



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Farid Amiri

# Levylämmönsiirtimien, venttiilien ja pumppujen tyypit, materiaalit ja sovelluskohteet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

01.06.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Farid Amiri Levylämmönsiirtimien, venttiilien ja pumppujen tyypit, materiaalit ja sovelluskohteet 36 sivua 01.06.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	RAU-suunnittelija Mika Wiisak yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Insinöörityön tavoitteena oli tutkia, mitä kaikkea LVI-laitteiden laitekokonaisuuksien komponenteista pitää ottaa huomioon laitevalinnan aikana. Tässä työssä laitekokonaisuudeksi katsotaan tutkittava LVI-laite, sen voimansiirtoakseli ja voimansiirtoakselin toisessa päässä oleva voimaa tuottava toimilaite.</p> <p>Aloittelevan LVI-suunnittelijan suunnitellessa laitetta työkohteensa järjestelmään, huomioi hän yleensä vain tarvittavan mitoituksen laitteen koolle. Uudelta suunnittelijalta unohtuu huomioida laitteiden muut ominaisuudet, jotka vaikuttavat oleellisesti laitteen oikeaan toimivuuteen. Työn tarkoituksena on auttaa uusia LVI-suunnittelijoita ymmärtämään, mitä kaikkia laiteteknisiä ominaisuuksia laitekokonaisuuksien komponenteissa on syytä ottaa huomioon, kun ollaan valitsemassa tuotetta tai hyväksymässä tuotetta.</p> <p>Työssä tutkittavat laitteet on rajattu levylämmönsiirtimeen sekä erityyppisiin venttiileihin ja pumppuihin ja niiden toimilaitteisiin. Työssä ei käsitellä muita nestelämmönsiirrintyyppisiä, sillä levylämmönsiirtimet ovat erinomaisen hyötysuhteensa vuoksi lähes syrjäyttäneet kaikki muut lämmönsiirtimet. Lisäksi työssä ei keskitytä laitteiden mitoituksiin tai tarvittaviin merkintöihin, kuten CE-merkintään.</p> <p>Insinöörityössä tietoa hankittiin pääsääntöisesti isoimpien laitevalmistajien puhelinhaastattelulla, tuote-esitteillä, oppikirjoilla, sekä SFS-standardeilla. Tämän työn avulla uusi suunnittelija pystyy paremmin hahmottamaan LVI-laitteen laitekokonaisuutta, ja niihin liittyviä materiaalivalintoja. Tätä työtä voi käyttää myös eräänlaisena muistutuslistana, kun urakoitsija lähettää listan tarkastettavista LVI-laitteista.</p>	
Avainsanat	laitekokonaisuus, levylämmönsiirrin, venttiilit, pumput, käyttölaite, voimansiirtolaite, toimilaite, materiaali, tiiviste.

Author Title Number of Pages Date	Farid Amiri Materials and Uses of Plate Heat Exchangers, Valves and Pumps 36 pages 01 June 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Mika Wiisak, Buildings Automation Designer Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to study plate heat exchangers, pumps and valves, their actuators and transmission shafts in HVAC systems in order to establish what to consider when choosing them. The goal was to help new HVAC designers to better understand how a typical HVAC device is built.</p> <p>This thesis collected information from literature and with interviews about the type of actuators commonly used in various HVAC applications, usual power transformation methods from the actuator to the devices, and the type of materials and mechanical components used in HVAC devices in various processes.</p> <p>The thesis resulted in a helpful guide for new HVAC designers to recognize different types of plate heat exchangers, pumps, valves, actuators and their components. This may help them to choose the right type of components for their HVAC project. The thesis can be used as a reminder list for new HVAC designers when they, for example, verify a contractor's HVAC equipment list.</p>	
Keywords	plate heatexchanger, pumps, valves, actuators, seals

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Levylämmönsiirtimet	2
2.1	Levylämmönsiirtimen tehtävä	2
2.2	Levylämmönsiirrinten perusrakenne	3
2.3	Levylämmönsiirrintyytit	4
2.3.1	Yksi- ja kaksivetoiset lämmönsiirtimet	5
2.3.2	Avattavat levylämmönsiirtimet	5
2.3.3	Hitsatut ja juotetut levylämmönsiirtimet	6
3	Venttiilit	7
3.1	Venttiilien tehtävä	7
3.2	Venttiilien laitekokonaisuus	9
3.2.1	Venttiili	9
3.2.2	Käyttömekanismi	10
3.2.3	Toimilaite	11
3.3	Venttiilien rakennetyypit	14
3.3.1	Istukkaventtiilit	15
3.3.2	Luistiventtiilit	16
3.3.3	Palloventtiilit	18
3.3.4	Tulppaventtiilit	19
3.3.5	Kalvoventtiilit	19
3.3.6	Läppäventtiilit	20
4	Nestepumput	22
4.1	Nestepumppujen tehtävä	22
4.2	Nestepumppujen laitekokonaisuus	22
4.2.1	Pumppu	22
4.2.2	Käyttömekanismi	24
4.2.3	Toimilaite	26
4.3	Nestepumpputyypit	27
4.4	Dynaamiset keskipakopumput	28

4.4.1	Radiaalisiipi	28
4.4.2	Aksiaalisiipi	29
4.4.3	Puoliaksiaalisiipi	29
4.5	Syrjäytyspumput	30
4.5.1	Hammaspyöräpumput	31
4.5.2	Ruuvipumppu	32
4.5.3	Aksiaalimäntäpumppu	32
5	Yhteenveto	34
	Lähteet	36
	Liitteet	

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia Ramboll Finlandille, mitä kaikkea LVI-laitteiden laitekokonaisuuksien komponenteista pitää ottaa huomioon laitevalinnan aikana. Tässä työssä laitekokonaisuudeksi katsotaan tutkittava LVI-laite, sen voimansiirtoakseli ja voimansiirtoakselin toisessa päässä oleva voimaa tuottava toimilaite. Työn tarkoitus on auttaa uusia suunnittelijoita ymmärtämään, mitä kaikkia laiteteknisiä ominaisuuksia laitekokonaisuuksien komponenteissa on syytä ottaa huomioon, kun ollaan valitsemassa tuotetta tai hyväksymässä tuotetta.

Aloittelevan LVI-suunnittelijan suunnitellessa laitetta työkohteensa järjestelmään, huomioi hän yleensä vain tarvittavan mitoituksen laitteen koolle. Uudelta suunnittelijalta unohtuu huomioida laitteiden muut ominaisuudet, jotka vaikuttavat oleellisesti laitteen oikeaan toimivuuteen. Tässä työssä pyritään purkamaan laitteiden laitteistokokonaisuudet, jolloin selviää mitä kaikkia komponentteja laitteistoihin oikein käytetään ja miten niitä ohjataan.

Työssä tutkittavat laitteet on rajattu levylämmönsiirtimeen sekä erityyppisiin venttiileihin ja pumppuihin ja niiden toimilaitteisiin. Työssä ei käsitellä muita nestelämmönsiirrintyyppejä, sillä levylämmönsiirtimet ovat erinomaisen hyötysuhteensa vuoksi lähes syrjäyttäneet kaikki muut lämmönsiirtimet. Lisäksi työssä ei keskitytä laitteiden mitoituksiin tai tarvittaviin merkintöihin, kuten CE-merkintään, sillä CE-merkinnät on jo käsitelty toisen Rambollin työntekijän opinnäytetyössä.

Insinööriyössä tietoa hankittiin pääsääntöisesti isojen laitevalmistajien puhelinhaastatteluilla, tuote-esitteistä, oppikirjoista sekä SFS-standardeista. Työ rakentuu siten, että ensin selitetään laitteen tehtävä, minkä jälkeen selitetään laitekokonaisuuden koostuminen sekä millaisia rakennetyyppejä on olemassa ja lopuksi, missä niitä yleisesti käytetään.

## 2 Levylämmönsiirtimet

### 2.1 Levylämmönsiirtimeen tehtävä

Levylämmönsiirtimeen tehtävänä on siirtää lämpöenergiaa systeemistä A systeemiin B. Levylämmönsiirrin luokitellaan rekuperatiiviseksi lämmönsiirrintyyppi. Rekuperatiivisessa lämmönsiirtimeessä virtaa vähintään kaksi nestevirtausta, joiden välin erottaa kiinteä seinämä. [1] Levylämmönsiirtimeen laitekokonaisuus koostuu itse siirtimeen rungosta, ja sen lämpöä siirtävästä metallilevyistä.

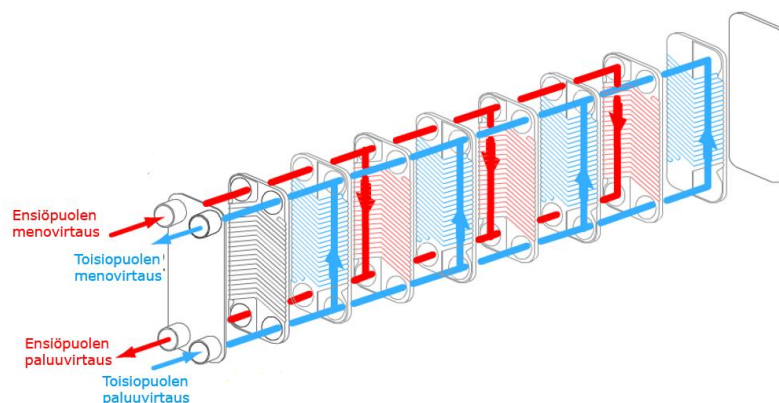
Rekuperatiivisen levylämmönsiirtimeen metallilevyjen toiminta perustuu kahden nesteen väliseen lämpötilaeroon, jossa lämpö siirtyy kylmempään päin konvektiolla ja johtumisella. Konvektiossa lämmin neste luovuttaa lämpönsä kiinteään aineen pinnalle, jolloin lämmittävä neste viilenee. Kiinteä aine siirtää lämpöenergian johtumalla kiinteään aineen kylmemmälle pinnalle. Tästä pinnasta lämpö siirtyy taas konvektiolla lämmitettävään nesteeseen, jolloin lämmitettävä neste lämpenee. [1]

Levylämmönsiirtimeen virtaukset voivat virrata siirtimeen läpi joko ristivirta-, myötävirta- tai vastavirtaperiaatteella. Ristivirrassa ensiöpuolen ja toisiopuolen meno ja paluupuolen nestevirtaukset virtaavat toisiaan vastaan ristikkäisiin suuntiin. Myötävirrassa nesteiden ensiöpuolen ja toisiopuolen meno- ja paluupuolen virtaukset virtaavat keskenään samaan suuntaan. Vastavirrassa ensiöpuolen ja toisiopuolen meno- ja paluupuolen nestevirtaukset virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Yleisesti levylämmönsiirtimien tyyppinä käytetään vastavirtasiirtimiä, koska niillä saavutetaan parhain lämmönsiirtyminen lämmönsiirtopinnasta, jolloin siirtimeen lämmönsiirto hyötysuhde pysyy korkeana. [1]

Levylämmönsiirtimiä käytetään esimerkiksi kaukolämpöä hyödyntävässä lämmönjakokeskuksessa, jossa ensiöpuolella virtaavaa lämpimän kaukolämpöveden lämpöenergiaa siirretään vastavirtaisen levylämmönsiirtimeen kautta rakennuksen toisiopuolen lämmitysjärjestelmään. Toisiopuolen lämmitysjärjestelmänä voi olla esimerkiksi lämpimän käyttöveden lämmitys tai radiaattoriverkoston lämmitys, joissa molemmissa virtaa vettä. [4]

## 2.2 Levylämmönsiirrinten perusrakenne

Levylämmönsiirrin koostuu etu- ja takalevystä, joka muodostaa lämmönsiirtimen rungon. Levyjen välissä on pienempiä yhteen kasattuja erikuvioisia metallisia levyjä, jotka toimivat lämmönsiirtimen käyttömekanismina. [3] Metallilevyissä on neljä reikää, jotka muodostavat ensiö- ja toisiopuolen- meno- ja paluupuolen putkistoreitit. Levyjen väliin muodostuu nestekanaaleja, joista lämmin neste ja lämmitettävä neste virtaa menopuolelta paluu puolelle. [1] Levyjen määrällä voidaan vaikuttaa levyjen välisiin pituuksiin. Levyjen välit voivat olla pitkiä tai lyhyitä, jotka vaikuttavat lämmitystehon sekä painehäviöiden suuruuteen. Levyprofiilit voivat vaihdella kuutiomallisista suorakulmamallisiin malleihin riippuen siitä kuinka paljon haluaa painehäviötä tai lämpötehoa omaan järjestelmäänsä. Kuvassa 1 on esitetty yksivetoisen vastavirtaan kytketyn levylämmönsiirtimen toimintatapa.

