

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PILOTOINTILAITTEISTON TEKNISTEN OMINAISUUKSIEN KARTOITUS JA TOIMINTAPERIAATTEEN SELOSTUS EPSE OY:LLE

EPSE Oy

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Anna Kivimäki	
Työn nimi Pilotointilaitteiston teknisten ominaisuuksien kartoitus ja toimintaperiaatteen selostus EPSE Oy:lle	
Päiväys 15.12.2022	Sivumäärä/Liitteet 37/0
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani EPSE Oy	
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa kattava teknisten ominaisuuksien kartoitus sekä toimintaperiaatteen selostus Mobile EPSE™-nimiselle pilottilaitteistolle. Mobile EPSE™ -pilot-laitteisto on EPSE Oy nimisen yrityksen vuonna 2020 valmistunut vedenkäsittelylaitteisto. Tarve teknisen dokumentoinnin kehittämiseen syntyi yrityksen halusta standardisoida Mobile EPSE™ -konseptia. Materiaalia tuotettiin muun muassa helpottamaan teknisen tuen antamista tilanteissa, joissa laitteistoon tulisi esimerkiksi laiterikko sen ollessa käytössä toisella puolella maailmaa. Lisäksi opinnäytetyön oli tarkoitus soveltaa hyödynnettäväksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä sekä asiakkaalle lähetettävänä infomateriaalina.</p> <p>Työssä menetelminä tutkittiin tilaajan omaa materiaalikirjastoa, johon sisältyi muun muassa pilottilaitteiston PI-kaavio sekä laitteiston automaation toimintaselostus. PI-kaaviota tutkimalla tehtiin suunnitelma, jonka mukaan tekniset ominaisuudet kartoitettiin. Toimintaperiaatteen kuvaukseen käytettiin tutkimusmateriaalina yrityksen sisäisiä dokumentteja ja lisäksi haastateltiin EPSE:n teknistä henkilökuntaa, minkä jälkeen laitteistolle suoritettiin testiajoja.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena tilaajalle toimitettiin kolme teknistä dokumenttia, joista ensimmäisessä kuvattiin Mobile EPSE™ pilotointilaitteiston toimintaperiaate sisältäen kaikki vaiheet laitteiston kuljetuksesta ja asennuksesta sen ajoin, huoltoon ja puhdistukseen. Toinen dokumentti sisälsi laitteiston teknisen kartoituksen, jossa kaikki laitteiston osat inventoitiin ja luetteloiitiin laitetyppeineen eroteltuna. Laitteiston kartoituksen yhteydessä kaikista osista otettiin valokuvat, joita liitettiin osaksi dokumenttia kuvauksineen laitteen sijainnissa prosessissa. Kolmas dokumentti oli Excel-tiedosto, johon laitteiston tekniset ominaisuudet oli yksityiskohtaisemmin taulukoitu. Opinnäytetyössä tuotettujen dokumenttien käyttökohteita yhteistyöyrityksessä oli useita ja ne otettiin käyttöön ensisijaisesti Mobile EPSE™ laitteiston teknisen tuen materiaaliksi sekä perehdytys-, laadunhallinta- ja esittelymateriaaliksi.</p>	
Avainsanat Tekninen viestintä, käsikirja, pilotointilaitteisto, prosessitekniikka, vedenkäsittely	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author Anna Kivimäki	
Title of Thesis Mapping of piloting equipment's technical features and its operating principle for EPSE Oy (Ltd.)	
Date 15.12.2022	Pages/Appendices 37/0
Client Organisation /Partners EPSE Oy (Ltd.)	
<p>The goal of this thesis was to provide comprehensive research about the technical features and operational principles of a piloting equipment called the Mobile EPSE™. The Mobile EPSE™ is a water treatment equipment that was implemented in 2020 and is owned by EPSE Oy (Ltd.). The need for developing technical documentation emerged from the company's need to standardize the Mobile EPSE™ concept. Material was produced to e.g., help giving technical support in situations where the equipment is in use on the other side of the world, and some part of it malfunctions. Also, the thesis was meant to be suitable for orientating new staff members and to be used as info material that can be sent to the customer.</p> <p>As methods to conduct the thesis, the client's own material library including e.g., the piloting equipment's PI-chart and the operational principle of its process automation, was researched. The PI-chart was used to make a plan for mapping out the equipment's technical features. Description of the piloting equipment's operational principle was conducted by researching the client's own material and by interviews with EPSE's technical staff. After the interviews, test drives were done to the Mobile EPSE™ piloting unit.</p> <p>As a result of the thesis, three separate technical documents were delivered to the client. In the first one, the operational principle of the Mobile EPSE™ piloting equipment was described including all steps from the equipment's transportation and installation to its operation, maintenance, and cleaning. The second document included the equipment's technical mapping, and all of the equipment's parts were inventoried and catalogued according to their device type. During the device mapping, all the parts were photographed, and the photos were enclosed in the documentation. The third document was an Excel file in which the technical features were tabled in more detail. The documents provided for the client had many functions and were taken in to use primarily as technical support material, and orientation, quality control and info material of the Mobile EPSE™.</p>	
Keywords Technical communication, handbook, piloting equipment, process technology, water treatment	

SISÄLTÖ

KÄSITTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Opinnäytetyön yhteistyötaho	7
1.2 Tutkimusmenetelmät.....	8
2 MOBILE EPSE™	9
3 PILOTTILAITTEISTO.....	10
3.1 Venttiilit	10
3.1.1 Palloventtiili.....	10
3.1.2 Kalvoventtiili.....	12
3.1.3 Paineenpitoventtiili.....	13
3.2 Massavirtausmittari	13
3.3 Pintamittari.....	16
3.4 Värähtelypintakytkin.....	17
3.5 pH-mittari.....	18
3.6 Konttisekoitin.....	19
3.7 Pumput	20
3.7.1 Letkupumppu	20
3.7.2 Kalvopumppu	21
3.8 Ruuvikuljetin.....	22
3.9 Sulkusyötin.....	22
3.10 Säiliöt	23
3.11 Siilo	23
3.12 Lamelliselkeytin	23
3.13 Nauhasuodatin.....	24
3.14 Letkut ja linjat	25
4 LAITTEISTON OSIEN KARTOITUS JA KÄSIKIRJAN TEKEMINEN	26
4.1 Lähdeaineisto	26
4.2 Laitteiston osien kartoitus.....	26
4.3 Laitteiston koeajot	28
4.4 Kirjoitustyö.....	28
5 TYÖN TULOKSET	30

5.1	Mobile EPSE™ -laitteiston toimintaperiaatteen kuvaus	30
5.2	Mobile EPSE™ -laitteiston teknisten ominaisuuksien kartoitus	31
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	32
7	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET	34

KUVALUETTELO

KUVA 1.	EPSE™ Menetelmän toimintaperiaate kuvattuna (EPSE 2022)	8
KUVA 2.	Havainnekuva Mobile EPSE™ pilottilaitteistosta (EPSE 2022).....	9
KUVA 3.	PVC-muovista valmistettu palloventtiili auki-asennossa (Kivimäki 2022, CC BY-SA).....	11
KUVA 4.	Automaattinen palloventtiili ja sen toimilaite, vieressä 2 manuaalista palloventtiiliä (Kivimäki 2022, CC BY-SA)	12
KUVA 5.	Rakennekuva Bürkertin tyyppin 2030 paineilmakäyttöisestä 2/2-tie-kalvoventtiilistä CLASSIC muovisella venttiilirungolla (Bürkert 2022).....	13
KUVA 6.	Emerson Electric Co. valmistama massavirtausmittari (Kivimäki 2022, CC BY-SA).....	14
KUVA 7.	Esimerkki massavirtausmittarin tulo- ja menosensorin siniaallosta kuvattuna, kun putkessa virtaa nestettä (Kivimäki 2022, CC BY-SA)	15
KUVA 8.	Säiliön alaosaan asennettava Aplisens PCE-28.SMART painelähetin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)	16
KUVA 9.	Säiliön päälle asennettava Aplisens tyyppin APC-2000ALW/P painelähetin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)	17
KUVA 10.	Bürkertin tyyppin 8110 värähtelypintakytkimet (Kivimäki 2022, CC BY-SA).....	18
KUVA 11.	Mobile EPSE™ laitteistossa käytössä oleva kaksilapainen konttisekoitin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)	19
KUVA 12.	APEX28 letkupumppu Mobile EPSE™ laitteistossa (Kivimäki 2022, CC BY-SA).....	20
KUVA 13.	Prominentin magneettitoiminen kalvoannostelupumppu (vas.) ja moottorikäyttöinen kalvoannostelupumppu Mobile EPSE™ -laitteistossa (Kivimäki 2022, CC BY-SA).....	21
KUVA 14.	Mobile EPSE™ -laitteistossa kemikaalisiilon pohjayhteen ja kemikaalisiilon kannen väliin asennettu Rotex sulkusyötin (Kivimäki 2022, CC BY-SA).....	22
KUVA 15.	Vastavirtaperiaatteella toimivan lamelliselkeyttimen laskeutusperiaate (Met-Chem 2022).....	24
KUVA 16.	POLO Filter-Technik vinopetisuodattimen rakenne (POLO Filter-Technik julkaisuaika tuntematon).....	25

TAULUKKOLUETTELO

TAULUKKO 1.	Laitteiston osien kartoitus suunnitelma	27
TAULUKKO 2.	Opinnäytetyön aikana työstetyt dokumentit	29

KÄSITTEET

EPSE™ Kemikaali: EPSE-käsittelyssä käytettävä EPSEn patentoima kemikaali

EPSE™ Menetelmä: Vesa Rissasen keksimä, EPSE Oy:n omistama patentoitu vedenkäsittelymenetelmä raskasmetallipitoisen veden käsittelyyn (Patenttinumero EP3043874).

Jae: Käsiteltävä materiaali, esimerkiksi raskasmetallipitoinen jätevesi

Mobile EPSE™: EPSEn erä- ja jatkuvatoimiseen ajoon asiakaskohteessa tarkoitettu automatisoitu kolmen merikontin vedenkäsittelypilottilaitteisto. Laitteiston nimi on tavaramerkkisuojattu.

Pietsosähköinen ilmiö: Ranskalaisten Curien veljesten 1800-luvulla löytämä ilmiö, jossa kristallisoitunut pinta muuttuu mekaaniseksi energiaksi paineen vaikutuksesta. (Woodworth 2022)

Pilottilaitteisto: Pilottitutkimukseen eli pilotointiin rakennettu laitteisto, jolla suoritetaan esitutkimusta tietyn ratkaisun toimivuudesta tutkimuskohteessa

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa kattava teknisten ominaisuuksien kartoitus sekä toimintaperiaatteen selostus yhteistyötaho EPSE Oy:n Mobile EPSE™-nimiselle vedenkäsittelyyn tarkoitetulle pilottilaitteistoyksikölle. Tällä hetkellä yhteistyötahoyrityksessä vuonna 2020 valmistuneen Mobile EPSE™ -laitteiston ajoon ja huoltoon liittyvät tietotaidot ja osaaminen ovat vain muutaman ihmisen hallussa eikä selkeää dokumenttia laitteiston toimintaperiaatteesta ja sen teknisistä ominaisuuksista ole. Lisäksi vedenkäsittelylaitteiston valmistumisen jälkeen sen rakenteeseen on tullut useita muutoksia, joiden tekninen dokumentaatio ei ole ajan tasalla.

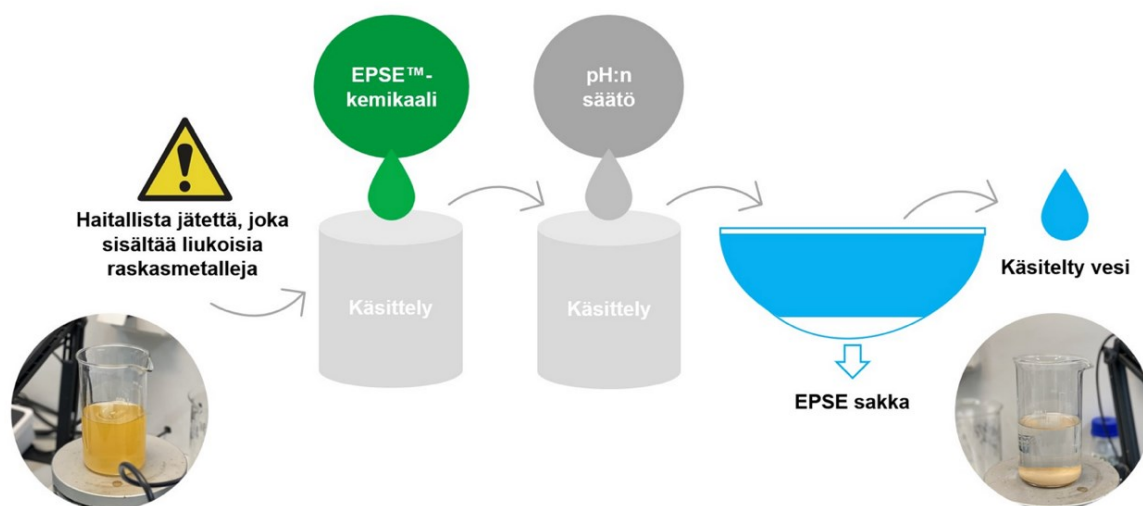
Tarve standardisoida uudehkoa Mobile EPSE™ -konseptia on EPSE:n kokoisessa pk-yrityksessä suuri, sillä opinnäytetyössä tuotettua materiaalia voidaan hyödyntää tehokkaasti muun muassa uusien työntekijöiden perehdytyksessä ja asiakkaalle toimitettavana infomateriaalina. Lisäksi materiaalia voi hyödyntää teknisen tuen antamiseen, kuten esimerkiksi löytämään ja lähettämään helposti tarvittava varaosa silloin, kun laitteisto on käytössä asiakaskohteessa toisella puolella maailmaa ja jokin osa siitä yllättäen rikkoutuu.

