

VESIVOIMALAITOKSEN VÄLPPÄHÄVIÖMITTAUKSEN MODERNISOINTI

Rinnemaa Janne

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Janne Rinnemaa	Vuosi	2024
Ohjaaja	Heikki Isometsä		
Toimeksiantaja	Caverion Industria Oy, Teemu Takkunen		
Työn nimi	Vesivoimalaitoksen välppähäviömittauksen modernisointi		
Sivumäärä	37		

Opinnäytetyön aiheena oli vesivoimalaitoksen välppähäviömittaustekniikan modernisointi. Työn tavoitteena oli parantaa voimalaitoksen välppähäviömittausten luotettavuutta sekä vähentää hyytöilmiöstä johtuvaa mittausvirhettä.

Opinnäytetyössä perehdyttiin eri mittaustekniikoihin ja niiden käytettävyyteen modernisoinnissa. Tietoa hankittiin kirja-, internet- ja asiakirjalähteistä.

Opinnäytetyössä löydettiin tilaajan kanssa yhteinen näkökulma käytettyyn mittaustekniikkaan. Muita mahdollisia mittaustekniikoita olisi voinut olla ultraäänimittaus tai kapasitiivinen pinnanmittaus.

Avainsanat vesivoima, modernisointi, mittaustekniikka

Electrical and automation engineering
Bachelor of engineering

Author	Janne Rinnemaa	Year	2024
Supervisor(s)	Heikki Isometsä		
Commissioned by	Caverion Industria Oy, Teemu Takkunen		
Title	Trash rack measurement modernization of hydro-power plant		
Number of pages	37		

The topic of the thesis was the modernization of the trash track velocity loss measurement technique in a hydropower plant. The aim of the work was to get better reliability in a hydropower plant trash track velocity loss measurement and also reduce measurement errors caused of slush water.

Suitability of the different measurement techniques was examined in the thesis. Information was gathered from books, internet sources and documents.

A common perspective of the used method with the client was found in the thesis. Other possible measurement techniques could have been ultrasonic-, or capacitive surface measurement.

Keywords: hydropower plant, modernization, measurement technique

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 KEMIJOKI OY	7
2.1 Vesivoiman merkitys ja käyttö Suomessa	7
2.2 Valajaskosken voimalaitoksen historia ja nykytilanne	7
2.3 Vesivoimalaitoksen toimintaperiaate	8
3 VESIPINTOJEN MITTAUS JA MITTAUSTEKNIIKAT	10
3.1 Vesipintojen mittaus	10
3.2 Mittaustekniikan taustat	10
3.3 Paine mittaustekniikassa	11
3.4 Uimuri	13
3.5 Kuplailuputki	13
3.6 Kapasitiivinen pinnankorkeuden mittaus	15
3.7 Ultraäänianturit	16
4 VÄLPPÄHÄVIÖMITTAUS JA SÄÄTÖ VOIMALAITOKSELLA	17
4.1 Välppähäviömittaus	17
4.2 Ylä- ja alaveden pinnanmittaus	18
4.3 Säätö	18
5 TOTEUTUS	19
6 SAAVUTETUT TULOKSET	33
7 POHDINTA	35
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Caverion Industria Oy vesivoimayksikkö. Caverion on Euroopan laajuinen pörssiyhtiö, joka tuottaa palveluita teollisuuteen ja julkiselle infrastruktuurille. Opinnäytetyö tehtiin Kemijoki Oy:n omistamaan Valajaskosken voimalaitokseen. Yhtiöiden välillä vallitsee kumppanuus.

Työn tavoitteena oli parantaa Valajaskosken voimalaitoksen välppähäviömittausten huollettavuutta sekä luotettavuutta. Entiset välppähäviömittaukset olivat alkuperäiset, eikä varaosia ollut enää saatavilla. Mittauksien nollakohtaa jouduttiin säätämään usein, minkä takia mittaukset olivat mahdollisesti epäluotettavia. Pitkiin paineilmalinjoihin muodostuva kondenssivesi voi lisäksi aiheuttaa häiriötä nykyiseen mittaukseen, ja näin ollen mittaus voi antaa virheellistä lukemaa turbiininsäätäjälle. Mittauksien modernisoinnilla parannettiin välppähäviömittausten luotettavuutta ja energia tehokkuutta. Modernisoinnin yhteydessä tehtiin nykyaikaiset cad-suunnitelmat vanhojen .tif kuvien tilalle, rakennettiin uusi keskus mittauksille, asennettiin soveltuva hydrostaattinen painemittaus sekä poistettiin käytöstä kaikki vanhat paineilmalinjat sekä mittauksiin liittyvät sähköiset laitteet.

Alkuperäinen välppähäviömittaus oli toteutettu paine-ero mittauksella, missä välpän paine-eroa mitattiin kuplailuputkilla, missä molempien putkien päät oli asetettu veteen täsmälleen samalle syvyydelle. Putkiin johdettiin vakio määrä paineilmaa, joka purkautui kuplina veteen putkien alapäistä. Tällöin kuplailuputkiin muodostui vedenkorkeutta vastaava ilmanpaine. Välpän jälkeistä kuplailuputken ilmanpainetta verrattiin paine-erolähettimeillä ennen välppää asennettuun kuplailuputkeen.

Modernisoinnissa vanha järjestelmä purettiin kokonaisuudessaan ja asennettiin uusi järjestelmä mittaamaan välpän jälkeisiä vedenpintojen korkeuksia. Mittaustulokset kaapeloitiin turbiininsäätäjille sekä kaukokäyttöön. Mittaustuloksia verrattiin yläveden pintaan, josta automaatio sai tarvittavan tiedon kombinaatio-käyrästä määrittämiseen ja siten turbiinien säätämiseen.

Välppähäviömittauksilla tarkoitetaan vesivoimalaitoksen koneistovirtauksen aiheuttamaa putouskorkeuden vähentymistä. Välppä toimii eräänlaisena sihtinä estäen isojen roskien pääsyn vesiteihin.

Puhtailla välpillä välppähäviöt ovat muutamia cm, kun taas välpän roskittuessa jopa >1 m. Välppähäviöt pienentävät voimalaitoksen nettoputouskorkeutta, mikä pienentää hyötysuhdetta ja rajoittaa koneistotehoa.