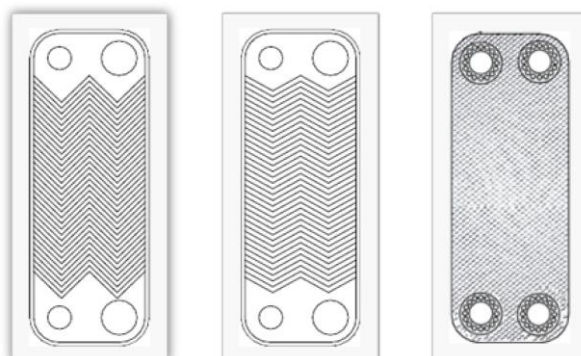


Kuva 1. Vastavirtaan kytketyn levylämmönsiirtimen toimintatapa. [27, muokattu]

Levyjen kuvioinnit vahvistavat siirtimen virtauksien turbulentsuutta sekä painehäviöiden muodostumista. Virtauksen turbulentsuus tehostaa lämmönsiirtymistä levyjen välillä. Myös levyjen materiaalit vaikuttavat lämmönsiirron tehoon, koska erityyppiset metallit johtavat eri määrän lämpöä, jolloin siirtimien tehoa voidaan parantaa käyttämällä korkeamman lämmönjohtavuuden omaavia metalleja. Levyjen materiaalien pitää olla myös kemiallisesti kestäviä, jotta ne eivät reagoi virtaavan nesteen kanssa, muuttaen levyjen



muotoa tai rakennetta. [3] Kuvassa 2 on esitetty tyypillisiä levylämmönsiirtimen lämmönsiirtolevyjä.



Kuva 2. Eräitä lämmönsiirtolevyjen tyyppejä. Vasemmalla ja keskellä olevat levyt ovat perinteiset V-muotoiset levyt eri kulmajyrkkyyksillä. Oikeanpuolimmainen levy on mikrolevy. [27]

Metallilevyt tiivistetään pehmeillä kumityyppisillä tiivisteillä, hitsataan kovilla metallisilla hitseillä tai juotetaan yhteen kuparilla, jolloin estetään ensiöpuolen ja toisiopuolen veden sekoittuminen keskenään [3].

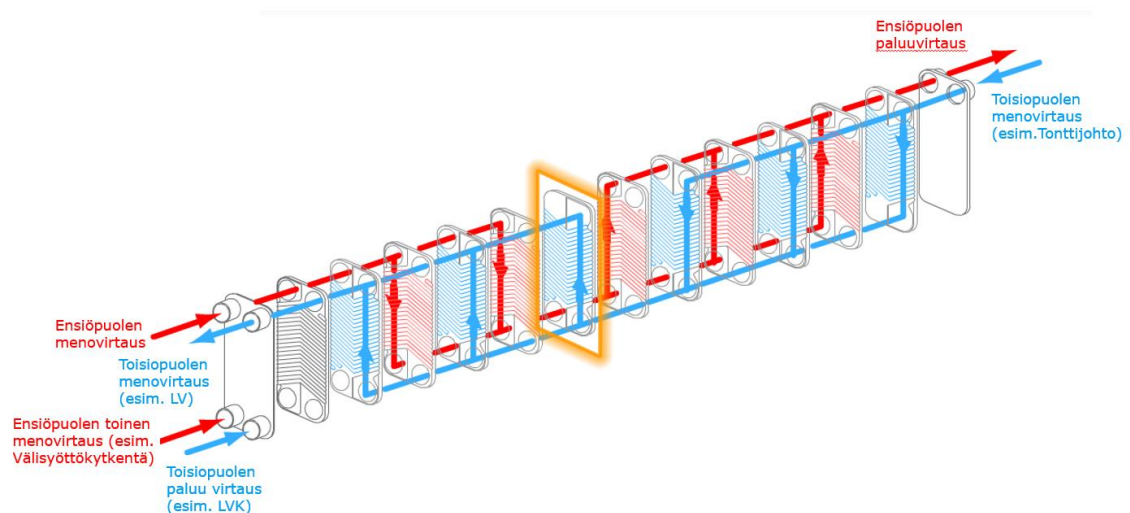
Rungossa on liitokset vähintään neljälle putkiliitokselle. Putkiliitostyyppit ovat yleisesti laipallisia tai ulkokierteisiä liitoksia. Rungossa on myös jalustalevyt, joita käytetään siirtimen kiinnittämiseen tukilevyyn. Joissain rungoissa voi olla myös nostolenkki, jolla siirrin voidaan nostaa tukilevylle. Runko yleensä koteloidaan lämmöneristetyllä koteloinnilla, joilla pyritään vähentämään siirtimen lämpöhäviöitä. Lämmöneristeenä käytetään yleisesti polyuretaanilevyjä. [3]

### 2.3 Levylämmönsiirrintyytit

Levylämmönsiirrimet jaetaan kolmeen ryhmään: avattaviin, juotettuihin ja hitsattaviin levylämmönsiirtimiin [3]. Avattavat levylämmönsiirrimet käyttävät levyjensä tiivistyksessä kumisia tiivisteitä, kun taas juotetuissa ja hitsatuissa levylämmönsiirtimissä tiivistys toteutetaan joko juottamalla tai hitsaamalla [1]. Avattavat, juotetut ja hitsattavat siirrimet jaetaan vielä joko yksivetoisiin tai kaksivetoisiin lämmönsiirtimiin. Näiden erona on vain putkikytkentöjen määrä siirtimessä. [3]

### 2.3.1 Yksi- ja kaksivetoiset lämmönsiirtimet

Yksivetoisissa siirtimissä on neljä paikkaa ja kaksivetoisessa kuusi paikkaa putkikytkennöille. Kaksivetoisten siirtimien voidaan ajatella olevan kahden yksivetoisen siirtimen rinnakkaiskytkentä. Siirtimien keskelle laitetaan vain kääntölevy, joka kääntää levyjen virtaukset oikeisiin putkireitteihin. Kaksivetoisia siirtimiä käytetään yleensä ainoastaan välisyöttötyyppisissä käyttöveden lämmityksissä, jolloin lämmityssiirtimen ensiöpuolen paluuputki kytketään välisyötöllä käyttövesisiirtimeen. Tällä taataan esimerkiksi kaukolämmitteisissä systeemeissä käyttöveden parempi lämmitys ja kaukolämmön paluuveden toivottu suurempi jäähtymä. [3] Kuvassa 3 on esitetty kaksivetoisen vastavirtalevylämmönsiirtimen toimintatapa.



Kuva 3. Kaksivetoisen vastavirta levylämmönsiirtimen toimintatapa. [27, muokattu]

### 2.3.2 Avattavat levylämmönsiirtimet

Avattavia levylämmönsiirtimiä käytetään yleisesti teollisuuskohteissa, joiden prosesseissa on vaarana korkea likaantumiseriski siirtimille. Siirtimiä myös käytetään, kun tarvitaan suurta lämpötehoa tai halutaan parempaa ensiöpuolen veden jäähtymää. Avattavat siirtimet ovat paljon isompia ja leveämpiä kuin kovajuotetut siirtimet. [3] Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen avattava levylämmönsiirrin.



Kuva 4. Avattava levylämmönsiirrin. [27]

Avattavat siirtimet voidaan nimensä mukaisesti avata, minkä ansiosta ne ovat helposti puhdistettavissa. Helppo puhdistettavuus on tarpeen mm. teurastamoissa tai leipomoissa, jotka hyödyntävät esimerkiksi kaukolämpöenergiaa. Siirtimiin on myös helppo lisätä tai poistaa metallilevyjä, jos halutaan muuttaa lämmönsiirtimen maksimitehoa. [3]

Avattavissa siirtimissä metallien tiivisteet ovat kumia, jonka seurauksena tämän tyyppiin siirtimiin voi tulla vuotamisriski. Tiivisteet eivät kaikissa tilanteissa ehdi reagoimaan tarpeeksi nopeasti äkillisiin virtaamamuutoksiin, minkä vuoksi ne voivat alkaa vuotamaan nestettä ulos siirtimestä. [3]

### 2.3.3 Hitsatut ja juotetut levylämmönsiirtimet

Hitsattuja ja juotettuja malleja käytetään yleisesti asuintalo-, hotelli- ja muissa tämän tyyppisissä oleskelukohteissa, joissa lämpötehon tarve ei ole liian suuri. Tämän tyyppisiä malleja ei voida avata, eikä niitä voi jälkikäteen puhdistaa. [3] Kuvassa 5 on esitetty tyyppillinen juotettu levylämmönsiirrin.



Kuva 5. Juotettu levylämmönsiirrin. [27]

Näiden mallien etuutena on korkea tiiveys hitsattujen tai juotettujen metallisten tiivisteiden takia. Niissä ei esiinny juurikaan nestevuotoja, jotka voivat aiheutua äkillisistä virtauksen pysäytyksistä, esimerkiksi kesäsulun sulkemisesta. Hitsatut ja juotetut siirtimet ovat myös erittäin pieniä, minkä vuoksi niiden asennus on helpompaa, sekä niitä voidaan tarpeen mukaan vaihtaa toiseen, mikäli siirtimestä tulee käyttökelvoton. [3]

### 3 Venttiilit

#### 3.1 Venttiilien tehtävä

Venttiilit ovat laitteita, joiden tehtävänä on vaikuttaa virtaukseen avautumalla, sulkeutumalla tai osittain sulkemalla virtaustien. Niiden tehtävänä on myös suunnata virtausta, sekä sekoittaa sitä. [5] Niiden laitekokonaisuus koostuu ohjaavasta toimilaitteesta, voimaa siirtävästä voima-akselista ja itse venttiilistä [6]. Yleisimpiä venttiilin käyttötarkoituksia ovat

- säätöventtiilit, joilla säädetään tarvittavaa virtaamamäärää
- sulkuventtiilit, joilla estetään ja sallitaan virtaama putkistoissa
- suuntaventtiilit, joilla suunnataan virtaama oikeaan suuntaan
- ilmausventtiilit, joilla poistetaan ilmaa putkiston nesteestä
- täyttöventtiilit, joilla sallitaan virtaama verkostoon
- varoventtiilit, joilla sallitaan virtaama pois verkostosta, kun paine ylittyy

- sekoitusventtiilit, joilla suunnataan kahden virtaaman virtaussuunnat vain toisen virtauksen suuntaan.