Laitteiston standardoiminen ennakoi myös tulevaisuuden haasteita esimerkiksi tilanteessa, jossa useita Mobile EPSE™ -pilottilaitteistoja pitäisi saada suuren kysynnän vuoksi käyttöön eri kohteisiin ja laitteistoja tulee valmistaa lisää. Uusien pilottilaitteistojen suunnittelu, muuntelu ja valmistaminen voi nopeutua huomattavasti, kun käytössä on ajantasainen ja kattava dokumentaatio.

1.1 Opinnäytetyön yhteistyötaho

Opinnäytetyön tilaaja ja yhteistyötaho EPSE Oy on Ylöjärvellä sijaitseva, liukoisia metalleja sisältävien teollisuuden ja kaivosalan prosessi- ja jätevesien käsittelyyn erikoistunut yritys. Yritys on perustettu vuonna 2012 ja siinä työskentelee tällä hetkellä 14 henkilöä. EPSE Oy käyttää vesien käsittelyyn omaa, patentoitua EPSE™ Menetelmäänsä.

EPSE™ Menetelmä, yrityksen perustajajäsenen Vesa Rissasen kehittämä, patentoitu vedenkäsittelymenetelmä, on innovatiivinen ratkaisu liukoisia metalleja sisältävien vesijakeiden käsittelyyn. EPSE-käsittelyllä käsiteltävästä jakeesta saadaan eroteltua liukoiset metallit, ja metallivapaa vesi voidaan kierrättää takaisin prosesseihin. Prosessissa syntyvä monimetallisakka on ominaisuuksiltaan nopeasti laskeutuva, niukkaliukoinen, ja usein pysyväksi jätteeksi luokiteltava tai raaka-aineeksi jatkojalostamalla kierrätettävä. EPSE™ Menetelmän vedenkäsittelyprosessi perustuu kemikaalien annosteluun ja pH:n nostoon eikä se ole lämpötilariippuvainen toimiakseen (ks. KUVA 1).



KUVA 1. EPSE™ Menetelmän toimintaperiaate kuvattuna (EPSE 2022)

EPSEn asiakasprosessi perustuu siihen, että potentiaalinen teollisuuden asiakas, jonka ongelmana on raskasmetallipitoisuudet prosessi- tai jätevedessään, lähettää vesinäytteen Ylöjärvellä EPSEn tiloissa sijaitsevaan EPSE Laboratorioon. Laboratoriossa näyte analysoidaan selvittäen sen ominaisuudet, kuten metallipitoisuudet. Sen jälkeen näytteelle tehdään laboratoriomittakaavan EPSE-käsittely, jonka jälkeen näytteen ominaisuudet analysoidaan uudelleen selvittäen, miten EPSE-käsittely on onnistunut.

Laboratoriotulosten perusteella optimoidaan kohteeseen sopiva EPSE Resepti, minkä jälkeen voidaan tarvittaessa toteuttaa asiakaskohteessa paikan päällä tapahtuva pilotointi EPSE™ Menetelmän toimivuuden todentamiseksi sekä käyttö- ja investointikustannusten (OPEX ja CAPEX) laskemiseksi. Pilotointi voidaan suorittaa asiakkaan prosessin sivuvirrasta EPSEn omalla, liikuteltavalla Mobile EPSE™ pilottilaitteistolla, IBC-konteilla, asiakkaan omalla laitteistolla tai jollain muulla asiakaskohteeseen sopivalla vaihtoehdolla. Asiakaspilotoinnin suorittaminen on askel kohti asiakkaan tarpeeseen räätälöityä, kokonaisvaltaista ratkaisua, jonka osana on EPSE™ Menetelmän lissenssisopimus, mikä sisältää EPSE™ kemikaalin ja teknisen tuen.

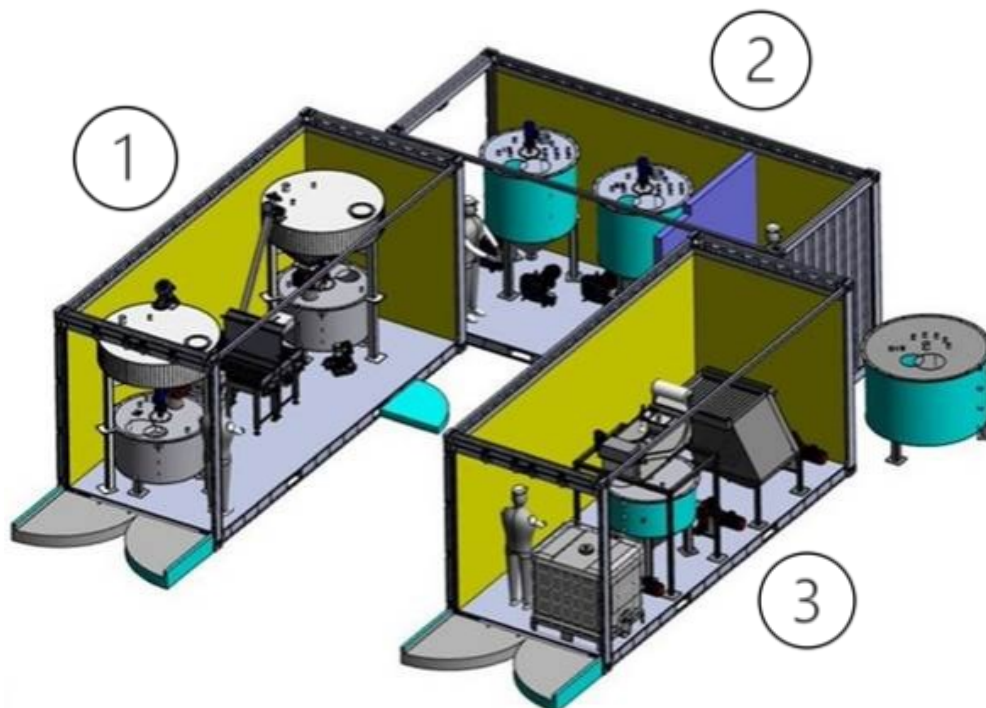
1.2 Tutkimusmenetelmät

Työn toteutuksen tutkimusmenetelminä tutustutaan yhteistyötaho EPSE Oy:n toimittamaan aineistoon, johon sisältyy muun muassa seuraavat dokumentit: "Pilottilaitteiston automaation toimintaselostus", "SOP: Disassembly of Mobile EPSE™" ja "Mobile EPSE 1 PI-Diagram Current configuration". Kun pilottilaitteiston ominaisuuksista ja laitetiedoista on tarpeeksi taustamateriaalia, voidaan tiedon etsimiseen käyttää hyväksi osien valmistajien materiaaleja sekä muita internetlähteitä eri prosessilaitteiden toimintaperiaatteesta.

Opinnäytetyön toteutuksen aikana haastatellaan EPSEn teknistä henkilökuntaa ja haastattelujen sekä Mobile EPSE™ laitteiston PI-kaavion tutkimiseen pohjautuneen suunnittelutyön tuloksena kartoitetaan Mobile EPSE™ laitteiston ominaisuuksia. Lisäksi laitteistolle tehdään testiajoja ja sen huolto- ja asennustoiimiin tutustutaan EPSEn teknisen henkilökunnan avustamana.

2 MOBILE EPSE™

Mobile EPSE™ -pilottilaitteisto on EPSEn asiakaskohteisiin EPSE™ Menetelmän toimivuuden todentamiseen tarkoitettu kolmeen merikonttiin rakennettu liikuteltava vedenkäsittelylaitteisto (ks. KUVA 2). Vedenkäsittelyprosessi on automatisoitu ja prosessia ohjataan graafiselta käyttöliittymältä, mutta osa laitteiston osista vaatii myös manuaalista käsittelyä, kuten manuaalisten venttiilien avausta ja sulkeamista. Laitteiston vedenkäsittelykapasiteetti on 0,2–2,0 m³/h ja se on mahdollista liittää asiakkaan prosessi- tai jäteveden sivuvirtaan ilman, että se aiheuttaa kohteen olemassa olevaan vedenkäsittelyprosessiin häiriöitä.



KUVA 2. Havainnekuva Mobile EPSE™ pilottilaitteistosta (EPSE 2022)

Pilottilaitteisto on suunniteltu ja rakennettu siten, että ensimmäisessä kontissa tapahtuu vedenkäsittelyyn tarvittavien kemikaalien annostelu ja sekoitus. Toisessa kontissa käsiteltävään jakeeseen syötetään ensin tarvittaessa happoa pH:n laskemiseksi, jonka jälkeen siihen annostellaan EPSE™ kemikaali ja lopulta kemikaali pH:n nostamiseen. pH:n noston jälkeen käsiteltävä vesi pumpataan kiintoaineen laskeutukseen kolmannessa kontissa olevalle lamelliselkeyttimelle. Selkeyttimen pohjalle laskeutuva sakka kuivataan nauhasuodattimella ja suodatuksessa syntyvä sakkakakku voidaan ohjata jäteteeseen tai jatkokäsittelyyn siinä olevien metallien kierrättämiseksi takaisin raaka-aineeksi. Selkeyttimeltä saatava metallivapaa ylitevesi ja sakan suodatuksessa syntyvä suodosvesi voidaan ohjata jatkokäsittelyyn, kierrättää takaisin prosessiin tai johtaa johonkin muuhun asiakkaan kanssa sovittuun paikkaan.

3 PILOTTILAITTEISTO

Erilaisia pilottilaitteistoja käytetään teollisuudessa yleisesti testaamaan laitteistojen, prosessien ja menetelmien toimivuutta. Pilotoinnista saadut tulokset vaikuttavat asiakkaan päätökseen investoida ratkaisuun. Niin suurten keskitettyjen vedenpuhdistamojen, kuin pienemmän mittakaavan pilottilaitteistojen vedenkäsittelyprosessit koostuvat erilaisten prosessilaitteiden ja osaprosessien yhdistelmästä. Eri vedenkäsittelyn osaprosesseihin, kuten sekoitukseen, laskeutukseen ja suodatukseen, kuuluu muun muassa erilaisia kiintoaineen, veden tai kaasun kuljettimia, putkia ja letkuja, joita pitkin aineet voivat siirtyä prosessin eri osissa, sekä prosessisäiliöitä, sekoittimia, venttiilejä ja erilaisia prosessin ohjaukseen ja valvontaan tarvittavia mittalaitteita.

Vedenkäsittelylaitteiston eri osien ja laitteiden toimintaperiaatteen ymmärtäminen on tärkeää vedenkäsittelyprosessin kokonaisuuden sisäistämiseksi. Tässä opinnäytetyössä Mobile EPSE™ vedenkäsittelylaitteiston osat on jaoteltu tyypeittäin omien otsikoidensa alle ja niiden toimintaperiaate on selostettu seikkaperäisesti. Laitteet voivat olla eri valmistajilla hyvinkin erilaisia, mutta tässä opinnäytetyössä osien toimintaperiaate on pyritty kuvaamaan Mobile EPSE™ laitteistossa käytettyjen osien ja laitteiden näkökulmasta.

3.1 Venttiilit

Venttiilit ovat tärkeä osa prosesseja, joissa erinäisten aineiden syöttöä halutaan kontrolloida. Erilaiset sulkuventtiilit, kuten pallo- ja kalvoventtiili, ovat tehokkaita eristämään nesteiden ja kaasujen kulkua linjoissa ja niiden toiminta perustuu venttiiliin sulkuelimen liikuttamiseen (saVRee 2018).

3.1.1 Palloventtiili

Palloventtiili on erittäin tiivis venttiili ja se soveltuu prosesseissa erityisen hyvin nesteiden ja kaasujen virtauksen sulkemiseen (SIO 2022). Palloventtiilin sulkuelin on nimensä mukaisesti pallon muotoinen, ja sen keskellä on reikä, jonka läpi aine pääsee virtaamaan venttiiliin kahvaa käännettäessä (ks. KUVA 2). Sulkuelin pyörii venttiilin käyttöohjainta käännettäessä 90° (saVRee 2018).

