

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Talotekniikan koulutus

Joni Okkonen

HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2020**  
**Talotekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

**Tekijä**  
Joni Okkonen

**Nimeke**  
Höyry- ja lauhdejärjestelmän toteutus

**Toimeksiantaja**  
Consti Talotekniikka Oy

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia ohjeistava käsikirja Consti Talotekniikka Oy:n käyttöön höyry- ja lauhdejärjestelmän toteuttamisesta. Opinnäytetyössä keskityttiin korkean hygienian vaativan hoitolaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmän toteutukseen talotekniikkaurakoinnin näkökulmasta.

Höyry- ja lauhdejärjestelmien keskeisemmät käsitteet eroavat normaalista talotekniikan käytännöistä paljon. Järjestelmässä käytettävien laitteiden käsitteet ja termit ovat monelle tuntemattomia aiheita. Työssä käsiteltiin yksityiskohtaisesti järjestelmän toiminnan kannalta tärkeimpiä laitteita ja kerrotaan laitteiden käyttötarkoituksista.

Työhön laadittiin pääkohdat höyryverkoston asennustekniikoista. Lisäksi työssä perehdyttiin höyry- ja lauhdejärjestelmän asetettuihin yleisiin laatuvaatimuksiin ja lainsäädäntöihin.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi kattava höyry- ja lauhdejärjestelmien käsikirja. Käsikirjan tarkoituksena on toimia ohjeistavana dokumenttina höyry- ja lauhdejärjestelmien urakoinnissa.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 39  
Liitteet 4  
Liitesivumäärä 4

**Asiasanat**

höyryjärjestelmä, talotekniikka, käsikirja



**THESIS**  
**May 2020**  
**Degree Programme in Building**  
**Services Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author  
Joni Okkonen

Title  
Implementation of Steam and Condensate System

Commissioned by  
Consti Talotekniikka Oy

**Abstract**

The aim of the thesis was to develop a handbook of steam and condensate system for Consti Talotekniikka Oy. The focus was on the implementation of steam and condensate system from the perspective of building services contracting.

Key components of steam and condensate system differ from the normal practices in the building services contracting. Hence, the concepts and terms used in the steam and condensate system are unfamiliar to many people. Thus, the thesis elaborates the use and key parts of the steam and condensate system.

The thesis includes the key parts of the installation techniques of the steam and condensate systems. Furthermore, the thesis familiarizes with the general quality requirements, norms and legislation related to steam systems.

A comprehensive handbook of the steam and condensate system for the supervision of steam system construction was created in this thesis. The purpose of the handbook is to function as a guiding document when contracting the steam and condensate systems.

Language

Finnish

Pages 39

Appendices 4

Pages of Appendices 4

Keywords

steam system, building services, handbook

## Sisältö

1	Johdanto .....	7
1.1	Tutkimusmenetelmät .....	7
1.2	Tavoite .....	8
2	Toiminnan varmistaminen .....	8
2.1	Höyrykattilan toimintaperiaate .....	9
2.2	Sairaalan höyryverkoston vaatimukset .....	9
2.3	Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016 .....	10
3	Höyry- ja lauhdejärjestelmän käsikirja .....	12
3.1	Höyryputkiston mitoitus .....	12
3.2	Höyry- ja lauhdeverkoston toimintaperiaate .....	13
3.3	Höyry- ja lauhdeputkiston materiaali .....	14
3.4	Höyryputkiston asennus .....	15
3.5	Höyrylinjojen vesitysten toteutus .....	16
3.6	Lauhteenpoisto .....	17
3.7	Putkiston häiriötilanteet .....	19
3.8	Höyry- ja lauhdeliitynnät .....	20
3.9	Luokkahitsaukset .....	21
3.10	Putkiston käyttöönotto .....	21
3.11	Putkiston painekoe .....	22
3.12	Luovutusasiakirjat .....	22
3.13	NDT, Rikkomaton aineenkoetus .....	23
3.14	Kannakointi .....	23
3.14.1	Riippukannake .....	24
3.14.2	Kiintopiste .....	25
3.14.3	Liukukannake .....	25
3.15	Lämpölaajeneminen .....	27
3.16	Eristys .....	29
4	Putkistovarusteet .....	31
4.1	Istukkaventtiili .....	31
4.2	Varoventtiili .....	32
4.3	Paineenalennusventtiili .....	32
4.4	Lauhteenerotin .....	33
4.5	Lianerotin .....	34
4.6	Höyrymäärän mittalaitteet .....	34
4.7	Lämpötila-anturi .....	35
4.8	Painemittarin suojataskut .....	36
5	Pohdinta .....	37
5.1	Laadun varmistaminen .....	37
5.2	Opinnäytetyön lopputulos .....	37
5.3	Opinnäytetyön jatkotutkimus .....	38
	Lähteet .....	39

Liitteet

Liite 1 Periaatekaavio höyrykattilalaitoksesta

Liite 2 Kylläisen höyryn höyrytaulukko

Liite 3 Höyryputken mitoitustaulukko kylläiselle höyrylle nopeuden mukaan

Liite 4 Periaatekaavio höyry- ja lauhdeverkostosta

## LYHENNELUETTELO

bar	Paineen yksikkö, baari.
DN	Dimension Nominale. Putken halkaisijan nimellissuuruus.
Kylläinen höyry	Paineen mukainen tiivistyslämpötila.
Lauhde	Kondensoitunut höyry.
PI-kaavio	Putkisto- ja instrumenttikaavio.
PED	Pressure Equipment Directive 2014/68/EU.
PS	Suurin sallittu käyttöpaine (bar(g)).
Sterilointi	Tuhoaa esineistä tai kasvualustasta kaikki elinkykyiset mikrobit ja niiden itiöt.
V	Tilavuus ( $m^3 = 1000 \text{ l}$ ).

# 1 Johdanto

Höyry- ja lauhdejärjestelmien toteuttaminen talotekniikanurakoinnin yhteydessä on harvinaista. Höyryjärjestelmien tuotanto on yleensä keskittynyt teollisuuden tarpeisiin ja keskeisemmät käsitteet eroavat normaaleista käytännöistä.

Höyry- ja lauhdejärjestelmällä tarkoitetaan putkistoa ja laitteistoa, joka kuljettaa höyryä voimalaitokselta kulutuskohteeseen ja palauttaa höyrystä lauhtuneen veden takaisin voimalaitokselle. Opinnäytetyössä keskitytään korkean hygienian vaativan hoitolaitoksen höyry- ja lauhdejärjestelmän toteutukseen talotekniikkaurakoinnin näkökulmasta. Höyryn päätehtävä hoitolaitoksissa on tuhota steriloitavissa olevien instrumenttien- ja hoitovälineiden mahdolliset mikro-organismit ja niiden itiöt. Steriloinnin tarkoituksena on estää tartuntojen leviäminen.

Työ tehtiin Consti Talotekniikka Oy:lle, joka on osa Consti Yhtiöitä. Consti Yhtiöt on Suomen johtava korjausrakentamiseen ja taloteknisiin palveluihin keskittynyt rakennusyhtiö. Consti Yhtiöt on perustettu vuonna 2008. Consti Talotekniikka Oy toteutti höyry- ja lauhde siirtojärjestelmän HUS Kiinteistöt Oy:n rakennuttamalle Siltasairaalalle.

## 1.1 Tutkimusmenetelmät

Työn laadinnalla tavoitellaan höyry- ja lauhdejärjestelmä urakoinnin käytännön toiminnan kehittämistä ja ohjeistamista. Opinnäytetyöhön haastateltavaksi valittiin kaksi LVI-alan asiantuntijaa HUS Kiinteistöt Oy:stä. Haastateltavat valittiin organisaatiosta, missä höyry- ja lauhdejärjestelmän kunnossapidon sekä laitetekniikan asiantuntemus on korkealla tasolla. Haastateltavien henkilöiden kokemusperäisten näkökulmien pohjalta muodostettiin kokonaiskuva aiheesta.

Työssä käytetty kirjallinen aineisto käsitteli painelaitteita koskevia vaatimuksia ja lainsäädäntöjä. Lisäksi työssä on käytetty laitevalmistajan tietoja laitteiden asennusmenetelmistä ja toimintaperiaatteista.

## **1.2 Tavoite**

Työn tarkoituksena oli luoda ohjeistava käsikirja höyry- ja lauhdejärjestelmän toteutuksesta Consti Talotekniikka Oy:n käyttöön. Opinnäytetyössä käsitellään asennusurakoitsijalle kuuluvia lainsäädännön asettamia vaatimuksia ja vastuita paineenalaisien putkiverkostojen toteuttamisesta. Työssä tarkastellaan höyry- ja lauhdeverkoston asennusteknillisiä työvaiheita ja kerrotaan yleisesti höyry- ja lauhdejärjestelmän käyttöönotosta, tarkastuksista ja testauksista. Lisäksi työssä perehdytään putkistovarusteiden käyttötarkoituksiin ja toimintaperiaatteisiin.

Työstä saatavia tuloksia hyödynnetään Consti Talotekniikka Oy:n toiminnassa. Höyry- ja lauhdejärjestelmien osa-alueita halutaan kehittää ja tarjota jatkossa entistäkin laajempia teknisiä palveluita.

## **2 Toiminnan varmistaminen**

Meilahden sairaala-alueella on oma höyryvoimalaitos, joka tuottaa höyryä sairaalan tarpeisiin. Höyrykattilalaitoksen komponenttien käyttöikä ja toimintaan vaikuttava tekijä on veden laatu. Vedenepäpuhtaudet muodostavat höyrykattilalaitoksen komponentteihin korroosiota ja vaikeasti poistettavia kerrostumia. Seurauksena on huonosti lämpöä ja höyryä tuottava höyrykattila. Voimalaitoksessa suoritetaan vedenlaadun tarkkailua ottamalla vesinäytteitä. Vedestä otettavilla näytteillä saadaan selvitettyä veteen liuenneiden epäpuhtauksien määrä. Höyrykattilalaitoksen veden käsittelyjärjestelmän avulla puhdistetaan ja varmistetaan veden laatu höyryn tuottamiseen soveltuvaksi. Höyryvoimalaitoksen periaatekaavio on esitetty liitteessä 1. [1, 297.]



Höyryn siirtoputkistossa olevien mittalaitteiden avulla mitataan ja säädetään höyryn suureita. Mittalaitteita ohjaa automaatiojärjestelmä. Toiminnan varmistamisen edellytyksiä ovat, että automaatio ohjauksen avulla mitataan ja säädetään höyryn paine sekä lämpötila ennalta määriteltyyn arvoon. Höyrymäärän mittaaminen on myös tarpeen kokonaiskulutuksen ja kulutusjakautuman selvittämiseksi. Kuvassa 20 on esitetty höyrymäärä mittausyksikkö. Mittauksella selvitetään kulutuksen jakaantuminen eri osastojen ja höyryä kuluttavien laitteiden kesken.

## **2.1 Höyrykattilan toimintaperiaate**

Höyrykattilassa tarvittava energia tuotetaan polttamalla fossiilisia polttoaineita kattilantulipesässä (liite1). Kattilassa polttoaine reagoi palamisilmassa olevan hapen kanssa. Polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia saadaan muutetuksi savukaasuihin sitoutuneeksi lämpöenergiaksi. Vapautunut lämpö siirretään esikäsiteltyyn veteen lämmönsiirtimien kautta jäähdyttämällä savukaasuja. Kattilan tuottaman höyryn avulla esilämmitetään esikäsitelty syöttövesi syöttövesipainetta vastaavaan höyrystymislämpötilaan. Tämän jälkeen kylläinen vesi johdetaan höyrystimeen, jossa vesi höyrystyy kylläiseksi höyryksi. [1, 7.]

## **2.2 Sairaalan höyryverkoston vaatimukset**

Sairaalan höyryverkosto luokitellaan paineenalaisiin järjestelmiin. Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien tulee täyttää lainsäädännön asettamat turvallisuusvaatimukset. Putkistourakoitsijalla on vastuu, että lainsäädännön asettamat vaatimukset täyttyvät. Järjestelmään käytetyistä materiaaleista on oltava ainetodistukset, jotka täyttävät painelaitedirektiivin 2014/68/EU (PED) tekniset vaatimukset. Paineenalaisten putkiverkostojen toteuttamisessa noudatetaan myös standardin SFS-EN 13480 metallisille teollisuusputkistoille laadittuja yleisiä laatuvaatimuksia.

Korkean hygienian vaativan sairaalan höyryn käyttäminen perustuu höyryn korkeaan lämpökapasiteettiin, jonka avulla tuhotaan steriloitavissa olevien tutkimus-

ja hoitovälineiden mahdolliset mikro-organismit ja niiden itiöt [2]. Sairaaloissa ja hoitolaitoksissa steriloinnin tavoite on ehkäistä tartuntojen leviämistä. Höyrysteriloinnin edellytys on, että sterilointiin käytetään oikeanlaista, kylläistä tulistumattomaa höyryä. Taulukossa 1 on esitetty kylläisen höyryn minimilämpötilat mikro-  
beja tuhoavan vaikutuksen aikaan saamiseksi sterilointiprosessissa.

Taulukko 1. Kylläisen höyryn minimilämpötilat ja ajat sterilointiprosessissa. [3, 12.]

<b>Lämpötila</b>	<b>Aika</b>
°C	min
121	15
126	10
134	3

Sairaalassa höyryä kuluttavia laitteistoja ovat mm. seuraavat:

- sairaalasänkyjen pesukoneet 3 bar/144 °C
- vaunujen pesukoneet 3 bar/144 °C
- huuhtelu- ja desinfiointikoneet 3 bar/144 °C
- sairaalavälineiden pesukoneet 4 bar/152 °C
- pyykinpesukoneet 8 bar/175 °C.

### **2.3 Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016**

Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien tulee täyttää lainsäädännön asettamat turvallisuusvaatimukset, kun niitä saatetaan markkinoille tai otetaan käyttöön suunnitellussa kohteessa. Painelaitteista ja laitekokonaisuuksista ei saa aiheutua vaaraa kenenkään terveydelle, turvallisuudelle eikä omaisuudelle [4].