Esimerkiksi lämmönjakokeskuksessa käytetään sähkömoottorilla toimivia säätöventtiileitä säätämään kaukolämmön ensiöpuolen virtausta sopivaksi lämmönsiirtimen tehon tarpeen mukaisesti. Säätöventtiileitä voidaan käyttää myös jousikuormitteisina paineen-säätiminä, jolloin lämmönmyyjän pumppaamaa nesteen painetta säädetään pienemmäksi, mikäli suurin mitoitettu paine ylittyy ensiöpuolen verkostossa. [4]

Sulkuventtiileitä käytetään yleisesti lämmönjakokeskuksessa rajaamaan lämmönmyyjän ja asiakkaan välinen laitteistoraja. Sulkuventtiileitä käytetään myös ensiö- ja toisiopuolen verkostojen sulkemisessa ja avaamisessa. Sulkuventtiilien toimilaitteet ovat yleisesti käsivipuja. [4]

Suuntaventtiileillä rajataan lämmönjakokeskuksen toisiopuolen pumppujen imuvirtaaman suuntaa. Sillä esimerkiksi estetään imuvirtauksen takaisinvirtaus takaisin toisiopuolen verkoston paluupuolelle. Suuntaventtiilit ovat yleisesti toimilaitteeltaan jousikuormitteisia. [4]

Ilmausventtiileillä poistetaan ensiö- ja toisiopuolen verkostojen ilmat nesteestä. Ne asennetaan yleisesti verkostojen korkeimpiin kohtiin, joissa ilma toimii jarruttavana tekijänä nesteen virtaukselle. Ilmausventtiilien ilmaus toteutetaan yleensä automaattisesti sähkömoottorin avulla. [4]

Käsivivullisia täyttöventtiileitä käytetään toisiopuolen verkoston täyttämiseen. Ne asennetaan usein lämmönjakokeskuksen verkoston alimpaan kohtaan, yleisesti paineastian läheisyyteen. Jousikuormitteisia varoventtiileitä asennetaan myös paineastioiden läheisyyteen. Niiden tehtävänä on lämmönjakokeskuksessa poistaa nestettä järjestelmästä, mikäli järjestelmän paine ylittää sallitun painearvon. [4]

Sähkömoottorilla varustettuja sekoitusventtiileitä käytetään usein lämmönjakokeskuksen toisiopuolen mukavuuslattiaämmityksen sunttiipirissä. Niillä toisiopuolen meno- ja paluuvien virtaukset suunnataan venttiilin tulo yhteisiin, joissa virtaukset sekoittuvat venttiilin pesässä. Sekoittunut virtaus poistuu venttiilin poistoyhteestä takaisin järjestelmän menopuolelle viileämpänä nesteenä. [4]

## 3.2 Venttiilien laitekokonaisuus

### 3.2.1 Venttiili

Venttiili koostuu painetta pitävästä kuoresta eli rungosta, jonka sisäosa muodostaa venttiilin pesän. Pesien muoto voi olla kulmallinen, vino tai suora. [6] Rungon materiaalina toimivat yleisesti erityyppiset metallit ja muovit. Materiaalityyppi riippuu suunnittelusta prosessista sekä rungon koosta. [24] Kuvassa 6 on esitetty tyypillisiä venttiilin runkotyyppejä.



Kuva 6. Venttiilin tyypilliset runkotyypit. Vasemmalta palloventtiili, keskellä istukkaventtiili ja oikealla läppäventtiili. [28, muokattu]

Suunnittelussa prosessissa nesteen käyttöpaineet tai käyttölämpötilat voivat olla suuria, jolloin materiaalin täytyy kestää mahdollisia neste- tai termisiä paineiskuja esimerkiksi venttiilien äkillisestä sulkemisesta tai höyryn äkillisestä lauhtumisesta. Tällöin materiaalina käytetään teräspohjaisia tuotteita. Jos käyttöpaineet ovat pieniä, voidaan käyttää rautapohjaisia materiaaleja. Mikäli prosessissa käytettävän nesteen happamuus on korkea, on syytä käyttää haponkestäviä materiaaleja. Mikäli neste reagoi herkästi metallien kanssa niin, että metallien muodot voivat muuttua, voidaan vaihtoehtoisesti käyttää myös muovipohjaisia materiaaleja. [24]

Myös rungon koko vaikuttaa materiaalin valintaan. Mikäli venttiilin koko on pieni, tarkoittaa se sitä, ettei se vaadi paljoa materiaalia itselleen, jolloin voidaan käyttää parempilaatuisia materiaaleja. Mikäli venttiilin koko on iso, tarkoittaa se taas sitä, että

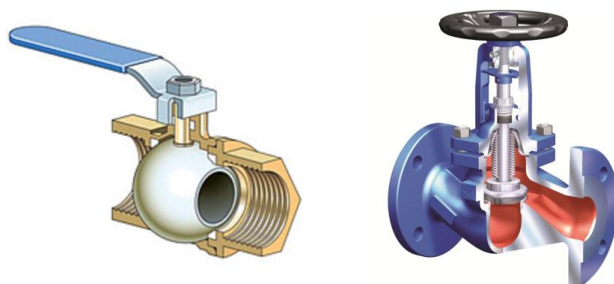
materiaalia kuluu enemmän, jolloin on taloudellisempaa käyttää halvempaa materiaalia, mutta sen lujuus säilyy, koska sen massakin on suurempi. [24]

Venttiilin rungosta löytyy liitokset vähintään kahdelle putkiliitokselle. Putkiliitostapa valitaan aina prosessin määrittämän hyväksytyjen putkiliitostapojen mukaisesti, esimerkiksi tietyn putkikoon perusteella [4]. Venttiileitä ei kiinnitetä erilliselle tukilevyille, vaan niiden tuenta riippuu pelkästään putkiliitosten kannakoinnista. Runko yleisesti lämpöeristetään, millä estetään venttiilin lämpöhäviöitä [6]. Yleisimpiä venttiilin putkiliitospäitä ovat

- muhvi- ja pistoliitospäät
- kapillaariliitospäät
- hitsiliitospäät
- kierreliitospäät
- laippaliitospäät.

### 3.2.2 Käyttömekanismi

Pesän sisällä on sulkuelin esimerkiksi keila, läppä tai pallo, joka toimii venttiilin käyttömekanismina. Sulkuelin muodostaa virtausaukon, jonka muoto vaihtelee. Yleisesti venttiilien rakennetyypit määritetään sulkuelimen muodon mukaan. Sulkuelimen ja pesien pintarajat on yleisesti tiivistetty vuotojen estämiseksi. Tiivisteet ovat joko itse sulkuelimen ympärillä tai pesän rajapinnoilla. [6] Kuvassa 7 on esitetty esimerkkinä pallo- sekä istukkaventtiilin sulkuelimet ja niiden käyttömekanismit.



Kuva 7. Pallo- sekä istukkaventtiilin käyttömekanismit. [28, muokattu]

Yleisimpiä tiivistemateriaaleja ovat kumi-, muovi- ja grafiittipohjaiset tiivisteet. Tiivistetyypit valitaan samalla ideologialla kuin rungon materiaalit. Kumiset tiivisteet ovat halpoja, ja niillä pystytään saavuttamaan hyviä tiiveysluokkia, mutta ne ovat herkkiä suurille lämpötilamuutoksille. Kun lämpötilat ovat korkeita, ovat grafiittipohjaiset tiivisteet parempia vaihtoehtoja. Muoviset tiivisteet sopivat taas sellaisille nesteille, jotka reagoivat metallin kanssa epätoivotulla tavalla. [24]

Sulkuelimen päässä on venttiilin voimansiirtoakseli eli kara. Karan liike muuttaa sulkuelimen liikkeen joko lineaariseksi tai kiertyväksi liikkeeksi. [6] Kara jatkuu rungon läpi. Tämä läpimenokohta tiivistetään vuotojen ja ilmakuplien syntymisen estämiseksi [24]. Tiivisteet toimivat myös tukirakenteena karalle, jolloin sen siirtämä voima ohjautuu oikeaan suuntaan eikä tee turhaa vapaata heilumisliikettä [6].

Läpimenokohdan tiivisteet ovat yleisesti nappimaisia tai rengasmaisia tiivisteitä. Materiaalit ovat samantyyppisiä kuin sulkuelimen tiivistyksessä, eli grafiitti-, muovi- ja kumipohjaisia tiivisteitä. [24] Läpimenokohdan tiivisteenä voidaan lisäksi käyttää myös punottuja kuituja, joita kutsutaan poksitiivisteiksi [26].

Läpimenokohdan tiivisteet tuetaan yleisesti kansilaipalla, joka puristaa tiivisteitä pesään kiinni. Itse kansilaippaa puristetaan yleisesti toisella laipalla, joka on mutteroitu kansilaidan päälle. [6]

Karan toinen pää liitetään toimilaitteeseen. Kara on tuettuna toimilaitteen alla olevassa haarukakierreholkissa. Haarukakierreholki toimii myös ohjaavana tekijänä karan liikkeen suunnalle. Toimilaitteen ja käyttölaitteen kara on yleensä yhteinen venttiileissä. [6]

### 3.2.3 Toimilaite

Toimilaite on venttiilin laitteisto, joka muuttaa käyttämänsä ulkoista energiaa mekaaniseksi sulkuvoimaksi venttiilin karalle. Toimilaite integroidaan yleensä venttiiliin runkoon haarukan avulla tai jollain muulla kiinnitystavalla. Haarukassa on yleisesti haarukakierreholki, joka ohjaa karan liikettä haluttuun suuntaan. Toimilaite voi toimia automaattisena, manuaalisena tai omavoimaisena. [6]



Automaattisina toimilaitteina toimivat yleisesti sähköiset toimilaitteet, jotka käyttävät ulkoisena energianaan sähköenergiaa, sekä harvinaisemmin yleensä teollisuuskohteissa käytetyt pneumaattiset toimilaitteet, jotka käyttävät ulkoisena energianaan paineilmaa [7]. Automaattisia toimilaitteita ohjataan yleisesti säätökeskusten kautta anturien mittaamalla arvoilla, jotka anturi välittää kenttäväylää pitkin säätöjärjestelmään sähköisellä viestillä tai 0-10 V -tyyppisellä sähköisellä analogisella viestillä. Sieltä viesti välittyy venttiilin asennoittimille, joka asettaa venttiilille halutun karan asennon. Toimilaitetta voidaan myös ohjata käsikäyttöisillä ohjaimilla, kuten säätimillä ja kytkimillä. [24]

Toimilaitteiden luomat liikkeet karalle ovat joko lineaarista liikettä tai kiertyvää liikettä. Toimilaitteet luovat lineaarista liikettä karalle, joko työntämällä karaa tai pyörittämällä karan kierrepäätä, joka muuttuu lineaariseksi liikkeeksi kierreholkissa. Toimilaitteet luovat kiertyvää liikettä karalle pyörittämällä itse karaa johonkin suuntaan. [8]

Pneumaattiset toimilaitteet käyttävät paineilman energiaa liikuttaakseen yksi- tai kaksitoimisesti elastisia kalvoja tai mäntiä. Kalvot tai männät työntävät venttiilin karaa lineaarisesti ylös tai alas, jolloin venttiilin sulkuelin liikkuu myös ylös tai alas. [9] Pneumaattiset toimilaitteet tarvitsevat yleisesti oman painesäiliön, mikäli laitos ei pysty itse tuottamaan paineilmaa toimilaitteelle [24]. Kuvassa 8 on esitetty tyypillinen pneumaattinen toimilaite.