Palloventtiili voi olla sisähalkaisijaltaan täysin avonainen eli sen halkaisija on läpi venttiiliin saman paksuinen, ja venttiili ei rajoita auki ollessaan putkessa olevaa virtaamaa ollenkaan. Palloventtiileitä on myös Venturi-ilmiön, eli virtausnopeutta kasvattavan ilmiön (COMSOL 2015), luovalla rakenteella, jolloin niiden sisähalkaisija on tulolinjasta sulkuelimelle kapeneva ja sulkuelimeltä menolinjaan taas kasvava. (Shinjo Company 2022.)

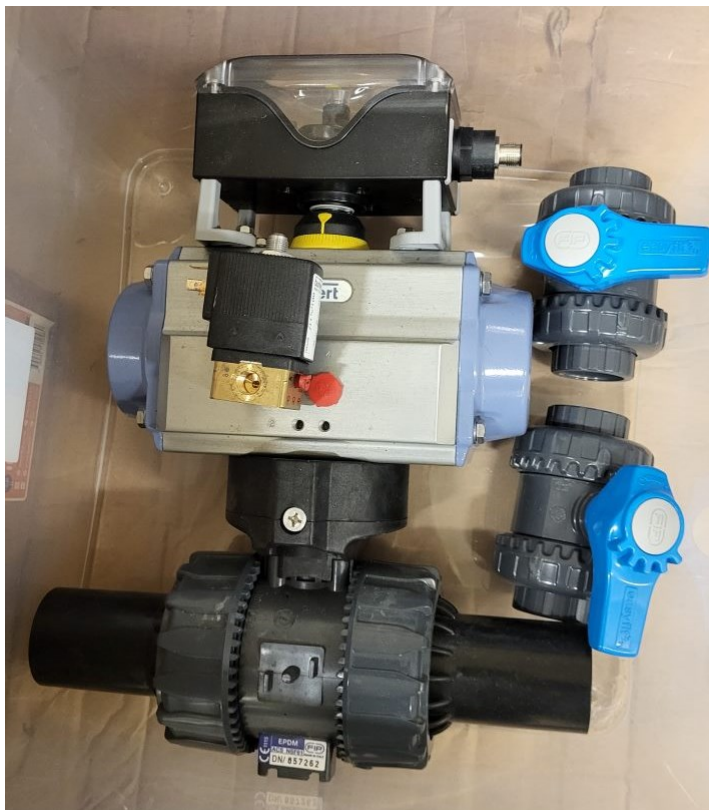


KUVA 3. PVC-muovista valmistettu palloventtiili auki-asennossa (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

Manuaalinen palloventtiili koostuu rungosta, pallonmuotoisesta sulkuelimestä, käyttöohjaimesta ja sitä ohjaavasta kahvasta, kahvan kiinnikkeestä, istukasta sekä tiivisteestä (saVRee 2018). Jos palloventtiilin toimintaa siis halutaan ohjata automaattisesti, tarvitaan siihen toimilaite, joka kahvan sijaan kääntää venttiilin käyttöohjainta ja siten avaa tai sulkee venttiilin.

Toimilaitteita on sähköisiä, hydraulisia eli nesteen paineen avulla toimivia, sekä pneumaattisia eli paineilamalla toimivia. EPSEllä kaikissa automaattisissa palloventtiileissä on käytössä pneumaattiset toimilaitteet. Pneumaattinen toimilaite muuttaa paineilman muodossa olevan energian liikkeeksi, joka voi olla joko lineaarista tai kiertävää. Kiertävä liike saa esimerkiksi toimilaitteen sisällä olevan hammaspyörän liikkumaan hammastangolla, mikä avaa tai sulkee siihen kytketyn laitteen (RealPars 2021). EPSEllä käytössä oleva lineaarisella periaatteella toimiva toimilaite aiheuttaa venttiilin mäntään lineaarisen liikkeen paineilman vaikutuksesta, jolloin siihen kytketyn palloventtiilin käyttöohjain kääntyy 90° avaten tai sulkien virtauksen (Bürkert julkaisuaika tuntematon).

Kun kohteeseen valitaan palloventtiiliä, tulee ottaa huomioon asennuskohteen linjojen halkaisija, venttiilin paineenkestävyys sekä käsiteltävälle aineelle oikeanlainen valmistusmateriaali. Esimerkiksi Mobile EPSE™ -laitteiston kaltaisessa pienen mittakaavan vedenkäsittelylaitoksessa vedenpaine ei nouse korkealle, jolloin PVC-muovista valmistettu venttiili on hyvin soveltuva ja esimerkiksi messingistä valmistettuun venttiiliin verrattuna erittäin halpa vaihtoehto. (engineer.decorexpro.com 2019.)



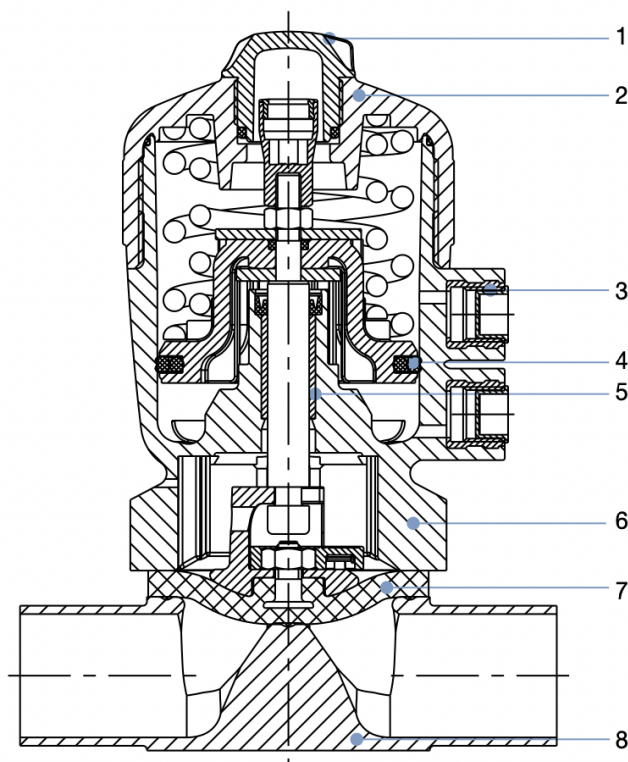
KUVA 4. Automaattinen palloventtiili ja sen toimilaitte, vieressä 2 manuaalista palloventtiiliä (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

3.1.2 Kalvoventtiili

Kalvoventtiilin toiminta perustuu siinä olevan kalvon toimintaan venttiilin runko-osan tiivisteenä ja sulkuelimenä, ja sitä voidaan käyttää virtauksen sulkemiseen, avaamiseen ja rajoittamiseen. Venttiili voidaan sulkea ja avata joko manuaalisesti kiertämällä sen kahvaa, tai käyttämällä pneumaattista tai sähköistä toimilaitetta.

Kun kalvoventtiili suljetaan, sen mäntä liikuttaa venttiilissä olevaa painelevyä ja siinä kiinni olevaa kalvoa, joka puristuu venttiilin rungon tiivistepintaan sulkien virtauksen. Kalvo on joustavaa ja hyvin kemikaalinkestävää materiaalia, kuten kumia. Kun kalvoventtiiliä käytetään automaattisella toimilaitteella, rungossa venttiiliä liikuttavan männän keskellä olevan O-rengastiivisteiden molemmilla puolilla (ylä- ja alapuolella) on yhteydet paineilmalle, joista jompaankumpaan ilmaa syötettäessä mäntä liikkuu joko ylös avaten venttiilin, tai alas sulkien sen. (saVRee 2018.)

EPSEllä on käytössä PVC-muovista ja EDPM-kumista valmistettu Bürkertin tyyppin 2030 kalvoventtiili, jonka rakenteessa on vakiona pneumaattinen toimilaitte. Kalvoventtiili koostuu kuvan 5 mukaisesti läpinäkyvästä kannesta (1), jossa on indikaattorinappula, joka ilmaisee, onko venttiili auki vai kiinni. Sen alapuolella on venttiilin kotelo (2), yhde paineilman kytkentään (3), männän tiiviste (4), venttiilin istukka (5), käyttöohjain (6), kalvo (7) ja venttiilin runko (8) (Bürkert 2022, 6).



KUVA 5. Rakennekuva Bürkertin tyyppin 2030 paineilmakäyttöisestä 2/2-tie-kalvoventtiilistä CLASSIC muovisella venttiilirungolla (Bürkert 2022)

3.1.3 Paineenpitoventtiili

Paineenpitoventtiilin tavoitteena on estää systeemin paineiskuja ja tasata linjassa olevaa painetta. Sen rakenteessa on tulo- ja menolinja, joiden välisen virtaaman sulkee tiiviisti venttiilin istukkaa vasten asetettu sulkuelin. Sulkuelimeen on yhdistetty käyttöohjain, joka liikuttaa sitä ylös ja alas avaten ja sulkien venttiilin. Käyttöohjainta tukee systeemin painetta vastaan jousitus, joka on kytketty venttiilin yläosaan ja venttiilin säätöruuviin. Ruuvia kiristämällä tai löysäämällä määritetään venttiilin painearvoja, jossa käyttöohjaimen kohdistuva paine saa sulkuelimen nousemaan. Ruuvi on kiinnitetty venttiiliin ulkopuolelta pultilla ja sitä suojaa kansi. (Technical Engineering School 2019.)

Kun venttiilin ohjauslaitteelle eli ruuville on määritetty painearvoja, arvon ylittyessä venttiilin jousi alkaa nousta ylöspäin avaten venttiilin, jolloin paine pääsee vapautumaan menolinjaan. Kun paine palaa taas normaaliin arvoon, jousi palautuu ja venttiili sulkeutuu. (Technical Engineering School 2019.) Mobile EPSE™ -laitteistossa käytetään Prominentin valmistamia paineenpitoventtiileitä laitteiston annostelupumppujen tarkan annostelun takaamiseksi ja niiden sulkuelimenä on kalvo (Prominent julkaisuaika tuntematon).

3.2 Massavirtausmittari

Massavirtausmittarit ovat tärkeitä prosessin virtaaman seurantaan ja säätöön tarkoitettuja laitteita, ja ne mittaavat putken sisällä virtaavan nesteen tai kaasun massa- ja tilavuusvirtaa sekä aineen tiheyttä. Massavirtausmittarin toiminta perustuu ranskalaisen fyysikon, matemaatikon ja insinöörin, Gaspard Gustave Corioliksen, määrittämään ilmiöön, jossa kappale liikkuu poikkeavasti omalta radaltaan inertiaan vaikutuksesta (Britannica 2020). Massavirtausmittarin sisärakenteessa on toimilaite, joka luo keinoitekoista värinää Coriolis-ilmiön saavuttamiseksi putkeen, jonka sisällä virtaa nestettä tai kaasua.

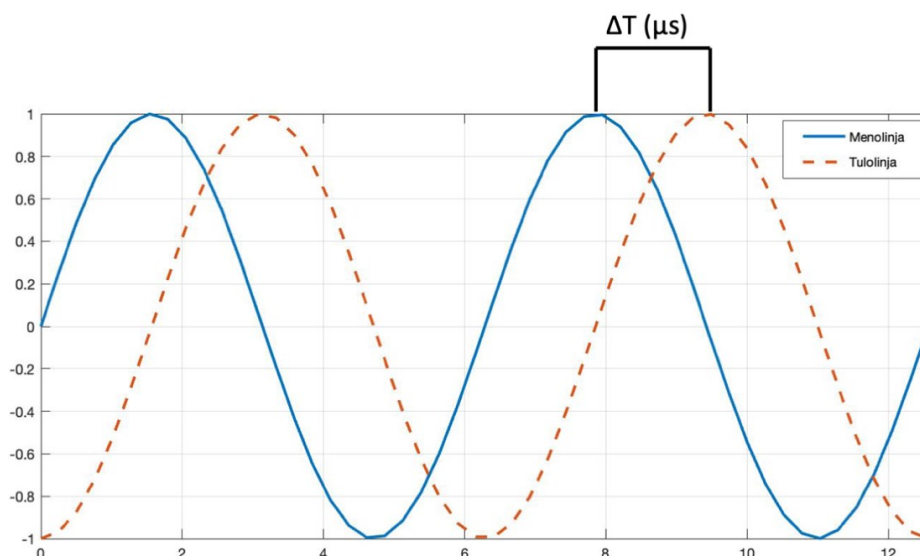
Coriolis-ilmiön kiihtyminen aiheuttaa epätasaisen liikkeen putken tulo- ja menolinjan välille, jolloin ne osuvat eri aikoihin niiden sensoreihin aiheuttaen vaihe-eron, joka on suoraan verrannollinen massavirtaan. (Endress + Hauser julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 6. Emerson Electric Co. valmistama massavirtausmittari (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

Mobile EPSE™ -laitteistossa käytetyt Emerson Electric Co.:n valmistamat massavirtausmittarit (ks. KUVA 6) koostuvat massavirtausmittarista ja sen lähettimestä, ja ne jakavat tulevan jakeen kahteen erilliseen putkeen mittarin sisällä. Putkien keskellä on toimilaite, joka luo pulsseja heiluttamaan putkia vastakkain. Molempien putkien alku- ja loppupäähän asennetut magneettisensorit keräävät putken niihin osuessa signaalin, joka välittyy massavirtausmittarin lähettimelle muodostaen siniaaltoja. Sini-aallot kuvaavat toisen putken liikettä verrattuna toiseen putkeen.