2 KEMIJOKI OY

2.1 Vesivoiman merkitys ja käyttö Suomessa

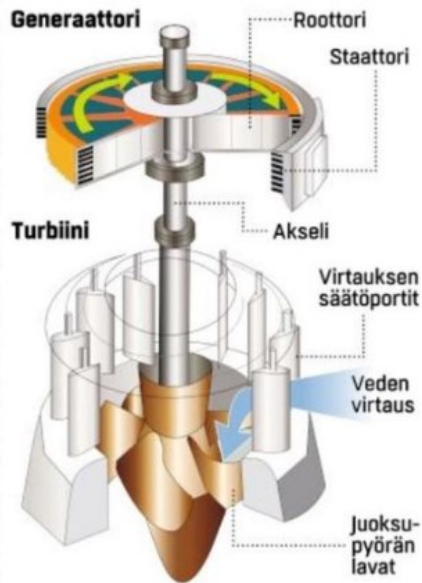
Vesivoima on maamme yksi tärkeimmistä uusiutuvan ja puhtaan energian tuotannonlähte. Globaalisti vesivoimalla tuotetaan sähköä 75–80 %, Suomessa kolmannes tuotetusta sähköstä on valmistettu käyttäen vesivoimaa. Tuuli- ja aurinkovoimalla tuotetun energian määrän kasvaessa vesivoimalla tuotetun energian määrä suhteessa pienenee, mutta sen merkitys kasvaa sen helpon säädettävyyden ansiosta. Vesivoimalat on suunniteltu niin, että niiden käynnistys, säätö ja pysäytys on nopeaa, minkä takia vesivoimasta muodostuu keskeinen säätöenergian lähde. Jotta säätöä voidaan tehdä sähkön kysynnän mukaisesti, on energiaa varastoitava. Energian varastointi vesivoimalaitoksilla toteutetaan varastoaltailla.

Kotimaisesti vesivoimalla tuotettua sähköä tuotetaan vuosittain noin 13 000 GWh. Nelihenkisen perheen sähkönkulutus vuositasolla on noin 7 MWh. (Kemijoki 2024a.)

2.2 Valajaskosken voimalaitoksen historia ja nykytilanne

Valajaskosken voimalaitos sijaitsee Kemijoessa Rovaniemellä, noin 15 km Rovaniemeltä Kemin suuntaan. Voimalaitoksen on suunnitellut Imatran voima Oy. Voimalaitos on rakennettu 1957–1960 välisenä aikana, jolloin sen yhteisteho oli 70 MW. Vesivoimalaitoksen rakentaminen työllisti tuolloin parhaillaan 1400 henkilöä. (Wikipedia 2024.) Vuosina 2001–2003 voimalaitoksen kolme kaplan-turbina (kuvio 1) peruskorjattiin, jolloin voimalaitoksen yhteisteho nousi 101 MW.

KAPLAN-TURBIININ OSAT



Kuvio 1. Kaplan-turbiinin rakenne (Laatikainen 2021)

Ennen peruskorjausta Valajaskosken voimalaitosta saatettiin joutua ajamaan täydellä teholla pitkiäkin aikoja kevättulvien aikaan ilman, että sitä voitiin käyttää säätöön. Peruskorjauksen tavoitteena oli nostaa voimalaitoksen tehoa sekä hyötysuhdetta. (Wikipedia 2024a.) Valajaskosken voimalaitos on Kemijoen vesistöaltaan yhdeksänneksi suurin sähköntuotantolaitos. Vuosittain voimalaitos tuottaa energiaa 379,8 GWH. Putouskorkeus voimalaitoksella on 11,5 metriä, mikä on Kemijoen vesistöaltaan kolmanneksi pienin. (Kemijoki 2024b.)

2.3 Vesivoimalaitoksen toimintaperiaate

Vesivoimalaitokset muuttavat veden liike-energian sähköksi siten, että vesi johdetaan johtosolukkeiden läpi juoksupyörälle. Johdettaessa vettä juoksupyörälle se saa turbiinin pyörimään. Turbiinin pyörintäliike johdetaan akselin avulla roottorille, joka sijaitsee staattorin sisäkehällä. Kun magnetoitu roottori pyörii staattorin sisäpuolella, staattorin magneettikenttä muuttuu. Tämä magneettikentän muutos indusoituu staattorin johtimiin sähköä sähkömagneettisen induktion periaatteen mukaisesti. Syntynyt sähkö johdetaan sähköverkkoon. (Kauppinen 2018, 257.)

Putoamiskorkeus on keskeisessä roolissa vesivoimalaitoksen toimintaa. Mitä suurempi putoamiskorkeus on, sitä enemmän potentiaalienergiaa voidaan käyttää. Vesivoimalaitoksen teho voidaan laskea kaavalla 1. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpilainen 2013, 265.)

$$P = QH\rho g\eta \quad (1)$$

missä

Q	on	putouksessa virtaavan veden määrä [m ³ /s]
H	on	putoukorkuus metreinä
ρ	on	veden tiheys [kg/m ³]
g	on	painovoiman kiihtyvyys [9.81 m/s ²]
η	on	turbiinin hyötysuhde.

3 VESIPINTOJEN MITTAUS JA MITTAUSTEKNIIKAT

Mittaaminen on ihmisen jokapäiväistä toimintaa. Kun tarvitsemme tiedon jostakin esineestä tai ilmiöstä, joudumme useimmiten mittaamaan tiedon. Yksi vanhimmista mittaussuureista on pituus, jonka mittaamiseen palautuvat myös pinta-alojen sekä tilavuuden mittaus. Mittaustekniikkaa yleisesti käytetään jonkin elementin/luonnonilmiön ilmaisemiseen, säätämiseen, ohjaamiseen tai tallentamiseen. Mittauksien tarkoituksena on antaa ihmiselle tarkka tieto mitattavasta kohteesta sekä laajentaa ihmisen aistinvaraista toiminta-aluetta. (Aumala 1989, 11.)

3.1 Vesipintojen mittaus

Vesivoimalaitoksilla vesipintojen mittaus on toteutettu yksinkertaisimmillaan mekaanisilla ylä- ja alaveteen asennetuilla näkölaseilla tai mitta-asteikoilla vesioikeusluvan mukaisesti. Mitta-asteikoista voidaan sulan veden aikana tarkistaa vedenpinnankorkeus konkreettisesti ja verrata sitä automaation mittaamaan tulokseen.

Valajaskosken voimalaitoksen vesipintamittauksien avulla valvotaan Kirkonjyrhän voimalaitoksen ylä- ja alavedenpinnankorkeutta sekä välppähäviötä. Mittauksien tarkoituksena on huolehtia lupaehtojen ja patoturvallisuuden täyttymisestä sekä veden hydrologisesta käytöstä. Näistä mittauksista saatu data johdetaan automaatioon, joka ohjelmallisesti laskee voimalaitoksen putouskorkeuden ja täten säättää turbiinin kombinaatiokäyrästä optimaaliseksi. (Kemijoki Oy 2002.)