Kuva 8. Pneumaattinen toimilaite. [29, muokattu]

Sähköllä toimivat toimilaitteet muuttavat sähköenergiaa mekaaniseksi liikkeeksi joko solenoidien tai pyörivien sähkömoottorien avulla. Solenoidit liikuttavat karaa lineaarisesti ylös tai alas, jolloin venttiilin keila liikkuu myös ylös tai alas. [7] Solenoidit ovat yleisiä

magneettiventtiilien toimilaitteita. Sähkömoottorit voivat liikuttaa karaa myös lineaarisesti pyörittämällä karan kierrepäätä haarukkakierreholkissa. Tällöin kara liikkuu ylös tai alas, jolloin myös venttiilin keila liikkuu ylös tai alas. Sähkömoottorit voivat myös kierryttää itse karaa, jolloin venttiilin sulkuelin pyörii tiettyyn suuntaan. [8] Kuvassa 9 on esitetty tyypillisiä sähköisiä toimilaitteita.



Kuva 9. Sähköiset toimilaitteet. [29, muokattu]

Manuaalisina toimilaitteina toimivat yleisesti käsivoimaiset toimilaitteet, kuten käsipyörät tai vivut. Omavoimaisina toimilaitteina toimivat yleensä jousikuormitteiset toimilaitteet. [6] Jouset varastoivat ja palauttavat energiaa karaan. Tämän tyyppiset toimilaitteet ovat yleensä riippuvaisia verkoston paineesta, joka ylittyessään raja-arvostaan nostaa karaa lineaarisesti ylöspäin, jolloin jousi varastoi energiaa itseensä, eli kuormittuu. Kun verkoston paine laskee, palautuu jousi takaisin lineaarisesti alkuasentoonsa, jolloin kara laskeutuu alaspäin. [24] Kuvassa 10 on esitetty manuaalisia toimilaitteita sekä jousikuormitteinen toimilaite.



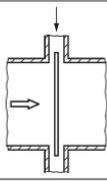
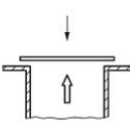
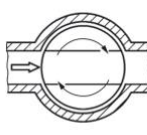
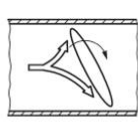
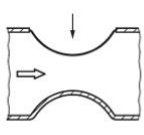


Kuva 10. Manuaaliset toimilaitteet ja jousikuormitteinen toimilaite. [28, muokattu]

Työntöliikkeisissä voimissa työntävä voima on täysin lineaarista liikettä, jolloin karan liikuttamiseen tarvittava matka on lyhyt. Kun matka on lyhyt, tarvitaan myös vähemmän mekaanista energiaa matkan toteuttamiseen. Kun toimilaitteen liikuttamiseen tarvittava matka on lyhyt, on venttiilin käyttämiseen tarvittava toiminta-aikakin pieni. Tällöin tällaiset toimilaitteet voidaan luokitella nopeakäyttöisiin venttiileihin. Sama pätee myös kiertyväliikkeisiin toimilaitteisiin, koska niissä karan liikkuma matka on vain neljäsosa koko ympyrän kehän pyörimisliikkeestä. [2]

Yleensä toimilaitteet, jotka liikuttavat karaa lineaarisesti pyörimisliikkeen avulla, luokitellaan hidastoimisiksi toimilaitteiksi. Niiden käyttömatka perustuu karan kierrepään pyörittämiseen, joka on aina täyttä ympyränliikettä. Tästä syystä venttiilin käyttämiseen tarvittava matka on erittäin pitkä, jolloin se tarvitsee enemmän mekaanista tuotettua energiaa liikkuakseen. Koska toimilaitteen käyttömatka on pitkä, on myös venttiilin käyttämiseen tarvittava toiminta-aika suuri. Tämän tyyppisten toimilaitteiden toiminta-aikaa voidaan nopeuttaa muuttamalla moottorin nopeutta nopeampitoimiseksi, jolloin ulkoista energiaa muutetaan nopeammin mekaaniseksi energiaksi. [2]

### 3.3 Venttiilien rakennetyypit

Venttiilien rakennetyypit nimetään niiden sulkuelimen mukaisesti [5]. Kuvassa 11 on esitetty yleisimmät venttiilin rakennetyypit ja niiden liikeradat.

Sulkuelimen toimintatapa	Lineaarinen liike		Kiertoliike virtaussuuntaa kohtisuoraan nähden olevan akselin ympäri		Joustavan elementin muodonmuutos
	Kohtisuorassa sulkuelimen liikkeen pääakseliin nähden	Sulkuelimen liikkeen pääakselin suuntaisesti	Sulkuelimen läpi	Sulkuelimen ympäri	Rakenteen mukaan
Kaaviokuvat					
Perustyyppit	Luistiventtiili	Istukkaventtiili	Tulppa- ja palloventtiili	Läppäventtiili ja epäkeskeinen tulppaventtiili	Kalvoventtiili
HUOM.  väliaineen virtaussuunta  sulkuelimen liike					

Kuva 11. Venttiileiden yleisimmät rakennetyypit ja liikeradat. [5]

### 3.3.1 Istukkaventtiilit

Istukkaventtiili on venttiili, jossa lautasmaisen sulkuelimen liike on lineaarista, tiivistyspinnan kanssa kohtisuoraista ja virtaussuuntaan nähden samansuuntaista [5]. Koska istukkaventtiin sulkuelimen liike on lineaarista, sen toimilaitteina käytetään yleensä sähkömoottoria, solenoidia, käsipyörää, jouta tai pneumaattista toimilaitetta. Istukkaventtiileillä on erittäin monta materiaalivaihtoehtoa saatavilla, minkä vuoksi ne myös kestävät hyvin erilaisia lämpötiloja ja painekuormituksia erilaisille nesteille. [12]

Istukkaventtiilien rakenteet voidaan jakaa pesän muodon mukaan joko suoriin, kulmallisiin ja Y-mallisiin istukkaventtiileihin. Y-mallisia istukkaventtiileitä käytetään, kun tavoitellaan pienempää kuristuspainehäviötä. Kulmaistukkaventtiileitä käytetään, kun halutaan putkiyhteiden olevan kohtisuorassa, eli 90 asteen kulmassa. Suoramallisia istukkaventtiileitä asennetaan suoriin putkilinjoihin. [12] Kuvassa 12 on esitetty yleisimmät istukkaventtiilin rakennetyypit.



Kuva 12. Istukkaventtiilin rakennetyypit. Vasemmalla Y-mallinen, keskellä suoramallinen ja oikealla kulmallinen istukkaventtiili. [12]

Istukkaventtiili sopii täydellisesti säätöventtiiliksi. Istukkaventtiin pallomaisen pesärakenteen vuoksi vesi pystyy poistumaan pesän liitospäästä täydellä ympyrän kehällä. Lisäksi istukkaventtiin kara on rajoitettu tiettyyn asetusarvoon pesän sisällä, jolloin se ei pysty poistumaan täysin venttiin pesästä. Tällöin suurimmalle mitoitetulle virtaamalle saadaan luotua painehäviötä. Lisäksi sulkuelimen lineaarisen liikkeen vuoksi sulkuelintä

voi säätää helposti eri korkeuksiin, jolloin voidaan säätää tarkemmin pienempiä virtauksia. [12]

Lineaarisen liikkeen ansiosta istukkaventtiiliä voidaan käyttää myös hitaasti sulkeutuvana sulkuventtiilinä, kun käytetään pyöriväliikkeistä toimilaitetta. Kun sulkuventtiili suljetaan hitaasti, vältetään isoilta verkoston paineiskuilta. [1] Lineaarisen lautasen liikkeen etuna on myös se, että istukkaventtiilit voivat toimia omavoimaisina jousikuormitteisinä venttiileinä, jolloin niitä voidaan käyttää varoventtiileinä, paineen säätöventtiileinä tai yksisuuntaventtiileinä. [12]

Toisaalta istukkaventtiilin heikkoutena on sen lineaarinen liike. Jos istukkaventtiiliä halutaan käyttää automaattisena säätöventtiilinä, se tarvitsee sähköisen toimilaitteen, jolloin karan kierrepään liike on täyttä ympyräliikettä ja vääntövoiman tarve suurempi. Tästä syystä venttiiliin käyttöaika voidaan luokitella hitaaksi ja sen nopeuttamiseksi tarvitaan paljon ulkoisen energiankulutusta. Lineaarinen liike hankaa myös enemmän venttiilin läpimenokohdan tiivisteitä, jolloin tiivisteet kuluvat nopeammin, mikä aiheuttaa turhia nestevuotoja verkostosta ulos tai ilmakuplia verkoston sisään. Tästä syystä laitteen käyttöikä pienenee sekä laitteen huoltotarve kasvaa. [2]

### 3.3.2 Luistiventtiilit

Luistiventtiili on venttiili, jossa luistimaisen sulkuelimen liike on lineaarista, tiivistyspinnan kanssa samansuuntaista ja virtaussuuntaan nähden kohtisuoraista [5]. Luistiventtiilin toimilaitteena toimivat yleensä käsipyörät tai sähköiset toimilaitteet, koska niiden sulkuvoiman tarve on suuri. Luistiventtiilien rakenteet voidaan jakaa luistimen mukaan kolmeen tyyppiin, jotka ovat kiilaluisti, levyluisti ja kumiluisti. [15] Kuvassa 13 on esitetty tyypillisiä luistiventtiilin rakenteita.



Kuva 13. Luistiventtiilien rakennetyypit. Vasemmalla levyluistiventtiili, keskellä kiilaluistiventtiili ja oikealla kumiluistiventtiili. [15]

Kiilaluistimissa luistimen sulkuelimenä toimii kiila. Sen tiivisteet ovat pesän pinnalla tasossa, jolloin venttiilin pintapaine on korkea, eli tiiveys on vahva. Tästä syystä kiilaluistin sopii parhaiten korkeapaineisille ja korkealämpöisille nesteille. Kiilaluistien tiivistys voi pesän tason sijaan toteutettuna myös kiilan pinnalle, jolloin luistimen tyyppiä kutsutaan kumiluistimeksi. Kumiluistimen pintapaine ei ole korkea, jolloin se soveltuu vain pienipaineisiin verkostoihin, esimerkiksi vesiverkostoihin. [15]

Levyluistiventtiileissä sulkuelimenä toimii levy. Sen pesä on vain yhteen suuntaan tasotiivistetty, minkä vuoksi se soveltuu vain matalapaineisiin käyttökohteisiin. Levyluistiventtiileitä käytetään sellaisilla väliaineilla, joita pystytään leikkaamaan levyn ominaisuuksien ansiosta. Se soveltuu siis parhaiten likaisten virtauksien sulkemisiin. [15]

Luistiventtiilin etuna on, että se ei tuota juuri lainkaan painehäviötä ollessaan täysin auki. Tämä johtuu siitä, että luistin nousee kokonaan pesästä pois. Tällöin nesteen edessä ei ole mitään, joka tuottaisi painehäviötä. Koska luisti voidaan purkaa venttiilistä kokonaan pois, voidaan verkosto myös puhdistaa helpommin. Tällöin luistiventtiiliä voidaan hyödyntää myös eräänlaisena puhdistusluukkuna järjestelmässä. [15]

Luistiventtiilin heikkoutena voi pitää luistin pois saantia. Koska luistiventtiili ei tuota ollenkaan painehäviötä ollessaan täysin auki, ei mitoitusvirtaamaakaan voida määrittää helposti. Tämän vuoksi luistiventtiiliä ei voida käyttää säätöventtiilinä. Lisäksi luistiventtiilin heikkoudet toimilaitteen kanssa ovat samantyyppisiä istukkaventtiilin kanssa sen lineaarisen liikkeen vuoksi. Näistä syistä luistiventtiiliä käytetään yleisesti vain sulkuventtiilinä likaisissa virtaamissa ja suuren virtaaman järjestelmissä. [15]

### 3.3.3 Palloventtiilit

Palloventtiili on tulppaventtiili, jossa pallon muotoisen sulkuelimen liike on akselin ympäri kiertyvää liikettä ja akselin suunta on kohtisuoraan virtaussuuntaan nähden. Auki asennossa virtaus kulkee sulkuelimen läpi. [5] Palloventtiilin toimilaitteina käytetään yleisesti sähkömoottoria ja käsivipua pallon kiertyvän liikkeen vuoksi.