Silloin kun mittarin sisällä ei ole virtausta, siniaaltojen piikit muodostuvat tasaisesti yhtä aikaa. Kun putkissa virtaa neste, Coriolis-ilmiö aiheuttaa sen, että putken tulo- ja menolinjan sensorit osuvat toisiinsa eri aikoihin, jolloin signaalin luomat siniaallot eivät ole samanaikaiset (ks. KUVA 7). Sini-aaltojen piikkien eroa mitataan mikrosekuntein, jonka yksikkö on ΔT , ja se on suoraan verrannollinen massavirtaamaan (Emerson julkaisuaika tuntematon).



KUVA 7. Esimerkki massavirtausmittarin tulo- ja menosensorin siniaallosta kuvattuna, kun putkessa virtaa nestettä (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

Massavirtausmittari mittaa myös siinä virtaavan nesteen tiheyttä, joka on verrannollinen muodostuvien siniaaltojen frekvenssiin eli taajuuteen (kaava 1). Tiheyden ja massavirtaaman avulla saadaan Emersonin mukaan laskettua myös nesteen tilavuusvirta kaavan 2 mukaisesti.

$$\rho \propto \frac{1}{f^2} \quad 1$$

missä on ρ tiheys ja f on frekvenssi.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad 2$$

missä Q on tilavuusvirta, \dot{m} on massavirta ja ρ on tiheys.

EPSEllä käytössä olevien massavirtausmittareiden huonona puolena on niiden sisällä olevien putkien herkästi tukkeutuminen materiaalista, jonka mukana on kiintoainetta. Kun putkien sisällä on kiintoainejäämää, niiden lähettimet voivat näyttää erikoisia lukemia, vaikka putkissa ei virtaisi nestettä. Tukkeutumisesta johtuvien mittavirheiden estämiseksi niitä voidaan prosessin välillä huuhdella pumppaamalla vettä niiden läpi. Tarvittaessa putkien läpi voidaan myös pumpata sitruunahappoa, jos pelkkä vedellä huuhtelu ei auta poistamaan esimerkiksi sakkautunutta kemikaalia putkien sisäpinnoista. (Hellsten 2022.)

3.3 Pintamittari

Eri prosessisäiliöiden sekä putkien pinnankorkeuden mittaukseen tarkoitettun pintamittarin toiminta perustuu mittariin kohdistuvan paineen mittaukseen painelähttimen avulla. Painelähtin mittaa hydrostaattista eli painovoiman aiheuttamaa painetta pietsokiteen luoman jännitteen avulla. Pietsokide eristetään nesteestä tai muusta mitattavasta aineesta välitinnesteellä ja metallisella kalvolla, joka toimii sensorina. Ulkoinen paine, joka kohdistuu mittauskalvoon, aiheuttaa sensoriin poikkeaman, jolloin pietsokiteen jännite muuttuu ja painesensorin luoma elektroninen signaali välittyy välittimelle, joka ilmaisee lukeman digitaalisesti (Aplisens 2020, 19).

Mobile EPSE™ -laitteistossa on käytössä sekä säiliön pohjaan asennettavia (ks. KUVA 8), että säiliön päälle asennettavia painelähttimiä. Päältä asennettavien painelähttimen (ks. KUVA 9) metallinen kalvo on kiinnitetty mittarista lähtevän säiliön yläosasta sen pohjaan ylettyvän putken pohjaan ja sen lukema välittyy laitteelle putken sisällä kulkevia johtoja pitkin. Säiliöiden alaosaan asennettavissa mitauskalvo on suoraan lähttimen pohjassa ilman erillistä putkea. (Aplisens 2020, 29.) Painelähttimet kalibroidaan olemaan suoraan verrannollisia niiden päällä olevan nesteen pinnankorkeuteen (AZoSensors 2018).



KUVA 8. Säiliön alaosaan asennettava Aplisens PCE-28.SMART painelähtin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)



KUVA 9. Säiliön päälle asennettava Aplisens tyyppin APC-2000ALW/P painelähetin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

3.4 Värähtelypintakytkin

Erlaisia värähtelypintakytkimiä voidaan käyttää useiden eri aineiden, kuten nesteiden sekä eri partikkelikoon omaavien kiintoaineiden pinnankorkeuden valvontaan säiliöissä tai putkistoissa. Erilaisissa säiliöissä kytkin asennetaan haluttuun korkeuteen säiliön ylärajalle, jolloin pinnan noustessa kytkimen anturin korkeudelle, kytkin lähettää signaalin (Endress + Hauser julkaisuaika tuntematon), joka esimerkiksi Mobile EPSE™ laitteistossa käynnistää automaattisesti säiliön tyhjennyspumppauksen tietyksi ajaksi.

Värähtelypintakytkimen toiminta perustuu sen haarukkamallisen anturin värähtelyyn pietsosähköisen ilmiön vaikutuksella. Anturi värähtelee tietyllä taajuudella, kun se on kuiva. Kun kytkimen anturi kastuu tai peittyy säiliössä olevasta materiaalista, sen taajuus vaimenee, jolloin kytkimeen integroitu oskillaattori eli sähköistä signaalia tuottava laite (TechTarget 2021) havaitsee ja analysoi muutoksen lähettäen kytkentäsignaalin. (Emerson julkaisuaika tuntematon.)

Mobile EPSE™ laitteistossa kiintoainepartikkeleita mittaavat pintakytkimet ovat Endress + Hauserin valmistamia ja nesteille on käytössä vain eri nesteiden pinnankorkeuden valvontaan tarkoitettut Bürkertin tyyppin 8110 värähtelypintakytkimet (Bürkert 2021, 1). Kuvassa 10 on oikealla Mobile EPSE™ -

laitteiston lamelliselkeyttimen ohjauspintakytkin ja vasemmalla ylärajahälytykseen tarkoitettu värähtelypintakytkin.



KUVA 10. Bürkertin tyyppin 8110 värähtelypintakytkimet (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

3.5 pH-mittari

pH:n mittaus on tärkeä osa kemiallisten prosessien valvontaa ja ohjausta. pH-mittareiden toiminta perustuu mittarin elektrodin täyttönesteen ja mitattavan nesteen välisen jännite-eron mittaukseen. pH-mittarin elektrodi koostuu lasipallosta, joka on kosketuksissa mitattavaan aineeseen. Sen sisällä on elektrolyyttiliuosta (esim. kaliumkloridia, KCl) sekä sähkönjohtava johto, joka on kytköksissä pH-mittarin lähettimellä olevaan mikrosiruun. Lasipallon rakenteessa on liitos, josta elektrolyyttiliuosta pääsee tietyllä nopeudella mittauksen aikana pieniä määriä (mikrolitraa/tunti) ulos ja lasipallon alaosassa on geelikerros. (pH Professor 2017.)

Kun pH-mittari käynnistetään, sen virtalähde synnyttää elektrodin sisällä olevaan johtoon jännitteen, joka sähköistää elektrodin lasipallon alaosassa olevan geelikerroksen vetäen puoleensa ioniyhdisteitä sekä mittarin sisältä, että ulkopuolelta mitattavasta aineesta. Ioniyhdisteiden määrä kummallakin puolella lasipalloa määrittää nesteen pH-arvon, joka on verrannollinen elektrodin johdon jännitteeseen. Jännite välittyy millivolteina takaisin pH-elektrodin sisään sen rakenteessa elektrolyyttiliuosta päästävän liitoskohdan kautta, ja sen kautta lähettimelle, jolla pH-arvo ilmaistaan digitaalisesti. Mitä enemmän ioniyhdisteitä on kiinnittynyt lasin ulkopuolelle, sitä alempi pH-arvo on ja mitä vähemmän, sitä korkeampi pH-arvo on. (pH Professor 2017.)

Mittausvirheiden estämiseksi pH-mittareita tulee kalibroida säännöllisesti tunnetun pH:n puskuriliuoksilla pH-mittarin ohjeiden mukaisesti. Kalibroinnissa käytetään aina vähintään 2 puskuriliuosta. Käytettävät puskuriliuokset kannattaa valita siten, että mitattavan nesteen pH-arvo sijoittuu puskuriliuoksen pH 7 sekä toisena käytettävän (esimerkiksi pH 4 tai 10) puskuriliuoksen väliin. Tämä tarkoittaa

kalibroinnin tarkkuutta. (Suomen ympäristökeskus 2017.) Esimerkiksi Mobile EPSE™ -laitteiston kahdesta kiinteästi asennetuista Bürkertin tyyppin 8203 pH-mittareista toinen on käytössä alhaisen pH:n prosessisäiliössä, jolloin sen kalibrointi kannattaa suorittaa puskuriliuoksilla 4 ja 7, ja toinen pH-mittari sijaitsee pH:n nostosäiliössä, jolloin kalibrointi suoritetaan liuoksilla 7 ja 10 (Hellsten 2022).

3.6 Konttisekoitin

Sekoitusta käytetään laajalti kemiallisissa prosesseissa, kun toisiinsa reagoivat aineet halutaan saattaa tehokkaasti kosketukseen toistensa kanssa. Sekoituksen tarkoituksena on saada aikaan seos, joka on mahdollisimman satunnaisesti jakautunut, eli sen konsentraatioerot on tasattu. Lisäksi jatkuvalla sekoituksella vältetään seoksen partikkeleiden erottumista toisistaan esimerkiksi sakkautumalla. (Pihkala 2003, 41.)

Konttisekoitin on dynaaminen, erilaisiin sekä kannettomiin että kannellisiin säiliöihin ja esimerkiksi IBC-kontteihin soveltuva sekoitin, joka asennetaan säiliön päälle. Sekoittimen lapojen sekä käyttöakselin eli sen runkoputken materiaali voi olla haponkestävää terästä tai muuta kohteeseen soveltuvaa erikoismateriaalia sekoitettavasta aineesta riippuen. (Mamec 2019, 35-36.)

Sekoittimen toiminta perustuu siihen, että sen sähkömoottori pyörittää sekoittimen käyttöakselia, jolloin akseliin kiinnitetyt lavat sekoittavat säiliön sisällä olevaa nestettä. Lapojen määrä voi vaihdella esimerkiksi 2–4 välillä (ks. KUVA 11) ja niiden kokonaisuutta kutsutaan propelliiksi (Fenno Water julkaisuaika tuntematon). Potkureita voi olla käyttöakseliin kiinnitettynä säiliön korkeudesta riippuen tarpeen mukaan enemmän kuin yksi tehostamaan sekoittumista (Mamec 2019, 35-36). Potkurin lapojen muotoilun tarkoituksena on aiheuttaa pyöriessä väliaineeseen vastusta, mikä saa nesteen liikkeelle (Kivelä 2015).



KUVA 11. Mobile EPSE™ -laitteistossa käytössä oleva kaksilapainen konttisekoitin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

Sekoittamisen tehostamiseksi sekoitussäiliön reunoihin voi myös asentaa häirtalevyjä, jotka aiheuttavat sekoitettavaan nesteeseen turbulenssia. Häirtalevyt ovat käytännöllisiä etenkin kohteissa, joissa säiliön sisällä sekoitetaan kiintoainetta nesteeseen ja kiintoaineen kerääntyminen säiliön reunoihin halutaan estää. (Hellsten 2022.)

3.7 Pumput

Erilaiset pumput ovat tärkeimpiä prosessivirtauksen ylläpitoon tarkoitettuja laitteita, kun nestettä tulee siirtää. Pumppuja on monia erilaisia, ja ne toimivat eri toimintaperiaatteilla. Eri pumpputyypit soveltuvat muun muassa nesteen tarkkaan annosteluun tai suurten nestemäärien pumppaukseen, pumpun läpäisevän nestemäärän mittaukseen sekä muihin erilaisiin nesteen siirtotoimintoihin. (Watson Marlow 2022.) Mobile EPSE™ -laitteistossa on käytössä kolme eri pumpputyyppeä: letku- kalvo- sekä kalvoannostelupumppuja.

3.7.1 Letkupumppu

Letkupumppujen toiminta perustuu pumpun kotelon sisällä olevaan letkuun, johon pumpun ulkopuolelta yhdistetään letkut nesteen imu- ja painepuolen linjalle. Pumpun roottori pyörii oman akselinsa ympäri siten, että siihen kiinnitetyt rullat puristavat letkua aiheuttaen imuefektin, mikä saa lisää nestettä tulemaan letkun sisälle imupuolen linjasta ja liikuttaen jo putkessa olevaa nestettä eteenpäin. (Watson Marlow julkaisuaika tuntematon.)

