardien mukaisesti. (Hurme, O. 2022.)

### 3 Laitossuunnittelu

Laitossuunnittelu on eri osastoista koostuva suunnittelukokonaisuus, jonka tavoitteena on päivittää tai luoda uusi prosessilaitos. Teollisuuslaitosta, jossa lopputuotteen ominaisuudet poikkeavat huomattavasti käytettyjen raaka-aineiden alkuperäisistä ominaisuuksista kutsutaan prosessilaitokseksi. Laitossuunnittelu koostuu prosessisuunnittelusta, putkistosuunnittelusta, layout-suunnittelusta, rakennussuunnittelusta, sähkösuunnittelusta, laite- ja teräsrakennesuunnittelusta, automaatio-suunnittelusta sekä LVI-suunnittelusta. Putkistosuunnittelun osasto on näistä suurin ja se kattaa noin 30 % koko laitossuunnitteluun käytetyistä työtunneista. Kuviossa 1 esitetään laitossuunnittelun jakautuminen kaaviona. (Kesti, M. 1992, 8–13.)



Kuvio 1. Laitossuunnittelun jakautuminen (Kesti, M. 1992, 13).

Edellä mainitusta poiketen puhuttaessa laitossuunnittelusta, Rejlers Finland Oy:ssä laitossuunnittelulla tarkoitetaan pääosin putkisto-, laite- ja layout-suunnittelua sekä osittain kannake- ja teräsrakennesuunnittelua. Pääpaino suunnittelussa keskittyy putkistoiden suunnitteluun. Osa projekteista vaativat

enemmän muun muassa sijoitussuunnittelua tai teräsrakenteiden suunnittelua. (Hurme, O.2022.)

### 3.1 Putkistosuunnittelu

Putkistosuunnittelun tavoite on luoda uusi tai päivitetty putkistokokonaisuus prosessissa tarvittavan virtausaineen siirtoon. Virtausaineen siirto voi tapahtua prosessin laitteiden välillä, tai varastosta tuotanto-osastoon. (Kesti, M. 1992, 8–13.)

Suunniteltavan putkistokohteen perusteella valitaan putkiluokka, joka soveltuu käyttökohteeseen. Putkiluokka merkitsee samaan putkilinjaan liittyvien putkenosien sekä putkien kokonaisuutta. Putkiluokka koostuu putkenosista eli putkiston komponenteista, joita ovat: putkikäyrät, suorat putket, T-kappaleet, haarat ja istutukset, putkikaulukset, päädyt, tiivisteet, laipat, ruuvit, mutterit, aluslaatat sekä kierteelliset putkenosat. Putkiluokan valintaan vaikuttavat muun muassa lämpötila, paine ja korroosio-olosuhteet käyttökohteessa. (PSK 4201. 2021.)

Rejlers Finland Oy:n putkistoprojektit alkavat useimmiten toimeksiannosta asiakkaalta. Projektien suunnitteluvaiheet, määrä ja kesto vaihtelevat kohteittain. Suuremmissa projekteissa on usein myös laajempi organisaatio, ja suunnittelu jakautuu useammalle suunnitteluosastolle. (Hurme, O. 2022.)

Putkistosuunnittelu, prosessisuunnittelu sekä muut suunnitteluosastot tekevät tiivistä yhteistyötä projektin edetessä. Putkiston geometrian osalta prosessi- ja putkistosuunnittelijoiden tulee pitää yhteyttä mahdollisista muutoksista ja suunnitelmista prosessin toimivuuden kannalta. Tämän lisäksi muun muassa sähkösuunnittelijat sekä putkistosuunnittelijat pitävät yhteyttä kannakointien,

hyllyjen sekä sähkösaattojen asentamisen ja käytännöllisyyden osalta. (Hurme, O. 2022.)

Projekti alkaa PI-kaaviosta, jossa kuvataan prosessin toimintaa putkistojen, laitteiden sekä instrumenttien avulla. PI-kaavioon merkataan purettavat tai uudet kokonaisuudet. Kokonaan uusissa projekteissa PI-kaaviot luodaan alusta. Suunnittelija voi käyttää apunaan olemassa olevia vanhoja 3D-malleja, isometrejä ja layout-piirustuksia prosessisuunnittelun liittyvissä muutoksissa ja lisäyksissä. (Hurme, O. 2022)

Projekti kohteista voidaan luoda tarpeen vaatiessa 3D-malli laserkeilauksen avulla. Laserkeilaus on yleistynyt merkittävästi ja sitä käytetään lähes poikkeuksetta kaikkensuuruisissa Rejlersin putkistoprojekteissa. Laserkeilauksesta saatava 3D-malli auttaa hahmottamaan projektin toteutusympäristöä paremmin, kuin pelkät valokuvat tai käsin tehdyt mittaukset. (Hurme, O. 2022.)

Putkistosuunnittelijan tehtävä on tarkastaa määritellyn suunnitelman toimivuus kohteessa ja suositella prosessisuunnittelijalle vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tämän jälkeen putkistosuunnittelija mallintaa ensimmäisen version putkiston toteutuksesta. Suunnitelma käydään läpi eri tahojen välillä ja sitä korjataan tarvittaessa. Lopuksi putkistosuunnittelija toimittaa suunnitelman urakoitsijalle toteutettavaksi. Putkistosuunnittelija sekä urakoitsija jatkavat yhteistyötä tiiviisti ja kommunikoivat mahdollisten muutosten tarpeellisuudesta suunnitelman edetessä toteutukseen. (Hurme, O. 2022.)