Asetus sisältää painelaitedirektiivin 2014/68/EU (PED) tekniset vaatimukset painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelusta, valmistuksesta ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnista [4]. Asetuksessa 1548/2016 § 3 kohdalla 2 tarkoitetaan putkistolla sisällön siirtämiseen tarkoitettuja osia, jotka on liitetty toisiinsa paineellisen järjestelmän yhdistämistä varten [5, § 3]. Painelaitteet luokitellaan

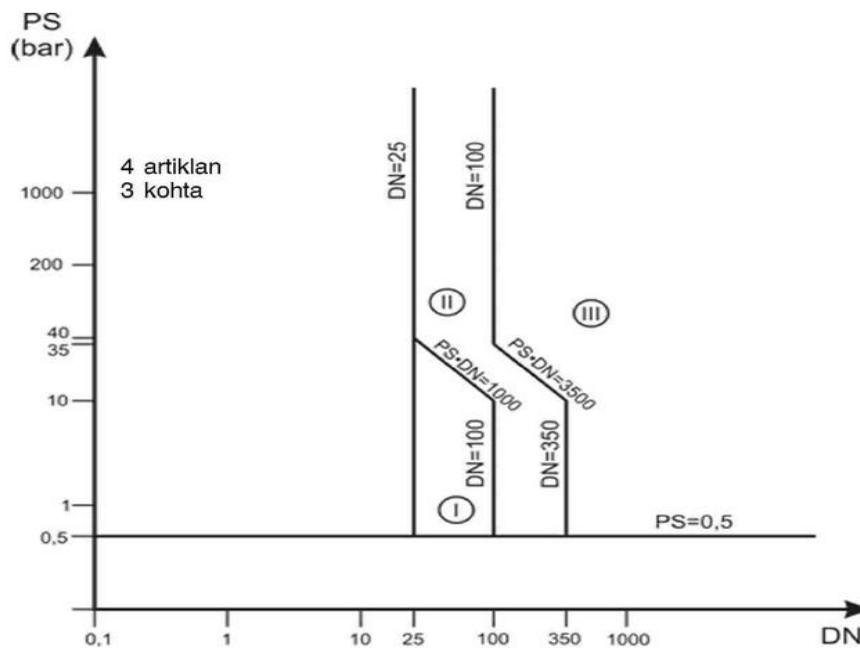
kasvavan vaaran mukaan luokkiin I-IV. Taulukossa 2 esitetään vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely, jonka mukaan moduuli määräytyy.

Taulukko 2. Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely määräytyy painelaitteen luokan perusteella. [6, Liite II].

I	= moduuli A
II	= moduuli A2, D1, E1
III	= moduuli B (suunnittelutyyppi) + D, B (suunnittelutyyppi) + F, B (tuotantotyyppi) + E, B (tuotantotyyppi) + C2, H
IV	= moduuli B (tuotantotyyppi) + D, B (tuotantotyyppi) + F, G, H1

Tämän opinnäytetyön putkistoon sovelletaan asetuksen 1548/2016 § 7 kohdan 1 määritelmää (taulukko 3). Putkisto määräytyy luokkaan I, kun sen sisältö on tarkoitettu höyryille sekä nesteille, joiden höyrynpaine korkeimmassa sallitussa lämpötilassa on enemmän kuin 0,5 bar yli normaali-ilmakehän paineen 1 013 mbar ja putkiston koko suurempi, kun DN 25 [5, § 7 ]. Luokka I ja moduuli A ei edellytä tarkastuslaitoksen osallistumista arviointiin. Putkiston suunnittelija ja urakoitsija vastaavat vaatimustenmukaisuuden täyttymisestä [6].

Taulukko 3. Vaatimustenmukaisuuden arviointitaulukko 6. [6, Liite II]



### **3 Höyry- ja lauhdejärjestelmän käsikirja**

Höyry- ja lauhdejärjestelmiä käsittelevä käsikirja on laadittu asennusoppaaksi Consti Talotekniikalle. Käsikirja sisältää pääkohdat Siltasairaalan höyryverkon toteuttamisesta. Lisäksi käsikirjassa käsitellään putkistovarusteiden käyttötarkoituksia ja toimintaperiaatteita.

Käsikirjassa perehdytään putkiston yleisiin laatuvaatimuksiin ja laadunvarmistuksen toimenpiteisiin. Laitetoimittajien kuvien avulla on havainnollistettu erilaisien asennuksien periaatteita.

#### **3.1 Höyryputkiston mitoitus**

Hoitolaitoksissa höyryä tulee siirtää korkeapaineisena kylläisenä höyrynä (liite 2). Korkeapaineisen höyryn etuja ovat pienempi kokoiset putkistot sekä höyryn korkeampi lämpötila. Höyryn jakelupaineen valinnassa tulee huomioida kyseisen käyttökohteen tarvitsema lämpötila, ja sen vuoksi oikea paine takaa kulutuskohteen toiminallisuuden. [7, 3.]

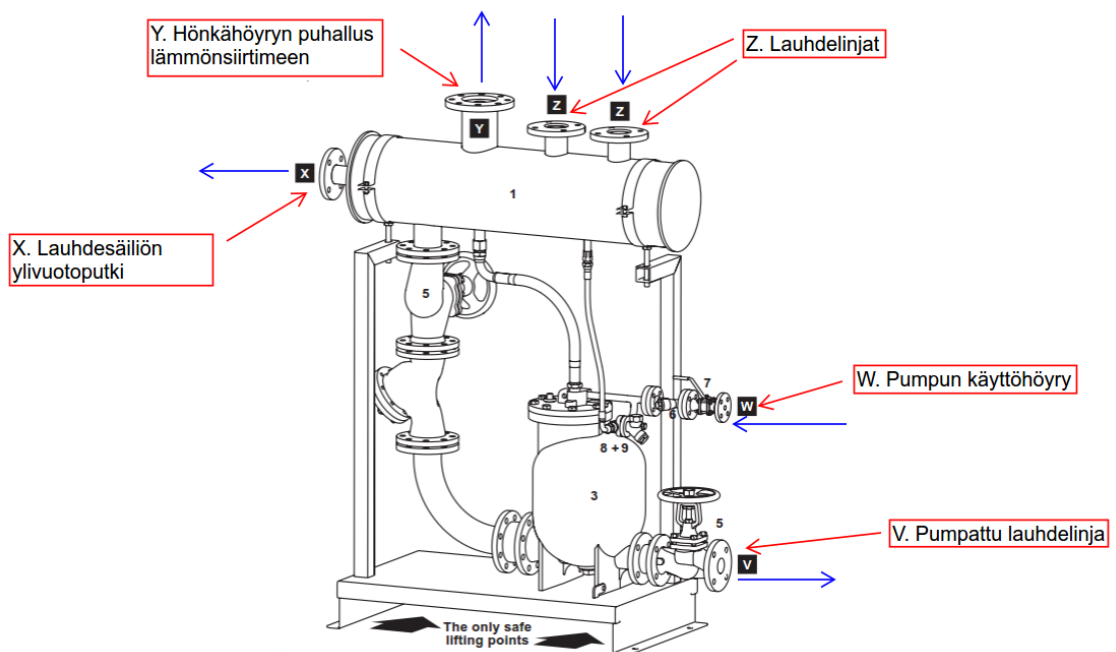
Höyryputkistot mitoitetaan virtausnopeuden tai painehäviön mukaan. Virtausnopeuden mukaan mitoitettaessa valitaan nopeus ja selvitetään, kuinka paljon kyseisen paineinen ja tilavuuden omaava höyry tarvitsee pinta-alaa putkistossa. Kuivan kylläisen höyryn nopeus suositus putkistossa on 25–40 m/s (liite 3). Tästä suuremmat nopeudet voivat aiheuttaa putkistossa ylimääräistä melua ja kulumista. [7, 3.]

Painehäviön mukaan mitoittaessa putkiston käyttöpaine ja lämpötila on tiedettävä tarkalleen käyttökohteessa. Putkistojen paine- sekä lämpöhäviöiden laskenta tapahtuu normaalisti höyry- ja lauhdejärjestelmien putkistomitoitukseen tarkoitettujen ohjelmistotyökalujen avulla. [7, 3.]

### 3.2 Höyry- ja lauhdeverkoston toimintaperiaate

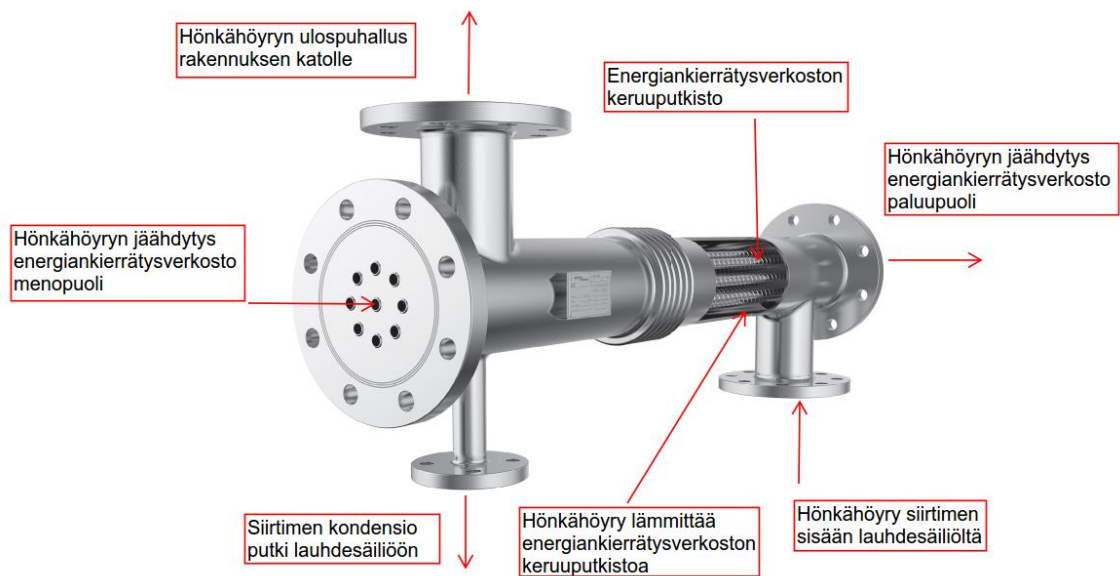
Höyryputkiston tehtävä on kuljettaa höyryä prosessin loppukäyttäjille (liite 4). Höyryn luovuttaessa höyrystymislämpötilansa höyry muuttuu kuumaksi vedeksi eli lauhdevedeksi. Höyryputkistoon muodostuva lauhde poistetaan lauhteenpoistimen avulla lauhdevesiverkostoon. Lauhteen paine laskee, kun se virtaa lauhteenpoistimen suuttimen läpi matalapaineisempaan lauhdelinjaan. Kuuma lauhde höyrystyy uudelleen, jolloin syntyy hönkähöyryä.

Hönkähöyry vaatii lauhdeveteen verrattuna suuremman tilan painoyksikköä kohti, jolloin tulee huomioida, että hönkähöyry virtaa lauhdeputkessa suuremmalla nopeudella kuin lauhde. Lauhde putkistossa kulkeva hönkä ja lauhde ohjataan lauhteen palautussäiliöön (kuva 1). Lauhteen palautussäiliö tulee varustaa hönkä lauhduttimella eli lämmönsiirtimellä (kuva 2). [8, 28.]



Kuva 1. Automaattinen lauhdepumppu, joka toimii höyryn paineella. Sinisellä nuolella merkityt aine virtaussuunnat. [9.]

Lauhduttimen avulla hönkähöyryn lämpöenergia otetaan talteen. Hönkähöyryn lauhdutuslämmöllä saadaan tuotettua lämpöenergiaa muuhun talotekniikan prosessiin. Hönkähöyryn hyödyntäminen prosessissa on tärkeä osa höyryjärjestelmän energiatehokkuutta. Hönkähöyryn lämmöntalteenotto ja käyttö vähentävät höyrynkulutusta ja lisäävät lauhdeverkoston kapasiteettia, sekä vähentävät ulospuhalluksessa hukkaan menevää lämpöenergiaa. [8, 29.]



Kuva 2. Lauhdepumpun yhteyteen tulevan lämmönsiirtimen toimintaperiaate. [10.]

### 3.3 Höyry- ja lauhdeputkiston materiaali

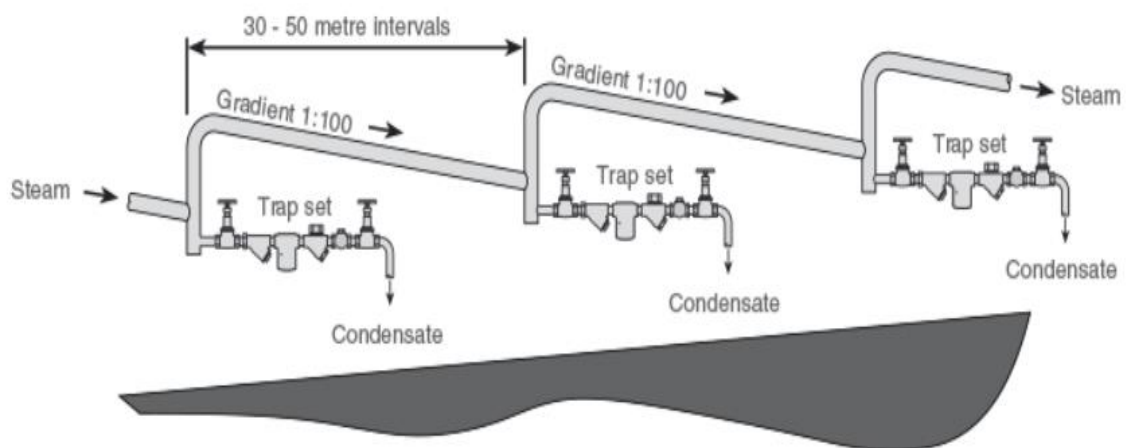
Höyry- ja lauhdeverkoston asennuksessa tulee käyttää yhdenmukaistettujen EN-standardien mukaisia materiaaleja. Standardissa SFS-EN 13480-2 esitetään teollisuusputkistojen valmistuksessa käytettävien metallisten materiaalien vaatimukset [11].

Tavallisesti höyry- ja lauhdeverkosto on höyrylle soveltuvaa teräsputkea, kuten kuumalujaseostumatonta terästä. Jos höyryn puhtaus vaatimukset ovat tiukemmat, käytetään ruostumatonta haponkestävää teräsputkea.

Esimerkkikohteen putkistomateriaalina käytetään asteniittista eli haponkestävää ruostumatonta teräsputkea CrNiMo. Putken seinämävahvuus on 2mm. Teräksen kansainvälinennimike on EN 1.4404 AISI 316L. Ruostumattoman teräksen etuina ovat lämmön ja korroosion kestävyys. Lisäksi materiaalia on myös helppo hitsata.

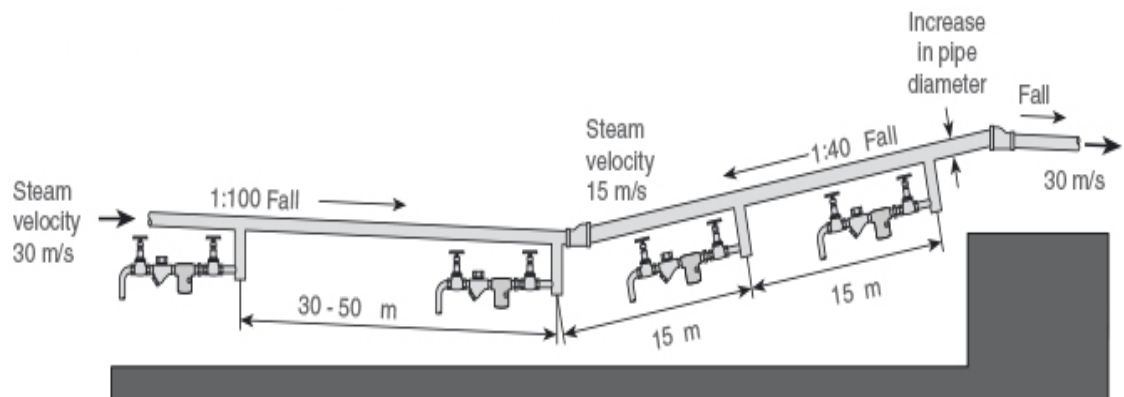
### 3.4 Höyryputkiston asennus

Höyry- ja lauhdeputkiston asentamisessa käytetään hitsaus- ja laippa liitoksia. Putkisto hitsataan TIG-hitsaus menetelmällä. Ruostumattomien asteniittisten terästen hitsauksessa tulee käyttää Formier-suojakaasua juuren suojaukseen. Suojakaasun avulla saadaan putken sisäpinnalle siistimpi hitsausauma. Menetelmällä ehkäistään korroosion syntyminen hitsausaumoissa.