3.2 Mittaustekniikan taustat

Yksi yleisimmistä mittauksista teollisuuden prosesseissa lämpötilamittausten rinnalla on nesteiden pinnankorkeuden mittaus. Usein pinnankorkeuden mittauksella ohjataan ja säädetään prosessia. Koska pinnankorkeuden mittaus on yksi vanhimmista mittaustekniikoista, sen mittaamiseen on aikojen saatossa kehitetty lukuisia mittalaitteita mm. mekaaniset mittatikut, näkölasit ja nykyaikaiset elektroniset ohjelmoitavat mittalaitteet. (Aumala 1998, 131.) Teollisuudessa aseman

mittauksen pääasiallinen tavoite on yleensä tuottaa signaali, joka kuvastaa säiliön pinnankorkeutta tai muita suureita. Signaali voi olla tyypiltään joko analoginen tai kaksiarvoinen signaali.

Kaksiarvoista eli diskreettistä signaalia kutsutaan tavallisesti digitaaliseksi tai binääriseksi signaaliksi. Kaksiarvoisella signaalilla on nimensä mukaan kaksi tilaa: joko "0" tai "1". Tyypillisesti kytkevät anturit käyttävät kaksiarvoista signaalia esi-
neiden/materiaalin tunnistamiseen.

Analoginen signaali puolestaan muuttuu jatkuvasti mittausjakson aikana, jos mitattava suure muuttuu mittausjakson aikana. Tyypillisimmät teollisuudessa käytetyt analogiset signaalit ovat jännite- tai virtasignaaleja. Jännitesignaalien alue voi olla 1–5 V, 0–10 VDC tai -10–10 VDC. Virtasignaalit puolestaan ovat 0–20 mA tai 4–20 mA. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 206.)

Mittaustulos voidaan muuttaa hydrostaattiseksi paineeksi, jolloin on käytettävä paineenmittaukseen soveltuvia instrumentteja. Pinnakorkeus voidaan selvittää myös tunnustelevilla anturityypeillä. Niiden toiminta perustuu esimerkiksi mittauksiin, joissa käytetään sopivaa kapasitanssianturia mittaamaan väliaineessa tapahtuvaa kapasitanssimuutosta. Pintojen korkeuksia voidaan mitata myös uimureiden, mikroaalto-, säteily- tai ultraääniantureiden avulla. (Aumala 1989, 99.)

3.3 Paine mittaustekniikassa

Paine on fysiikan perussuure, joka kuvaa neste- tai kaasumaisten aineiden voimavaikutusta sitä rajoittavaa pinta-alaa kohtaan. Paine lasketaan jakamalla voima pinta-alalla $P=F/A$. Paineen SI-yksikkö on 1 Pa (pascal). SI-järjestelmän ulkopuolinen yksikkö on bar, joka on 10^5 Pa. Metrinkorkuinen vesipatsas vastaa noin 0,1 bar painetta. Paine voi ilmetä monessa eri muodossa, riippuen sovelluksesta. Sovelluksia voivat olla ilman-, nesteen-, kaasun-, tai hydrostaattisen paineen mittaaminen. Standardiolosuhteissa ilmakehän ilmanpaineena käytetään 1013,25 hPa lukemaa meren pinnantasolla. (Aumala 1989, 92).

Suuri osa teollisuuden painemittaussovelluksista perustuvat paine-eron mittaamiseen, missä mitattavaa painetta verrataan ilmakehän tuottamaan ilmanpaineeseen.

seen tai jonkin toisen mittauksen paineeseen. Paine- tai paine-eromittausta voidaan lisäksi käyttää monen muun suureen mittaamiseen, kuten voiman, pinnan korkeuden, siirtymän, tiheyden, virtauksen tai lämpötilan mittaukseen. Tyypillinen paineen mittaumuoto teollisuuden mittauksissa on staattinen painemittaus. Staattisuudella tarkoitetaan nesteen tai kaasun stabiilia arvoa. Toinen tyypillinen painemittaus on dynaaminen mittaus, joka on kaasun tai nesteen liikkeestä aiheutuva poikkeama staattiseen mittaukseen verrattuna. Yksi staattisen paineen erikoistapaus on hydrostaattinen paine, joka ilmenee nesteillä. Suunnasta riippumaton hydrostaattinen paine voidaan laskea kaavalla 2.

$$p = \rho gh \quad (2)$$

missä

ρ	on	nesteen tiheys [kg/m ³]
g	on	painovoiman kiihtyvyys [9.81 m/s ²]
h	on	nestepinnan korkeus.

Absoluuttinen paine on tyhjiössä vallitseva paine. Puhuttaessa ylipaineesta tilassa vallitsee suurempi paine kuin absoluuttinen paine. Kun puhutaan alipaineesta, tilanne on päinvastainen. (Aumala 1998, 123.)

3.4 Uimuri

Pintauimurin toiminta perustuu kelluvan uimurikohon kiertymäkulman mittaukseen. Pintauimurilla toteutettu mittaus soveltuu sekä jatkuvaan mittaukseen tai pintakytkimenä käytettäväksi. Erikoistapauksissa sitä voidaan käyttää myös kiinteän aineen pinnakorkeuden mittaamiseen. Uppouimurin toiminta puolestaan perustuu nostevoiman mittaamiseen. Nostevoima voidaan laskea kaavalla 3. (Aumala 1998, 131.)

$$F = \rho g A h \quad (3)$$

missä

F	on	nostevoima
ρ	on	nesteen tiheys [kg/m^3]
g	on	painovoiman kiihtyvyys [m/s^2]
A	on	uimurin poikkipinta-ala
h	on	uppoumakorkeus.

Mittauksen suureena on nostevoima, jolloin uimuri on säiliössä lähes kiinteästi asennettuna. Mittaustekniikka ei sovellu nesteille, joiden tiheyden lämpötilariippuvuus on merkittävä. (Aumala 1998, 131.)