## 4 Putkistoprojektien kustannukset

### 4.1 Kustannusten merkitys

Putkistojen käytöstä aiheutuvat kustannukset vaikuttavat lähes kaikkeen suunnittelun sekä rakentamisen toteutumiseen projektissa. Kustannusten arvioinnin tarkoituksena on määrittellä, mikä suunnittelu- ja rakentamisratkaisu on kustannustehokkain vaihtoehto toteutettavan projektin kannalta. Monesti kustannusten arviointi ennen töiden aloittamista selventää, onko kyseinen projekti taloudellisesti kannattava toteuttaa. Yleinen kriteeri projektin hyväksymiselle tai hylkäämiselle on sijoitetun pääoman odotettu tuotto. Putkistoprojektien kustannusarvioinnissa tulee huomioida kustannukset koko putkiston elinkaaren ajalta rakentamisesta ylläpitoon, käyttöiän pituuteen ja käytöstä poistamiseen. (Mohitpour, M ym. 2003, 12–13.)

Putkistoprojektien kustannukset voidaan jakaa suoriin- ja epäsuoriin kustannuksiin:

#### **Suorat kustannukset**

Nämä kustannukset liittyvät suoraan suunnitteluun, rakentamiseen ja asennukseen sekä putkiston käyttöön. Suoria kustannuksia ovat muun muassa:

- Pumppausyksiköt
- Putkilinjat
- Mittausasemat
- Venttiilit sekä sovitukset
- Puhdistusyksiköt
- Putkiston suojaus, esimerkiksi pinnoitus
- Paineensäätely-yksiköt
- Tehontuotto
- Suunnittelukustannukset
- Rakennus- ja asennuskustannukset

- Selvitystyön kustannukset
- Oheispalveluiden kustannukset
- Laki- ja maakulut
- Telakat ja laiturit
- Vuotojen seuranta
- Logistiikkakustannukset
- Käyttö- ja kunnossapitokustannukset
- Muut kustannukset

(Mohitpour, M ym. 2003, 12–13.)

### **Epäsuorat kustannukset**

Epäsuoriin kustannuksiin kuuluvat tarvittavien varojen hankkiminen kattamaan rakennus- ja materiaalikustannukset. Putkistoprojektiin lainattujen varojen korkokulut sisältyvät myös epäsuoriin kustannuksiin. (Mohitpour, M ym. 2003, 12–13.)

#### 4.2 Materiaali- ja asennuskustannukset

Putkistojen materiaali ja rakenneaineiden valinnassa tulee käyttää erityistä tarkkuutta. Materiaalin valinta tulee perustella myös turvallisuuden perusteella käyttövarmuuden sekä kustannusten ohella. Putkistot luokitellaan paineastioihin, joiden käyttöä ja valmistusta tarkkaillaan viranomaisen toimesta. Kuten standardeissa mainittu, turvallisuuden takaaminen sekä vastuu on putkiston käyttäjillä ja suunnittelijoilla. Tämän takia putkiston käyttökohde sekä siihen kohdistuvat rasitukset tulee tiedostaa hyvin jo suunnitteluvaiheessa. (Kesti, M, 1992, 45.)

Putkistojen kustannukset muodostavat noin 20–25 % kaikista laitoksen materiaalikustannuksista ja noin 40–50 % kaikista asennuskustannuksista. (Kesti, M. 1992, 13).

Suurissa putkistoprojekteissa valtaosa pääoman sijoituksesta kohdistuu putkiston materiaaleihin sekä asentamiseen. Materiaalitekniset ominaisuudet kuten putkiluokka, seinämänpaksuus, paine sekä putkiston sijainti vaikuttavat kuluihin ja suunnittelun toteutukseen. Tiukat materiaalivaatimukset esimerkiksi korroosion sietämiseen, nostavat putkiston hintaa. Materiaalia valitessa tulee täten tarkkailla täyttyvätkö putkistolle asetetut vaatimukset budjetin rajoissa. (Mohitpour, M ym. 2003, 15.)

#### 4.3 Rejlers Finland Oy:n toimintatapa kustannusten arvioinnissa

Rejlers Finland Oy:n laitossuunnitteluosaston projekteissa konsultti- ja suunnittelutoimistona Rejlersin ensisijainen tehtävä on toteuttaa suunnittelutyö asiakkaan projektille. Kustannusten muodostuminen vaihtelee projektikohtaisesti. Asiakkaan määrittelemä aikataulu, tarvittavat materiaalit sekä mahdolliset muutokset muodostavat kokonaisuuden kustannuksista. Raaka-aineiden vaihteleva saatavuus sekä talouteen vaikuttavat tapahtumat voivat muuttaa rajusti tarvittavien materiaalien sekä komponenttien markkinahintaa ja saatavuutta, täten vaikuttaen kustannuksiin. (Hurme, O. 2022.)

Usein materiaali- ja asennuskustannuksia voidaan arvioida aliurakoitsijoiden hintatarjouksista sekä edellisten toteutuneiden projektien pohjalta. Projekteissa tapahtuvien mahdollisten muutosten määrittely on kuitenkin ollut hyvin karkeaa arviointia. (Hurme, O. 2022.)