Palloventtiilin tiivistys toteutetaan pesän pinnan tasotiivistyksellä. Tästä syystä palloventtiilissä on hyvä pintapaine. Pallomaisen muotonsa vuoksi palloventtiilillä on myös hyvä tiiveys rungon kannen läpimenokohdassa, jolloin ilmakuplien muodostuminen on harvinaista ja vesivuodotkin ovat olemattomia. Tästä syystä palloventtiilit toimivat erinomaisina sulkuventtiileinä. [2] Tiiveyden lisäksi pallomainen muoto muodostaa venttiilin läpimenopinta-alaksi ympyrän, jolloin sen ulostulovirtaus on samanlainen istukkaventtiilin kanssa. Tällöin palloventtiiliä voidaan käyttää myös säätöventtiileinä. [13]

Koska palloventtiilin sulkuelimen liike on kiertyvää liikettä, voidaan sitä operoida vain osittaisella ympyrän liikkellä. Tästä syystä palloventtiilin operointi ei kuluta kirjoittamaan vääntövoimaa, jolloin ulkoinen energiantarve ja käyttöaikakin pysyvät vähäisinä. Lisäksi karan kiertyvä liike ei hankaa rungon läpivedon tiivisteitä liikaa, jolloin tiivisteiden kulumakin pysyy alhaisena. Koska kuluma on alhainen, on venttiilin käyttöikä pidempi ja huollontarve vähäisempi. [2]

Palloventtiilin heikkoutena voidaan pitää sen nopeaa toiminta-aikaa, sillä palloventtiilin nopea sulkeutuminen aiheuttaa paineiskuja verkostoissa, joissa tilavuusvirta on suuri [1]. Venttiili ei myöskään sovellu sellaisille järjestelmille, joissa on vaarana virrata kiinteitä jyyviä, esimerkiksi hiekanjyyviä. Hiekanjyyvät voivat aiheuttaa tukoksia pallon ja pesän välisessä vapaassa tilassa, jolloin pallo ei pysty kunnolla kiertymään. [13]

### 3.3.4 Tulppaventtiilit

Tulppaventtiili on lähes identtinen venttiili palloventtiilin kanssa. Ainoastaan sen sulkuelin on kartiomuotoinen pallon sijaan. [5] Kartion muodon ansiosta venttiilin vapaa tila voidaan vuorata umpeen, jolloin jyvämäiset kiinteät rakenteet eivät pääse vaikuttamaan venttiilin pyörimiseen. Tästä syystä tulppaventtiilin tiiveyttä voidaan pitää parempana kuin palloventtiilin, jolloin se toimii hyvänä sulkuventtiilinä hiekkaisissa nesteissä [16]. Kuvassa 14 on esitetty tyypillinen tulppaventtiilin käyttömekanismi.



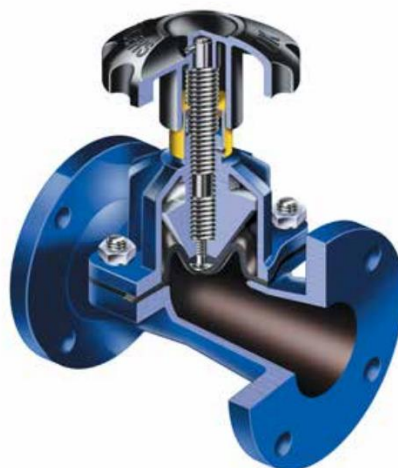
Kuva 14. Tulppaventtiilin käyttömekanismi. [16]

Tulpan muoto tosin pienentää ulosvirtausaukon pinta-alaa, jolloin tulppaventtiiliä ei voida käyttää säätöventtiilinä tai tavallisena sulkuventtiilinä. Ulosvirtausaukon pienuuden vuoksi se on suosittu venttiilityyppi verkoston tyhjennysventtiiliksi. [1]

### 3.3.5 Kalvoventtiilit

Kalvoventtiili on venttiili, jossa nesteen virtausta venttiilin läpi säädetään muuttamalla elastisen sulkuelimen muotoa lineaarisella liikkeellä [5]. Kalvoventtiileitä käytetään yleisesti sulku- ja yksitievventtiileinä sellaisissa kohteissa, joissa neste on erittäin sakeaa tai syövyttävää. Kalvoventtiilien toimilaitteina voidaan käyttää jousikuormitteisia, pneumaattisia ja sähköisiä toimilaitteita. [17] 15 on esitetty tyypillinen kalvoventtiilin käyttömekanismi.





Kuva 15. Kalvoventtiilin käyttömekanismi. [17]

Kalvoventtiilin kalvomaisen rakenteen ansiosta sillä on kaikista venttiilityypeistä paras tiiviys. Lisäksi sille on paljon erilaisia pinnoitevaihtoehtoja, joita voidaan käyttää happamien aineiden aiheuttaman kulumisen estämiseksi. Tästä syystä kalvoventtiilien käyttöikä on pitkä ja huoltotarve pieni. Venttiilin yksinkertaisen rakenteen vuoksi sen huoltaminen on myös nopeaa. Kalvoventtiilin heikkous on kalvomaisen rakenteen lämpötila- sekä paineenkestävyys verrattuna metalliseen sulkuelimeen. [17]

### 3.3.6 Läppäventtiilit

Läppäventtiili on venttiili, jossa läppätyyppinen sulkuelimen liike on akselin ympäri kiertävää liikettä, jossa virtaussuunta on kohtisuoraan akseliin nähden. Auki-asennossa virtaus kulkee sulkuelimen ympäri. Läppäventtiiliä myös kutsutaan perhosventtiiliksi, joka tulee läppäventtiilin englanninkielisestä nimestä. Läppäventtiilin toimilaitteina voidaan käyttää käsivipua, jousia, pneumaattista sekä sähköistä toimilaitetta. [5]

Läppäventtiilin liikkeen ominaisuudet ovat samantyyppisiä palloventtiilin ja tulppaventtiilin kanssa. Läppäventtiilin etuus näihin kahteen venttiiliin verrattuna on sen kevyt rakenne, jonka vuoksi läppäventtiilin sulkeminen on nopeampaa ja tarvitsee vähemmän vääntömomenttia [14]. Läppäventtiilien etuna on myös se, että sen voi asentaa putkien väliin, joko puristamalla laippojen väliin tai pulttaamalla laippojen väliin [1].

Läppäventtiili voi olla keskeinen tai epäkeskeinen [5]. Epäkeskeisessä läppäventtiilissä venttiilin akseli kiertää epäkeskeisesti venttiilin säätöakseliinsa nähden. Sen etuna verrattuna tavalliseen keskeiseen läppäventtiiliin on korkeampi pintapaine. Venttiiliä avattaessa se on myös nopeampi laskemaan pintapainetta alaspäin, jolloin virtauskitkakin vähenee nopeammin. Epäkeskeisellä läppäventtiilillä saavutetaan siis korkeampi tiiviys ja matalampi avausmomentti. [14] Kuvassa 16 on esitetty keskeisen ja epäkeskeisen läppäventtiilin ero.



Kuva 16. Keskeisen ja epäkeskeisen läppäventtiilin ero. Vasemmalla keskeinen läppäventtiili ja oikealla epäkeskeinen läppäventtiili. [14]

Läppäventtiileitä voidaan käyttää erikoisvalmisteisina säätöventtiileinä. Tällöin läppiä on vähintään kaksi kappaletta, jolloin mitoitusvirtaamalle voidaan luoda painehäviötä. [14] Läppäventtiileitä voidaan käyttää myös jousipalautteisina yksitieventtiileinä. Läppäventtiilin haittapuolena voidaan pitää sen nopeaa sulkeutumista. Nopean sulkeutumisen takia verkostoihin voi tulla isojakin paineiskuja, jolloin verkosto voi vaurioitua. Läppäventtiileitä käytetään vain ison putkikoon verkostoissa, jos palloventtiili ei riitä täyttämään putken painevaatimusta [1].

## 4 Nestepumput

### 4.1 Nestepumppujen tehtävä

Nestepumput ovat laitteita, joiden tehtävänä on luoda nesteeseen virtausta ulkoisella voimalla. Nestepumppujen katsotaan käsittävän pumpun, sen tulo- ja poistoyhteet sekä akselin päät. Nestepumppuyksikön laitekokonaisuus koostuu yleisesti nestepumpusta, sen voimansiirtolaitteesta ja toimilaitteesta, perustuslevystä ja muista apulaitteista. Muut apulaitteet ovat pumpun ja toimilaitteen jäähdytyslaitteita sekä toimilaitteen ohjauslaitteistoja. [10]

Nestepumppuja käytetään esimerkiksi kaukolämpöä hyödyntävässä lämmönjakokeskuksessa tuottamaan toisiopuolen järjestelmien virtaamia. Tämänäyttöiset pumpput ovat yleisesti määritetty dynaamisiksi keskipakopumpuiksi, mikäli toisiopuolen nesteenä toimii vesi. [4] Nestepumppuja voidaan käyttää myös annostelupumppuina erilaisissa teollisuuskohteissa. Annostelupumppuina toimivat yleisesti erityyppiset syrjäytispumput, joita käytetään, kun pitää pumpata sakeita nesteitä tai liuoksia, esimerkiksi öljyä. [25]

### 4.2 Nestepumppujen laitekokonaisuus

#### 4.2.1 Pumppu

Pumpun laitekokonaisuus koostuu painetta pitävästä kuoresta, eli rungosta. Runkoon käytettävät materiaalit koostuvat yleisesti metallipohjaisista materiaaleista, tai muovipohjaisista materiaaleista. Rungon materiaalityyppi riippuu täysin prosesissa käytettävästä nesteen kemiallisesta ominaisuuksista. Nesteen kemiallisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi nesteen suolapitoisuus tai nesteen happamuus. Materiaalit valitaan aina siten, että vältetään materiaalin kemialliset reaktiot käytettävän nesteen kanssa, kuten ruostuminen ja sulaminen. [23] Kuvassa 17 on esitetty erityyppisten pumppujen runkoja.



Kuva 17. Erilaisia pumputyyppjeä. Vasemmalla dynaaminen keskipakopumppu, oikealla ylhäällä syrjäyttävä ruuvipumppu ja alhaalla syrjäyttävä hammaspyöräpumppu. [30, muokattu]

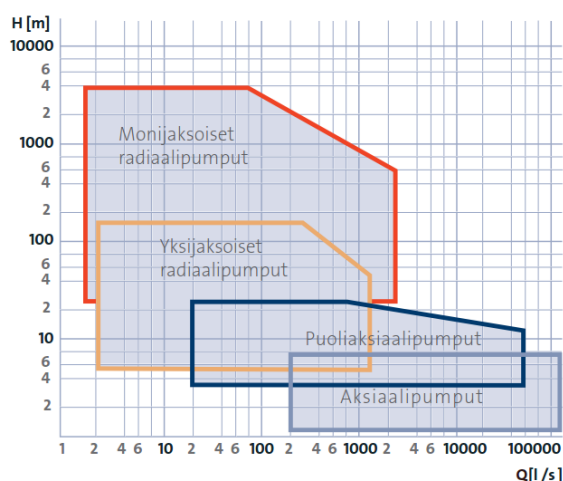
Pumpun runkoon liittyvät putkiin liitettävät pumpun liitospäät, joita kutsutaan pumpun tulo- ja menoyhteeksi, tai toiselta nimeltään pumpun imu- ja paineyhteeksi [10]. Putkiliitostapa valitaan aina prosessin määrittämän hyväksytyjen putkiliitostapojen mukaisesti, esimerkiksi tietyn putkikoon perusteella [4].