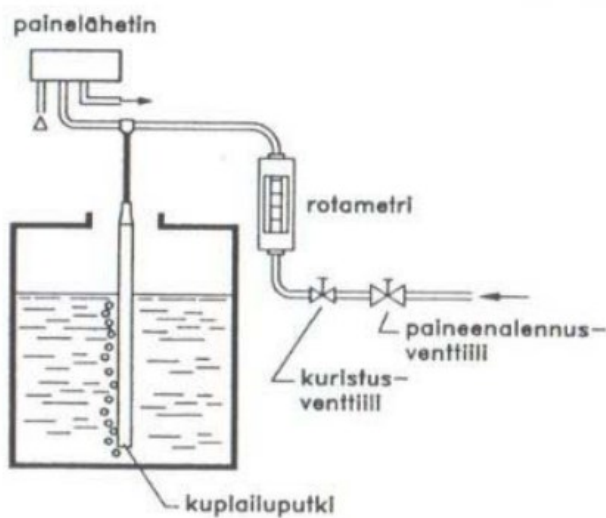
3.5 Kuplailuputki

Hydrostaattista painetta voidaan mitata myös kuplailumenetelmällä. Hydrostaattinen paine muodostuu aina nestepintojen alapuolelle, joka on suoraan verrannollinen pinnankorkeuteen nesteen tiheyden ja maanvetovoiman ollessa vakiot. (Aumala 1998, 94–95; Pihkala 2004, 94–95.)

Kuplailuputki on toimintaperiaatteeltaan varsin yksinkertainen, jonka toiminta on esitetty kuviossa 2. Kuplailuputkea voidaan käyttää joko avonaisissa tai suljetuissa säiliöissä. Kuplailuputki soveltuu käytettäväksi myös epäpuhtaiden nesteiden kanssa, esimerkiksi jätevedet, jäteöljyt tai sellumassat. (Aumala 1998, 94–95; Pihkala 2004, 94–95.)

Kuplailuputken pää asennetaan säiliön mittausalueen nollakohtaan. Paineilma johdetaan kuplailuputkeen, jolloin neste putken sisällä poistuu ja ilmakuplia alkaa

muodostumaan putken suulta. Syötettävän paineilman virtaus säädetään kuristusventtiilin avulla niin, että kuplia muodostuu noin puolen sekunnin välein mitattavan nesteen ollessa korkeimmillaan. Virtauksen tulee olla säädetty oikein, jotta mittaus toimii. Liian pieni virtaus voi johtaa putken pään tukkeutumiseen, kun taas liian suuri virtaus voi aiheuttaa painehäviöitä putkessa. Muodostuvien kuplien seuranta voi olla haasteellista, jos neste on ”maalimaista”, jolloin rotametrin käyttö on suositeltavaa. (Aumala 1998, 94–95; Pihkala 2004, 94–95.)



Kuvio 2. Kuplailuputken toimintaperiaate (Pihkala 2004, 95)

Syötetty paineilman määrä on tavallisesti 2,5-kertaa niin suuri, mitä odotettu hydrostaattinen paine voisi olla. Vakiovirtaussäätimen avulla syötetty paineilma voidaan vakauttaa aseteltuun arvoon, jolloin kuristusventtiiliä ei tarvita. (Aumala 1998, 94–95; Pihkala 2004, 94–95.)

3.6 Kapasitiivinen pinnankorkeuden mitta

Kapasitiiviset pinnankorkeuden mittaamiseen soveltuvat anturit koostuvat kahdesta lähellä toisiaan olevasta metallilevystä. Niiden toiminta perustuu avoimeen kondensaattoriin ja kapasitanssin muutokseen. Kapasitanssin muutos riippuu aineen permittiivisyydestä, metallilevyjen etäisyydestä ja levyjen pinta-alasta. Kapasitanssi voidaan laskea kaavalla 4.

$$C = \frac{\epsilon A}{l} \quad (4)$$

missä

C	on	kapasitanssi
ϵ	on	permittiivisyys
A	on	metallilevyjen pinta-ala
l	on	metallilevyjen etäisyys.

Kapasitiiviset anturit soveltuvat jatkuvaan pinnanmittaukseen ja/tai toimimaan pintakytkiminä. (Pihkala 2004, 97.) Kun anturi ei kosketa väliainetta, sen kapasitanssi on pieni, mutta muuttuu radikaalisti väliaineen päästessä metallilevyjen väliin. Koska erityyppisillä aineilla on erilaiset permittiivisyydet (taulukko 1), väliaine vaikuttaa kapasitanssin muutokseen. Suhteellista permittiivisyyttä merkitään kirjaimella ϵ_r . (Ahoranta, Lesch & Sundell 1986, 147–148; Pihkala 2004, 97–98; Keinänen & Sumujärvi 2019, 211).

Taulukko 1. Taulukossa esitetty muutamien aineiden permittiivisyys ϵ_r arvot (Wikipedia 2024b)

Eriste	ϵ_r
Tyhjiö	1
Kuiva ilma	1,00059
Vesi	80
Posliini	6
Paperi	5
Bakeliitti	4,9

Kapasitiivisten antureiden kytkentätaajuus on 1000–1500 Hz. Tyypilliset aineet, joita kapasitiivisilla pinnankorkeusantureilla mitataan, ovat nesteet ja kiinteät aineet. (Keinänen, Sumujärvi 2019, 211.)

Mittaustekniikka on molemmille aineille hieman erilainen. Kapasitiivinen anturi voi muodostua yksinkertaisimmillaan teflonlangasta, joka on pingotettu metalliputken sisäpuolelle. Tyypillisesti putken ulkopintaan on tehty aukkoja varmistamaan aineen pääsy putken sisälle säiliön pinnan vaihdellessa. Johtavilla nesteillä kapasitanssi muodostuu langan ja putken väliin, eristeenä vain teflon. Eristävillä nesteillä kapasitanssi muodostuu putken ja säiliön välille. (Pihkala 2004, 97.)