Kuva 3. 1 % kallistuksella varmistetaan lauhteen esteetön pääsy vesitys kohtaan. [12.]

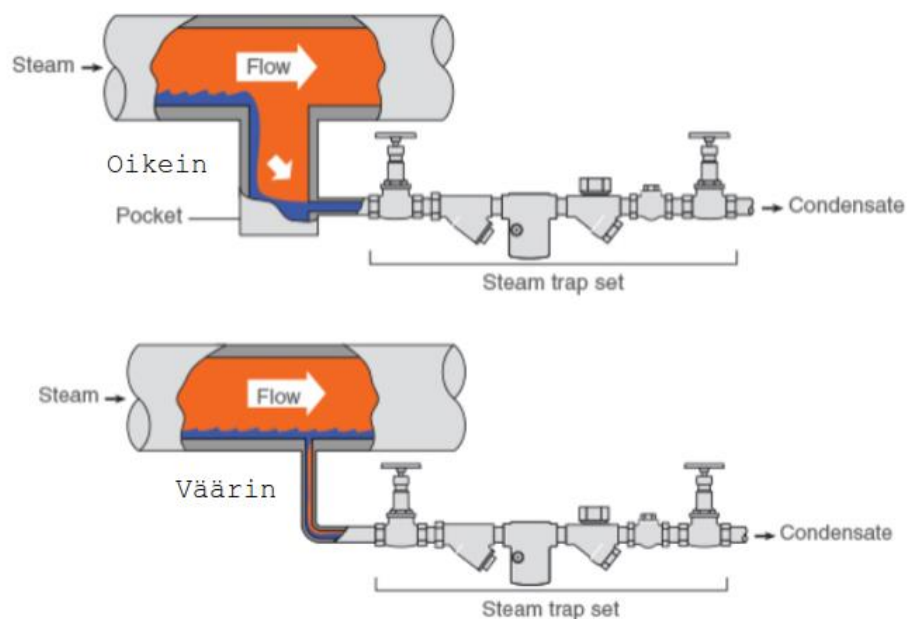
Putkisto asennetaan noin 1 % kaadolla virtaussuuntaan nähden (kuva 3). Virtaussuuntaan kallistuksella varmistetaan lauhteen esteetön pääsy seuraavaan vesityskohtaan. Vesityskohtien etäisyydet ovat suoralla putkiosuudella normaali tilanteessa 30–50 metrin välein. Hyvänä muistisääntönä voidaan pitää, että höyrylinjaston vesitys tulee asentaa aina putken ylös nostojen kohdalle (kuva 4). [7, 4.]



Kuva 4. Jos höyrylinjaa joudutaan nostamaan virtaussuuntaan nähden, lisätään vesitysten tiheyttä. [12.]

### 3.5 Höyrylinjojen vesitysten toteutus

Höyryputkiston vesitysten avulla poistetaan putkistoon muodostuva lauhde (kuva 5). Vesitaskun tulee olla putken nimelliskoon kokoinen, joka on hyvä ratkaisu alle DN 100 putkilla. [7, 5.]



Kuva 5. Vesitaskujen tulee olla riittävän suuria putken kokoon nähden. Menetelmällä varmistetaan tehokas ja toimiva lauhdeveden poisto höyryputkesta. [13.]



Taulukossa 4 on esitetty yleinen suositus vesityksen putkimitoituksesta. Suuremmilla putkilla vesitasku voi olla 2–3 kertaa nimelliskokoa pienempi. Taulukko antaa mitoitus ohjeet myös vesitakun korkeudesta, keruuputkiston ja tyhjennysputken koosta. [7, 5.]

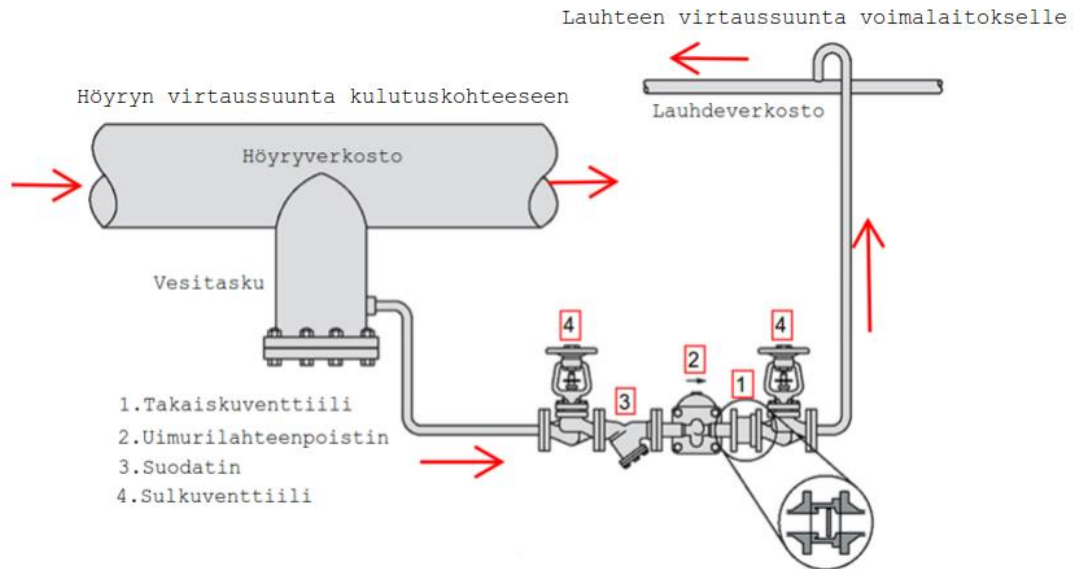
Taulukko 4. Vesitaskujen mitoitustaulukon avulla voidaan toteuttaa oikean kokoinen vesitasku höyryputkeen. [8, 24.]

Putkikoko DN	Taskukoko DN	Taskukorkeus mm	Keruuputki DN	Tyhjennysputki DN
<DN50	DN-koko	>250 mm	DN15	DN25
DN50	DN50	>250 mm	DN25	DN25
DN65	DN65	>250 mm	DN25	DN25
DN80	DN80	>250 mm	DN25	DN25
DN100	DN80	>250 mm	DN25	DN40
DN125	DN80	>250 mm	DN25	DN40
DN150	DN100	>250 mm	DN25	DN40
DN200	DN150	>250 mm	DN25	DN40
DN250	DN150	>250 mm	DN25	DN50
DN300	DN200	>250 mm	DN25	DN50
DN350	DN200	>250 mm	DN25	DN50
DN400	DN200	>250 mm	DN25	DN50
DN450	DN250	>250 mm	DN25	DN50
DN500	DN250	>250 mm	DN25	DN50
DN600	DN250	>250 mm	DN25	DN50
>DN600	DN250	>300 mm	DN25	DN50

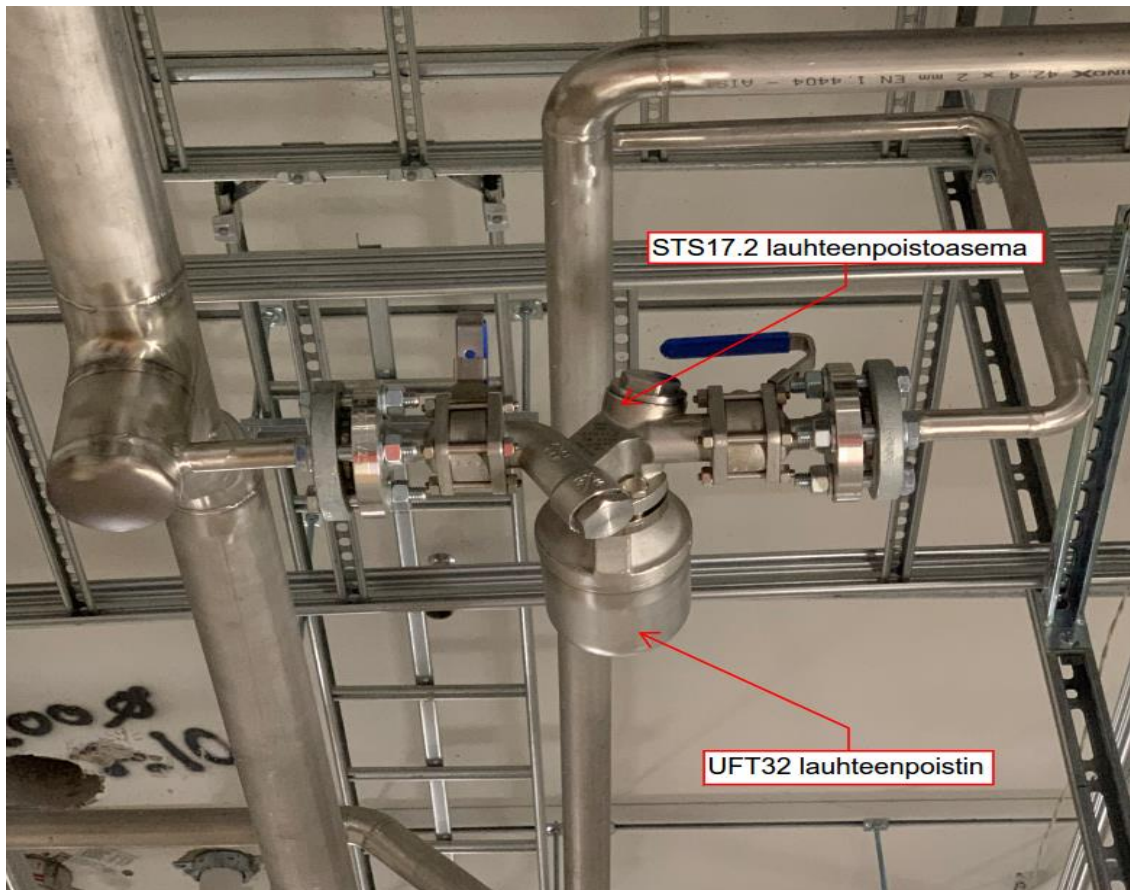
### 3.6 Lauhteenpoisto

Lauhteenpoistimen tehtävä on poistaa höyryputkistosta ja laitteistoista lauhdevettä, ilmaa sekä kaasuja päästämättä lävitse höyryä (kuva 6). Tehokas lauhteenpoisto auttaa minimoimaan energiankulutusta ja lisää tuottavuutta laitoksessa. Lauhteenpoistimina käytetään uimuripoistimia, jotka on varustettu automaattisella ilmanpoistolla (kuva 7). [7, 11.]

Uimuripoistin tunnistaa tiheyseron perusteella sisäänsä kertyvän lauhdepinnan, jonka mukaan se mekaanisesti avaa poistovirtausta lauhteenpoistimesta. Lauhteenpoistin ei itsessään nosta lauhdetta, vaan lauhteenpoistimessa vaikuttava höyryn paine. Lauhteenpoistin asennetaan aina runkolinjan vesityksien, lauhteenerottimien sekä höyryä kuluttavien laitteistojen yhteyteen. Lauhteenpoistin estää vesi-iskujen syntymistä höyryverkostossa ja pidentää putkiston ja laitteiden käyttöikä. [7, 11.]



Kuva 6. Takaiskuventtiili estää lauhteen takaisin virtauksen lauhteenpoistimelle. Lauhteenpoistoaseman jälkeinen tyhjennysputki liitetään lauhdeverkkoon putken yläpinnasta. [13.]

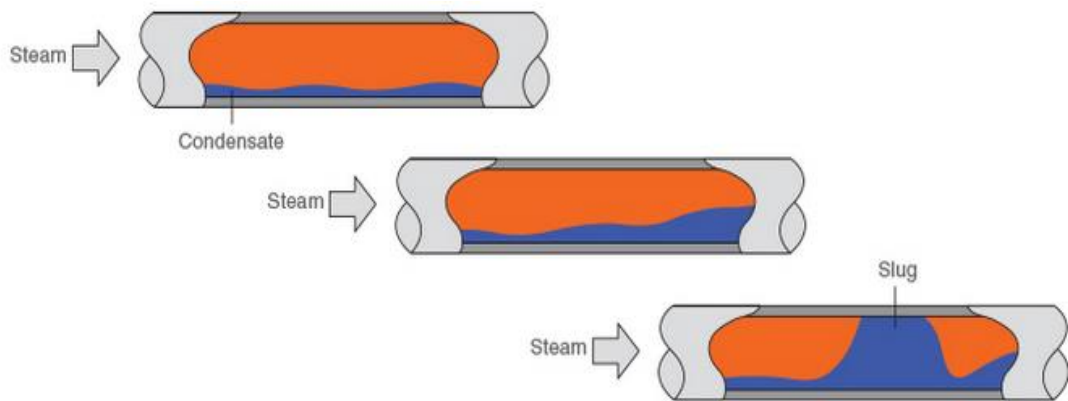


Kuva 7. Esimerkkikohteen lauhteenpoistimina käytetään uimuripoistimia, jotka on varustettu automaattisella ilmanpoistolla.

### 3.7 Putkiston häiriötilanteet

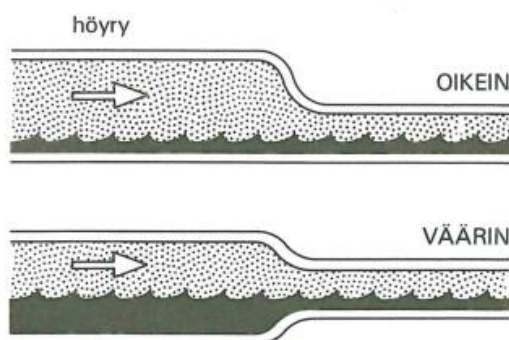
Höyryputkiston yleisin häiriön aiheuttaja on paineen lasku. Paineen laskuun vaikuttavia tekijöitä ovat putkiston pituus, mutkakohdat ja verkostoon liitetyt venttiilit. Hyvänä muistisääntönä voidaan pitää, että putkiverkostosta tulee poistaa kaikki tarpeettomat mutkat sekä käyttämättömät venttiilit ja muut laitteet. [8, 5.]