Pumpun rungon sisäosaa kutsutaan pumpun kammioksi. Pumpun kammiossa on pumpun käyttömekanismi, jolla pumppu syrjäyttää, eli aiheuttaa liikettä nesteelle [10]. Kammi on yleensä pinnoitettu, millä suojataan nesteen aiheuttamaa kulumaa. Pumpun kammiossa on myös kammion tiivisteitä, joita ovat esimerkiksi muoviset, kumiset ja metalliset tiivisteet. Tiivisteet suojaavat käyttömekanismissa liikkuvan nesteen vuotamista pois pumpun kuoresta tai estävät voiteluöljyn sekoittumista pumpattavaan nesteeseen. Tiivisteet valitaan yleensä nesteen käyttölämpötilan mukaan, samaan tapaan kuin venttiileille. [23]

#### 4.2.2 Käyttömekanismi

Pumpun käyttömekanismi koostuu käyttömekanismin tyypistä ja siihen kiinnitetystä voimansiirtolaitteesta, eli akselista [10]. Käyttömekanismi tuottaa pumpun voiman, joka voidaan luokitella aksiaaliseksi, radiaaliseksi ja puoliaksaaliseksi voimaksi. Pumput luokitellaan yleisesti niiden tyyppin mukaan. [25]

Aksiaalisessa voimassa pumpun voima siirtyy vaaka-akselin suuntaisesti. Aksiaalivoimaisilla pumpuilla saadaan tuotettua eniten virtaamaa, mutta sen nostokorkeus on alhaisin. Radiaalivoimaisilla pumpuilla saadaan tuotettua enemmän nostokorkeutta, mutta vähemmän virtaamaa verrattuna aksiaalivoimaisiin. Puoliaksaalinen voima on sekoitus aksiaalivoimaa ja radiaalivoimaa, jolloin sen nostokorkeus ja tuottama virtaama määrä sijoittuu radiaalisen ja aksiaalisen voiman väliin. [21] Kuvassa 18 on esitetty erityyppisten pumppujen toiminta-alueita.



Kuva 18. Kuvaaja erityyppisten voimien ominaisuuksista. Pystyakselilla pumpun nostokorkeus ja vaakakselilla nesteen virtaama litraa per sekunti. [21]

Akseleiden voimaa ohjataan pumppuihin erityyppisillä laakereilla. Laakereita voi olla akselin molemilla puolilla, jolloin akseli on laakereiden välissä. Kun akseli on laakereiden välissä, on käyttömekanismikin lävistetty pumpun kammiossa. Akselin väliin voidaan lisätä käyttömekanismeja, jolloin voidaan kasvattaa pumpun paineen tuottoa. Tämän tyyppiset pumput luokitellaan monivaihepumpuiksi. Vaiheen määrä riippuu lävistettävien

käyttömekanismien määrästä. Monivaiheisilla pumpuilla pystytään yleisesti tuottamaan erittäin korkeita paineita. [23]

Laakerit voivat olla myös pelkästään akselin toisella puolella, jolloin akseli roikkuu laakereiden varassa. Kun akseli on laakerin toisessa päässä, on pumpun käyttömekanisminkin akselin toisessa päässä. Tämän tyyppiset pumput luokitellaan yleisesti yksivaihepumpuiksi. [23] Kuvassa 19 on esitetty lävistetty käyttömekanismi ja lävistämätön käyttömekanismi.



Kuva 19. Vasemmalla lävistetty ja oikealla lävistämätön käyttömekanismi. [31]

Akseli tuodaan yleisesti pumpun rungon läpimeno kohdasta läpi [10]. Läpimenokohta tiivistetään menokohdan tiivistetilassa, yleisesti käyttämällä samantyyppisiä tiivisteitä kuin pumpun kammiossa. Läpimenokohdan tiivisteet tarvitsevat yleisesti jäähdytystä, koska akselin liikkuminen lämmittää tiivistettä niin paljon, että se voi aiheuttaa tulipalovaaran. Jäähdytys voidaan toteuttaa pumpun käyttönesteellä, joka tuodaan tiivistetilaan pumpun kammioista. Jos pumpun neste on likaista eikä se sovellu jäähdytykseen, voidaan käyttää myös erillistä ulkoista puhtaampaa nestettä, esimerkiksi öljyä, joka tuodaan erillisestä nestesäiliöstä. [23]

Akselin toinen pää liittyy pumpun toimilaitteeseen. Riippuen pumpun ja toimilaitteen koosta pienimmissä pumpuissa pumpun ja toimilaitteen akseli voi olla yhteinen. Mikäli pumppu ja toimilaite ovat isoja, on yleisesti pumpulla oma akseli ja toimilaitteella oma, ja ne yhdistetään erillisellä liittimellä keskenään. [25]

### 4.2.3 Toimilaite

Pumpun toimilaitteena toimivat yleensä polttomoottorit ja sähkömoottorit. Moottorit tuottavat pyörimisliikettä samalla tavalla kuin venttiilien sähkömoottorit [23]. Moottorien luoma pyörimisliike siirretään akseliin laakerin avulla, jolloin voima-akselikin alkaa pyöriä. Toimilaitteet voivat olla kiinnitettynä erillisenä osana pumpun tukilevyyn, jolloin pumpun imu- ja paineyhteen virtaussuunnat ovat kohtisuorassa keskenään ja voimansiirto-akseli on samalla akselilla pumpun imupuolen virtaussuuntaan nähden. Imu- ja paineyhteiden virtaussuunnat voivat olla myös vaakasuorassa keskenään, jolloin akseli on kohtisuorassa virtaussuuntaan nähden. [11]

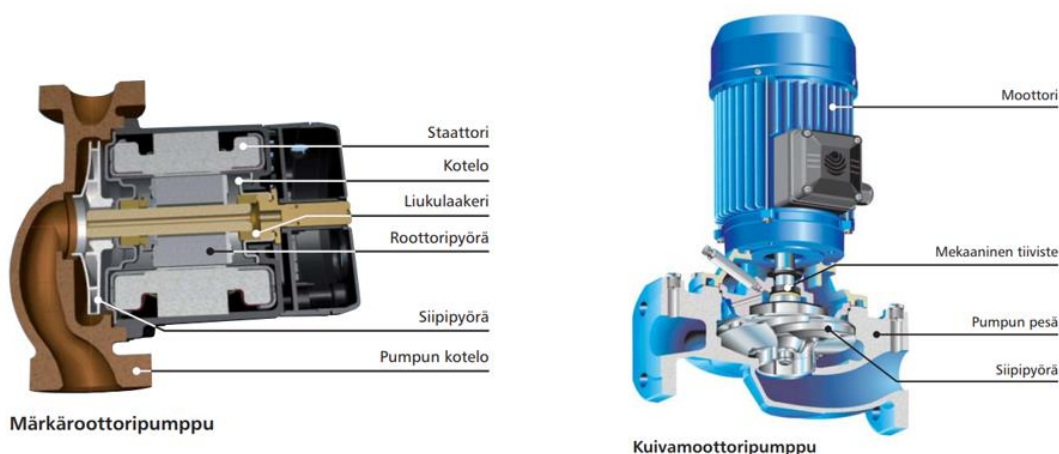
Toimilaitteet voivat olla myös integroituna itse pumpun runkoon, jolloin toimilaite on yleisesti asennettuna pumpun päälle, ja pumpun imu- ja painepuolen virtaukset ovat yleensä samalla akseliviivalla keskenään ja voimansiirtoakseli kohtisuorassa imupuolen virtaussuuntaan nähden [11]. Integroidut toimilaitteet jaetaan yleisesti kuiva- ja märkämoottorityyppeihin integraatioihin [20]. Kuvassa 20 on esitetty integroidut ja tukilevyyn asennetut sähkömoottoriset toimilaitteet.



Kuva 20. Integroidut ja tukilevyyn asennetut toimilaitteet. [32, muokattu]

Kuivatyyppisissä moottoreissa pumpun pumppausneste ei pääse kontaktiin toimilaitteen moottorin kanssa. Tämän tyyppiset pumppujen toimilaitteet on yleisesti kiinnitetty jonkin tyyppisellä haarukkamekanismilla. [23] Märkämoottorityypisissä integraatioissa pumpun neste on kosketuksissa toimilaitteen moottorin kanssa. Neste toimii moottorin jäähdyttimenä sekä voiteluaineena toimilaitteen laakerille [20]. Kuvassa 21 on esitetty märkämoottorityyppi ja kuivamoottorityyppi.





Kuva 21. Märkämoottori- ja kuivamoottoripumppu. [20]

Toimilaitteet tarvitsevat aina jäähdytys- sekä voitelumekanismien. Jäähdytysmekanismi toimii yleisesti myös voitelumekanismina, kun käytetään esimerkiksi nestemäistä ainetta, kuten öljyä tai pumpun omaa pumppausnestettä. Muun tyyppisissä jäähdytystavoissa, esimerkiksi ilmajäähdytteisissä, tarvitaan erillinen voiteluaine toimilaitteen laakereille. [20]

Toimilaitteita ohjataan usein sähköllä toimivien taajuusmuuttajien avulla. Taajuusmuuttajat vaihtavat pumpun moottorin jännitteen taajuutta, jolloin pumpun pyörimisnopeus kasvaa tai pienenee. Taajuusmuuttajia ohjataan joko manuaalisesti tai rakennusautomaatiojärjestelmän säätöohjelman kautta. [1] Taajuusmuuttajat voivat olla erillisiä tai pumppuihin integroituja.

#### 4.3 Nestepumpputyypit

Nestepumput voidaan jakaa käyttömekanisminsa voimansiirron perusteella kahteen pääryhmään, joita ovat dynaamiset keskipakovoimaa hyödyntävät pumput, joissa nesteen nopeutta kasvatetaan, sekä pyörivät ja edestakaisin liikkuvat nestettä syrjäyttävät



pumput, joissa tietty määrä nestettä työnnetään jollain voimalla eteenpäin [10]. Dynaamiset pumput ovat yleisempiä käytettyjä pumpputyyppejä, ja ne kattavat n. 90 % käytetyistä pumpputyypeistä LVI-tekniikassa.

#### 4.4 Dynaamiset keskipakopumput

Dynaamisia keskipakopumppuja käytetään yleisesti nesteissä, joilla on pieni viskositeetti [25]. Dynaaminen keskipakovoima on voima, joka muodostuu keskipakovoiman ja nopeuden hidastumisen johdosta pyörässä. Kun neste liikkuu pyörimisliikkeellä pyörän keskiössä, pyörä siirtää kineettistä energiaa nesteelle kasvattaen nesteen nopeutta. Neste siirtyy pyöriessään keskiöstä kohti pyörän kehää, josta se virtaa kammiopesään. Kammiopesässä nesteen virtausreitti laajenee, jolloin nesteen nopeus hidastuu. Kammiopesästä neste virtaa pumpun painepuolelle. [1]

Dynaamisten keskipakopumppujen dynaaminen ja staattinen voima vaatii käyttömekanismin aina juoksupyörän. Juoksupyörän tyyppiin vaikutetaan erilaisten siivekkeiden avulla. Siivekkeet aiheuttavat nesteen virtausvoiman, ja siivekkeiden muoto vaikuttaa dynaamisen ja staattisen paineen tuotettavuuteen. [21] Siivekkeen muodot vaikuttavat myös pumpun hyötysuhteeseen. Yleisesti taaksepäin taivutetuilla siivillä saavutetaan pumpun paras hyötysuhde. Eteenpäin taivutetuilla siivillä saadaan taas huonoin hyötysuhde. [1] Yleisimpiä siivekkeen muotoja ovat aksiaalsiivekkeet, radiaalsiivekkeet ja puoliaksaalsiivekkeet [21].