3.7 Ultraäänianturit

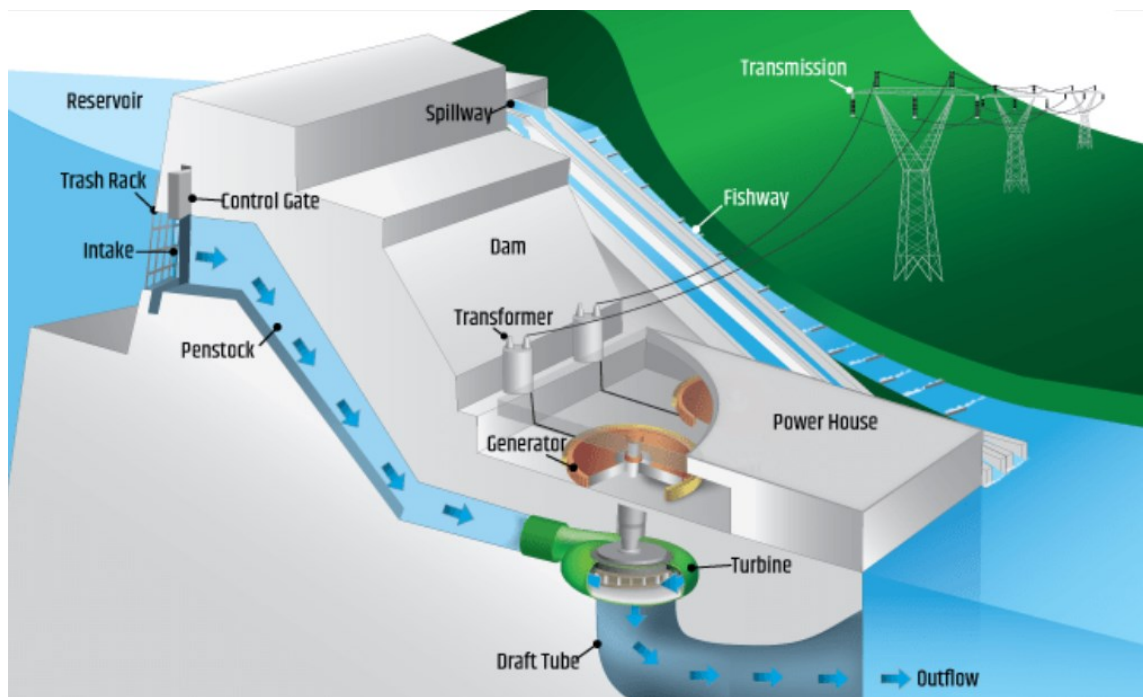
Mittaukset tai objektien tunnistamiset voivat olla haastavia hankalissa olosuhteissa ilman ultraäänianturia. Ultraäänianturit voivat sisältää lähettimen ja vastaanottimen, jotka toimivat yhdessä äänipulssien lähettämiseksi ja vastaanottamiseksi. Lähetin lähettää 20 kHz-1 GHz siniaallon muotoisen äänipulssin ajanhetkellä x ja vastaanotin mittaa äänipulssin heijastusajan. Aika, joka äänipulssilla kuluu lähettimen ja vastaanottimen välillä, on verrannollinen pinnan etäisyyteen anturista. Kulunut aika muutetaan digitaalisesti luettavaan muotoon. Ultraäänianturit soveltuvat nesteiden tai kiinteiden aineiden pinnanmittaukseen, mutta eivät sovellu huonosti ääntä heijastavien materiaalien mittaamiseen. Lisäksi niitä voidaan käyttää joko aseman- tai virtauksenmittaamiseen tai pelkästään kytkintyyppisesti. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 221.) Anturi voidaan sijoittaa joko mitattavan aineen ylä- tai alapuolelle (Pihkala 2004, 101).

4 VÄLPPÄHÄVIÖMITTAUS JA SÄÄTÖ VOIMALAITOKSELLA

Nykyinen välppähäviömittaus on toteutettu kuplailuputkimenetelmällä, jonka ongelma syksyisin ja keväisin on jään hyytöilmiö. Hyytö tukkii paineilmaputken, minkä seurauksena mittaustulos on virheellinen. Toinen ongelmaksi osoittautunut kohta alkuperäisessä mittauksessa ovat paineilmalinjat, joista halutaan tulevaisuudessa eroon.

4.1 Välppähäviömittaus

Välppähäviömittausten tarkoituksena on mitata välppän tukkoisuutta. Välppä on eräänlainen sihti eng. Trash rack (kuvio 3), jonka tarkoituksena on estää isojen roskien pääsy vesiteihin ja näin ollen vaurioittamasta turbiinia. Tyypillinen välppän vapaa väli on 20–100 mm. Välppät on sijoitettu ylaveden puolelle ennen tuloputken luukkuja. Niiden kannatusrakenteet ovat mitoitettu, niin että ne kestävät ylaveden täyden paineen hyytöilmiön tai ajelehtivan jään kohdatessa.



Kuvio 3. Voimalaitoksen periaatekuva (Energy 2024)

Välppähäviömittaus kalibroidaan, kun generaattori ei ole tuotannossa. Kun välppä on puhdas, niin vedenpinnat ennen ja jälkeen välppän ovat lähestulkoon

tasallaan, jolloin paine-eroa ei synny. Mittaustulos johdetaan turbiininsäätäjälle ja kaukokäyttöön.

Roskat tai hyytöjää puolestaan tukkivat välpän yläosan, jolloin putouskorkeus voi pahimmillaan olla useita metriä (Aumala 1998, 135; Kemijoki 2002; Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpilainen 2013, 277).

4.2 Ylä- ja alaveden pinnanmittaus

Mittauksien avulla valvotaan voimalaitoksen ylä- ja alaveden pinnankorkeuksia. Mittauksien tarkoituksena on huolehtia lupaehtojen sekä patoturvallisuuden mukaisesta veden hydrologisesta käytöstä. Mittauksien avulla määritellään voimalaitoksen putouskorkeus, joka on suoraan verrannollinen hyötysuhteeseen. Mitä pienempi on putouskorkeus, sitä pienempi on voimalaitoksen hyötysuhde.

Molempien mittauskaivojen mittaukset on kahdennettu. Mittaustulokset johdetaan turbiininsäätäjälle. (Kemijoki 2002.)