Myös vesi-isku voi aiheuttaa putkistossa häiriön. Vesi-isku muodostuu, kun höyryputkiston pohjalla oleva lauhdevesi alkaa liikkua höyryn virtauksen mukana (kuva 8). Vesi-isku voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa putkistossa ylimääräistä värähtelyä ja rikkoa laitteistoa. [7, 4.]



Kuva 8. Vesi-isku muodostuu höyryputkessa, kun lauhdevesi patsas lähtee höyryn paineen avulla liikkeelle. [12.]

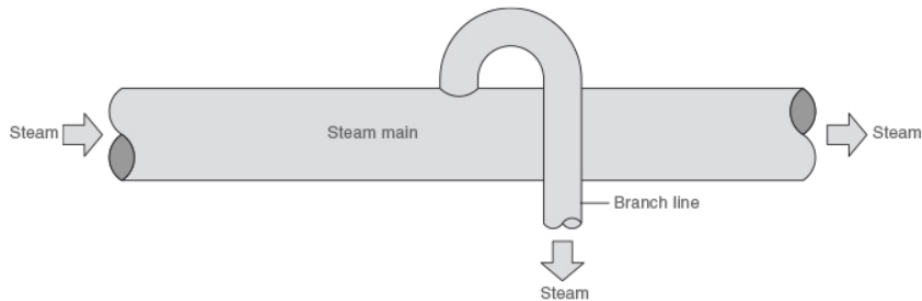
Vesi-iskun syntyminen voi johtua myös asennus virheistä. Höyryputkistossa tulee käyttää epäkeskeisiä supistusosia (kuva 9). Epäkeskeiset supistusosat mahdollistavat lauhteen esteettömän valumisen virtaussuuntaan nähden. [7, 5.]



Kuva 9. Supistukset tulee olla epäkeskeisiä, että vesi-isku vaaraa ei syntyisi. [7, 5.]

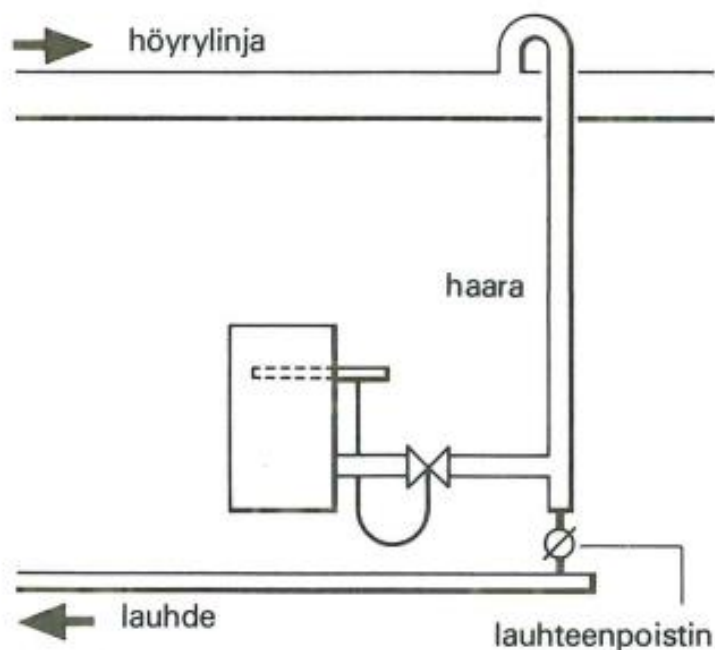
### 3.8 Höyry- ja lauhdeliitynnät

Höyrylinjaan tulevat haarat tulee liittää putken yläpinnasta (kuva 10). Menetelmällä varmistetaan, että höyryä kuluttava laite saa mahdollisimman kuivaa höyryä. Haara kohdan liitos putken alapintaan toimisi vesitaskuna, milloin lauhde valuisi höyryä kuluttavalle laitteistolle. [7, 5.]



Kuva 10. Höyryputken yläosasta otettavat haarat varmistavat, että höyry on mahdollisimman kuivaa ja lauhde ei pääse valumaan höyryä kuluttavalle laitteistolle. [12.]

Höyrylinjan kulkiessa pystysuuntaisesti otetaan liitännä haarat putken kyljestä. Laitteiston venttiiliryhmät asennetaan laitteen liitännä kohdassa (kuva 11). Laitte- ja varuste asennuksissa käytetään kierre- ja laippaliitoksia. [7, 5.]



Kuva 11. Vaakatasossa kulkevan höyryverkoston asennusdetalji, höyryä kuluttavalle laitteelle. [7, 5.]

### 3.9 Luokkahitsaukset

Painelaite teräsputkille pysyviä liitoksia tekevillä henkilöillä on oltava luokkahitsaus pätevyys [14, 22]. Liitokset on toteutettava hyväksytyjen menetelmien mukaisesti. Pysyvillä liitoksilla tarkoitetaan opinnäytetyössä liitoksia, jotka voidaan irrottaa vain käyttämällä rikkovia menetelmiä [15, § 3]. Hitsaaja voi suorittaa pätevyyskokeen teräksille standardin SFS-EN 9606-1 mukaan ja pätevoityä näin hitsaajana. Pätevyyskokeen suorittaneesta hitsaajasta käytetään nimitystä pätevoitetty hitsaaja [14, 30].

Standardissa SFS-EN ISO 5817 esitetään hitsiluokat teräkselle. Standardissa annetaan kolme hitsausluokkaa, jolloin suurin osa hitsaussovellutuksista tulee katetuksi. Hitsausluokat merkitään tunnuksilla B, C ja D (taulukko 5). Hitsiluokka B on vaativin luokka, jota valmiille hitsille annetaan [16]. Höyry- ja lauhdeputkistoille on määritelty standardissa SFS-EN 13480-4 paineenalaisille putkistoille minimivaatimukseksi hitsausluokaksi C. [16, 39.]

Taulukko 5. Standardissa SFS-EN ISO 5817 ryhmitellään hitsausvirheet mitoituksellisten arvojen perusteella kolmeen hitsiluokkaan. [16.]

<b>Tunnus</b>	<b>Hitsiluokka</b>
D	Tyydyttävä
C	Hyvä
B	Vaativa

### 3.10 Putkiston käyttöönotto

Höyryputkiston käyttöönotossa tulee huomioida, että putkistoa lämmitetään aluksi päästämällä verkostoon varovasti höyryä ja avaamalla kaikki verkostossa olevat käsivesitysenttiilit runsaan lauhteen muodostumisen ajaksi. Käyttöönoton aikana tarkastellaan, miten putkisto reagoi lämmönvaikutuksesta. Lisäksi tarkastetaan, että kannakointi toimii suunnitelman mukaisesti. [18, 232.]

Jos verkostossa esiintyy ylimääräisiä tärähdyksiä, kolahduksia tai iskumaisia kuormituksia, etsitään syyt ja poistetaan niiden vaikutukset. Ensimmäisen käyttökerran jälkeen kiristää kaikki laippaliitoksien pultit sekä avata ja puhdistaa vesitaskut ja suodattimet. [18, 232.]

### **3.11 Putkiston painekoe**

Painekoe tulee aina suorittaa neste tai kaasu painekokeena. Koepaineen tulee olla 1,43 kertaa suurin sallittu verkoston käyttöpain. Jos painekoe tehdään kaasulla, typpi soveltuu koepaineen väliaineeksi. Koe tulee suorittaa niin, että tarkastajat voivat tehdä riittävät tarkastukset kaikille paineellisille osille. Putkiston liitoskohdat eivät saa olla eristeen peitossa painekokeen aikana. Myös putkistoa suojaavien varolaitteiden soveltuvuus käyttökohteeseen tarkistetaan. Putkiston paine- tai tiiviyskokeesta tulee aina laatia pöytäkirja [19, 20.]

Pöytäkirjassa tulee mainita mm. seuraavat asiat:

- kohde
- valvoja
- käytetty koepaine
- käytetty väliaine
- lämpötila
- pitoaika
- varolaitteen avautumispaine
- kokeen tulos.

### **3.12 Luovutusasiakirjat**

Luovutettavat kaaviokuvat ja muut asiakirjat tulee olla päivitetty vastaamaan toteutettua putkistoa. Asiakirjojen laatimisesta ja tilaajalle toimittamisesta vastaa putkistourakoitsija. Loppudokumentation tulee sisältää suunnittelun ja valmistuksen asiakirjat ja käyttöohjeet. [18, 232.]

Käyttäjälle kuuluvat asiakirjat ovat mm. seuraavat:

- putkisto ja instrumenttikaavio
- layout-piirustukset
- venttiili- ja varusteluettelo
- käyttö- ja huolto-ohjeet.

### **3.13 NDT, Rikkomaton aineenkoetus**

Putkistourakoitsija huolehtii painelaiteluokan I moduuli A:n hitsaussaumojen laadunvarmistuksessa, että se toteutetaan standardin SFS-EN 13480-5 mukaan. Standardissa määritellään höyry- ja lauhdeputkiston hitsaus saumojen kuvausten määräksi 5 %. [19, 28.]

Ainetta rikkomattomalla testauksella etsitään putkiston hitsaussaumoista tai putkiston pinnalla olevia sisäisiä virheitä, jotka voivat aiheuttaa toimintahäiriöitä sekä rikkoontumisia. NDT-menetelmä on standardoitua toimintaa, jolla määritellään materiaalin eheys sekä seurataan valmistuksen ja asennuksen laatua. [20.]

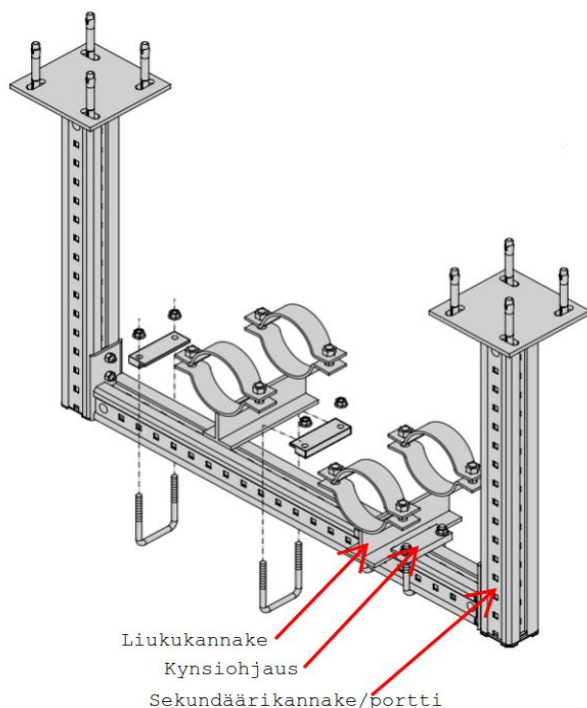
Tutkimusmenetelmät ovat mm. seuraavat:

- silmämääräinen tarkastus
- tunkeumanestetarkastus
- magneettijauhetarkastus
- radiograafinen tarkastus
- ultraäänitarkastus.

### **3.14 Kannakointi**

Kannakoinnin on kestettävä putkien, venttiilien, nesteiden, eristeen ja mahdollisten ulkoisten kuormitusten paino sekä lämpöliikkeen aiheuttamat rasitukset [21, 2]. Kannakoinnin tulee estää putkien sivuttaisliike ja säilyttää putkien keskinäinen etäisyys. Kannakkeisiin ja niiden kiinnitykseen liittyy oleellisesti myös ääniteknikka. [22, 2.]

Putkiston kannakkeet jaetaan primääri- ja sekundäärikannakkeisiin [21, 3]. Primäärikannakkeita ovat putkeen kiinnitettävät kannakeosat, kuten putkisangat ja liukukannattimet sekä riippukannattimien standardisoidut rakenteet [21, 3]. Lisäksi primäärikannakkeisiin kuuluvat ohjaimet ja estopalat. Sekundäärikannakkeet ovat putkiston kannatuksen osia, joita ovat muun muassa ulokkeet ja portit (kuva 12).



Kuva 12. Liukukannattimen toimii kiintopisteenä, kun liukujalka hitsataan kiinni sekundäärikannakkeeseen. [27, 13.]

### 3.14.1 Riippukannake

Riippukannattimen tehtävä on kantaa putkiston kuormaa yhdestä suunnasta estäen putkiston liikkeen kuormaa pystysuuntaisesti [23, 136]. Riippukannakerakenteita käytetään pääasiassa putkistoissa, joissa lämpölaajeneminen ja dynaamiset rasitukset ovat vähäisiä [24, 1].

Kannatus menetelmä sopii erinomaisesti ahtaisiin paikkoihin kannakkeen koon puolesta. Riippukannattimia voidaan myös käyttää höyry- ja lauhderunkoputkiston lisäkannatuksena.



### 3.14.2 Kiintopiste

Kiintopiste estää putken kaiken liikkeen tukemiskohtaansa nähden (kuva 13). Kiintopisteen tarkoituksena on pitää putkia paikoillaan [21, 6]. Ohjauspisteen avulla rajoitetaan tai suunnataan putken lämpöliikkeitä haluttuun kohtaan [21, 6].

Kiintopisteiden käyttö soveltuu erinomaisesti höyry- ja lauhdeputkiston kannatus muodoksi, missä esiintyy rajuja iskumaisia kuormituksia. Esimerkkeinä voi mainita höyryputkien vesi-iskut tai venttiilin äkillisestä sulkeutumisesta tai avautumisesta aiheutuvat paineiskut.



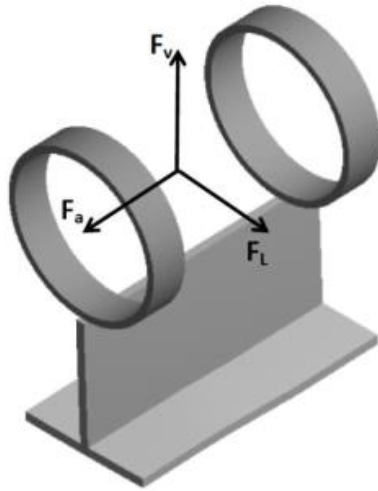
Kuva 13. Yleiskäyttöinen Hiltin MFP-UM2 kiintopiste, joka soveltuu ominaisuuksiltaan höyryputkiston kannakointiin. [25.]

### 3.14.3 Liukukannake

Höyry- ja lauhdeputkiston yleisin kannatus muoto on liukukannatus. Kannatusta voidaan käyttää eri muodoissa kiintopisteinä, aksiaalirajoittimina sekä ohjauskannattimina [26, 5].

Liukukannakkeina tulee käyttää korkeita liukukannakkeita, jotta putkiston eristystyöt voidaan toteuttaa ohjeita noudattaen (kuva 14). Kannatin kestää paremmin

lämpötiloja, kuormia ja liikkeitä. Kannatin sallii putkiston liikkeitä aksiaalisuunnassa ja kynsiohjauksella estetään liukukannakkeen irtoaminen sekundäärirakenteelta. [26, 5.]



Kuva 14. Liukukannakkeen sallittu kuormitus riippuu voiman suunnasta, kannakkeen lämpötilasta ja liukujalkojen lukumäärästä. [26, 4.]