Letkupumpun valinnassa tulee ottaa huomioon muun muassa letkun halkaisija, materiaali sekä haluttu pumpun tuotto. (Watson Marlow julkaisuaika tuntematon) Mobile EPSE™ -laitteistoon on valittu APEX letkupumput, joiden letkujen halkaisijat ovat 28 mm ja 20 mm. APEX28 letkupumpun (ks. KUVA 12) maksimituotto voi olla 3450 l/h (Watson-Marlow 2019, 1), mikä on enemmän kuin tarpeeksi Mobile EPSE™ -laitteiston kokoluokkaan, jonka keskimääräinen vedenkäsittelymäärä on n. 1 m³/h (EPSE 2022). APEX20 letkupumpun maksimituotto on 820 l/h (Watson-Marlow 2019, 1), mikä on riittävä, koska kyseinen pumppu annostelee Mobile EPSE™ -laitteistossa kemikaalia, jonka kulutus ei ylitä pumpun kapasiteettia. (Varis 2022.)

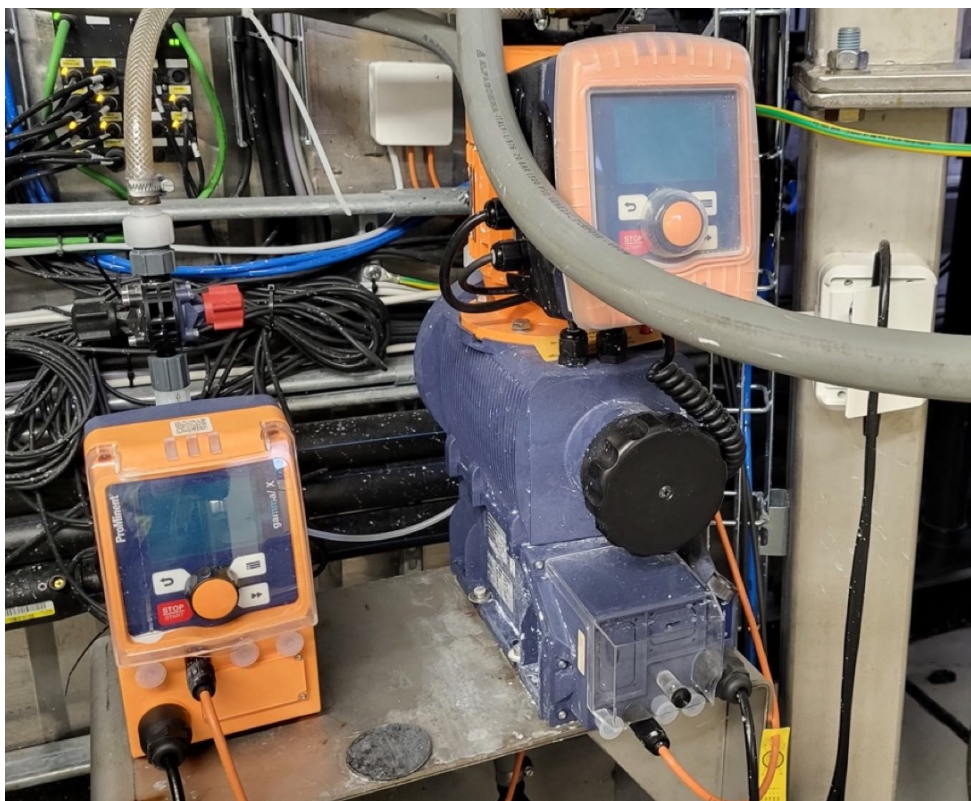


KUVA 12. APEX28 letkupumppu Mobile EPSE™ laitteistossa (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

3.7.2 Kalvopumppu

Kalvopumput soveltuvat kestävänsä rakenteensa vuoksi hyvin eri kemikaalien annosteluun ja niitä käytetään laajasti veden- ja jätevedenkäsittelyprosesseissa sekä esimerkiksi kemianteollisuudessa. Lisäksi kalvopumput eivät tukkeudu helposti, joten ne sopivat hyvin eri viskositeetin omaaville nesteille, joiden seassa voi olla kiintoainepartikkeleita. (Water Engineering 2022.)

Mobile EPSE™ -laitteistossa on käytössä kolme erityyppistä kalvopumppua: AdBluen valmistama vakiotuoton 35 l/min sähkökäyttöinen itseivevä kalvopumppu (IKH julkaisuaika tuntematon), Prominentin moottorikäyttöinen kalvoannostelupumppu (ks. KUVA 13), jonka maksimituotto on 100 l/h (Prominent julkaisuaika tuntematon), sekä magneettitoimisia kalvoannostelupumppuja (ks. KUVA 13), joiden tuotto vaihtelee 1 ml/h – 45 l/h välillä (Prominent julkaisuaika tuntematon).



KUVA 13. Prominentin magneettitoiminen kalvoannostelupumppu (vas.) ja moottorikäyttöinen kalvoannostelupumppu Mobile EPSE™ -laitteistossa (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

Kalvopumpun toiminta perustuu sen rakenteessa olevan kalvon edestakaiseen painumiseen pumpun seinämään. Kalvon liikuttaminen tapahtuu pumpun moottorin liikuttaessa pumpun käyttöakselia lineaarisesti aiheuttaen iskuliikkeen kalvoon. Kalvopumpun tulo- ja menolinjassa on virtauksen pysäyttävä suuntaventtiili, joka sulkeutuu ja avautuu vuorotellen kalvon painautuessa puolelta toiselle aiheuttaen nesteen imuefektin. Prominentin kalvoannostelupumpuissa pumpun tuoton määrää voidaan lisätä tai vähentää säätämällä iskun pituutta lyhyemmäksi tai pidemmäksi pumpun kierukkavaihdetta säätämällä. (Prominent julkaisuaika tuntematon.)

Magneettitoimiset kalvoannostelupumput on tarkoitettu pienien määrien pumppaukseen ja niissä pumpussa oleva magneetti liikuttaa magneettiakselia edestakaisin sitä mukaan, kun magneetti kytkeytyy pois päältä ja takaisin päälle. Magneettitoimisen kalvoannostelupumpun annostelua voidaan säätää iskupituuden lisäksi myös säätämällä iskutaajuutta. (Prominent julkaisuaika tuntematon.)

3.8 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljetin on moottorikäyttöinen kuljetin, joka soveltuu sekä kiintoaineiden että nesteiden kuljetukseen. EPSELLä kemikaalin kuljetukseen käytössä oleva kotelollinen ja tiivis ruuvikuljetin soveltuu hyvin pölyävien aineiden kuljetukseen. Kuljettimen toiminta perustuu sen rakenteen sisällä pyörivään ruuvimaiseen kierteeseen, joka kuljettaa pyöriessään materiaalia eteenpäin. Mitä nopeammin ruuvia kierrätetään oman akselinsa ympäri, sitä nopeammin se syöttää materiaalia eteenpäin. Siirrettävä materiaali syötetään ruuvikuljettimen sisään materiaalisäiliöstä, jossa on myös ruovin mallinen kuljetin, joka syöttää materiaalia tasaisesti ruuvikuljettimeen. Ruuvikuljettimen oman akselinsa ympäri pyörivä ruuvi on mitoitettu sen koteloon sopivaksi, mikä varmistaa, että kiintoaine siirtyy tasaisesti eteenpäin, kunnes se saavuttaa syöttökohteensa. (KWS Manufacturing 2021.) Ruuvikuljettimen valinnassa ja suunnittelussa tulee ottaa huomioon muun muassa syötettävän aineen ominaisuudet, haluttu syöttönopeus, onko syöttöprosessi jatkuvatoimista vai ajoittaista, sekä millä nopeudella materiaali halutaan syöttöpäästä ulos (Siirtoruuvi julkaisuaika tuntematon).

3.9 Sulkusyötin

Sulkusyöttimiä käytetään materiaalin syöttöön ja annosteluun esimerkiksi erilaisissa kemian- ja elintarvikealan prosesseissa. Sulkusyöttimessä on päätylevy, moottori, käyttöliittymä sekä runko-osa, jonka sisällä on tietty määrä lokeroita omaava roottori. Läpipudottavan sulkusyöttimen toiminta perustuu siihen, että syötettävää materiaalia ohjataan tasaisella syötöllä syöttimen päältä sen sisälle roottorin lokeroihin, joita pyöritetään tietyllä kierrosnopeudella syötettävän materiaalin halutusta määrästä riippuen. Syöttimen rungon alapuolella on samanlainen reikä kuin sen yläpuolella, josta materiaali johdetaan haluttuun kohteeseen. (WAM Finland 2022.) Mobile EPSE™ -laitteistossa sulkusyötin on kiinnitetty kemikaalisiilon pohjayhteen sekä kemikaalisiilon kannen väliin, jolloin syöttö tapahtuu sulkusyöttimen kautta suoraan säiliöön (ks. KUVA 14).



KUVA 14. Mobile EPSE™ -laitteistossa kemikaalisiilon pohjayhteen ja kemikaalisiilon kannen väliin asennettu Rotex sulkusyötin (Kivimäki 2022, CC BY-SA)

3.10 Säiliöt

Prosessisäiliön valinnassa ja suunnittelussa tulee ottaa huomioon muun muassa säiliön koko, materiaali sekä yhteiden suunnittelu. Riippuen siitä, tapahtuuko säiliössä esimerkiksi sekoitusta, tulee ottaa huomioon sen halkaisijan pituus. Säiliön, jonka halkaisija on erittäin suuri, täyttöaste ei voi voimakkaan sekoituksen aikana olla liian korkea, jottei säiliössä oleva aine pääse tulvimaan yli. (Hellsten 2022.) Lisäksi suunnittelussa tulee ottaa huomioon säiliön kanteen ja vaippaan tulevat yhteen ja niiden asettelun järkevä suunnittelu toimintojen turvaamiseksi. Mobile EPSE™ -laitteiston säiliöissä on käytetty AISI 316 haponkestävää terästä ja AISI 304 ruostumatonta terästä sekä PE-HD-muovia.

Ruostumattoman, haponkestävän teräksen, AISI 316, valmistusmateriaali on rauta, johon on sekoitettu kromi-nikkelseosta sekä pieniä määriä muita metalleja, kuten molybdeenia, mangaania, silikonia ja muita alkuaineita, kuten typpeä, hiiltä, fosforia ja rikkiä. Teräksen ominaisuuksia ovat muun muassa hyvä korroosion kestävyys, haponkestävyys, suuri lämpötilavaihteluiden kestävyys sekä helposti muotoiltavuus. AISI 304 valmistusmateriaalina on käytetty samoja aineita, kuin AISI 316 teräksen valmistukseen, mutta aineiden konsentraatiot ovat hieman erilaiset. (Matmatch julkaisuaika tuntematon.)

PE-HD eli polyeteeni on eräs maailman yleisimmin käytetystä muovilaadusta. Sen ominaisuuksia ovat helposti työstettävyys ja nesteiden, kuten suolaliuosten sekä laimeiden happojen hyvä kestävyys. (Fluorotech julkaisuaika tuntematon.)

3.11 Siilo

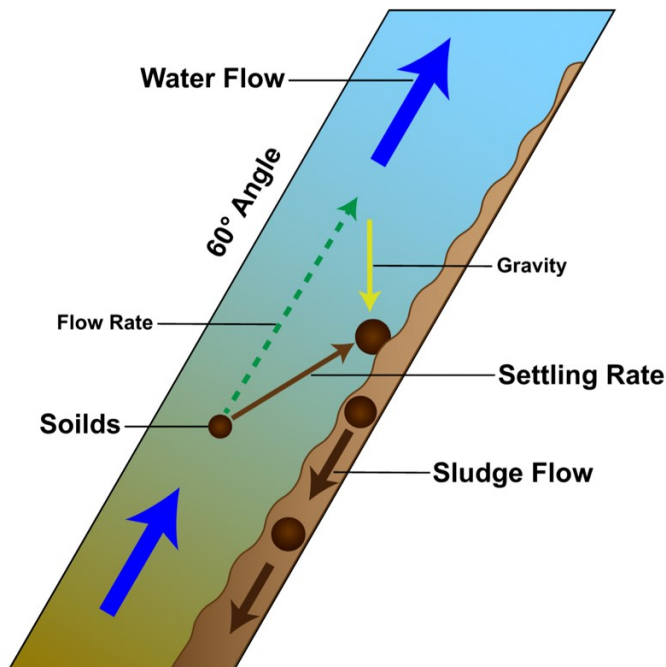
Siiloja käytetään teollisuudessa aineiden varastointiin ja syöttämiseen. Niiden toiminta perustuu säiliön suppilomaiseen rakenteeseen, joka edesauttaa siiloon syötettävän materiaalin valumista painovoiman vaikutuksesta siilon alaosassa olevalle pohjayhteelle, josta aineen saa yhteen avatessa ulos. (Heatfactory julkaisuaika tuntematon.) Siilotyyppejä valitessa ja suunnitellessa tulee ottaa huomioon muun muassa varastoitavan kiintoaineen ominaisuudet, siilon materiaali sekä haluttu tilavuus (BTL - Industrias Metalúrgicas S.A. julkaisuaika tuntematon). Siiloihin on erilaisia toimilaitteita, joilla pyritään tehostamaan materiaalin purkua (Pneuplan julkaisuaika tuntematon). Mobile EPSE™ -laitteiston AISI 316 ruostumattomasta teräksestä tehtyihin siiloihin on lisätty yhteen paineilmalle tehostamaan siilon toimintaa ja estämään kuiva-aineen pakkautumista siilon sisällä.