##### 4.4.1 Radiaalsiipi

Radiaaliset siivet siirtävät nestettä pumpusta kohtisuoraan pumpun akseliin nähden. Tämä pumppurakenne muodostaa virtaukseen verrattuna suhteellisen korkean paineen, mutta nämä pumput eivät pysty kuitenkaan muodostamaan suurta virtaamaa. Radiaalisia juoksupyöriä käytetään yleensä kiertovesipumpuissa, työstökoneiden pumpuissa, kattilajärjestelmissä ja teollisuuspumpuissa sekä useimmissa yksijaksoisissa pumpuissa. [22] Kuvassa 23 on esitetty tyypillinen radiaalsiipi.



Kuva 22. Radiaalsiipi. [22]

#### 4.4.2 Aksiaalsiipi

Aksiaalisissa siivissä on yleensä juoksupyörä ja moottorin akseliyksikkö putken sisällä. Potkuri siirtää nestettä putkea pitkin. Aksiaaliset juoksupyörät tuottavat suuren virtaaman, mutta eivät suurta nostokorkeutta. Aksiaalisilla juoksupyörillä varustettuja pumppuja käytetään pääsääntöisesti jätevedenpuhdistamoiden säiliöiden väliseen nestekiertoon ja hulevesien hallintaan käyttökohteissa, joissa suuria määriä vettä on pumpattava alhaisella nostokorkeudella. [22] Kuvassa 22 on esitetty tyypillinen aksiaalsiipi.



Kuva 23. Aksiaalsiipi. [22]

#### 4.4.3 Puoliaksiaalsiipi

Puoliaksiaaliset siivet kohdistavat aksiaalisen voiman lisäksi, radiaalista voimaa nesteeseen, jolloin virtaus poistuu vinosti akseliin nähden pumpusta. Puoliaksiaaliset siivekkeet kykenevät käsittelemään radiaalisia siivekkeitä suurempia virtauksia ja tuottamaan enemmän painetta verrattuna aksiaalsiivekkeeseen. Puoliaksiaalisilla siivekkeillä varustettuja pumppuja käytetään yleensä suuremmissa vedenotto- ja jakelujärjestelmissä

sekä vedenjakelun, kastelun ja jäähdytyksen käyttökohteissa. [22] Kuvassa 24 on esitetty tyypillinen puoliaksaalisiipi.



Kuva 24. Puoliaksaalisiiveke. [22]

#### 4.5 Syrjäytyspumput

Syrjäytyspumppuja käytetään usein sellaisissa kohteissa, joiden nesteillä on suuri viskositeetti [25]. Syrjäytyspumppujen käyttömekanismi perustuu tietyn nestemäärän syrjäyttämiseen imupuolelta painepuolelle. Pumpun käyttömekanismi voi syrjäyttää nestettä joko pyörivällä tai lineaarisella liikkeellä nesteen pumpun imupuolesta pumpun painepuolelle [19]. Yleisimpiä lineaarisella liikkeellä syrjäyttäviä syrjäytyspumppuja ovat

- mäntäpumput
- kalvopumput.

Yleisimpiä pyörivällä liikkeellä syrjäyttäviä syrjäytyspumppuja ovat

- hammaspyöräpumput
- ruuvipumput
- siipipumput.

Koska syrjäytyspumppun nestettä syrjäyttävien käyttömekanismien muotoja on monta erityyppistä, tässä työssä pumput rajataan pelkästään hammaspyöräpumppuihin, aksiaalimäntäpumppuun sekä ruuvipumppuun, joista käydään pelkästään perusteet läpi.

#### 4.5.1 Hammaspyöräpumput

Hammaspyöräpumppujen käyttömekanismi koostuu kahdesta hammaspyörästä ja moottorilla pyörittävästä akselistä. Moottorilla pyöritettävä hammaspyörä pyörittää sen viereistä olevaa hammaspyörää luoden imupainetta, kun niiden hammasrystöt erkaantuvat toisistaan. Tietty määrä nestettä kulkeutuu hammaspintojen ja pyörän kehän välissä pumpun painepuolelle, jolloin pumppu syrjäyttää nestettä. Hammaspyörät voivat pyöriä samaan suuntaan, jolloin ne luokitellaan sisäryntöisiksi hammaspyöriksi, ja eri suuntiin, jolloin ne luokitellaan ulkoryntöisiksi hammaspyöriksi. [19] Kuvassa 25 on esitetty eri hammaspyöräpumpputyyppejä.



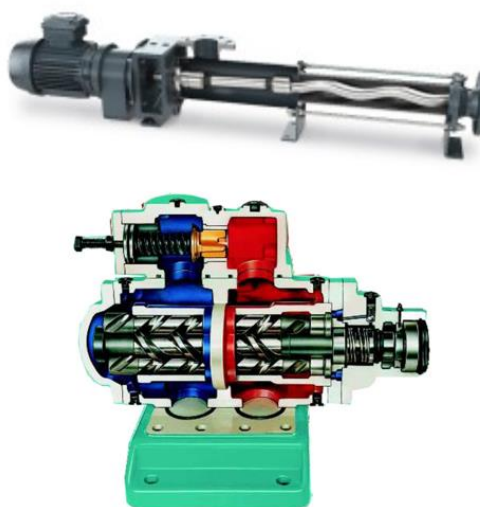
Kuva 25. Ulkoryntöinen ja sisäryntöiset hammaspyöräpumput. Vasemmalla ulkoryntöinen hammaspyöräpumppu, keskellä sisäryntöinen hammaspyöräpumppu ja oikealla Gerotorpumppu. [33, muokattu]

Sisäryntöisissä hammaspyöräpumpuissa toinen pyörä on isomman pyörän sisällä, jolloin pienempi pyörä pyörittää isompaa pyörää samaan suuntaan. Niiden hampaiden erkaantuminen estetään kiinteällä puolikuun muotoisella tiivisteellä, jolla erotetaan pumpun imu- ja painepuoli. Sisäryntöinen pumppu voidaan toteuttaa myös ilman tiivistettä, jolloin hammasrystöt eivät erkaannu toisistaan missään vaiheessa, jolloin imu- ja painepuoli säilyy. Nämä pumput luokitellaan Gerotor-malliseksi sisäryntöisiksi pumpuiksi. [19]

Ulkoryntöiset hammaspyörät koostuvat kahdesta samankokoisesta pyörästä, jossa hampaan rystöt koskettavat kammion keskiosassa, erottaen imu- ja painepuolen. Pyörät pyörivät eri pyörimissuuntaan, jolloin hampaat eivät erkaannu keskiosassa. [19] Hammaspyöräpumppujen etuna on niiden korkea pumppaushyötysuhde. Niillä pystytään tuottamaan korkeita paineita öljypohjaisille nesteille vähäisellä energiamäärällä. Hammaspyöräpumppujen heikkoutena on yleisesti hampaiden kuluminen, kun ne käsittelevät likaisia öljyjä. [19]

#### 4.5.2 Ruuvipumppu

Ruuvipumppujen käyttömekanismi koostuu vähintään kahdesta ruuvista ja moottorilla pyörittävästä akselista, joka pyörittää alemmaa tai ylemmää akselia. Ruuvipumppujen toimintaperiaate on samantyyppinen kuin hammaspyöräpumpulla. Moottorilla pyörivä ruuvi pyörittää sen viereistä ruuvia, jolle ruuvin uriin syntyy imupainetta. Neste kulkee tietyn määrän pyöritettävän ruuvin urassa, jolloin se kulkeutuu kohti pumpun poistopäätä. [18] Kuvassa 26 on esitetty eri ruuvipumpputyyppejä.



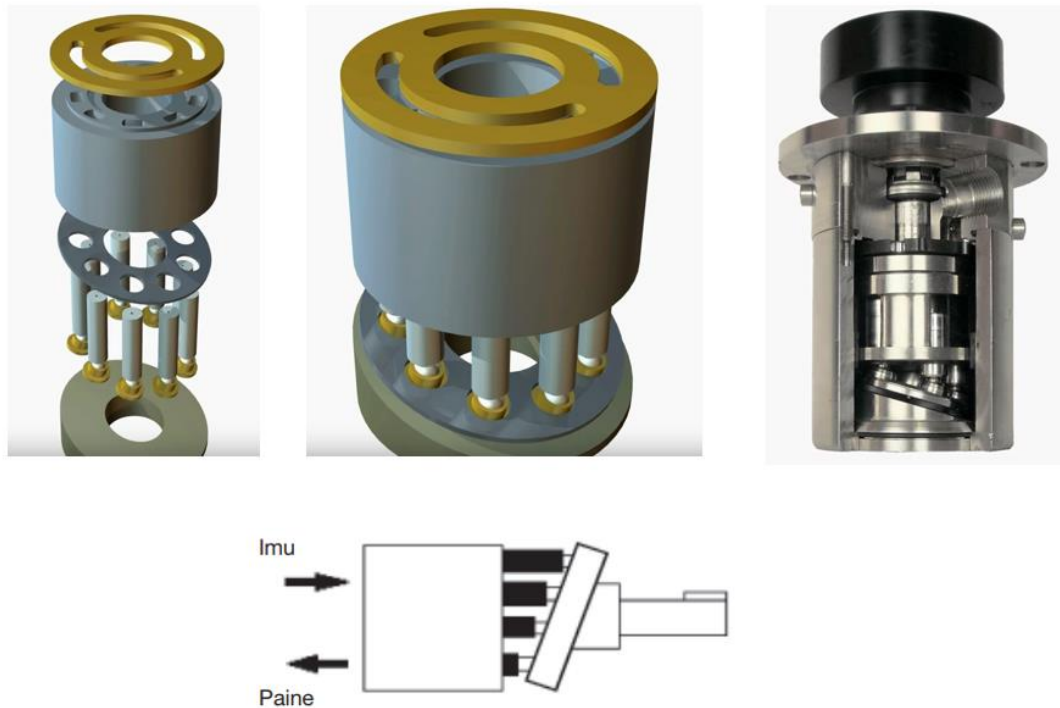
Kuva 26. Ylhäällä epäkeskoinen ruuvipumppu ja alhaalla kolmoisruuvipumppu. [34, muokattu]

Ruuvipumppujen etuudet ja heikkoudet ovat samat kuin hammaspyöräpumpuilla. Ruuvipumput on yleisesti suunniteltu öljytyyppisille nesteille, ja niiden hyötysuhteet ja painetuotot ovat korkeita, kuten hammaspyöräpumpuissa. [25]

#### 4.5.3 Aksiaalimäntäpumppu

Aksiaalimäntäpumpun toiminta perustuu männän edestakaiseen liikkeeseen, jonka liikerataa synnytetään moottorilla pyörittävällä akselilla. Aksiaalimäntäpumpussa on sylinteriryhmä, joissa on samankokoisia mäntiä. Sylinterit nojaavat kulmassa olevaan liukulevyyn, joka on kiinnitettyä voimansiirtoakseliin. Kun akseli pyörii tietyssä kulmassa, saa-

daan aikaiseksi sylinterissä olevan mäntien edestakainen liike. Pumpussa on aina jako-venttiili, joka jakaa keskeltä kahtia pumpun imu- ja painepuolen. Kun sylinteri pyörähtää venttiilin imupuolelle, liikkuu sylinterin mäntä taaksepäin pyörimisakselinsa nähden. Kun mäntä pyörähtää venttiilin painepuolelle, työntyy mäntä takaisin työntäen nesteen pois pumpun poistopuolelta, eli syrjäyttäen nesteen imupuolelta painepuolelle. [19] Kuvassa 27 on esitetty aksiaalimäntäpumpun rakenne ja toimintaperiaate.