Taulukossa 6 on esitetty yhden liukujalan sallitut kuormitukset haponkestävälle ruostumattomalle teräsputkelle. Putkiston kannakointi on toteutettava sopivilla kiintopiste- tai ohjaurakenteilla, jotka ottavat vastaan putkistoon kohdistuvia rasituksia [26, 6].

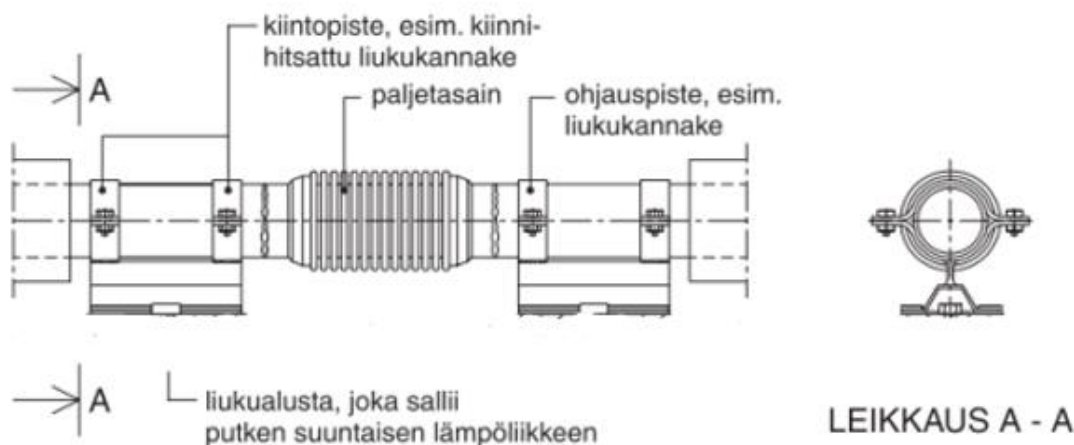
Taulukko 6.  $F_a$  on putken suuntainen,  $F_v$  on liukujalan pystysuuntainen ja  $F_L$  on liukujalan sivuttaissuuntainen voima. [26, 6.]

Taulukko 5 Materiaalille 1.4404 sallitut kuormat

Table 5 Allowable loads for material 1.4404

Putki Pipe	Putken suuntaan / Axial $F_{a,sall}$ (kN)					Pystysuuntaan / Vertical $F_{v,sall}$ (kN)					Poikittaissuuntaan / Lateral $F_{L,sall}$ (kN)				
	Lämpötila/Temperature $T$ (°C)					Lämpötila/Temperature $T$ (°C)					Lämpötila/Temperature $T$ (°C)				
DN	20	150	300	400	500	20	150	300	400	500	20	150	300	400	500
10	13,7	9,5	7,4	6,7	6,2	30,4	21,0	16,4	14,9	13,7	2,5	1,7	1,3	1,2	1,1
15	13,5	9,3	7,3	6,6	6,1	34,4	23,7	18,6	16,9	15,5	2,4	1,7	1,3	1,2	1,1
20	13,2	9,1	7,1	6,5	6,0	34,4	23,7	18,6	16,9	15,5	2,3	1,6	1,3	1,1	1,1
25	21,0	14,5	11,4	10,3	9,5	59,9	41,3	32,3	29,4	27,0	4,0	2,7	2,1	1,9	1,8
32	20,5	14,1	11,1	10,0	9,2	59,4	41,0	32,1	29,1	26,7	3,8	2,6	2,1	1,9	1,7
40	20,0	13,8	10,8	9,8	9,0	59,4	41,0	32,1	29,1	26,7	3,8	2,6	2,0	1,8	1,7
50	16,3	11,3	8,8	8,0	7,4	61,3	42,3	33,1	30,0	27,6	3,3	2,3	1,8	1,6	1,5
65	15,6	10,8	8,4	7,6	7,0	61,3	42,3	33,1	30,0	27,6	3,0	2,1	1,6	1,5	1,4
80	15,0	10,4	8,1	7,4	6,8	61,3	42,3	33,1	30,0	27,6	3,0	2,1	1,6	1,5	1,4
100	19,3	13,3	10,4	9,5	8,7	91,7	63,3	49,5	44,9	41,3	4,3	3,0	2,3	2,1	1,9
125	18,3	12,7	9,9	9,0	8,3	91,7	63,3	49,5	44,9	41,3	4,1	2,8	2,2	2,0	1,8
150	17,2	11,9	9,3	8,4	7,8	91,7	63,3	49,5	44,9	41,3	3,8	2,6	2,1	1,9	1,7

Paljetasaimien käytön yhteydessä tulee huomioida, että palkeen molemmille puolille asennetaan ohjauspisteet (kuva 15). Ohjauspisteillä estetään putken sivuttaisliike. [28, 4.]



Kuva 15. Ohjauspisteiden avulla ohjataan putken lämpöliike haluttuun suuntaan. [28, 4.]

### 3.15 Lämpölaajeneminen

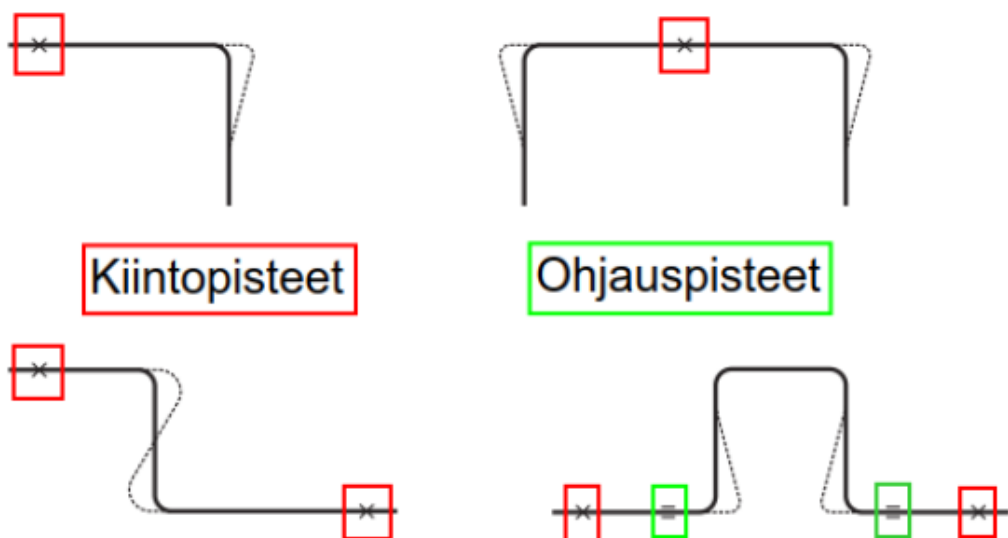
Tavallisesti höyryputkiston lämpötila on käyttötilanteessa huomattavasti korkeampi kuin prosessia käynnistettäessä. Kun höyry alkaa virrata käynnistysvaiheessa kylmään putkistoon, putki lämpenee ja pitenee. Lämpöliikkeen suuruus on tiedettävä riittävän tarkasti jokaisessa kannatus kohdassa, että kannatus voidaan toteuttaa oikein [21, 3]. Taulukossa 7 on esitetty ruostumattoman haponkestävän teräsputken lämpöpitenemä.

Höyryputkiston lämpölaajeneminen on otettava huomioon putkiston suunnittelu ja asennustyö vaiheessa. Hallitsematon lämpölaajeneminen vahingoittaa putkia, liitoksia, kannakkeita, sekä putkistoon liittyviä muita osia, kuten venttiileitä ja laippoja. [28, 1.]

Taulukko 7. Taulukon avulla voidaan selvittää ruostumattoman haponkestävän teräsputken lämpöpitenemä, kun tiedetään lämpötilan muutosalue. [21, 3.]

Materiaali Material	Lämpöpitenemä, mm/m Temperature-dependent lengthening, mm/m			
	Lämpötilan muutosalue / Alteration range of temperature			
	20...100 °C	20...200 °C	20...300 °C	20...480 °C
Hiiliteräs tai niukkaseosteinen teräs Carbon steel or unalloyed steel	1,1	2,4	3,6	6,5
Austeniittinen teräs 18/8 Austenitic steel	1,7	3,5	5,0	8,6
Kupari Copper	1,7	3,4	4,5	
Alumiini Aluminium	2,5			
Lujitemuovi Reinforced thermoplastic	2...4			
PVC	8			
Polyeteeni, HD, LD Polyethylene, HD, LD	15...30			

Putkistossa vaikuttavan lämpötilaeron ja putkimateriaalin lämpötilakertoimen avulla voidaan määrittää putken lämpölaajeneminen [20, 4]. Kun lämpölaajeneminen tiedetään riittävän tarkasti, valitaan sopiva tapa putkiston lämpölaajenemisen tasaamiseksi. Putkistossa lämpötilan muutoksesta johtuva lämpölaajeneminen voidaan tasata luonnollisilla suunnanmuutoksilla haluttuun kohtaan (kuva 16.)



Kuva 16. Putkiston lämpölaajeneminen tasataan luonnollisilla kompensoineilla kuten suunnanmuutoksilla. [28, 3.]

### 3.16 Eristys

Höyry- ja lauhdeputkiston eristuksen mitoituksessa noudatetaan RT-kortiston 50-10344, 50-10345, 84-10818 sekä standardia SFS 3977 ohjeita. Taulukoiden avulla saadaan osoitettua höyry- ja lauhdeputkiston eristuksen mitoitukset ja vaatimukset. Taulukossa 8 on esitetty höyry- ja lauhdeputkiston eristetunnus, sarja, päällyste ja sijainti.

Taulukko 8. Höyryputkisto kuuluu sarjaan 26 ja lauhdevesiputkisto sarjaan 24. [29, 2.]

Taulukko 1.  
Eristeiden käyttö, putkieristeet.

Putkisto, osa	Eriste		Päällyste LVI 50-10344	Sijainti, huomautuksia
	Tunnus LVI 50-10344	Sarja tai vähimmäispaksuus <sup>1)</sup>		
<b>Höyryjärjestelmät</b>				
Säiliöt	Bc		–	6)
Höyryputkisto	Aa, Ab	26	10	Näkyvä
Höyryputkisto	Aa, Ab, Ac	26	–	Ei näkyvä, nousukuilussa
Höyryputkisto	Aa, Ab, Ac	26	–	Ei näkyvä
Lauhdevesiputkisto	Aa, Ab	24	10	Näkyvä
Lauhdevesiputkisto	Aa, Ab	24	–	Ei näkyvä, nousukuilussa
Lauhdevesiputkisto	Aa, Ab	24	–	Ei näkyvä

Taulukossa 9 on esitetty höyry- ja lauhdeputkistolle mitoitetut eristepaksuudet sekä putkien asennus ja eristysvälit. Putkiston asennusvaiheessa on tärkeä huomioida, että putkiston asennusväli toteutetaan ohjekortteja noudattaen. Höyry- ja lauhdeputkiston eriste paksuudet ovat suuret ja ne vaativat riittävästi tilaa putkiston ympärillä.

Taulukko 9. Höyry- ja lauhdeputkiston eristepaksuudet ja asennusvälit. [31, 2.]

Taulukko 1.

Putkien eristyspaksuus  $s$  ja asennusvälit  $a$  ja  $b$  eristystilat huomioon ottaen. Mitat  $s$ ,  $a$  ja  $b$  on esitetty kuvassa 1.

Putken Halkaisija $d_u$ mm	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23			Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26		
	$s$	$a$	$b$	$s$	$a$	$b$	$s$	$a$	$b$	$s$	$a$	$b$	$s$	$a$	$b$	$s$	$a$	$b$
10 ... 49	20	90	60	30	110	70	40	130	80	50	150	90	60	170	100	80	210	120
50 ... 89	30	110	70	40	130	80	50	150	90	60	170	100	80	210	120	100	260	140
90 ... 169	40	130	80	50	150	90	60	170	100	80	210	120	100	260	140	120	300	170
170 ... 324	50	150	90	60	170	100	80	210	120	100	260	140	120	300	170	140	340	190
325 ... 714	60	170	100	80	210	120	100	260	140	120	300	170	140	340	190	160	380	210

$s$  = eristyspaksuus,  $a$  = eristettävien putkien väli,  $b$  = eristettävän putken ja rakenteen väli

Taulukossa 10 on esitetty höyry- ja lauhdeputkien tunnuksot punaisella värillä. Tunnuksien avulla saadaan selville putkistoon määrätty eristemateriaali, joka on mineraalivillakouru.

Taulukko 10. Höyry- ja lauhdeputkiston eriste materiaali on mineraalivillakouru. [30, 2.]

Taulukko 1.

Talotekniset eristeet ja niiden tunnuksot. Taulukossa rasteroidulla alueella olevat tekniset ominaisuudet pätevät koko pääluokan osalla, ellei jonkin tuotteen kohdalla ole toisin merkitty.

Tunnus	Tunnus SFS 3976	Tuote	Tuote-ominaisuudet	Pää-asiallinen käyttökohde *)	Tuoteominaisuudet	Lämmönjohtavuus $\lambda$ W/mK keskilämpötilassa				Nimellistiheys kg/m <sup>3</sup>	Palominaisuus	Sulamislämpötila °C	Huom! t <sub>1</sub> = eristettävän kohteen sisällön lämpötila
						0 °C	10 °C	50 °C	100 °C				
Aa	K	mineraalivillakouru	päälystämätön	LE	500	–	0,035	0,040	0,045		A2-s1, d0		
	K 4.1	lasivillakouru								40		680	
	K 5.1	vuori-/kivivillakouru		PE	750					80		1100	
Ab	S	mineraalivillakouru	alumiinilaminaatti	LE	250	–	0,035	0,040	0,045		B-s1, d0		Pääli. +80 °C
		vuori-/kivivillakouru								80		1100	
		lasivillakouru								40		680	
Ac	S	mineraalivillakouru	alumiinilaminaatti suljin	LE KE	250	–	0,035	0,040	0,045		B-s1, d0		Pääli. +80 °C Suljin +60 °C t <sub>1</sub> ≥ +5 °C

\* Selitys LE = lämmöneriste

PE = paloneriste. Paloneristeellä on oltava tyyppihyväksyntä tai sen on voitava jollakin muulla luotettavalla tavalla osoittaa täyttävän paloneristeelle asetettavat vaatimukset.

ÄE = ääneneriste

KE = kondenssineriste

Myös höyry- ja lauhdeputkiston laitteiden, kuten venttiileiden ja laippaliitosten eristäminen tulee ottaa huomioon. Niiden pintasuojaus on syytä toteuttaa avattavilla koteloilla kunnossapitoa ja tarkastuksia varten. Vesitys- ja ilmanpoistohaarat, joissa on tarvetta tehostaa alijäähdytystä, jätetään eristämättä toiminnallisista syistä. Kuumien pintojen suojaaminen työturvallisuussyistä suojaeristyksellä on kuitenkin huomioitava. [7.]