3.12 Lamelliselkeytin

Selkeyttimien tavoitteena on erottaa kiintoainetta nesteestä painovoiman aiheuttaman kiintoainepartikkeleiden laskeutumisen avulla. Lamelliselkeyttimen toimintaperiaate on, että kiintoaineen laskeutuminen tapahtuu tehostetusti säiliöön viistosti asennetun lamellilevykokoontuoman lisälaskeutuspinta-alan ansiosta ja puhdas ylitevesi jää säiliön yläosaan, josta se voidaan pumpata ulos. Lamelliselkeyttimen pohjassa on lietesäiliö, josta sinne kertyvä sakka voidaan pumpata ulos jatkokäsittelyä, kuten suodatusta varten. (Met-Chem 2022.)

EPSEn haponkestävästä teräksestä AISI 316 valmistettu lamelliselkeytin koostuu säiliöstä, jonka alaosassa on lietepesä, kaukalosta, tukirungosta, lamellilevyistä ja niiden kokoonpanosta sekä virtauksenrajoittimesta. Selkeytin toimii vastavirtaperiaatteella, jolloin nesteen virtaussuunta selkeyttimen

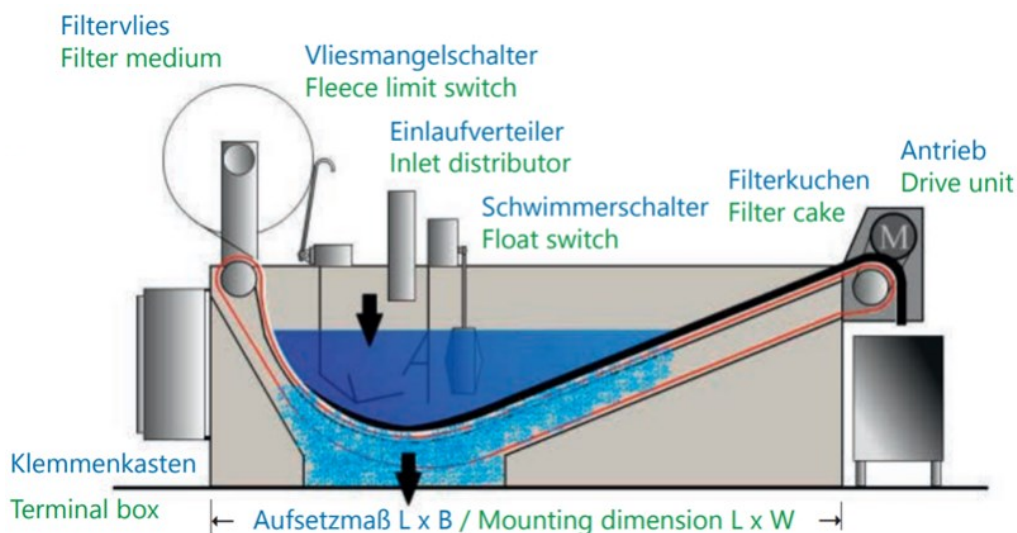
sisällä on ylöspäin ja kiintoainepartikkelit laskeutuvat alaspäin (ks. KUVA 15). Käsiteltävä jae pumpataan lamelliselkeyttimen yläosasta lokeroon, jonka tehtävänä on syöttää tuleva jae säiliön laskeutusosaan ilman, että se aiheuttaa säiliössä kovaa sekoittumista. Lokero ohjaa jakeen säiliöön sen liete-pesän korkeudelta. (Hellsten 2022.)



KUVA 15. Vastavirtaperiaatteella toimivan lamelliselkeyttimen laskeutusperiaate (Met-Chem 2022)

3.13 Nauhasuodatin

Nauhasuodattimen toiminta perustuu siihen, että tuleva, suodatettava jae syötetään suodattimelle sen päältä ja suodatettu jae poistuu säiliön alaosasta suodosvesisäiliöön. Suodatinkangas on asetettu säiliön pohjaa mukaillen siten, että suodatuksessa kankaan huokokset täyttyvät käsiteltävän jakeen metallipartikkeleista ja sen läpäisevyys heikkenee, suodatuskyky paranee ja vesi alkaa kerääntyä säiliön sisään nostaan kohokytkintä. Vesitason noustessa riittävän korkealle kohokytkin lähettää signaalin, joka pyörittää nauhaa eteenpäin ja sen pintaan jäänyt sakkakakku johdetaan nauhan kanssa ulos suodattimen kaukalosta. (POLO Filter-Technik julkaisuaika tuntematon.) EPSELLä on käytössä Polo-Filter Technik tyyppin POLO SB-A 0.4 vinopetisuodatin (ks. KUVA 16).



KUVA 16. POLO Filter-Technik vinopetisuodattimen rakenne (POLO Filter-Technik julkaisuaika tuntematon)

3.14 Letkut ja linjat

Eri kaasujen ja nesteiden kulku laitteistossa tapahtuu erilaisia putkia ja letkuja pitkin. Putkimateriaaleina voi käyttää muun muassa valurautaa, ruostumatonta terästä tai muovia. Putkien suunnittelussa ja valinnassa tulee ottaa huomioon laitteistolle haluttu virtauskapasiteetti, virtaavan aineen ominaisuudet, paine, käyttöikä sekä putkien altistuminen ulkoisille elementeille, kuten pakkaselle. Lisäksi suunnittelussa tulee ottaa huomioon painehäviöt, joita syntyy esimerkiksi mutkista sekä putkikoon mahdollisesta vaihtelusta. Putkien huoltoa varten niiden huoltoyhteiden tulee sijaita paikalla, johon on mahdollisimman esteetön pääsy. (Semcor julkaisuaika tuntematon.) Mobile EPSE™ -laitteiston kaikki nestelinjat ovat PE-HD-muovia ja paineilmalinjan päälinja on ruostumatonta terästä AISI 304.

4 LAITTEISTON OSIEN KARTOITUS JA KÄSIKIRJAN TEKEMINEN

Mobile EPSE™ -laitteiston osien kartoitus ja sen toimintaperiaatteeseen tutustuminen perustui empiriseen tutkimukseen paikan päällä EPSEn tiloissa laitteistoon tutustumisella ja sen koeajoilla, EPSEn teknistä henkilökuntaa haastatteleamalla sekä yrityksen antamiin dokumentteihin tutustumalla. Lisäksi laitteiston osien kuvauksessa hyödynnettiin netistä löytyviä osien valmistajien materiaaleja sekä muita prosessitekniikan materiaaleja eri laitteiden toimintaperiaatteista.

4.1 Lähdeaineisto

Lähdeaineistona yhteistyötaho antoi käyttöönsä materiaaleja, kuten Mobile EPSE™ PI-kaavion, laitteiston turvalliseen operointiin tuotetut SOP-dokumentit (Standard Operating Procedure) sekä laitteiston automaatiolle sen suunnitteluyrityksen Etteplan Oyj:n toimesta laaditun toimintaperiaatteen selostuksen. Tutkimuksen toteutus alkoi lähdeaineistoon tutustumisesta ja niiden mukaan tehtiin suunnitelma Mobile EPSE™ -laitteistoon tutustumiseksi.

Kun laitteiston osia oli kartoitettu EPSEn tiloissa paikan päällä riittävästi siten, että niiden tekniset tiedot oli taltioitu valokuvin ja opinnäytetyön tekijällä oli hyvä yleiskäsitys laitteiston eri osista, työssä käytettiin laajasti eri laitevalmistajien, kuten Bürkert ja Endress + Hauserin sekä pumppuvalmistaja Watson-Marlowin materiaaleja. Lisäksi tietoja laitteiston toimintaperiaatteista täydennettiin muiden laitevalmistajien materiaaleilla, tieteellisillä julkaisuilla sekä eri prosessitekniikan materiaaleilla, jos itse laitevalmistajan sivuilla ei ollut tarpeeksi kattavaa kuvausta laitteen toimintaperiaatteesta.

4.2 Laitteiston osien kartoitus

Laitteiston osien kartoituksessa jaettiin ensin lähdeaineiston PI-kaaviota hyödyntämällä Mobile EPSE™ -pilottilaitteiston kaikki osat omiin kategorioihinsa. Luokittelun avulla tehtiin suunnitelma (ks. TAU-LUKKO 1), jossa määritettiin mitä laitteiston osia jokaisella hallivierailulla tuli identifoida, kuvata ja kirjata manuaalisesti ylös.

Kartoitusvierailut toteutettiin 4 viikon aikana työpäivän päätteeksi muutaman tunnin jaksoissa EPSEn teknisen henkilökunnan ollessa mukana. Vierailuille ei asetettu tiettyjä päivämääriä tai aikahaarukoita, koska muut työkiireet saattoivat vaikuttaa niiden toteutumiseen merkittävästi. Suunniteltujen vierailuiden lisäksi toteutettiin tarvittaessa ylimääräisiä vierailuja täydentämään ja tarkentamaan kerättyä dataa ja lisätietojen kerääminen oli mahdollista myös laitteiston koeajojen aikana.

TAULUKKO 1. Mobile EPSE™ -laitteiston osien kartoitussuunnitelma

Laitteiston osien kartoitussuunnitelma		
Käyntinro.	Käynnin tehtäväkuvaus	Muuta
1.	Venttiilien kartoitus ja kuvaus	Raportointia: teknisten tietojen/ominaisuuksien, prosessisijainnin täyttämistä Exceliin. Valmistajien nettisivujen hyödyntämistä.
2.	Venttiilien loput kuvaukset, massavirtausmittarien kartoitus ja kuvaus	
3.	Pintakytkimien ja -mittareiden kartoitus ja kuvaus	
4.	pH-mittarien ja sekoittimien kartoitus ja kuvaus	
5.	Pumppujen kartoitus ja kuvaus	
6.	Laippojen ja sulkusyöttimien kartoitus ja kuvaus	
7.	Ruuvikuljettimien ja moottorien kartoitus ja kuvaus	
8.	Säiliöiden kartoitus ja kuvaus, letkujen/nestelinjojen kartoitus ja kuvaus	
9.	Kartoituksen viimeistelyä	
10.	Mobile EPSE™ ajoa	
11.	Mobile EPSE™ ajoa	
12.	Mobile EPSE™ ajoa	

Osien manuaalinen kartoitus laitteistosta suoritettiin suunnitelman mukaisesti, mutta kartoituksessa tuli olla tarkkana, sillä laitteiston tausta-aineistosta poiketen siihen kuului myös paljon ylimääräisiä osia, kuten kytkimiä ja hälyttimiä, ja puuttui joitakin osia, joita taustamateriaaleista löytyi. Lisäksi laitteiston kuluman tai asennuksen aikaisen epähuomion vuoksi laitteistossa oli osia, joilla ei ollut merkittävää positiota. Nämä osat kartoitettiin huolellisesti ja PI-kaaviosta poikkeaville, laitteiston valmistuksen jälkeen lisätyille uusille osille, sovittiin yhteistyössä EPSE:n teknisen henkilökunnan kanssa sopivat positiot, jotka tulisi merkata osien yhteyteen opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Kartoituksen aikana ja sen jälkeen kerätyn datan jatkokäsittely tapahtui keräämällä laitteiston kattavat tiedot Excel-taulukkoon.

Yhteistyötahon käyttöön jäävä Excel-tiedosto laadittiin ensimmäisen kartoitusvierailun jälkeen, ja sen eri välilehdet nimettiin eri laitetyypeittäin (esim. Venttiilit, massavirtausmittarit, pintamittarit yms.). Välilehdille luotujen taulukoiden sarakkeiden yläotsikkoina oli tyypillisesti:

1. Laitteen positio
2. Kuvaus (sijainti prosessissa)
3. Tekniset tiedot
4. Laitteen tyyppi
5. Laitteen valmistaja
6. Linkki valmistajan nettisivuille / tuotesivulle
7. Hinta (ALV 0 %)
8. Laitteen toimittajan nimi
9. Varmistuslaatikko, johon merkittiin, onko laitteesta otettu kuva
10. Konttinumero.

Eri laitteiden sarakkeiden otsikkoihin tehtiin lisäyksiä ja poistoja tarvittaessa. Esimerkiksi venttiileille lisättiin yllä lueteltujen otsikoiden lisäksi väliaine, toimilaite ja linkki toimilaitteen valmistajan nettisivuille, ja massavirtausmittareille lisättiin erikseen lähettimen malli. Kaikista laitteiston osista ei ollut mahdollista saada esimerkiksi hintatietoja, joten joiltakin välilehdiltä poistettiin hintasarake.