## 5 Kustannusten laskenta

Opinnäytetyössä tarkasteltiin putkistoprojektien kustannusten jakautumista sekä muutuskustannuksia asennus- ja materiaalikustannusten osalta. Projektien laskenta toteutettiin yrityksen sisäisillä laskentapohjilla.

### 5.1 Materiaalikustannukset

Putkistoprojektien materiaalikustannukset koostuivat hinnasta ja määrästä. Tämän työn lähtötietoina jokaiselle projektille käytettiin samaa yrityksen sisäistä materiaalihinnastoa, joka sisältää yleisimpien putkistoprojektien putkenosien hinnat. Projektien lähtötiedot sisälsivät materiaaliilistat, joissa eriteltiin projekteihin kuuluvat putkenosat ja niiden kappalemäärät. Kokonaismateriaalikustannukset laskettiin kertomalla putkenosien hinnat kappalemäärillä ja lisäämällä hintoihin projekteissa käytetty 25 % kate. Kaavassa 1 esitetään putkenosien materiaalikustannusten laskentakaava.

$$\text{Materiaalikustannus} = \text{hinta} * \text{katekerroin} * \text{putkenosien kappalemäärä}$$

Kaava 1. Materiaalikustannukset (Rejlers 2022).

### 5.2 Asennuskustannukset

Asennuskustannusten laskenta muodostui yksiköistä, yksikkökertoimesta, putkenosien kappalemäärästä, työtunneista sekä tuntihinnasta. Kustannuslaskentaan eivät kuuluneet putkistojen ja komponenttien sähköasennukset, automaatiot, validointi tai komponenttien kalibrointi. Myös

huoltohenkilökunnan sekä käyttäjien koulutus jätettiin pois näiden projektien kustannuslaskennasta. (Hurme, O.2022.)

Projektien kustannuslaskenta aloitettiin arvioimalla henkilöstö- ja välilliset kustannukset. Selvittämällä projektin raporteista, sopimuksista sekä haastatteluista voitiin arvioida erilaiset tarpeet henkilöstölle sekä kalustolle.

Henkilöstökulut jaettiin laskennassa seuraaviin osa-alueisiin: esivalmistus, asennus, työjohto, varastomiehet, apumiehet ja palovahdit. Esivalmistusaste ilmoittaa prosenttimääränä paljonko putkistosta voidaan valmistaa esimerkiksi metallipajalla ennen kohteeseen kuljetusta. Esivalmistusasteena käytettiin 20 prosenttia jokaiselle projektille. Henkilöstökulujen muodostumiseen vaikuttavat henkilöstölle määritellyt tuntipalkat, asennustyön määrä ja työtunnit.

Kalustolla tarkoitetaan projektin työn välillisiä kustannuksia. Näihin kuuluvat majoituskulut, työmaakopit, nosturit, esivalmistusteltat, saksilavat, kuukulkijat, koeponnistukset, huuhtelut, telineet, tarkastukset sekä muut mahdolliset vastaavat kustannukset. Laskennassa eri osa-alueiden summa nostaa työmaiden päiväkustannuksia ja täten myös asennuskustannuksia.

Yksiköt merkitsevät eri putkenosien asennukseen vaadittavaa työtä. Asennustyöllä tarkoitetaan hitsaamista, pulttien ja mutterien kiristämistä tai vastaavaa putkenosien liittämiseen vaativaa työtä. Asennusten laskentaan käytettiin kahta eri yksikkötyyppiä: putkenosalle ominainen yksikkö sekä seinämänpaksuusyksikkö. Suurempi seinämänpaksuus putkessa vaatii enemmän hitsaustyötä ja pienempi vähemmän. Saman periaatteen mukaisesti pienempi halkaisija putkessa merkitsee yleisesti lyhyempää hitsausaikaa ja suurempi pidempää. Laskentayksiköt jaettiin kirkkaisiin ja mustiin putkenosiin. Kirkkailla putkenosilla tarkoitetaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja putkenosia ja mustilla hiiliteräksestä valmistettuja.

Yksikkökertoimen muodostuminen on esitetty kaavassa 2. Yksikkökertoimella tarkoitetaan yhden yksikön asentamisen hintaa. Tämä kerroin laskettiin jakamalla projektin henkilöstö- ja välillisten kustannusten summa projektin kokonaisyksikkömäärällä.

$$Yksikkökerroin = (\text{Henkilöstö} + \text{kalusto}) / \text{kokonaisyksikkömäärä}$$

Kaava 2. Yksikkökertoimen laskenta (Rejlers. 2022).

Yksittäisen putkenosan asennuskustannus projektissa saatiin kertomalla asennusyksiköt yksikkökertoimella sekä kappalemäärällä. Kaavassa 3 esitetään asennusyksiköiden laskenta ja kaavassa 4 asennuskustannusten laskenta. Asennusyksiköissä kerrottiin keskenään putkenosan ominainen yksikkö sekä seinämänvahvuusyksikkö.

$$\text{Asennusyksiköt} = \text{Putkenosan yksikkö} * \text{seinämänvahvuusyksikkö}$$

Kaava 3. Asennusyksiköt (Rejlers. 2022).

$$\text{Asennuskustannukset} = \text{asennusyksiköt} * \text{yksikkökerroin} * \text{kappalemäärä}$$

Kaava 4. Asennuskustannukset (Rejlers. 2022).

Kokonaisasennuskustannukset saatiin laskemalla lopuksi yhteen projektien jokaisen putkenosan asennuskustannus.