Taulukossa 11 esitetään eristeen päälystemateriaali. Päälystemateriaali kuumasinkitty ohutlevyteräs tulee eristemateriaalin päälle. Tunnus 10 on kuumasinkitty ohutlevyteräs. [30, 4.]

Taulukko 11. Höyry- ja lauhdeputkiston eriste päällystetään kuumasinkityllä ohutlevyteräksellä. [30, 4.]

Taulukko 2.  
Yleisimmät taloteknisten eristeiden päällysteet.

Tunnus	Tunnus SFS 3976	Päällysteen materiaali	Tiheys kg/dm <sup>3</sup>	Lujuus R <sub>EL</sub> tai R <sub>p</sub> N/mm <sup>2</sup>	Pinnan emissii- visyys	Vähimmäis- paksuus mm	Pinta- ala- massa kg/m <sup>2</sup>	Huomi t = käyttölämpötila
10	P 1	Kuumasinkitty ohutlevyteräs SFS-EN 10142	7,85	265	0,3	0,5 <sup>1)</sup> 0,6 <sup>1)</sup>	3,9 4,7	Znk 275g/m <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Levyn paksuus sinkkikerros mukaan luettuna

<sup>2)</sup> Levyn paksuus sinkkikerros mukaan luettuna, ilman muovipinnoitetta

<sup>3)</sup> Muotolevyn pinta-alamassa on ilmaistu levyn peittävää pinta-alayksikköä kohden

<sup>4)</sup> Käytetään erittäin vaativissa korroosio-olosuhteissa. Kuviopakotettuna levyn paksuus on 0,40 mm.

## 4 Putkistovarusteet

Putkistovarustelulla tarkoitetaan esimerkiksi sulkuventtiilejä, suodattimia, määrämittareita ja varolaitteita. Painelaitteikäyttöön soveltuvien putkistovarusteiden on täytettävä painelaitedirektiivin 2014/68/EU (PED) tekniset vaatimukset.

Putkistovarusteet tulee sijoittaa paikkoihin, joissa kunnossapidon vaatimukset täyttyvät. Kunnossapidon ja korjaustöiden yhteydessä putkistovarusteet tulee saada irrotettua ja vaihdettua niin, että työskentely ei aiheuta välitöntä vaaraa kunnossapidon henkilöstölle.

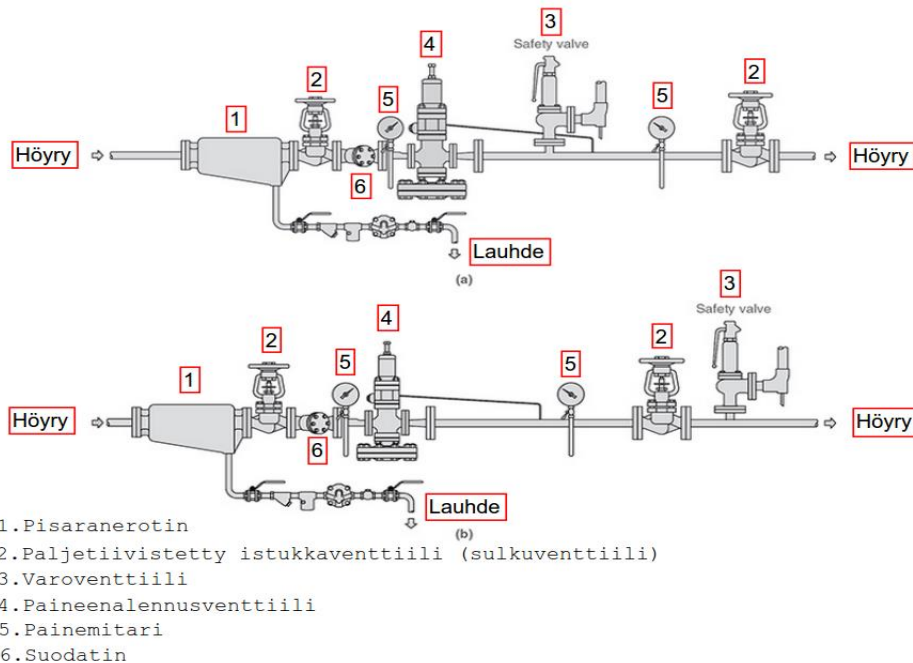
### 4.1 Istukkaventtiili

Höyry- ja lauhdeverkoston sulkuventtiileinä käytetään istukkaventtiileitä tai luisinventiileitä. Venttiilin tehtävänä on sulkea aineen virtaus verkostossa. Venttiilin toiminto perustuu erinomaiseen tiiveyteen korkeissa paineissa ja lämpötiloissa.

Tämä on tarpeen esimerkiksi huollon ja korjaustöiden yhteydessä. Huollettavat laitteet varustetaan aina sulkuventtiileillä sekä höyryverkosto tulee olla erotettavissa sukuventtiilillä höyrykattilasta. Höyryverkostossa käytetään hitsattavia- tai laipallisia paljettiivisteisiä istukka- tai luisinventiileitä. [32.]

## 4.2 Varoventtiili

Höyry- ja lauhdejärjestelmissä varoventtiilit ovat toiminnaltaan jousikuormitteisia tai venttiileitä ohjataan apulaitteilla. Varoventtiin tehtävänä on suojata höyryjärjestelmän mitoitusoloja korkeimmilta paineilta (kuva 17). Järjestelmän varoventtiileiden asennuskohteita ovat höyryverkoston osat, joiden käyttöpainne on muuta verkoston painetta alhaisempi. [33.]



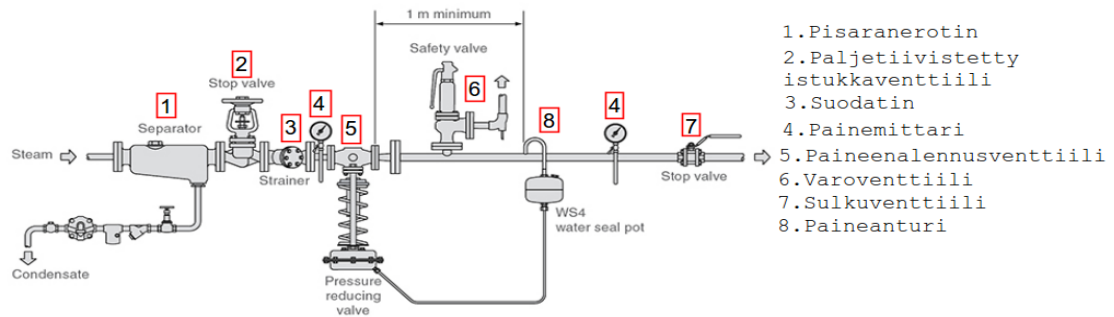
Kuva 17. Höyryverkostossa varoventtiili voidaan asentaa paineenalennusasemalle ennen sulkuventtiiliä kuten kuvassa (a), tai sulkuventtiin jälkeen kuin kuvassa (b). [33.]

## 4.3 Paineenalennusventtiili

Höyrynpainetta alentavaa säätöventtiiliä kutsutaan paineenalennusventtiiliksi. Sitä tarvitaan johdettaessa höyryä korkeampipaineisesta putkistosta matalampi-paineeseen.

Paineenalennusventtiileiden tehtävä on pudottaa järjestelmän paine ennalta haluttuun paineeseen niin, että venttiin asennetaan paine, joka halutaan olevan putkiston toisiopuolella. Kuvassa 18 on esitetty paineenalennusventtiiliasema. [34.]



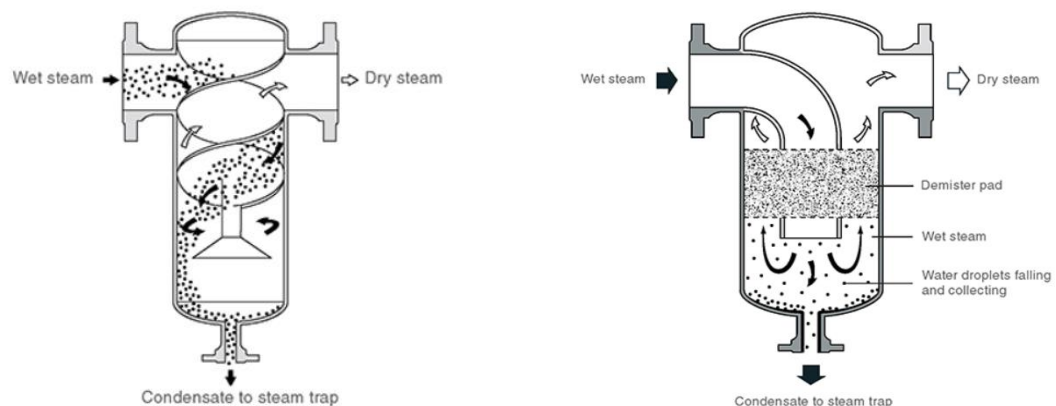


Kuva 18. Paineenlennusventtiiliasemaan kuuluvat komponentit ja niiden oikea järjestys putkistossa. [34.]

#### 4.4 Lauhteenerotin

Höyryprosesseissa on ehdottoman tärkeää, että höyry on mahdollisimman kuivaa. Lauhteenerottimella varmistetaan kosteuden ja putkessa virtaavan lauhteen poistuminen höyrystä. Höyry laajenee vedenerottimen sisällä, virtausnopeus pienenee ja vesipisarat valuvat alas lauhteenpoistimelle.

Lauhteenerottimia tulee käyttää ennen höyrymäärän mittareita, sterilointilaitteita, säätöventtiileitä. Kuvassa 19 on esitetty kahden tyypillisimmän lauhteenerottimen toimintaperiaatteet. Lauhteenerottimia kutsutaan myös pisaranerottimiksi, separattoreiksi tai höyrykuivaimiksi. [35.]

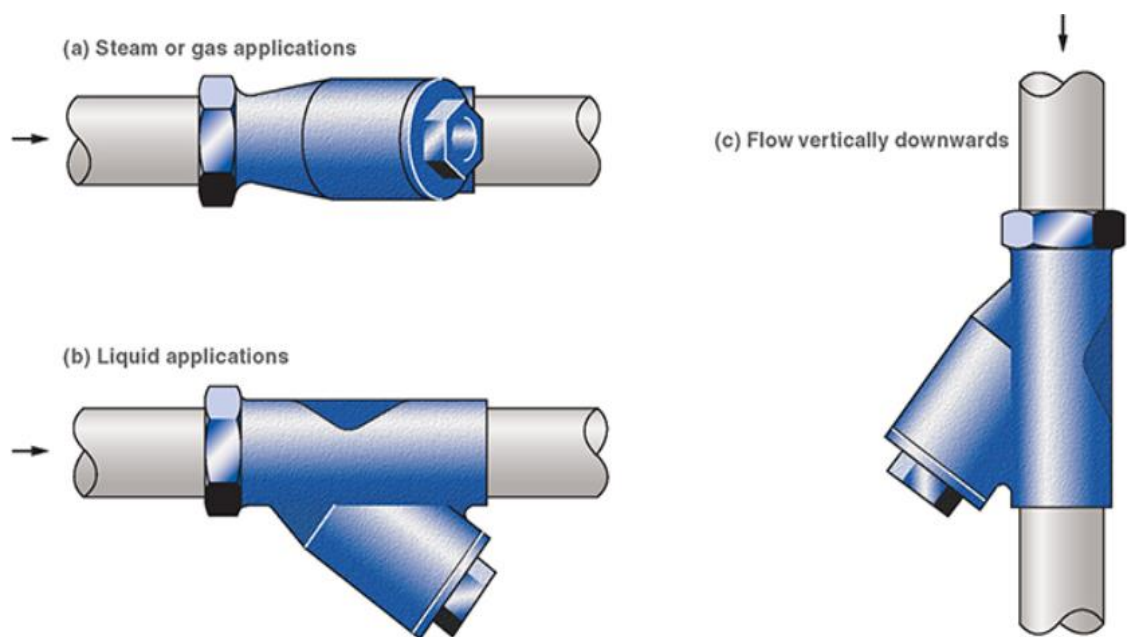


Kuva 19. Lauhteenerottimella vesipisarat voidaan poistaa joko törmäyslevyihin perustuvalla tekniikalla tai keskipakovoimaa hyväksikäyttäen kairatekniikkaan perustuvilla lauhteenerottimilla. [35.]

## 4.5 Lianerotin

Lianerotin eli suodatin erottaa lauhteesta sekä höyrystä mekaanisia epäpuhtauksia (kuva 20). Se sijoitetaan säätöventtiiliin, pumpun, lauhteenpoistimen tai muun laitteen eteen estämään epäpuhtauksien aiheuttamia häiriöitä.

Lianerottimina käytetään roskasihtejä, jolla kerätään putkistossa liikkuvan ainevirran mukana kulkeva epäpuhtaus. Lianerottimen asennuksessa tulee huomioida, että suodatin osa tulee höyryn virtaus suuntaan nähden oikein päin. [36.]

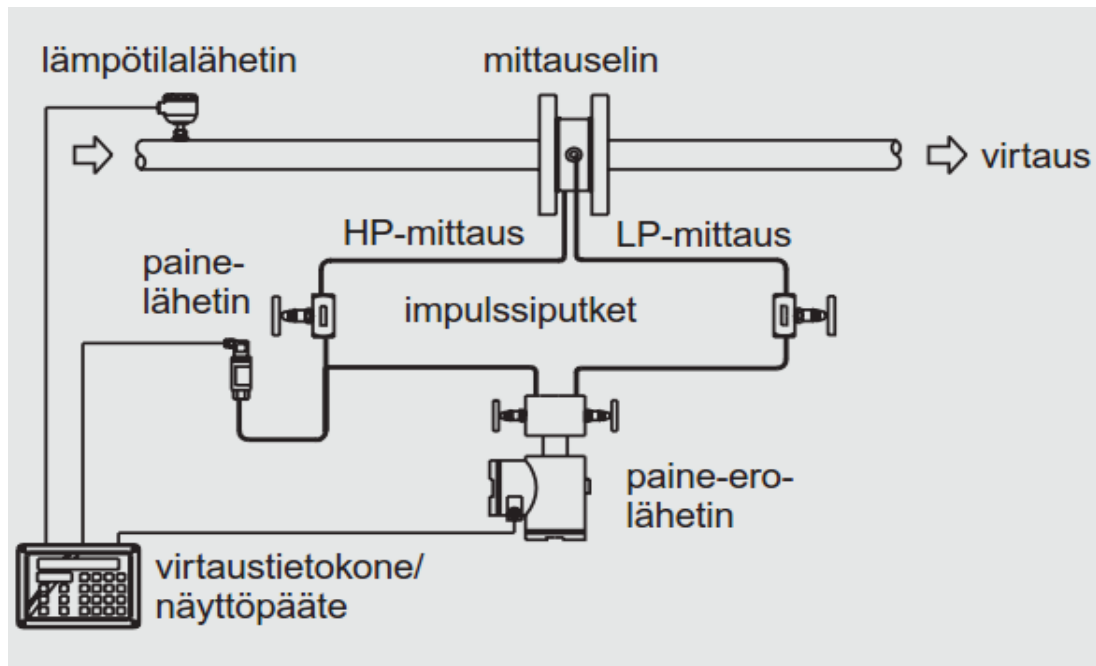


Kuva 20. Suodattimen oikeat asennot (a) höyrylle, (b) nesteelle ja (c) virtaus pystysuoraan alaspäin. [36.]