Kaikki kuvat laitteiston osista ladattiin EPSEn pilvikuvapalveluun, johon tehtiin laitetyypeittäin kansiot. Kuvat nimettiin kuvassa olevan laitteen positiota käyttämällä, jotta ne on vastaisuudessa helppo identifoida ja hyödyntää. Kun kuvat oli nimetty, ne siirrettiin omiin laitekansioihinsa. Yhteistyötaholle toimitettavaan tiedostoon laitteiston teknisten ominaisuuksien kartoituksesta ei otettu mukaan kuvia jokaisesta laitteesta, jotta dokumentin tiedostokoko ei kasvanut liian suureksi, ja ettei sen selaaminen ja käsittely muuttunut hankalaksi. Lisäksi yksittäisten kuvien lisääminen samankaltaisista laitteista, kuten lähes 30 laitteiston automaattisesta palloventtiilistä, joissa oli täysin saman tyyppin toimilaite, ei tuonut dokumenttiin lisäarvoa. Sen sijaan dokumenttiin liitettiin ainakin yksi edustava kuva jokaisesta laitteesta parantamaan kokonaiskuvan hahmotettavuutta.

4.3 Laitteiston koeajot

Laitteiston testiajot suoritettiin EPSEn teknisen henkilökunnan opastamana kahden viikon aikana muutamien tunnin jaksoissa. Testiajoissa tutustuttiin laajasti Mobile EPSE™ -laitteiston automaation käyttöön prosessinohjauksessa sekä tarkasteltiin eri parametrien vaikutusta sen toimintaan. Lisäksi testiajojen aikana käytiin läpi tarkasti Mobile EPSE™ -laitteiston kuljetus-, asennus- ja puhdistustoimet, sekä muut asiakaskohteessa tapahtuvan pilotoinnin aikana toteutettavat päivittäiset toimet, kuten kenttäkierrosten toteutus ja vesinäytteenotto. Koeajojen aikana edettiin EPSEn teknisen henkilökunnan valmistaman perehdytysmateriaalin mukaan, jolla varmistettiin, että kaikki pilottilaitteiston operoinnin kannalta oleellinen asia käytiin läpi. Testiajojen aikana oli kuitenkin myös mahdollisuus käydä läpi ylimääräisiä asioita, jos sellaisia tuli mieleen.

4.4 Kirjoitustyö

Opinnäytetyön toteutuksen aikana tehtiin kirjoitustyötä ja raportointia yhteensä 4 eri dokumenttiin (ks. TAULUKKO 2). Ennen kuin julkaistavaan opinnäytetyöhön oli puuttuvien lähtötietojen vuoksi mahdollista saada kunnan materiaalia, työstettiin dataa pääosin vain yhteistyötahon sisäiseen käyttöön tarkoitettuihin dokumentteihin (ks. TAULUKKO 2, rivit 1–3). Yhteistyötahon sisäisten dokumenttien työsti tehtiin myös siitä syystä ensin, että suuri osa opinnäytetyön tuotoksista oli salassapitovelvollisuuden alaisuudessa, eikä julkaistavaan opinnäytetyöhön vahingossa haluttu lisätä ja turhaan työstää arkaluontoista materiaalia.

TAULUKKO 2. Opinnäytetyössä laaditut dokumentit

1.	”Technical Document - Mobile EPSE 1.0 laitteisto” Excel-tiedoston täyttö ja laitetietojen kerääminen
2.	Mobile EPSE™ -pilottilaitteiston käsikirja – Osa 1 Toimintaperiaate
3.	Mobile EPSE™ -pilottilaitteiston käsikirja – Osa 2 Tekniset ominaisuudet
4.	Opinnäytetyö – Mobile EPSE™ -pilotointilaitteiston teknisten ominaisuuksien kartoitus ja toimintaperiaatteen selostus EPSE Oy:lle

Kun vain EPSEn käyttöön tuotettavat dokumentit olivat hyvällä mallilla ja Mobile EPSE™ -pilottilaitteiston teknisiä ominaisuuksia oli saatu kartoitettua riittävästi, oli mahdollista työstää opinnäytetyön teoriaosua, jossa kuvattiin kunkin laitteiston osan toimintaperiaatetta. Opinnäytetyön teoriaosan valmistuminen antoi paljon lisätietoja Mobile EPSE™ -laitteiston teknisten osien toimintaperiaatteiden kuvaamiseen.

Kirjoitustyössä kiinnitettiin erityishuomiota eri prosessien kuvauksen läpinäkyvyyteen ja ilmaisuun siten, että jopa henkilö, jolla ei ole teknistä taustaa, ymmärtäisi mahdollisimman hyvin kuvattavat asiat. Tämä toteutettiin kertomalla toimintaperiaatteen kuvauksessa ensin prosessivaiheen yleinen päämäärä ja toimintaperiaate, jonka jälkeen kuvattiin tarkemmin, miten erilaiset osaprosessit, laitteet ja automaatio ovat mukana kyseisessä prosessivaiheessa.

5 TYÖN TULOKSET

Työn tuloksena toimitettiin tilaajalle kolme erillistä dokumenttia, joista ensimmäisessä on kuvattu Mobile EPSE™ -laitteiston jokaisen prosessivaiheen toimintaperiaate mahdollisimman läpinäkyvästi ja seikkaperäisesti. Toinen dokumentti sisältää kaikki pilottilaitteiston tekniset osat jaoteltuna niiden laitetyyppittäin ja sisältäen yksinkertaisen kuvauksen kyseisen osan toimintaperiaatteesta. Viimeisessä tilaajalle toimitetuista dokumenteista, Excel-tiedostossa, on yksinkertaisemmin kaikki laitteiston osat ja tarkentavia teknisiä tietoja, joita ei ole sisällytetty muihin dokumentteihin, jottei niistä tulisi liian vaikealukuiset. Excel-tiedosto on dokumenteista kätevin työkalu nopeaan ongelmanratkaisuun tilanteessa, jossa laitteistoon tulee löytää varaosa rikkoutuneen osan tilalle.

5.1 Mobile EPSE™ -laitteiston toimintaperiaatteen kuvaus

Mobile EPSE™ -laitteiston toiminnasta tehtiin seikkaperäinen kuvaus vedenkäsittelyprosessin alusta loppuun prosessivaiheittain ja sen sisällysluettelo on kuvattu alla. Dokumentin tarkemmat tiedot on tarkoitettu vain tilaajan käyttöön.

Tilaajan käyttöön toimitetun dokumentin sisällysluettelo

1. Johdanto
2. Mobile EPSE™
3. Ennen ajoa ja ajon jälkeen
 - a. Laitteiston puhdistus ja tyhjennys
 - i. Säiliöt
 - ii. Lamelliselkeytin
 - iii. Nauhasuodatin
 - iv. Letkut ja linjat
 - v. Lattiat ja pinnat
 - b. Kuljetus
 - c. Asennus
 - d. Liitännät
 - e. Mobile EPSE™ -laitteiston käynnistys
4. Kemikaalien annostelu ja sekoitus
5. EPSE-käsittely
 - a. Erä-ajo (Batch)
 - b. Jatkuvatoinen ajo (Continuous)
6. Laskeutus ja sakan poistaminen
7. Näytteenotto ja kulutuksen seuranta
 - a. Näytteenottosuunnitelman merkitys
 - b. Näytteenottoventtiilit ja muut näytteenottopositiot
 - c. Näytteenottovälineet ja näytepurkit

5.2 Mobile EPSE™ -laitteiston teknisten ominaisuuksien kartoitus

Mobile EPSE™ -laitteiston teknisten ominaisuuksien kartoituksesta tehtiin dokumentti, jonka sisällysluettelo on kuvattu alla. Lisäksi tilaajalle toimitettiin Excel-tiedosto, joka sisältää kaikki positioidut laitteet, niiden tekniset tiedot, kuvauksen niiden sijainnista prosessissa sekä linkit valmistajien sivulle. Dokumenttien tarkemmat tiedot on tarkoitettu vain tilaajan käyttöön.

Tilaajan käyttöön toimitetun dokumentin sisällysluettelo

1. Johdanto
2. Mobile EPSE™
3. Venttiilit
 - a. Automaattiventtiilit
 - i. Palloventtiilit
 - ii. Kalvoventtiilit
 - iii. Paineenpitoventtiilit
 - iv. Apuohjatut 2-2-tie kalvoventtiilit
 - b. Manuaalisesti käytettävät venttiilit
4. Massavirtausmittarit
5. Pintakytkimet
6. Pintamittarit
7. pH-mittarit
8. Pumput
 - a. Letkupumput
 - b. Kalvoannostelupumput
 - c. Kalvopumput
9. Sekoittimet
10. Ruuvikuljettimet ja sulkusyöttimet
11. Säiliöt ja siilot
12. Letkut ja linjat
 - a. Paineilma
 - b. Vesijohtovesi
 - c. Käsiteltävän jakeen kierto
 - d. Kemikaalikierrat

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli tehdä EPSE Oy:n Mobile EPSE™ -pilottilaitteistolle toimintaperiaatteen selostus ja teknisten ominaisuuksien kartoitus. Työn sivussa oli tarkoituksena huomioida laitteiston operointiin liittyvää työturvallisuutta sekä kartoittaa mahdollisia kehitysideoita. Tuloksena oli yhteistyötaholle toimitettavat 3 dokumenttia, joista ensimmäisessä kuvattiin toimintaperiaatteen selostus, toisessa tekniset ominaisuudet ja kolmannessa Excel-tiedostoon tiiviisti koottuna laitteiston tekniset tiedot.

Mobile EPSE™ -laitteiston osien kartoituksessa käytettyä valmistajien, ja muuta netistä löytyvää materiaalia löytyi aihepiiriin liittyen kattavasti ja kunkin prosessilaitteen toiminnan kuvauksessa hyödynnettiin monipuolisesti eri materiaaleja tiedon luotettavuuden varmistamiseksi. Lisäksi ennen opinnäytetyössä tuotettujen dokumenttien luovuttamista tilaajan käyttöön, EPSE:n tekninen henkilökunta tarkisti luodut dokumentit huolellisesti, jottei niihin jäänyt asiavirheitä Mobile EPSE™ -laitteistoon liittyen.

Työ toteutui aikataulutuksen sekä tavoitteiden kannalta hyvin ja suunnitellut dokumentit saatiin toimitettua tilaajan käyttöön. Tilaja osoitti olevansa erittäin tyytyväinen tehtyyn työhön ja korosti, että dokumentit ovat yritykselle monella tapaa tärkeitä ja hyödyllisiä moneen eri käyttötarkoitukseen. Tilaaajan mukaan opinnäytetyön aikana tuotettu materiaali tukee muun muassa EPSE:n laadunhallintaa ja yrityksen tavoitteita jatkuvasta kehitystyöstä ja dokumentaation sekä eri toimintatapojen parantamisesta.

7 POHDINTA

Työn aikana osaamiseni ja tietämykseni Mobile EPSE™ -laitteiston sekä eri prosessilaitteiden toiminnasta syventyi erittäin paljon. Koska aloitin työskentelyn EPSE Oy:lla vain 6 kuukautta sitten, enkä tiennyt Mobile EPSE™ -laitteiston toimintaperiaatteesta aloittaessani käytännössä mitään, eräs ykkösprioriteeteistani dokumenttien luomisessa oli pyrkiä jopa asiasta täysin tietämättömälle ymmärrettävään, selkeään ja läpinäkyvään muotoon.

Asiakaspilotoinnit EPSE™ Menetelmän toimivuuden varmistamiseksi ovat kriittisen tärkeä osa EPSE Oy:n asiakasprosessia. Mobile EPSE™ -laitteiston standardisointi luomalla sille luotettavaa, kattavaa dokumentaatiota on yritykselle tärkeä voimavara ja uskon, että valmistamani materiaalit tulevat tuottamaan EPSElle paljon hyötyä ja työstetty materiaali voi säästää huomattavasti henkilöresursseja sekä Mobile EPSE™ -laitteistoon liittyvien teknisten haasteiden ratkaisussa että laitteiston kokonaisvaltaisessa esittelyssä.

Laitteiston valmistumisen jälkeen siihen tehtyjen muutostöiden dokumentoinnin päivittäminen ajan tasalle voi ehkäistä monia laitteistoon liittyviä väärinymmärryksiä sekä EPSEn henkilökunnan keskuudessa, että asiakkaiden kanssa toimiessa. Lisäksi luomissani dokumenteissa on paljon tietoa, mitä ei aiemmin löytynyt EPSEn sisäisistä dokumenteista, ja virallista kirjallista perehdytysmateriaalia Mobile EPSE™ -laitteistoon ei ollut ollenkaan.

Koska Mobile EPSE™ -konseptia kehitetään jatkuvasti, myös prosessin aikana työstettyä materiaalia tullaan jatkokehittämään sen valmistumisen jälkeen. Tämän työn valmistumisen jälkeen tavoitteena on vielä käydä työturvallisuusmielessä läpi Mobile EPSE™ -laitteistolle valmistetut SOP-dokumentit ja pohtia mahdollisia lisäys- tai korjausehdotuksia jo valmiiksi kattavaan dokumenttikirjastoon. Lisäksi laitteiston positiivisille osille luodaan omat nimilaput ja kiinnitetään laitteistoon. Myös opinnäytetyön yhteydessä suorittamaani Mobile EPSE™ -laitteiston operoinnin perehdytysjaksoon liittyi eräs checklist-tyyppinen kirjallinen materiaali, jolle olen jo ideoinut muutamia jatkojalostuskeinoja tulevia henkilökunnan perehdyttämisiä varten.