Kuva 27. Aksiaalimäntäpumpun rakenne ja toimintaperiaate. [19, muokattu]

## 5 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia Ramboll Finlandille, mitä kaikkea LVI-laitteiden laitekokonaisuuksien komponenteista pitää ottaa huomioon laitevalinnan aikana. Työssä tutkittavat laitteet rajattiin levylämmönsiirtimeen sekä erityyppisiin venttiileihin ja pumppuihin ja niiden toimilaitteisiin. Työssä ei käsitelty muita lämmönsiirrintyyppejä, sillä levylämmönsiirtimet ovat erinomaisen hyötysuhteensa vuoksi lähes syrjäyttäneet kaikki muut lämmönsiirtimet. Insinööriyössä tietoa hankittiin pääsääntöisesti isojen laitevalmistajien puhelinhaastatteluilla, tuote-esitteistä, oppikirjoista, sekä SFS-standardeista.

Näitä kolmea laitetyyppiä tutkiessani huomasin, että niiden laitekokonaisuus perustuu samantyyppiseen periaatteeseen. Laitteisto koostuu aina tutkittavasta käyttölaitteesta, joka toimii suunnitellussa prosessissa tietyn tyyppisen tehtävän suorittajana. Tehtävää suoritetaan aina käyttölaitteen käyttömekanismin avulla. Käyttömekanismin muoto, rakenne sekä voimansiirtotapa määrittää yleisesti käyttölaitteen tyypityksen.

Käyttömekanismin rakennetyyppi sekä materiaali- ja tiivistevalinnat riippuvat täysin prosessin fysikaalisista ja kemiallisista tekijöistä, kuten nesteen viskositeetista, käyttöaineesta, käyttölämpötilasta, epäpuhtauksista, korroosio-ominaisuuksista sekä happamuudesta. Myös käyttölaitteen liitostavat putkistoihin riippuvat samoista edellä mainituista tekijöistä.

Pois lukien lämmönsiirrin, pumppujen ja venttiilien käyttömekanismit ovat aina yhdistettyinä voimansiirtolaitteeseen, joka siirtää toimilaitteella tuotettua voimaa käyttömekanismiin. Akselin läpimenokohdat toimilaitteen ja käyttölaitteen rungoista ovat myös aina tiivistettyinä, ja niiden tiivistysmateriaalien valinnat perustuvat prosessin fysikaalisiin ja kemiallisiin tekijöihin. Läpimenokohtien tiivistyksissä täytyy aina huomioida myös niiden jäähdystarpeet.

Toimilaite käyttää aina ulkoista energiaa siirtääkseen voimaa voimansiirtoakseliin. Toimilaite voi siirtää voimaa voimansiirtoakseliin joko lineaarisesti, pyörivästi tai osittain kiertaisesti. Toimilaitteiden toiminta-aikaa voidaan säätää erilaisilla nopeussäätimillä, joita ohjataan erityyppisillä ohjaimilla. Toimilaitteet tarvitsevat myös aina voitelu- ja jäähdytysjärjestelmiä, jolla suojataan kitkasta syntyvää ylläampemistä.

Toimilaitteet voidaan kiinnittää käyttölaitteeseen joko ulkoisesti, esim. jonkintyyppisellä haarukkakiinnityksellä, tai integroimalla se itse käyttölaitteeseen. Tämän tyyppisissä modifikaatioissa toimilaite ja käyttölaite jakavat myös yhteisen voimansiirtoakselin. Toimilaite ja käyttölaite voivat olla myös erikseen asennettuna tukilevyille, jolloin niiden voimansiirtoakselit ovat yleensä erillisiä. Toimilaitteen ja käyttölaitteen voimansiirtoakselit yhdistetään yleisesti yhteisellä liittimellä, joka voi olla myös tuettuna tukilevyssä.

Työn tarkoituksena oli auttaa uusia suunnittelijoita ymmärtämään, mitä kaikkia laiteteknisiä ominaisuuksia laitekokonaisuuksien komponenteissa on syytä ottaa huomioon, kun ollaan valitsemassa tuotetta tai hyväksymässä tuotetta. Tämän työn avulla uusi suunnittelija pystyy paremmin hahmottamaan LVI-laitteen laitekokonaisuutta, ja niihin liittyviä materiaalivalintoja. Tätä työtä voi käyttää myös eräänlaisena muistutuslistana, kun urakoitsija lähettää listan tarkastettavista LVI-laitteista.

Tätä työtä voidaan vielä parantaa tarkentamalla eri materiaalityyppien fysikaalisia suureita, jolloin voidaan luoda tarkka lista, jolla pystytään rajaamaan eri aineille sopivia materiaalityyppejä. Työtä voidaan myös jatkaa tutkimalla lisää venttiili-, pumppu- ja lämmönsiirrintyypppejä ja niiden tarkempia käyttökohteita. Tämä työ on myös mahdollista laajentaa ilmanvaihtopuolen laitteistoille.



## Lähteet

- 1 Seppänen Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
- 2 Nyhberg Ulla. Belimo. Tuotevalmistajan asiantuntija puhelinhaastattelu. 8.11.2018
- 3 Huupponen Harri. Danfoss Oy. Tuotevalmistajan lämmönsiirrin asiantuntija puhelinhaastattelu. 18.3.2019
- 4 Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet K1, 2014. Energiateollisuus ry.
- 5 SFS-EN 736-1:2018. Venttiilit. Sanasto. Osa 1: Venttiilityyppien määritelmät. 2018. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 6 SFS-EN 736-2:2016. Venttiilit. Sanasto. Osa 2: Venttiilien osien määritelmät. 2016. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 7 SFS-EN 1574-1. Teollisuusventtiilit. Toimilaitteet. Osa 1: Terminologia ja määritelmät. 2009. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 8 SFS-EN 15714-2 2009. Teollisuusventtiilit. Toimilaitteet. Osa 2: Sähköiset toimilaitteet teollisuusventtiileille. Perusvaatimukset. 2009. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 9 SFS-EN 15714-3 2009. Teollisuusventtiilit. Toimilaitteet. Osa 3: Pneumaattiset osittain kääntyvät toimilaitteet teollisuusventtiileille. Perusvaatimukset. 2009. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 10 SFS-EN 809 + A1. Pumput ja pumppuyksiköt nesteille. Yleiset turvallisuusvaatimukset. 2009. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 11 SFS-EN ISO 9905 + AC. Technical specifications for centrifugal pumps – class I (ISO 9905:1994). 1998. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 12 Istukkaventtiilit. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/istukkaventtiilit>>. Luettu 10.4.2019
- 13 Palloventtiilit. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/palloventtiilit>>. Luettu 10.4.2019

- 14 Lappaventtiilit. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/lappaventtiilit>>. Luettu 10.4.2019
- 15 Luistiventtiilit. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/luistiventtiilit>>. Luettu 10.4.2019
- 16 Tulppaventtiilit. Verkkoaineisto. Konwell. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit/tulppaventtiilit>>. Luettu 10.4.2019
- 17 Kalvoventtiilit. Verkkoaineisto. Kontram. <<https://www.kontram.fi/laitteet/venttiilit/kalvoventtiilit.html>>. Luettu 10.4.2019
- 18 Ruuvipumppu. Verkkoaineisto. Alfa Laval. <<https://www.alfalaval.com/products/fluid-handling/pumps/twin-screw-pump/twin-screw/>>. Luettu 11.4.2019
- 19 Hammaspyörä ja mäntäpumput. Fluid kliniikka esite. Verkkoaineisto. <<https://www.salhydro.fi/files/PDF/3.hammaspyora-ja-mantapumput.pdf>>. Luettu 11.4.2019
- 20 Pumput ja putkistot teoriassa ja käytännössä. ITT esite. Verkkoaineisto. <<http://www.xylemwatersolutions.com/scs/finland/Documents/Pump%20ja%20putkistot.pdf>>. Luettu 11.4.2019
- 21 Keskipakopumpputyypit. Grundfos Ecademy esite. Verkkoaineisto. <[https://fi.grundfos.com/content/dam/finnish/training-events/Ecademy/Basic%20principes/4010774\\_GSF\\_CM\\_Pumps\\_Task-5\\_centrifugal-pump-types\\_A4\\_3mmBleed\\_ART03\\_AT\\_ISOCoatedV2.pdf](https://fi.grundfos.com/content/dam/finnish/training-events/Ecademy/Basic%20principes/4010774_GSF_CM_Pumps_Task-5_centrifugal-pump-types_A4_3mmBleed_ART03_AT_ISOCoatedV2.pdf)>. Luettu 11.4.2019
- 22 Yleisimmät juoksupyörätyypit. Grundfos Ecademy esite. Verkkoaineisto. <[https://fi.grundfos.com/content/dam/finnish/training-events/Ecademy/Basic%20principes/4010774\\_GSF\\_CM\\_Pumps\\_Task-3\\_Main-impeller-types\\_ART02\\_AT.pdf](https://fi.grundfos.com/content/dam/finnish/training-events/Ecademy/Basic%20principes/4010774_GSF_CM_Pumps_Task-3_Main-impeller-types_ART02_AT.pdf)>. Luettu 11.4.2019
- 23 Forsman Marcus. Grundfos. Tuotevalmistajan pumppuasiantuntija puhelinhaastattelu. 16.4.2019
- 24 Blom Jussi. Konwell. Tuotevalmistajan venttiiliasiantuntija puhelinhaastattelu. 16.4.2019
- 25 Kaunisaho Marko. Masino. Tuotevalmistajan pumppuasiantuntija puhelinhaastattelu. 16.4.2019
- 26 Poksitiivisteet. Densiq. Verkkoaineisto. <<https://www.densiq.com/fi/tuote/tiivisteet/poksitiivisteet/>> Luettu 22.4.2019

- 27 Lämmönsiirtimet. Danfoss. Verkkoaineisto. <<http://products.danfoss.fi/product-range/heatingsolutions/lammonsiirtimet/#/>>. Luettu 1.6.2019
- 28 Venttiilit. Konwell. Verkkoaineisto. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/prosessi/prosessiventtiilit>>. Luettu 1.6.2019
- 29 Toimilaitteet. Konwell. Verkkoaineisto. <<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/kaasu-ja-polttoaine/kryogeeniratkaisut/toimilaitteet-ja-asennoittimet>>. Luettu 1.6.2019
- 30 Pumput. Promain. Verkkoaineisto. <<https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Keskipakopumppujen-mitoituksen-ja-kayton-haasteet>>. Luettu 1.6.2019
- 31 Pumput. Hankia. Verkkoaineisto. <<http://www.hankia-pump.com/pics/b0008.jpg>>. Luettu 1.6.2019
- 32 Pumput. Phoenixpumps. Verkkoaineisto. <[https://www.phoenixpumps.com/pumps\\_8\\_1165.html](https://www.phoenixpumps.com/pumps_8_1165.html)>. Luettu 1.6.2019
- 33 Hammaspyöräpumput. Marinerspotted. Verkkoaineisto. <<https://marinerspotted.com/2017/02/types-pumps-used-onboard-ship/>>. Luettu 1.6.2019
- 34 Ruuvipumput. Masino. Verkkoaineisto. <<https://www.masino.fi/wp-content/uploads/2013/06/Ruuvipumput--e1549453593362.jpg>> Luettu 1.6.2019