## 4.6 Hörymäärän mittalaitteet

Hörymäärän mittaaminen on tarpeen kokonaiskulutuksen ja kulutusjakautuman selvittämiseksi (kuva 21). Mittauksella selvitetään myös kulutuksen jakaantuminen eri osastojen ja höyryä kuluttavien laitteiden kesken.

Höyrymittari asennetaan niin, että mittarille tulee mahdollisimman korkealaatuista kuivaa höyryä. Tämä varmistetaan asentamalla lauhteenerotin ennen mittaria, jossa on lauhteenpoisto, sulkuventtiili ja roskasihti. [18, 234.]

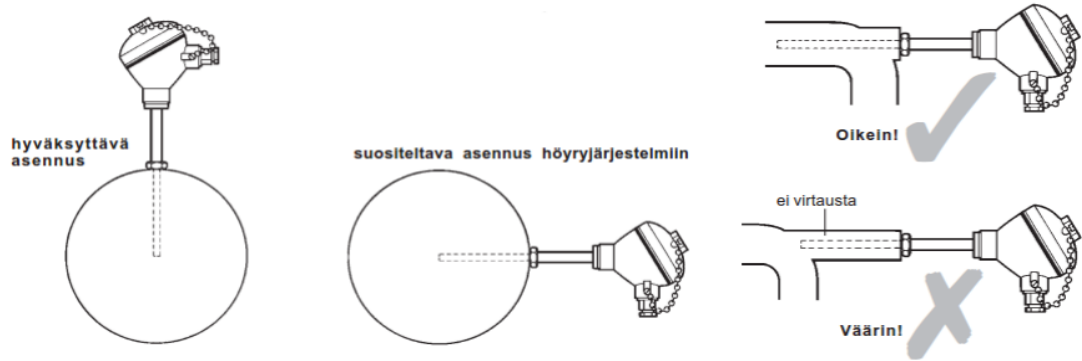


Kuva 21. Periaatekaavio höyrymäärämittausyksiköstä. [18, 234.]

#### 4.7 Lämpötila-anturi

Lämpötila-antureiden asentamisessa tulee ottaa huomioon anturin oikea asento (kuva 22). Anturi tulee asentaa putkilinjassa kohtaan, missä on varmasti höyryn virtausta.

Höyryjärjestelmissä suositellaan vaakasuoraa asentoa mittarille, että sähkökotelo ei yli kuumenisi liikaa. Myös pystysuuntainen asento on anturille hyväksytty asennustapa. Kaikki anturit ja suojataskut on valmistettu haponkestävästä teräksestä. [37.]

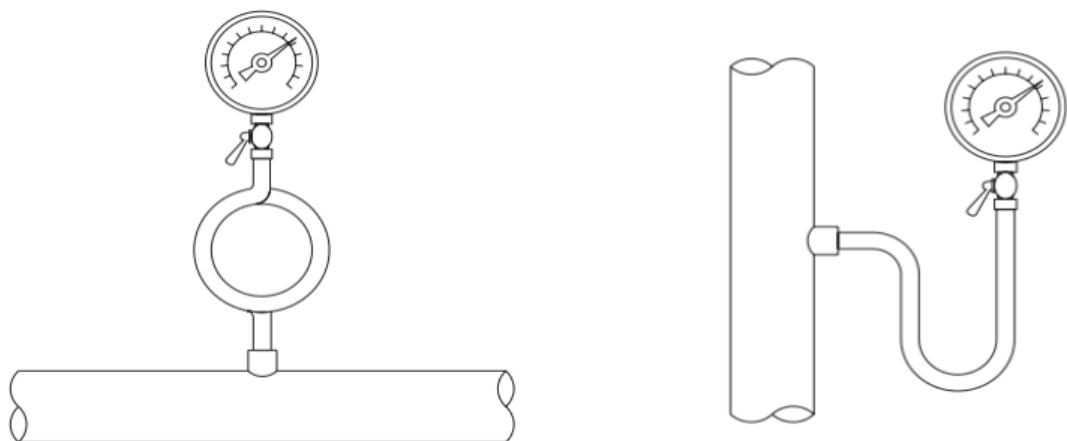


Kuva 22. Lämpötila-antureiden oikeat asennot putkistossa. [37.]

#### 4.8 Painemittarin suojataskut

Painemittarin taskuna tulee käyttää vesilukkoputkia (kuva 23). Vesilukkoputket suojaavat painemittareita niin, ettei höyryputkiston kuuma höyry pääse suoraan painemittariin. Paine välittyy vesilukkoputkistossa olevan nesteen välityksellä.

Vesilukkoputki täytetään jäähdyttävällä erotusnesteellä ennen höyryputkiston käyttöönottoa. U-muotoiset vesilukkoputket on tarkoitettu vaakatasossa tapahtuvaan painemittaukseen ja O-muotoiset vesilukkoputket on tarkoitettu pystysuorassa tapahtuvaan painemittaukseen. [38.]



Kuva 23. Vesilukkoputkien oikeat asennot putkistossa. [38.]

## **5 Pohdinta**

Opinnäytetyön aihe osoittautui todella laajaksi ja ongelmaksi muodostui aihealueen rajaus. Työn sisältö oli mietittävä tarkasti, että aihealueet olisivat selkeitä ja helposti ymmärrettäviä

Työhön löytyi monipuolisesti lähdemateriaalia, jonka perusteella työn runko muodostui. Lisäksi haastateltavilta henkilöiltä tullut kokemuseräinen tieto auttoi ymmärtämään järjestelmän kokonaisuutta.

### **5.1 Laadun varmistaminen**

Höyry- ja lauhdejärjestelmän toiminnan varmistamisen edellytyksiä ovat, että höyry- ja lauhdeputkisto on suunniteltu ja mitoitettu höyryn käyttökohteen tarpeiden mukaiseksi. Putkistourakoitsija toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla suunnitelmien mukaisen verkoston ja varmistaa putkiston toimivuuden painelaitteille laadittujen tarkastuksien ja testauksien mukaisesti.

Painelaite käyttöön tarkoitettujen materiaalejen on täytettävä painelaitedirektiivin tekniset vaatimukset. Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien tulee täyttää lainsäädännön asettamat vaatimukset ja ne eivät saa aiheuttaa vaaraa kenenkään terveydelle, turvallisuudelle eikä omaisuudelle. Putkistourakoitsijalla ja suunnittelijalla on suuri vastuu painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien toteutuksessa, että järjestelmä täyttää lainsäädännön asettamat vaatimukset.

### **5.2 Opinnäytetyön lopputulos**

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi kattava höyry- ja lauhdejärjestelmien käsikirja Consti Talotekniikka Oy:n käyttöön. Käsikirjan tarkoitus on toimia ohjeistavana dokumenttina höyry- ja lauhdejärjestelmien toteutuksessa. Lisäksi työstä saatavia tietoja voidaan hyödyntää erilaisien ongelmatilanteiden ratkaisuissa.

Korkean hygienian vaativan sairaalan höyry- ja lauhdejärjestelmän toteutus vaatii ammattitaitoista ja päämäärätietoista työskentelyä sekä ymmärrystä prosessin kulusta. Putkistourakoitsijan työnjohdon tulee järjestelmällisesti seurata asennustöiden laatua ja jopa kyseenalaistaa, jos asennuksissa on huomioita herättäviä kysymyksiä. Pienetkin puutteet ja virheet ovat kalliita, jos ne ilmenevät putkiston käyttöönoton jälkeisessä vaiheessa.

Laitehankintojen yhteydessä on hyvä hyödyntää ammattitaitoisten laitetoimittajien tietotaitoa. Laitetoimittajat eivät halua, että laitteet asennetaan virheellisesti. Virheellisten asennuksien korjaaminen lisää aina kustannuksia.

Opinnäytetyö prosessi kasvatti ammatillista osaamistani paljon. Teollisuusputkistoihin luokiteltavan höyry- ja lauhdejärjestelmän ammatillinen tietotaito ja ymmärrys prosessin kulusta ovat tärkeä tekijä tulevaisuudessa. Opinnäytetyöhön liittyvän aineiston etsiminen ja lukeminen auttoivat ymmärtämään järjestelmälle asetettuja vaatimuksia ja lainsäädäntöjä.

### **5.3 Opinnäytetyön jatkotutkimus**

Opinnäytetyön jatkotutkimuksena voisi syventyä höyryjärjestelmien mittausten suunnitteluun. Höyry- ja lauhdejärjestelmien toiminta edellyttää mittauksia. Mitattavia suureita ovat höyryn lämpö, paine ja virtausmittaukset. Mitattavia suureita tulee tarkastella kokonaisuutena. Mittausten avulla voidaan varmistaa järjestelmän toiminallisuus.

Energiamittareiden avulla voidaan seurata höyryn keskimääräistä kulutusta. Jos energiamittareita lisätään useampaan höyryverkoston haarakohtaan, mittareiden avulla voidaan saada selville myös höyryjärjestelmien vuotokohdat. Laitoshuoltajien on helpompi paikallistaa vuotokohdat ja tehdä tarvittavat korjaustoimenpiteet.

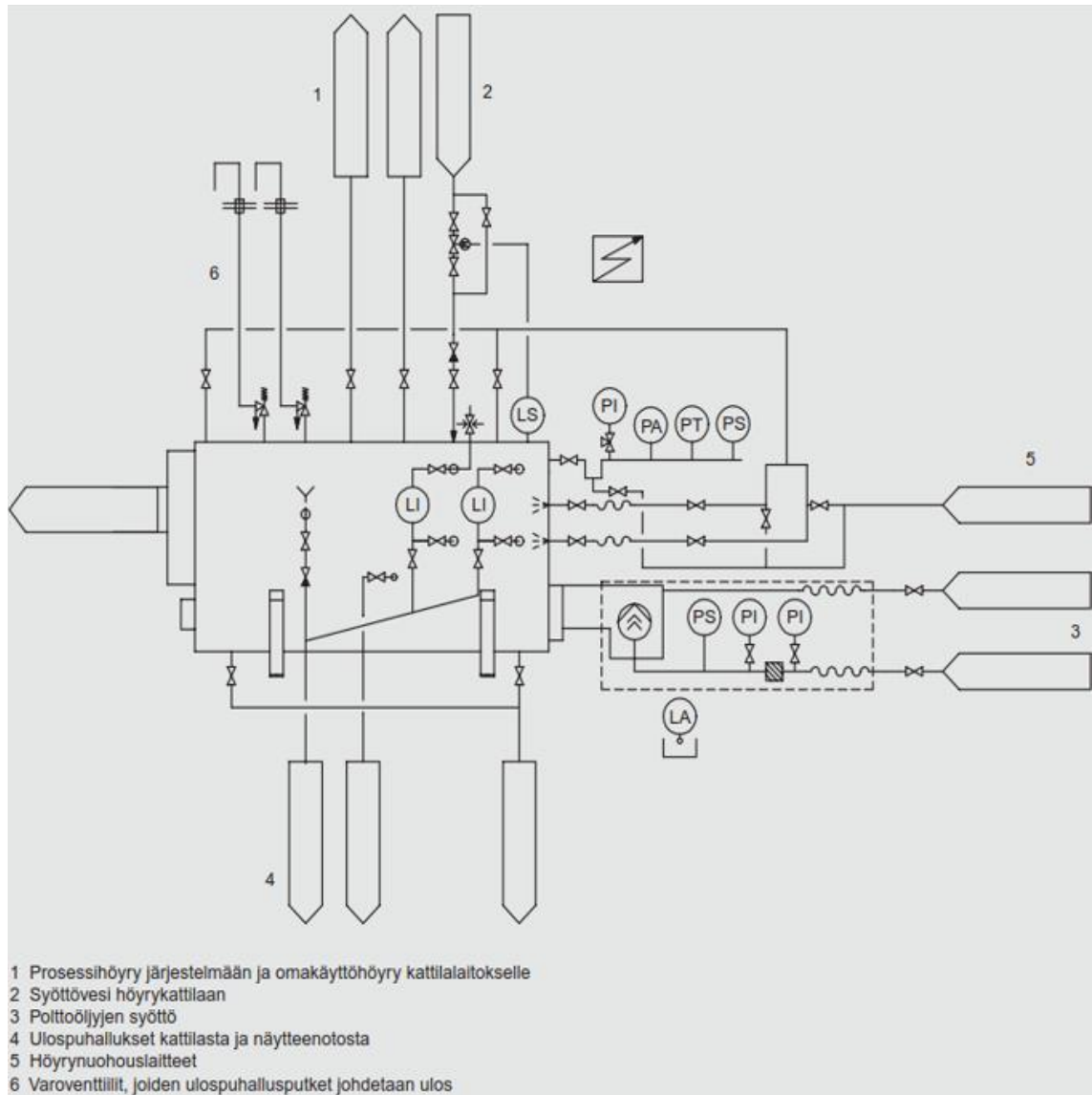
## Lähteet

1. Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5 uudistettu painos. Edita opetushallitus. ISBN 951-37-3360-2.
2. Hirvinen, K. Höyrysterilointi. Välinehuolto. 2017. [Viitattu 20.11.2019.] Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/vlh00136/do>
3. SFS-EN ISO 17665-1. Terveydenhuollon tuotteiden sterilointi. Höyry. Osa 1: Sterilointiprosessin kehittämisen, validoinnin ja rutiinivalvonnan vaatimukset.
4. Tukes. [Viitattu 10.1.2020]. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/painelaitteet/painelaitteen-suunnittelu-ja-valmistus>
5. Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016. [Viitattu 1.3.2020]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161548>
6. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU. [Viitattu 20.3.2020]. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068>
7. Spirax Sarco. Höyry- ja lauhdejärjestelmien suunnittelu. Opas.
8. Motiva. Luettu 7.3.2020. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki\\_julkaisut/ohjeistus\\_hoyryn\\_ja\\_lauhteen\\_siirtojarjestelmien\\_kaytto- ja\\_kunnossapitohenkilostolle.9236.shtml](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/ohjeistus_hoyryn_ja_lauhteen_siirtojarjestelmien_kaytto- ja_kunnossapitohenkilostolle.9236.shtml)
9. Spirax Sarco MFP14-PPU PDF-Technical information. Luettu 25.3.2020. Saatavissa: <https://www.spiraxsarco.com/global/en-FI/search-results?q=mfp14>
10. Spirax Sarco EVC Exhaust Vapor Condenser PDF-Technical information. Luettu 25.3.2020. Saatavissa: <https://www.spiraxsarco.com/global/en-FI/search-results?q=evc>
11. SFS-EN 13480-2. 2017+A1:2018+A2:2018+A3:2018. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 2. Materiaalit. Metalliteollisuudenstandardisointiyhdistys. [Viitattu 7.11.2019].
12. Spirax Sarco Ltd. 2020, Steam mains and drainage. Luettu 6.1.2020. Saatavissa: <https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/steam-distribution/steam-mains-and-drainage#article-top>
13. Spirax Sarco Ltd. 2020, Check valves. Luettu 7.3.2020. Saatavissa: <https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/pipeline-ancillaries/check-valves>
14. SFS-EN ISO 9606-1. 2017. Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1. Teräkset. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys.
15. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista. 1999. 938/1999. [Viitattu 4.16.2020]
16. SFS-EN ISO 5817. 2014. Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys.
17. SFS-EN 13480-4:2017 Metalliset teollisuusputkistot. Osa 4. Valmistus ja asennus.