LÄHTEET

- Aplisens 2020. TECHNICAL INFORMATION - PRESSURE AND DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTERS. Pdf-tiedosto. Julkaistu 11.2020. <https://aplisens.com/pdf/produktty/EN.IT.APC.APR.ALW.3.pdf>. Viitattu 19.11.2022.
- AZoSensors 2018. Measuring Liquid Levels Using Pressure Transmitters. azosensors.com sensoriteollisuuden toimijan kotisivujen artikkeli. Julkaistu 13.5.2018. <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=1098>. Viitattu 19.11.2022.
- Britannica 2020. Coriolis Force. Verkkojulkaisu. Brittiläinen tietosanakirja. Muokattu 26.4.2020. <https://www.britannica.com/science/Coriolis-force>. Viitattu 8.11.2022.
- Bürkert 2022. 2/2 way diaphragm valve with pneumatic plastic actuator (Type CLASSIC). Pdf-tiedosto. Julkaistu 8.4.2022. <https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS2030-CLASSIC-EU-EN.pdf?id=DTS00000000000000001000450587ENG>. Viitattu 19.11.2022.
- Bürkert 2021. Vibrating level switch. Pdf-tiedosto. Julkaistu 20.9.2021. <https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS8110-Standard-EU-EN.pdf?id=DTS00000000000000001000079485ENN>. Viitattu 19.11.2022.
- Bürkert julkaisuaika tuntematon. Type 2051 - Pneumatic rotary actuator. Verkkojulkaisu. burkert.com mittalaite- ja venttiilivalmistajan kotisivut. <https://www.burkert.com/en/type/2051>. Viitattu 18.11.2022.
- COMSOL 2015. Exploring the Venturi Effect. Verkkojulkaisu. comsol.com teknologiasuunnitteluyrityksen blogi. Julkaistu 19.10.2015. <https://www.comsol.com/blogs/exploring-the-venturi-effect/>. Viitattu 10.11.2022.
- engineer.decorexpro.com 2019. Vesipalloventtiilit: tyypit, luokittelu, laite ja toimintaperiaate. Verkkojulkaisu. engineer.decorexpro.com vesihuoltoyrityksen kotisivut. Päivitetty 7.2019. <https://engineer.decorexpro.com/fi/santeh/kran/ustrojstvo-vodoprovodnogo-krana.html>. Viitattu 9.11.2022.
- Emerson julkaisuaika tuntematon. Coriolis Flow Meter Principles. Verkkojulkaisu. emerson.com yrityksen kotisivut. <https://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/coriolis-flow-meters>. Viitattu 10.11.2022.
- Emerson julkaisuaika tuntematon. About Vibrating Forks. Verkkojulkaisu. emerson.com yrityksen kotisivut. <https://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/level/point-level-detection/about-vibrating-forks>. Viitattu 15.11.2022.
- Endress + Hauser julkaisuaika tuntematon. Coriolis-massavirtausmittarit. Verkkojulkaisu. endress.com yrityksen kotisivut. <https://www.fi.endress.com/fi/tuotteet/nesteiden-kaasujen-h%C3%B6yryn-virtausmittaus/coriolis-massavirtausmittarit>. Viitattu 10.11.2022.
- Endress + Hauser julkaisuaika tuntematon. Värähtely pintakytkin. Verkkojulkaisu. endress.com yrityksen kotisivut. <https://www.fi.endress.com/fi/tuotteet/pintamittaus/v%C3%A4r%C3%A4htelypintakytkin>. Viitattu 19.11.2022.
- Fenno Water Oy (Ltd.) julkaisuaika tuntematon. Propeller mixers. Verkkojulkaisu. <https://www.fennowater.fi/en/tuotteet/propeller-mixers/>. Viitattu 28.11.2022.
- Fluorotech julkaisuaika tuntematon. PE-HD-paineputkistot. Verkkojulkaisu. https://www.fluorotech.fi/pe-hd_paineputkistot. Viitattu 28.11.2022.

- Heatfactory julkaisuaika tuntematon. SIILOT – AGOS KARTIOPOHJASIILOT JA REHUSIILOT. Verkkojulkaisu. <https://www.heatfactory.fi/siiilot>. Viitattu 28.11.2022.
- Hellsten, Kimmo 2022. Tekninen Spesialisti. Haastattelu 9.11.2022.
- IKH julkaisuaika tuntematon. PUMPPU SARJA ADBLUE 24V 35L. Verkkojulkaisu. https://www.ikh.fi/fi/pumppu-sarja-adblue-24v-35l-meg35115?gclid=Cj0KCQiAveebBhD_ARIsAFaAvrGZafcxB56UAoADz8_wgUauYJEx4nL_qOMIFmODaHZ_DkMJSsiHuZ8aAgRPEALw_wcB. Viitattu 20.11.2022.
- Kivelä, Marja 2015. FY.4. 2.11. Väliaineen vastus. Verkkojulkaisu. Fysiikan kurssimateriaali, oppilaitos tuntematon. Julkaistu 2015. <https://docplayer.fi/8604239-2-11-valiaineen-vastus.html>. Viitattu 10.11.2022.
- KWS Manufacturing 2021. Screw Conveyor vs. Screw Feeder. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 23.11.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=R3w6j1U7QjU>. Viitattu 8.11.2022.
- Mamec 2019. Mamec erikoispumput ja sekoittimet – Tuotekuvasto. Pdf-tiedosto. Julkaistu 3.2019. https://www.mamec.fi/wp-content/uploads/2019/03/net_Mamec_tuotekuvasto.pdf. Viitattu 9.11.2022.
- Met-Chem julkaisuaika tuntematon. Lamella Clarifier Manufacturer | Inclined Plate Clarifier. metchem.com suodatinlaitteistovalmistajan kotisivut. <https://metchem.com/new-clarifiers-manufactured-by-met-chem/>. Viitattu 23.11.2022.
- Matmatch julkaisuaika tuntematon. AISI 316 Stainless Steel: Specification and Datasheet. Verkkojulkaisu. matmatch.com nettisivu materiaalitoimittajista ja eri materiaalien ominaisuuksista. <https://matmatch.com/learn/material/aisi-316-stainless-steel>. Viitattu 20.11.2022.
- pH Professor 2017. How a pH meter works! Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 25.5.2017. <https://www.youtube.com/watch?v=PBTn4gTEbkU>. Viitattu 19.11.2022.
- POLO Filter-Technik julkaisuaika tuntematon. Inclined Bed Filter SB. Pdf-tiedosto. https://polo-filter.com/wp-content/uploads/Schraegbettfilter_SB_POLO_Filter_Technik_03.pdf. Viitattu 23.11.2022.
- Pneuplan julkaisuaika tuntematon. Purkulaitteet. Verkkojulkaisu. pneuplan.fi teknologiayrityksen kotisivut. <https://pneuplan.fi/tuotteet/purkulaitteet/>. Viitattu 23.11.2022.
- Prominent julkaisuaika tuntematon. Back Pressure Valves / Relief Valves for Motor-Driven Metering Pumps. Verkkojulkaisu. [prominent.com](https://www.prominent.com/en/Products/Spare-Part-Details/accg-back-pressure-valves-relief-valves-motor-driven-metering-pumps.html) yrityksen kotisivut. <https://www.prominent.com/en/Products/Spare-Part-Details/accg-back-pressure-valves-relief-valves-motor-driven-metering-pumps.html>. Viitattu 19.11.2022.
- Prominent julkaisuaika tuntematon. Magneettitoimiset kalvoannostelupumput. Verkkojulkaisu. [prominent.fi](https://www.prominent.fi/fi/Tuotteet/Tuotteet/Annostelupumput/Magneettitoimiset-kalvoannostelupumput/pg-solenoid-driven-metering-pumps.html) pumppuvalmistajan kotisivut. <https://www.prominent.fi/fi/Tuotteet/Tuotteet/Annostelupumput/Magneettitoimiset-kalvoannostelupumput/pg-solenoid-driven-metering-pumps.html>. Viitattu 20.11.2022.
- Prominent julkaisuaika tuntematon. Moottorikäyttöiset kalvoannostelupumput. Verkkojulkaisu. [prominent.fi](https://www.prominent.fi/fi/Tuotteet/Tuotteet/Annostelupumput/Moottorik%C3%A4ytt%C3%B6iset-kalvoannostelupumput/pg-motor-driven-metering-pumps.html) pumppuvalmistajan kotisivut. <https://www.prominent.fi/fi/Tuotteet/Tuotteet/Annostelupumput/Moottorik%C3%A4ytt%C3%B6iset-kalvoannostelupumput/pg-motor-driven-metering-pumps.html>. Viitattu 20.11.2022.

- RealPars 2021. What is a Pneumatic Actuator? | Types & Applications. Video. Youtube-videopalvelu, julkaistu 27.12.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=vF61cZerj2M>. Viitattu 11.11.2022.
- saVRee 2018. How Ball Valves Work. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 27.8.2018. <https://www.youtube.com/watch?v=RvD1R8Tlr9M>. Viitattu 9.11.2022.
- saVRee 2018. How Diaphragm Valves Work. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 3.9.2018. <https://www.youtube.com/watch?v=dxelSWY6bhg>. Viitattu 10.11.2022.
- Semcor julkaisuaika tuntematon. Selecting the right pipe material. Verkkojulkaisu. semcor.com suunnittelu yrityksen blogi. <https://www.semcor.net/blog/selecting-the-right-pipe-material/>. Viitattu 27.11.2022.
- Shinjo Company 2020. Exploring the Venturi Effect. Verkkojulkaisu. shinjovalve.com kiinalaisen venttiilivalmistajan kotisivut. Päivitetty 13.4.2022. <http://www.shinjovalve.com/news/differences-between-full-port-ball-valves-vs-reduced-port-ball-valves.html>. Viitattu 11.11.2022.
- Siirtoruuvi julkaisuaika tuntematon. OPTIMAALISEN SIIRTORATKAISUN MÄÄRITTELY JA VALINTA. Verkkojulkaisu. siirtoruuvi.com suunnitteluopas. <https://www.siirtoruuvi.com/www/fi/suunnittele-siirtoratkaisu/>. Viitattu 20.11.2022.
- SIO 2022. Complete Guide To Ball Valve: Types, Features, Applications. Verkkojulkaisu. en.siovalve.com kiinalaisen venttiilivalmistajan kotisivut. Päivitetty 26.1.2022. <https://en.siovalve.com/complete-guide-to-ball-valve-types-features-application/>. Viitattu 11.11.2022.
- Suomen ympäristökeskus 2017. Kenttämittarit ja niiden kalibrointi. Verkkojulkaisu. syke.fi tutkimus & kehittäminen. Julkaistu 18.1.2017. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Pohjaveden_naytteenotto/Kenttamittarit_ja_niiden_kalibrointi\(41640\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Pohjaveden_naytteenotto/Kenttamittarit_ja_niiden_kalibrointi(41640)). Viitattu 19.11.2022.
- Technical Engineering School 2019. Pressure Relief Valve|How Does It Work ??. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 29.4.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=7e03u8NKLls>. Viitattu 19.11.2022.
- Varis, Jukka-Pekka 2022. Site Manager. Haastattelu 28.10.2022.
- WAM Finland julkaisuaika tuntematon. Sulkusyöttimet – Jauheiden tai rakeiden tarkkaa syöttämistä. Verkkojulkaisu. wamgroup.fi kotisivut. <https://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/RVC/Sulkusyottimet>. Viitattu 8.11.2022.
- Water Engineering 2021. Diaphragm Pump : PARTS, WORKING, INSTALLATION TIPS, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 5.6.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=tesJrrMSVsA>. Viitattu 20.11.2022.
- Watson-Marlow julkaisuaika tuntematon. Peristaltic pumps - how do they work? Verkkojulkaisu. wmfts.com pumppuvalmistajan kotisivut. <https://www.wmfts.com/en/support/pump-principles/how-do-peristaltic-pumps-work/>. Viitattu 19.11.2022.
- Watson-Marlow 2019. APEX28 ja APEX35 -letkupumput - wd-apex28_35-fi-04. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2019. <https://www.wmfts.com/en/literature/datasheets/fi/apex28-apex35-hose-pumps-fi/>. Viitattu 19.11.2022.

Watson-Marlow 2019. APEX10, APEX15 and APEX20 hose pumps - wd-apex10_15_20-en-10. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2019. <https://www.wmfts.com/en/literature/datasheets/en/apex-10-15-20-datasheet-en/>. Viitattu 19.11.2022.

Woodworth 2022. Piezoelectricity. Verkkójulkaisu. Explainthatstuff.com englantilaisen tietokirjailijan ylläpitämät nettisivut. Päivitetty 21.4.2022. <https://www.explainthatstuff.com/piezoelectricity.html>. Viitattu 19.11.2022.