### 5.3 Kokonaiskustannukset

Projektien kokonaiskustannukset muodostuvat materiaali- ja asennuskustannuksista. Näiden lisäksi hintaan on laskettu erilaisia lisiä, joita kertyy putkistoprojektien toteuttamisessa. Lisäkustannuksia projekteissa ovat: pultit sekä mutterit, maalaukset, eristykset, NDT-testaus, hukkatavaran määrä sekä ylimääräinen materiaalivaraus eli MTO-Allowance.

Lisätyt kustannukset laskettiin seuraavasti: pultit ja mutterit 2 % kokonaismateriaalihinnasta. MTO-Allowance 15 % kokonaisasennushinnasta, NDT-testaus 10 % kokonaisasennushinnasta sekä eristys 16 % materiaali- ja asennuskustannusten yhteishinnasta. Hukkatavaran suuruudeksi määriteltiin 10 % projektien kokonaismateriaalikustannuksista. Maalausten kustannukset arvioitiin projektikohtaisesti. Putkiston maalaus koskee vain hiiliteräsputkia, joten kustannukset laskettiin vaihtelevilla prosenteilla asennuskustannuksista. Projekti 1 ei sisältänyt hiiliteräsputkia, joten maalausten kustannukset olivat 0 euroa. Projekti 2 sisälsi hiiliteräs sekä kirkkaita putkia, joten hinnaksi arvioitiin 2 % kokonaisasennuskustannuksista. Viimeiseksi projekti 3 sisälsi suurilta osin vain mustia, eli hiiliteräsputkia, joten prosentiksi määriteltiin 4 % asennuskustannuksista.

## 6 Asiakasprojektien laskenta

Projektit 1, 2 ja 3 ovat toteutuneita asiakasprojekteja. Salassapidon vuoksi projektien tarkkoja tietoja ja laskentoja ei voida esittää opinnäytetyössä. Projekteista kuvattiin tiivistetty seloste ja esitettiin laskennan tulokset. Laskennan tarkoituksena oli arvioida projektien toteutuneita kustannuksia ja antaa tietoja verrattaviksi uusiin projekteihin.

### 6.1 Projekti 1

Projekti 1 oli pienin kaikista projekteista. Rakennuskohteena projektissa oli asiakasyrityksen kemikaaliputkistolinja. Projektissa suoritettiin putkiston ja varusteiden osittainen purku sekä korvaavien putkistojen ja laitteiden asennus.

Yrityksen säiliöalueelta tehdasrakennukseen kulkeva maanalainen putki korvattiin putkisiltaa pitkin kulkevaksi putkeksi. Lisäksi vanhan järjestelmän käyttöpisteet siirrettiin uuteen järjestelmään sekä rakennettiin uudet tarvittavat käyttöpisteet.

Projektiin kuuluivat seuraavat työvaiheet: putkistojen ja komponenttien materiaalien hankinta sekä vastaanotto, uusittavien kohteiden purku, asennustyöt, kannakoinnit, tiiveystestaukset, koeponnistukset, puhdistukset, eristämiset, dokumentointi ja putkiston liittäminen tuotantolaitteisiin.

#### 6.1.1 Kustannukset

Projektin toteutusajaksi arvioitiin 2 kuukautta. Henkilöstökuluiksi laskettiin täten 56 266,5454 euroa ja välillisiksi kustannuksiksi 15 548,62 euroa. Kokonaisyksikkömäärä oli 255,32 yksikköä ja yksikkökertoimeksi laskettiin 360,55 euroa per yksikkö.

Asennuskustannuksiksi laskettiin 92 056,62 euroa ja materiaalien kustannuksiksi 10 881,75 euroa. Ottaen huomioon lisät, kuten putkiston testaukset sekä hukkatavaran määrä, kokonaiskustannuksiksi laskettiin 143 728,48 euroa.

## 6.2 Projekti 2

Projekti 2 oli opinnäytetyön lähdeprojekteista toiseksi suurin. Asiakasyritykselle rakennettiin uusi tuotantohalli ja putkistosuunnitteluprojekti keskittyi tuotannon vesilämmitysputkistoihin. Tämän lisäksi putkistoprojektiin sisällytettiin muutama paineilma- ja kemikaalilinja. Projekti sisälsi tiukkaa mitoitusta katon rajaan sekä rakennuksen seinille. Asennuskorkeus putkistoilla oli paikoittain yli 7 metriä, mikä heikensi työn tehokkuutta haastavien asennusolosuhteiden vuoksi. (Hurme, O. 2022.)

### 6.2.1 Kustannukset

Toteutusajaksi arvioitiin kolme kuukautta. Henkilöstökustannusten suuruudeksi arvioitiin 133 032,38 euroa ja välillisten kustannusten suuruudeksi arvioitiin 47 413,25 euroa. Projektin 2 yksikköhinnaksi laskettiin 402,18 euroa ja kokonaisyksikkömääräksi 575,22 yksikköä. Materiaalikustannuksia projektista kertyi noin 37 547,59 euroa, asennuskustannuksia noin 231 340,55 euroa ja kokonaiskustannuksia 268 888,15 euroa.

## 6.3 Projekti 3

Projektin tavoitteena oli uusia kohdeyrityksen tuotantolinjojen reunoilla kiertävä putkilinja. Tämän lisäksi uusittiin yksittäisiä putkia säiliöissä sekä muissa yhteyksissä, joihin kohdistuu merkittäviä rasituksia tuotantoprosessissa. Yleinen linjakoko projektin putkistoilla oli 36” eli DN 900.