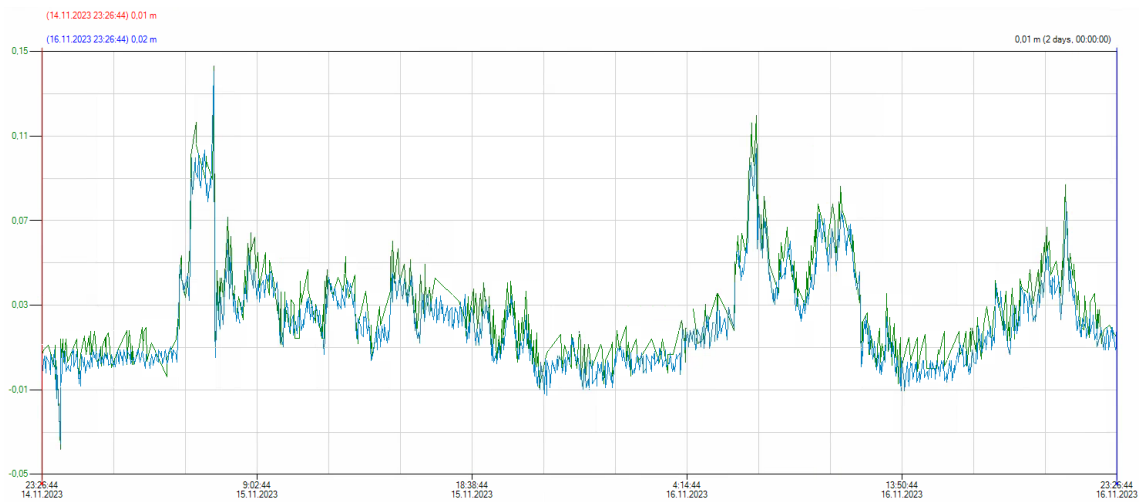
4.3 Säätö

Turbiininsäätö voimalaitoksella tapahtuu automaatiojärjestelmän avulla. Mittaustulokset ylä- ja alaveden pinnoista sekä välppähäviömittauksesta johdetaan turbiininsäätäjälle. Turbiininsäätäjä laskee näistä kolmesta mittauksesta keskiarvon, minkä perusteella se asettaa turbiinin nk. kombinaatiokäyrästön. Kombinaatiokäyrän perusteella juoksupyörän siivet, sekä johtorenkaiden solukkeet ajetaan optimaaliseen asentoon parhaan hyötysuhteen saavuttamiseksi. (Kemijoki 2002.)

Vesivoimalaitoksen putouskorkeudella on suuri merkitys voimalaitoksen hyötysuhteeseen sekä turbiinin säätöön. Mitä enemmän vettä on käytettävissä, sitä enemmän sitä voidaan hyödyntää energian tuottamiseen. Nykytekniikalla toimivien vesiturbiinien hyötysuhde voi olla jopa 90 %.

5 TOTEUTUS

Vuonna 2022 Valajaskosken voimalaitokselle asennettiin vertailumielessä yksi FMB53-hydrostaattinenpaineanturi välppäaltaaseen 7 sekä yksi PMD55B-paine-eroanturi. Molemmat anturit kaapeloitiin Scadaan, mutta niitä ei käytetty turbiinin-säätöön. Tutkimuksen tarkoituksena oli seurata Scadan avulla antureiden piirtämää trendikäyrää (kuvio 4), jotta saataisiin varmuus niiden soveltuvuudesta ko. mittaukseen.



Kuvio 4. Pilotti- ja alkuperäisen mittauksen trendikäyrät

Kuviossa 4 vihreällä oleva trendikäyrä on FMB53 hydrostaattisen paineanturin piirtämä käyrä ja sinisellä puolestaan alkuperäisen paine-eromittauksen trendi. Trendikäyristä nähtiin, että pilottianturi seurasi tarkasti välppänälkeistä vesipinnan vaihtelua.

Kun pilottivaihe oli saatu onnistuneesti suoritettua, Kemijoki Oy päätti toteuttaa välppähäviömittausten modernisoinnin FMB53-anturilla. Valintaa auttoi myös se, että paineilmajärjestelmien käyttöä on tarkoitus vähentää tulevaisuudessa.

Suunnittelu aloitettiin pitämällä aloituspalaveri, missä linjattiin työn sisältö, turvallisuusasiat, vastuuhenkilöt, toimitusrajat, laitteiston määrittely, aikataulu, asennukset, koestus, sekä käyttöönotto ja raportointi.

Sovittiin, että työn sisältö koostuisi vanhan laitteiston irtikytkennästä siinä laajuudessa kuin se olisi tarpeen. Vanhaa järjestelmää ei toistaiseksi purettaisi, vaan

se jätettiin x ajaksi varavalmiuteen, jos ongelmia havaittaisiin modernisoinnista huolimatta. Irtykykennöistä tehtiin myös suunnitelma koskien sähköisiä laitteita.

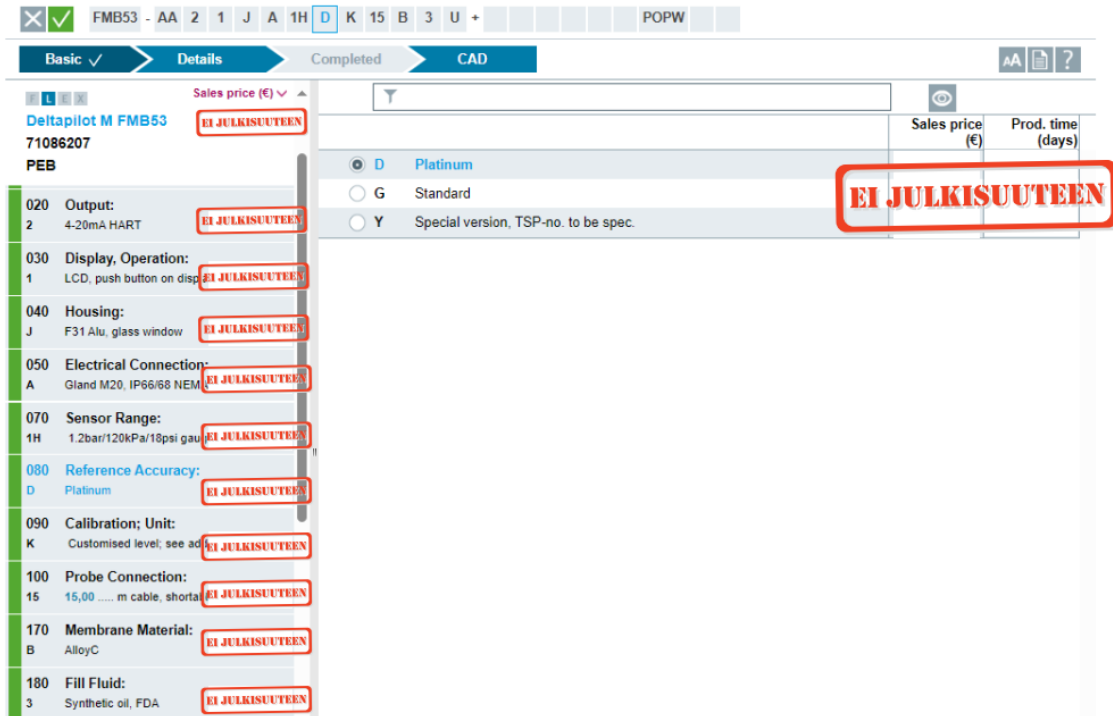
Uudeksi paineanturiksi valikoitui E&H valmistama FMB53-hydrostaattinen paineanturi (kuvio 5). Anturi valittiin aikaisemman kokemuksen perusteella sekä siitä syystä, että se mahdollisesti soveltuisi parhaiten tähän mittaukseen käytettäväksi verrattuna muihin mittaustekniikoihin. Anturi asennettiin RST-suojaputkeen, jonka sisähalkaisija oli niin suuri, että anturi mahtui suojaputkeen. Suojaputken alaosaan asennettiin sihti, mistä vesi pääsi putken sisäpuolelle estäen samalla roskien pääsyn putkeen. Anturin näyttölaite asennettiin putken yläosaan käyttäen valmistajan kiinnikkeitä.