18. Talotekniikan RYL 2002 Osa 1. G6 Höyryjärjestelmät.
19. SFS-EN 13480-5:2017 Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5. Tarkastus ja testaus.
20. DEKRA Industrial Oy. NDT, Rikkomaton aineenkoetus. Luettu 23.3.2020. Saatavissa:  
<https://www.dekra.fi/palvelut/ainetta-rikkomaton-testaus-ndt>
21. PSK Standardisointi, PSK 7302. 2 Painos. Putkiston kannatus. Kanna-kestandardien käyttö. [Viitattu 6.2.2020].
22. Putkistojen ja kanavien kannakointi. RT 84-10818. LVI 12-10370 ohjetiedosto. Maaliskuu 2004.
23. SFS-EN 13480-3. 2017. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3. Suunnittelu ja laskenta. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys. [Viitattu 5.11.2020].
24. PSK Standardisointi, PSK 7340. 2 Painos. Putkiston kannatus. Riippukanakkeet. Rakenteet. [Viitattu 3.2.2020].
25. Hilti kiintopisteet ja liukuelementit. Luettu 4.2.2020. Saatavissa:  
[https://www.hilti.fi/c/CLS\\_INSTALLATION\\_SYS\\_7134/CLS\\_GALVANIZED\\_PRODUCTS\\_7134/CLS\\_GALVANIZE\\_FIXED\\_POINTS\\_SLIDERS\\_7134/r10257499?itemCode=2238273#nav%2Fclose](https://www.hilti.fi/c/CLS_INSTALLATION_SYS_7134/CLS_GALVANIZED_PRODUCTS_7134/CLS_GALVANIZE_FIXED_POINTS_SLIDERS_7134/r10257499?itemCode=2238273#nav%2Fclose)
26. PSK Standardisointi, PSK 7323. 2 Painos. Putkiston kannatus. Liukukannatin korkea. [Viitattu 2.2.2020].
27. Hilti tekninen esite MIQ systems. Luettu 4.2.2020. Saatavissa:  
[https://www.hilti.fi/content/hilti/E1/FI/fi/engineering/design-center/modular-support-systems/typical-applications/piping-solutions/mi\\_miq-system.html](https://www.hilti.fi/content/hilti/E1/FI/fi/engineering/design-center/modular-support-systems/typical-applications/piping-solutions/mi_miq-system.html)
28. Putkistojen lämpölaajeneminen. LVI 12-10330.
29. Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. LVI 50-10345.
30. Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. LVI 50-10344.
31. Putkistojen ja kanavien kannakointi. RT 84-10818. LVI 12-10370 ohjetiedosto.
32. Spirax Sarco Ltd. 2020, Isolation valves linear movement. Luettu 15.1.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/pipeline-ancillaries/isolation-valves---linear-movement#article-top>
33. Spirax Sarco Ltd. 2020, Safety valves. Luettu 25.1.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/safety-valves/safety-valves>
34. Spirax Sarco Ltd. 2020, Pressure control applications. Luettu 25.1.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/control-applications/pressure-control-applications>
35. Spirax Sarco Ltd. 2020, Separator. Luettu 5.2.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/pipeline-ancillaries/separators>
36. Spirax Sarco Ltd 2020, Strainers. Luettu 5.2.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/pipeline-ancillaries/strainers#article-top>
37. Spirax Sarco EL2270 lämpötila anturin asennus- ja huolto- ohje PDF-Technical information. Luettu 12.3.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/global/en-FI/search-results?q=+EL2270>



38. Spirax Sarco BSP Pressure Gauge with Syphon and Cock PDF-Technical information. Luettu 19.3.2020. Saatavissa:  
<https://www.spiraxsarco.com/global/en-FI/products/pipeline-ancillaries/pressure-and-temperature-gauges>



Kuva 1. Periaatekaavio höyrykattilalaitoksesta. [18, 234.]

# Kylläisen Höyryn Höyrytaulukko

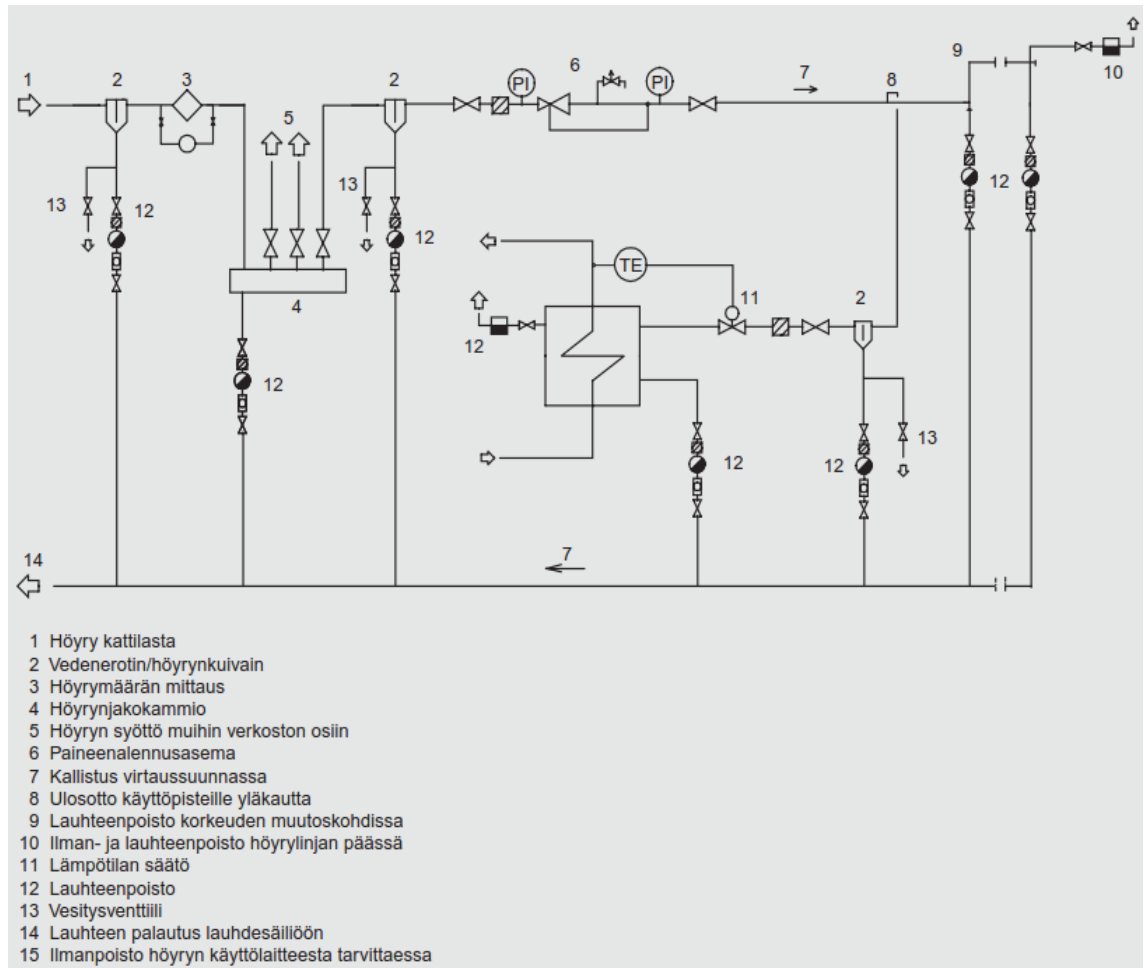
bar	paino	kPa	lämpötila °C	nestelämpö kJ/kg	höyrystislämpö kJ/kg	kokonais- lämpösisältö kJ/kg	tiivius m <sup>3</sup> /kg
0,30		30,0	69,10	289,23	2336,1	2625,3	5,229
0,50	abs	50,0	81,33	340,49	2305,4	2645,9	3,240
0,75		75,0	91,78	384,39	2278,6	2663,0	2,217
0,95		95,0	98,20	411,43	2261,8	2673,2	1,777
0	mittari	0	100,00	419,04	2257,0	2676,0	1,673
0,10		10,0	102,66	430,2	2250,2	2680,2	1,533
0,20		20,0	106,10	440,8	2243,4	2684,2	1,414
0,30		30,0	107,39	450,4	2237,2	2687,6	1,312
0,40		40,0	109,55	459,7	2231,3	2691,0	1,225
0,50		50,0	111,61	468,3	2225,6	2693,9	1,149
0,60		60,0	113,56	476,4	2220,4	2696,8	1,088
0,70		70,0	115,40	484,1	2215,4	2699,5	1,024
0,80		80,0	117,14	491,6	2210,5	2702,1	0,971
0,90		90,0	118,80	498,9	2205,6	2704,5	0,923
1,00		100,0	120,42	505,6	2201,1	2706,7	0,881
1,10		110,0	121,96	512,2	2197,0	2708,2	0,841
1,20		120,0	123,46	518,7	2192,8	2711,5	0,806
1,30		130,0	124,90	524,6	2188,7	2713,3	0,773
1,40		140,0	126,28	530,5	2184,8	2715,3	0,743
1,50		150,0	127,62	536,1	2181,0	2717,1	0,714
1,60		160,0	128,89	541,6	2177,3	2718,9	0,689
1,70		170,0	130,13	547,1	2173,7	2720,8	0,665
1,80		180,0	131,37	552,3	2170,1	2722,4	0,643
1,90		190,0	132,54	557,3	2166,7	2724,0	0,622
2,00		200,0	133,69	562,2	2163,3	2725,5	0,603
2,20		220,0	135,88	571,7	2156,9	2728,6	0,568
2,40		240,0	138,01	580,7	2150,7	2731,4	0,536
2,60		260,0	140,00	589,2	2144,7	2733,9	0,509
2,80		280,0	141,92	597,4	2139,0	2736,4	0,483
3,00		300,0	143,75	605,3	2133,4	2738,7	0,461
3,20		320,0	145,46	612,9	2128,1	2741,0	0,440
3,40		340,0	147,20	620,0	2122,9	2742,9	0,422
3,60		360,0	148,84	627,1	2117,8	2744,9	0,405
3,80		380,0	150,44	634,0	2112,9	2746,9	0,389
4,00		400,0	151,96	640,7	2108,1	2748,8	0,374
4,50		450,0	155,55	656,3	2096,7	2753,0	0,342
5,00		500,0	158,92	670,9	2086,0	2756,9	0,315
5,50		550,0	162,08	684,6	2075,7	2760,3	0,292
6,00		600,0	165,04	697,5	2066,0	2763,5	0,272
6,50		650,0	167,83	709,7	2056,8	2766,5	0,255
7,00		700,0	170,50	721,4	2047,7	2769,1	0,240
7,50		750,0	173,02	732,5	2039,2	2771,7	0,227
8,00		800,0	175,43	743,1	2030,9	2774,0	0,215
8,50		850,0	177,75	753,3	2022,9	2776,2	0,204
9,00		900,0	179,97	763,0	2015,1	2778,1	0,194
9,50		950,0	182,10	772,5	2007,5	2780,0	0,185
10,00		1000,0	184,13	781,6	2000,1	2781,7	0,177
10,50		1050,0	186,06	790,1	1993,0	2783,3	0,171
11,00		1100,0	188,02	798,8	1986,0	2784,8	0,163
11,50		1150,0	189,82	807,1	1979,1	2786,3	0,157
12,00		1200,0	191,68	815,1	1972,5	2787,6	0,151
12,50		1250,0	193,43	822,9	1965,4	2788,8	0,148
13,00		1300,0	195,10	830,4	1959,6	2790,0	0,141
13,50		1350,0	196,62	837,9	1953,2	2791,1	0,136
14,00		1400,0	198,35	845,1	1947,1	2792,2	0,132
14,50		1450,0	199,92	852,1	1941,0	2793,1	0,128
15,00		1500,0	201,45	859,0	1935,0	2794,0	0,124
15,50		1550,0	202,92	865,7	1928,8	2794,9	0,119
16,00		1600,0	204,38	872,3	1923,4	2795,7	0,117
17,00		1700,0	207,17	885,0	1912,1	2797,1	0,110
18,00		1800,0	209,90	897,2	1901,3	2798,5	0,105
19,00		1900,0	212,47	909,0	1890,5	2799,5	0,100
20,00		2000,0	214,96	920,3	1880,2	2800,5	0,0994
21,00		2100,0	217,35	931,3	1870,1	2801,4	0,0968
22,00		2200,0	219,65	941,9	1860,1	2802,0	0,0968
23,00		2300,0	221,85	952,2	1850,4	2802,6	0,0832
24,00		2400,0	224,02	962,2	1840,9	2803,1	0,0797
25,00		2500,0	226,12	972,1	1831,4	2803,5	0,0768
26,00		2600,0	228,15	981,6	1822,2	2803,8	0,0740
27,00		2700,0	230,14	990,7	1813,3	2804,0	0,0714

Kuva 2. Kylläisen höyryn höyrytaulukko. [7, 19.]

Taulukko 1: Höyryputken mitoitustaulukko kyläiselle höyrylle nopeuden mukaan kg/h

paine bar	nopeus m/s	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	125 mm	150 mm
0.4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1457
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303
0.7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145	1575
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1108	1712	2417
1.0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160	1660
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500
2.0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1580
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755	2520
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2925	4175
3.0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505	2040
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1580	2480	3440
	40	41	87	157	250	375	595	1025	1460	2540	4050	5940
4.0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1166	1685	2460
	25	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925	4225
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940	7050
5.0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400	7870
6.0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525	3400
	25	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250	6175
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475	9445
7.0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1815	2765	3990
	25	49	114	190	288	450	785	1205	1750	3025	4815	6900
	40	76	177	303	455	690	1210	1865	2520	4585	7560	10880
8.0	15	32	70	126	190	285	475	800	1125	1990	3025	4540
	25	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220	7120
	40	84	192	327	510	730	1370	2065	3120	5135	8395	12470
10.0	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995	5860
	25	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295	8995
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880	14390
14.0	15	50	121	205	310	465	810	1270	1870	3220	5215	7390
	25	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500	12560
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050	18630

Kuva 3. Höyryputken mitoitustaulukko kyläiselle höyrylle nopeuden mukaan kg/h. [7, 20.]



Kuva 4. Periaatekaavio höyry- ja lauhdeverkostosta. [18, 239.]