Projekti sisälsi mittavan määrän materiaaleja sekä suuria putkikokoja ja oli opinnäytetyössä käsiteltävistä projekteista suurin. Putkilinja rakennettiin vanhan putkilinjan viereen sekä alapuolelle. Putkilinja painaa arvioituna noin 200 kiloa metriltä, joten vanhan linjan purkamiseen vaadittava työmäärä olisi ollut erittäin suuri.

Uuden putkilinjan asentamisessa hyödynnettiin suurelta osin vanhan putkilinjan kannakkeita ja kiinnityksiä. Projektin toteutuksen ajankohtana oli asiakasyrityksen seisokki. Toteutusajaksi arvioitiin 6 kuukautta. Seisokissa toteutettiin mittavia huolto- ja uusintainvestointeja, joten projektin 3 materiaalista oli merkittävä. Projektin materiaalista jouduttiin tiivistämään materiaalihinnaston puutteiden takia. Laskennan lopputulos ei vastaa täten täysin alkuperäisen projektin toteutumista, mutta antaa riittävän arvion kyseisen kokoluokan projektin kustannuksista.

### 6.3.1 Kustannukset

Projektin välilliset kustannukset olivat 43 430 euroa ja henkilöstökustannukset 162 522,621 euroa. Kokonaisyksikkömääräksi laskettiin 2452,6 yksikköä ja yksikkökertoimeksi 352,06 euroa. Suurien putkikokojen sekä paksujen seinämäpaksuuksien vuoksi yksikkömäärä nousi erittäin suureksi projektin laskennassa ja nosti kustannuksia. Projektin 3 kokonaiskustannuksiksi arvioitiin 2 231 863,21 euroa sisältäen lisät, maalaukset sekä eristykset. Näistä kustannuksista 97 333,16 euroa koostui materiaalikustannuksista ja 1 453 294,32 euroa asennuskustannuksista.

## 7 Projektien vertailu

Asiakasprojektien kustannusten laskennan pohjalta pystyttiin tarkastelemaan, kuinka paljon samanlaiset muutokset aiheuttavat huomattavasti erilaiset kustannukset projekteista riippumatta. Materiaalikustannusten osalta muutos on sama, jos projektien materiaalihinnat ovat yhtä suuret. Asennuskustannukset sen sijaan muuttuivat huomattavasti.

Taulukossa 4 on esitetty kaikkien kolmen projektin kustannukset muutokselle, jossa alkuperäiseen materiaalilistaan lisätään 1 metri kokoluokaltaan DN 50 ruostumatonta teräsputkea. Erotus riviltä voidaan tarkastella putken hintoja eri projekteissa. Kokonaiskustannuksissa ei ole huomioitu maalauksia, eristyksiä tai muita lisäkustannuksia tässä laskennassa.

Taulukosta 4 voidaan päätellä projektin suuruusluokan vaikuttavan merkittävästi asennuskustannuksiin. Projektin muiden asennettavien kohteiden määrä nostaa yksikkökerrointa eli työtuntikustannusta.

<b>Putki DN 50, kirkas 1 kpl/1 m</b>	<b>Materiaalikustannus</b>	<b>Asennuskustannus</b>	<b>Kokonaiskustannus</b>
<b>Projekti 1</b>			
Alkuperäiset kustannukset	10 881,75 €	92 056,62 €	102 938,37 €
Muuttuneet kustannukset	10 894,25 €	92 072,21 €	102 966,46 €
Erotus	12,50 €	15,59 €	28,09 €
<b>Projekti 2</b>			
Alkuperäiset kustannukset	37 547,59 €	231 340,55 €	268 888,14 €
Muuttuneet kustannukset	37 560,09 €	231 364,59 €	268 924,68 €
Erotus	12,50 €	24,04 €	36,54 €
<b>Projekti 3</b>			
Alkuperäiset kustannukset	97 333,16 €	1 280 031,20 €	1 377 364,36 €
Muuttuneet kustannukset	97 345,66 €	1 280 084,01 €	1 377 429,67 €
Erotus	12,50 €	52,81 €	65,31 €

Taulukko 1. DN 50 putken kustannusvertailu.

Yleinen muutos putkistoprojekteissa on kokonaisen putkistohaaran lisäys. Putken jakautuessa toiseen haaraan yleisiä esiintyviä putkenosia ovat: suorat putket, käyrät, laipat sekä venttiilit. (Hurme, O. 2022)

Haaran lisäyksen yleisyyden vuoksi projektien kustannuksia tarkasteltiin myös toisen esimerkin pohjalta. Tässä esimerkissä jokaisen projektiin lisättiin uusi putkistohaara, johon sisältyy 2 kappaletta suoraa putkea, käyrä, laippa sekä yksi laipallinen venttiili. Lisättävän putkistohaaran materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs ja linjakooksi DN50. Taulukossa 5 esitetään putkistohaaran lisäyksen kustannukset projekteissa 1, 2 ja 3.