Kuvio 5. E&H FMB53 hydrostaattinen paineanturi (Endress & Hauser 2024)

Suojaputket asennettiin +68.90 metrin syvyyteen tuloputken luukkualtaisiin. Anturit kaapeloitiin käyttäen halogeenivapaata häiriösuojattua instrumenttikaapelia.

Paineantureiden hankintaan käytettiin Endress & Hauserin kotisivuilta löytyvää konfiguraattoria (kuvio 6). Konfiguraatiossa edettiin vaiheittain ja valittiin halutut ominaisuudet anturiin (kuvio 5). Konfiguraation lopuksi ohjelma kertoi tuotteelle hinnan.



Kuvio 6. E&H-konfiguraattori

Uusiin paineantureihin haluttiin asiakkaan toiveesta platinasta valmistetut kennot. Platinasta valmistetut kennot toivat lisää referenssitarkkuutta mittauksiin. Konfiguraatiossa valittiin antureiden kennokooksiksi 1,2 bar ja skaalaukseksi 0–8 m. Pi-lottivaiheen anturi oli muuten vastaavanlainen kuin uusi konfiguraatio, mutta se oli varustettu tavallisella standardi mittakennolla. Mittaustarkkuudet tavallisen ja platinasta valmistetun kennon eroista on esitetty kuviossa 7.

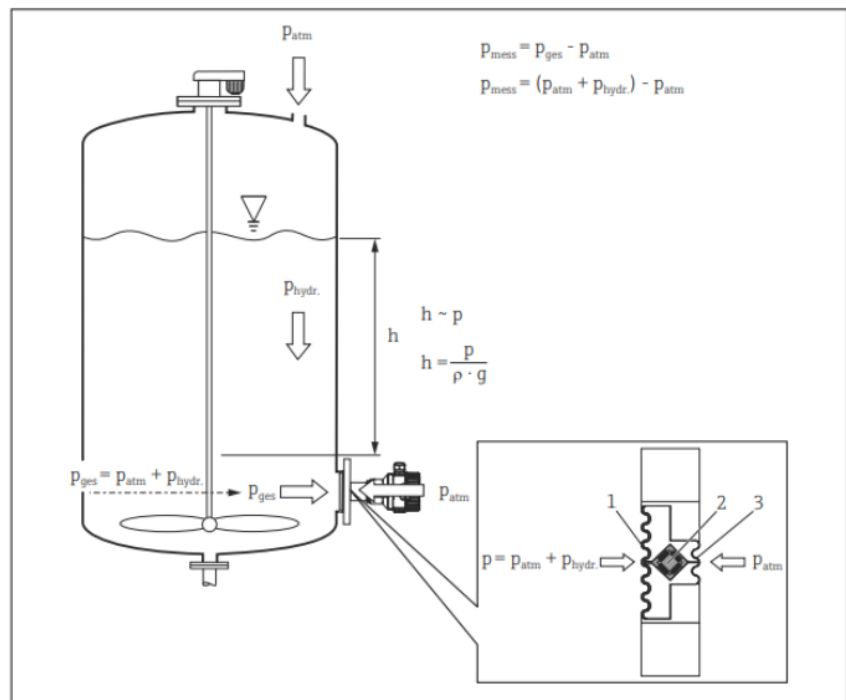
Measuring cell	Reference accuracy in % of the calibrated span		
	TD	"Standard" option ¹⁾	"Platinum" option ¹⁾
100 mbar (1.5 psi)	<ul style="list-style-type: none"> TD 1:1 to TD 2:1 TD > 2:1 to TD 4:1 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.2 ±0.1 x TD 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.15 ±0.075 x TD
400 mbar (6 psi)	<ul style="list-style-type: none"> TD 1:1 to TD 4:1 TD > 4:1 to TD 10:1 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.2 ±0.05 x TD 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.15 ±0.0375 x TD
1.2 bar (18 psi)	<ul style="list-style-type: none"> TD 1:1 to TD 2:1 TD > 2:1 to TD 12:1 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.2 ±0.1 x TD 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.1 ±0.05 x TD
4 bar (60 psi)	<ul style="list-style-type: none"> TD 1:1 to TD 4:1 TD > 4:1 to TD 20:1 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.2 ±0.05 x TD 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.1 ±0.025 x TD
10 bar (150 psi)	<ul style="list-style-type: none"> TD 1:1 to TD 2.5:1 TD > 2.5:1 to TD 20:1 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.2 ±0.08 x TD 	<ul style="list-style-type: none"> ±0.1 ±0.04 x TD

Kuvio 7. Mittaustarkkuuden ero tavallisen- ja platinakennon välillä (Endress & Hauser 2024a)

Kuvion 7 havainnollistamiseksi voidaan suorittaa seuraavanlainen laskuesimerkki. Kuvitellaan, että vesipatsaan korkeus väljän jälkeen on skaalatulla alueella (0–8 m), esim. 4 m. Pilottianturin referenssitarkkuus = $\pm 0,2 \cdot 4\text{m} = 0,008\text{ m}$ ja platinakennolla varustetun anturin referenssitarkkuus = $\pm 0,1 \cdot 4\text{m} = 0,004\text{ m}$. On syytä huomioida, että anturin kokonaistarkkuuteen vaikuttaa myös esimerkiksi lämpötila tai vallitseva ilmanpaine. Ilmanpaineen kompensointi FMB-53 anturissa on toteutettu kuvion 8 mukaisesti.