<b>DN 50 putki 2kpl, käyrä, laippa &amp; laippaventtiili.</b>	<b>Materiaalikustannus</b>	<b>Asennuskustannus</b>	<b>Kokonaiskustannus</b>
<b>Projekti 1</b>			
Alkuperäiset kustannukset	10 881,75 €	92 056,62 €	102 938,37 €
Muuttuneet kustannukset	11 341,88 €	92 232,22 €	103 574,10 €
Erotus	460,13 €	175,60 €	635,73 €
<b>Projekti 2</b>			
Alkuperäiset kustannukset	37 547,59 €	231 340,55 €	268 888,14 €
Muuttuneet kustannukset	38 007,72 €	231 611,37 €	269 619,09 €
Erotus	460,13 €	270,82 €	730,95 €
<b>Projekti 3</b>			
Alkuperäiset kustannukset	97 333,16 €	1 280 031,20 €	1 377 364,36 €
Muuttuneet kustannukset	97 793,28 €	1 280 626,18 €	1 378 419,46 €
Erotus	460,12 €	594,98 €	1 055,10 €

Taulukko 2. Putkistohaaran kustannusvertailu.

Materiaalikustannusten osalta kustannukset muuttuvat identtisesti projektien välillä käytettäessä samaa materiaalista. Asennuskustannukset muuttuvat kuitenkin jälleen merkittävästi. Kustannusten muutoksista voidaan päätellä projektien kokoluokkien määräävän asennuskustannusten suuruuden. Projektin kokoluokalla tarkoitetaan henkilöstö- ja välillisiä kustannuksia sekä yksikkömäärää, jotka nostavat asennuskustannusten hintaa. Kustannukset perustuvat täten työmaiden kokonaiskustannuksiin. Nopeasti päättelemällä voisi olettaa projektien muutuskustannusten olevan sitä pienempiä, mitä pienempi projekti kyseessä. Kuitenkin ottaen huomioon projektien työmaiden kokonaiskustannukset, nousee yksittäisen asennustyön hinta moninkertaiseksi suuremmissa projekteissa.

## 8 Laskentatyökalu/ kustannuslaskentaohjelmisto

Laskentatyökalu on päivitetty versio asiakasprojekteissa käytetyistä laskentapohjista, johon kerättiin Rejlers Finland Oy:n yleisimmät putkistoprojektien putkenosat ja kokoluokat. Asiakasprojektien laskennan kaavat sekä periaatteet ovat samanlaiset laskentatyökalun kanssa. Työkalu suunniteltiin mahdollisimman helppokäyttöiseksi, jotta suunnittelijat voivat arvioida työhönsä kuuluvien asiakasprojektien kustannuksia tehokkaasti.

### 8.1.1 Esimerkkilaskenta

Laskennan ymmärtämiseksi, tässä kappaleessa esitetään esimerkki asennus- ja materiaalikustannusten laskennasta laskentatyökalun avulla. Kyseinen laskentaesimerkki luotiin ainoastaan opinnäytetyötä varten ja se ei pohjautu aikaisempiin projekteihin.

Laskentatyökalun käytössä tulee ottaa huomioon molempien välilehtien vaikutus toisiinsa. Ensimmäisellä välilehdellä arvioidaan henkilöstö- ja välilliset kustannukset ja toisella lasketaan materiaali-, asennus- ja kokonaiskustannukset. Ensimmäisen välilehden tärkein tieto laskennasta on yksikkökerroin eli hinta yhden yksikön asentamiseen. Toisen välilehden tärkeimmät kohdat ovat putkenosien kappalemäärät. Putkenosien hinnat, katekertoimet sekä yksiköt on täytetty valmiiksi työkaluun nopeamman käytön mahdollistamiseksi.

### **Projektin suurusluokan arviointi**

Ensimmäiseksi arvioitiin projektin suuruus. Esimerkin vuoksi määriteltiin projektin kestävän vain 2 viikkoa ilman suuria välillisiä kustannuksia. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty laskentatyökalun henkilöstö- ja välillisten kustannusten arviointia. Nämä kuvat ovat laskentatyökalun ensimmäiseltä välilehdeltä, jonka tarkoitus on laskea

yksikkökerroin henkilöstön- ja välillisten kustannusten avulla. Vihreisiin soluihin voidaan määritellä projektin kesto sekä vaadittavat kalustot ja henkilöstö. Oranssit solut ovat arvioita tuntihinnoista, määristä sekä muista kustannuksista ja niitä voidaan muuttaa tarvittaessa.

REJLERS		Total cost	€/unit	€/hour(pipeline installation)
<b>Personnel cost</b>				
<b>Pre-production cost</b>				
Pre-production	20			
Pre-production units	26,0364			
Unit power	0,87			
Working hours	30			
Hourly rate per unit	45,00 €	1 346,71 €	51,72 €	5,65 €
<b>Installation costs</b>				
Installation units	104			
Unit Power	0,5			
Working hours	208			
Hourly rate per unit	42,00 €	8 748,23 €	84,00 €	
<b>Total daily allowance</b>		<b>10 094,94 €</b>	<b>77,54 €</b>	<b>42,38 €</b>
<b>Management</b>				
Quantity	1			
Monthly pay	4 500,00 €			
Factor for pay in total	1,5			
Pay in total	6 750,00 €			
Work days	11,00			
Amount of daily allowance, eurors	45,00 €			
<b>Total daily allowance</b>	<b>495,00 €</b>			
Commute to work	0,43			
Commute kilometers/day	20			
Commute costs in total	94,60 €			
Monthly costs	7 339,60 €			
Hours in total	80			
<b>Work months</b>	<b>0,5</b>	<b>3 669,80 €</b>	<b>28,19 €</b>	<b>15,41 €</b>
<b>Warehouse worker</b>				
Quantity:	1			
Hourly rate	35,00 €			
Hours in total	80			
<b>Work months</b>	<b>0,5</b>	<b>2 800,00 €</b>	<b>21,51 €</b>	<b>11,75 €</b>
<b>Fire watch, helper</b>				
Quantity:	1			
Hourly rate	22,00 €			
Hours in total	80			
<b>Work months</b>	<b>0,5</b>	<b>1 760,00 €</b>		
<b>Personnel costs in total</b>		<b>18 324,74 €</b>	<b>140,76 €</b>	<b>76,92 €</b>

Kuva 8. Henkilöstökustannusten arviointi.

REJLERS					
Indirect costs			Total costs	€/unit	€/hour(pipeline installation)
<b>Accommodation</b>					
Amount of personnel	0				
Rent e/month	1 000,00 €				
Work months	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Construction site personnel rooms</b>					
Rent, e/month	1 000,00 €				
Work months	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Cranes &amp; lifts</b>					
Hourly rate (euros)	100,00 €				
Work hours	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Pre-production tents</b>					
Rent e/month	400,00 €				
Work months	0,1		40,00 €	0,31 €	0,17 €
<b>Scissor lift</b>					
Quantity:	1				
Rent e/month	400,00 €				
Work months	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Moon crawler, small</b>					
Quantity:	1				
Rent e/month	1 750,00 €				
Work months	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Moon crawler, big</b>					
Quantity:	0				
Rent e/month	4 500,00 €				
Work months	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Pressure test</b>					
Work hours	24		1 008,00 €	7,74 €	4,23 €
Materials for pressure tests	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Blasting / rinsing</b>					
Work	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Scaffoldings</b>					
Hourly rate (euros)	35,00 €				
Work hours	10		350,00 €	2,69 €	1,47 €
<b>Other expenses per unit</b>					
Work tools and protective gear	0,50 €		65,09 €	0,50 €	0,27 €
Additional substances & welding gases	2,00 €		260,36 €	2,00 €	1,09 €
Marking expences	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
Cargo costs	1,00 €		130,18 €	1,00 €	0,55 €
Painting, hourly rate	35,00 €				
Work hours	10				
NDT-inspections	40,00 €				
Work hours	10		350,00 €	2,69 €	1,47 €
Official inspections	0,00 €		400,00 €	3,07 €	1,68 €
Work hours	0		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Other expenses per unit</b>					
Expenses	Price:	Amount:			
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
	0,00 €		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Indirect costs in total</b>			<b>2 603,64 €</b>	<b>20,00</b>	<b>10,93</b>
<b>Net cost in total</b>			<b>20 928,38 €</b>	<b>160,76 €</b>	<b>87,85 €</b>
Coverage factor	22 %		5 902,88 €		
Installation price with brackets			26831,25		112,63 €
Unit factor	206,11				
Hourly coverage			11,75 €	/h	

Kuva 9. Välillisten kustannusten arviointi.

## Materiaalilista

Projektin materiaalilista sekä materiaalihinnat on esitetty taulukossa 1. Kyseisen projektin kaikki putkenosat ovat hiilliterästä, joten niiden laskennassa käytettiin mustien putkenosien yksikköjä.

Putkenosa	Koko, DN	Kappalemäärä	Hinta per kpl/m
Putki	50	100 m	1,70 €
Putki	100	50 m	2,10 €
T-haara	50	5 kpl	11,53 €
T-haara	100	5 kpl	27,16 €
90° käyrä	50	20 kpl	4,20 €
90° käyrä	100	10 kpl	12,28 €
Laippa	50	12 kpl	3,50 €
Laippa	100	6 kpl	3,80 €
Luistiventtiili	50	5 kpl	378,20 €
Luistiventtiili	100	2 kpl	925,04 €
Tyhjennys	-	4 kpl	190,00 €
Ilmaus	-	2 kpl	120,00 €

Taulukko 3. Esimerkkiprojektin materiaalilista.

## Asennusyksiköt

Esimerkkiprojektin putkenosien yksiköt on esitetty taulukossa 2 alla.

Putkenosa	Koko, DN	Seinämänpaksuus, mm	Kpl	Yksikkö	Seinämänpaksuus-yksikkö
Putki	50	3,9116	100	0,17	1,10
Putki	100	6,0198	50	0,27	1,20
Käyrä	50	3,9116	20	1,24	1,10
Käyrä	100	6,0198	10	2,10	1,25
T-kappale	50	3,9116	5	1,80	1,10
T-kappale	100	6,0198	5	3,15	1,20
Laippa	50	3,9116	12	0,23	1,00
Laippa	100	6,0198	6	0,44	1,00
Luistiventtiili	50	Ei saatavilla	5	0,37	1,00
Luistiventtiili	100	Ei saatavilla	2	0,52	1,00
Ilmaus	20	2,8702	2	0,63	1,00
Tyhjennys	25	4,5466	4	0,63	1,35

Taulukko 4. Asennusyksiköt esimerkkiprojektissa.

Kokonaisyksikkömääräksi laskettiin 130,18 yksikköä. Laskennassa kerrottiin keskenään putkenosien kappalemäärät, yksiköt, seinämävahvuusyksiköt ja yksikkökerroin. Yksikkömäärän perusteella voitiin laskea projektin asennuskustannukset.

Kaavassa 5 kuvataan asennuskustannusten laskentaa kertomalla yksikkökerroin ja kokonaisyksiköt keskenään. Yksikkökertoimen arvoksi määriteltiin ensimmäisellä laskentasivulla 206,11. Yksikkökerroin on kuvattu kuvassa 9 keltaisessa solussa taulukon alareunassa otsikolla Unit factor.

$$206,11 * 130,18 \approx 26831,4\text{€}$$

#### Kaava 5. Esimerkkiprojektin asennuskustannukset.

Materiaalikustannusten laskenta koostui kappalemääristä, katekertoimesta ja putkenosien hinnoista. Katekertoimeksi käytettiin tässä projektissa 25 prosenttia, kuten projekteissa 1,2 ja 3. Materiaalikustannus muodostuu kertomalla putkenosan kappalemäärä, hinta sekä katekerroin keskenään. Kaavassa 4 esitetään esimerkki materiaalilistan ensimmäisen rivin putkenosan materiaalikustannusten laskennasta. Esimerkkinä käytetään 100 metriä DN 50 kokoluokan hiiliteräs putkea, jonka metrihinta on 1,7 euroa.

$$100m * 1,7€ * 1,25 = 212,5€$$

#### Kaava 6. Esimerkkiprojektin materiaalikustannuslaskenta.

Kokonaismateriaalikustannukset ovat kaikkien projektin putkenosien materiaalikustannukset summattuna yhteen. Kokonaismateriaalikustannuksiksi esimerkkiprojektistä kertyi 6851,4 euroa.

## 9 Päätelmät

Opinnäytetyön tuloksena luotiin onnistuneesti putkistoprojektien kustannuslaskentaan soveltuva laskentatyökalu sekä laskettiin kolmen toteutuneen asiakasprojektin kustannukset. Haasteina opinnäytetyön toteutuksessa olivat muuttuvat määrittelyt laskentatyökalulle, materiaalihintojen saatavuus sekä työn aikataulun muutokset.

Lähitulevaisuudessa asiakasprojektien kustannuslaskentaa voidaan hyödyntää uusien projektien vertailussa toteutuneisiin projekteihin. Luodulla laskentatyökalulla voidaan nopeasti tarkastella uusien putkistokokonaisuuksien tai muutosten kustannuksia. Laskentatyökalua päivitetään yrityksen sisäisesti uusien vaatimusten ilmaantuessa.

## Lähteet

Euroopan unionin virallinen lehti. 2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU. Julkaistu 27.06.2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=CS>

FARO. Understanding Laser Scanners. Viitattu 14.03.2022. <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Article/understanding-laser-scanners>

Forth, L. 2019. Choosing Seamless, Welded or Forged Pipe. Special Piping Materials. Viitattu 28.02.2022. <https://specialpipingmaterials.com/seamless-welded-or-forged-pipe/>

Hurme, O. 2022. Suunnittelija. Haastattelut 2022. Rejlers Finland Oy, Laitossuunnittelu Turku.

Kesti, M. 1992. Teollisuusputkistot. Kirja. Julkaisija: opetushallitus.

Maurice, S. 2016. ScienceDirect. Spiral Welded Pipe. Viitattu 10.03.2022. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/spiral-welded-pipe>

Metallinjalostajat ry. 2014. Teräskirja 9 painos. Viitattu 11.02.2022. [https://issuu.com/techfinland/docs/ter\\_skirja\\_2014](https://issuu.com/techfinland/docs/ter_skirja_2014)

Mohitpour, M ym. 2003. Pipeline Design & Construction – A practical Approach. Kirja. Toinen painos. ASME PRESS.

PIPING MART. 2020. Viitattu 28.03.2022. <https://blog.thepipingmart.com/metals/different-types-of-flanges-used-in-piping-applications/>

PSK 4201. 2021. PSK Standardisointi Putkiluokat. Määrittely. Viitattu 13.02.2022. [https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.turkuamk.fi/wp-content/uploads/PSK4201\\_5p\\_liitteinen.pdf](https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.turkuamk.fi/wp-content/uploads/PSK4201_5p_liitteinen.pdf)

PSK 7302. 2021. PSK Standardisointi. Putkiston kannakointi. Kannakestandardien käyttö. Viitattu 17.04.2022. Turun ammattikorkeakoulu käyttöliittymä. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.turkuamk.fi/wp-content/uploads/psk7302-4p.pdf>

Rejlers 2022. Rejlersin sisäinen tietokanta. Projektiaineisto

Rejlers 2022a. Yritys. Viitattu 11.02.2022. <https://www.rejlers.fi/Yritys/>

Rejlers 2022b. Historia. Viitattu 11.02.2022.  
<https://www.rejlers.fi/Yritys/Historia1/>

Rejlers 2022c. Toimialat ja palvelut. Viitattu 11.02.2022.  
[https://www.rejlers.fi/Toimialat\\_ja\\_palvelut/](https://www.rejlers.fi/Toimialat_ja_palvelut/)

Rejlers 2022d. Tehdas- ja laitossuunnittelu. Viitattu 18.02.2022.  
<https://www.rejlersindustry.fi/teollisuuden-palvelut/suunnittelupalvelut/plant/>

SFS 5059. 2007. SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS. STANDARDI  
SFS 5059. Viitattu 09.03.2022. Salattu.  
<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/41978.html.stx>

SFS. 2022. SFS ry. Mikä on standardi? Viitattu 16.02.2022.  
<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>