Measuring principle

Hydrostatic level measurement



- 1 Membrane
 - 2 Measuring element
 - 3 Rear membrane of the CONTITE™ measuring cell
- g* Gravitational acceleration
h Level height
 P_{tot} Total pressure = hydrostatic pressure + atmospheric pressure
 P_{atm} Atmospheric pressure
 $P_{\text{hydr.}}$ Hydrostatic pressure
 P_{meas} Measured pressure in the measuring cell = hydrostatic pressure
 ρ Density of the medium

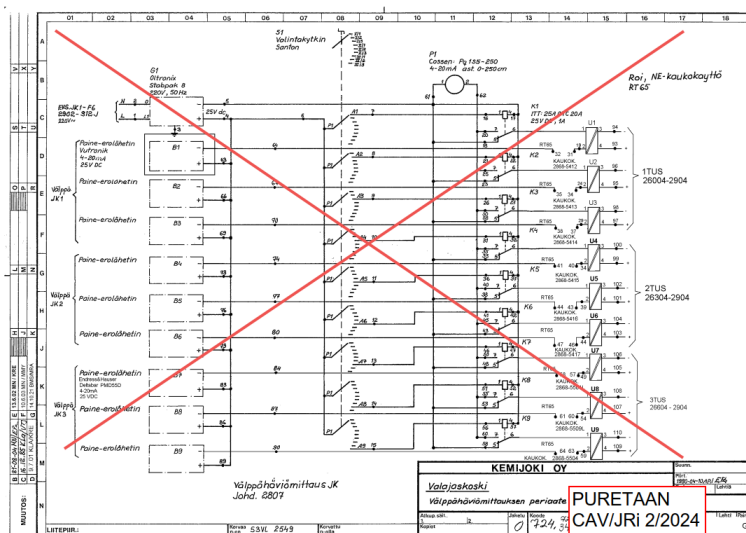
Kuvio 8. Kuvion oikeassa alalaidassa esitetty ilmanpaineen kompensointi (Endress & Hauser 2024a)

Anturille menevän kaapelin sisäpuolella on ilmaletku, jota pitkin antureille saadaan tieto vallitsevasta ilmanpaineesta. Kun tarkastellaan kuvion 8 alalaidassa esitettyä layout-kuvaa anturista, niin voidaan havaita, että anturin vasen puoli mittaa ilmanpainetta ja hydrostaattista painetta. Anturin oikea puoli puolestaan mittaa vain ilmanpainetta. Menettelyllä voidaan kompensoida ilmanpaineen vaihtelu.

Sovittiin myös, että mittauksille suunnitellaan uusi keskus, johon asennettiin laadukkaat komponentit. Kokouksessa päätettiin, että vastaan työn suunnittelusta, asennuksista ja käyttönotosta. Aloitin suunnittelun käymällä voimalaitoksella, jonka jälkeen suunnitelmien tekeminen helpottui. Suunnitelmien tekemiseen tarvitsin vanhat dokumentit, jotka sain Kemijoki Oy:ltä. Suunnitelmat koostuivat seuraavista dokumenteista:

- irtikytkentä/purkus suunnitelma
- välppä JK piirikaavio
- välppä JK johdotus
- kojeluettelo
- välppä JK layout
- kaapeliluettelo.

Purkus suunnitelmassa esiteltiin purettavat asiat. Purkus suunnitelma voidaan yksinkertaisimmillaan toteuttaa piirtämällä viivat purettavan kokonaisuuden yli (kuvio 9).



Kuvio 9. Purkus suunnitelman esimerkki

Välppä JK layout -suunnitelman tekemisen aloitin valitsemalla komponentit keskuskeskseen. Riviliittiminä Kemijoki Oy:n speksin mukaisesti tuli käyttää laadukkaita avattavia riviliittimiä, johon voitiin kytkeä 4 kpl 2,5 mm² johdinta. Riviliittimeksi valitsin Wago 2002–1871 sarjan liittimen (kuvio 10).



Kuvio 10. Wagon valmistama katkaistava riviliitin (Wago 2024)

Jännitelähteiksi valitsin laadukkaiksi havaitut PULS-merkkiset jännitelähteet (kuvio 11).



Kuvio 11. PULS Dimension CP tehrolähde (OEM 2024)

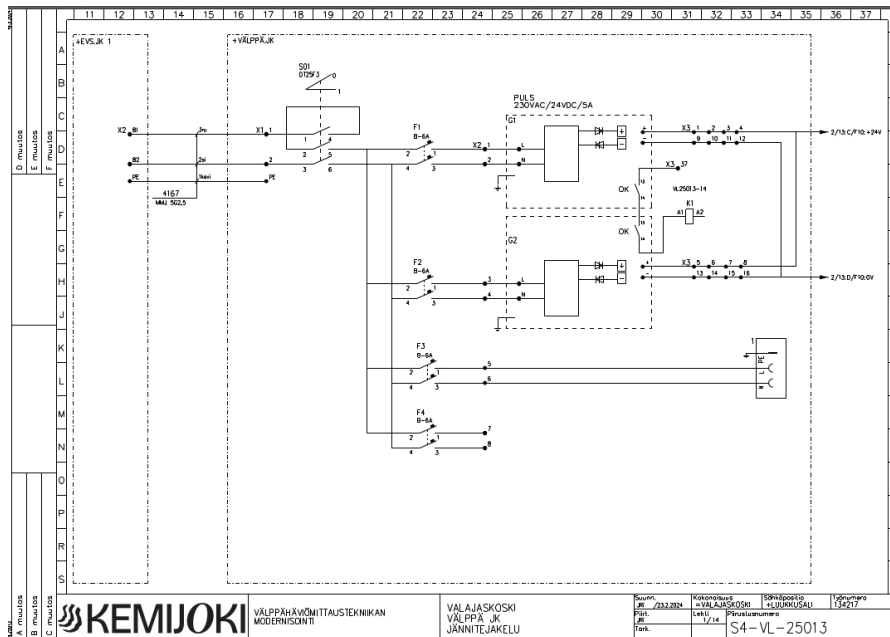
Galvaaniset erottimet hankin E&H:lta samalla kun tilasin paineanturit. Erottimet olivat malliltaan RN22 (kuvio 12). Jokaiselle paine-anturille asennettiin oma galvaaninen erotin. Erottimet olivat aktiivisia, joten ne tarvitsivat myös erillisen jännitesyötön toimiakseen. Erottimet olivat kaksikanavaisia ja niissä monistettiin mitattu mA viesti kahteen eri automaatiojärjestelmään. Kanavan 1. viesti kaapeloitiin turbiinisäätäjälle ja kanavan 2. viesti kaapeloitiin kaukokäyttöön.



Kuvio 12. E&H valmistama RN22 kaksi kanavainen galvaaninen erotin nk. barrieri (E&H 2024)

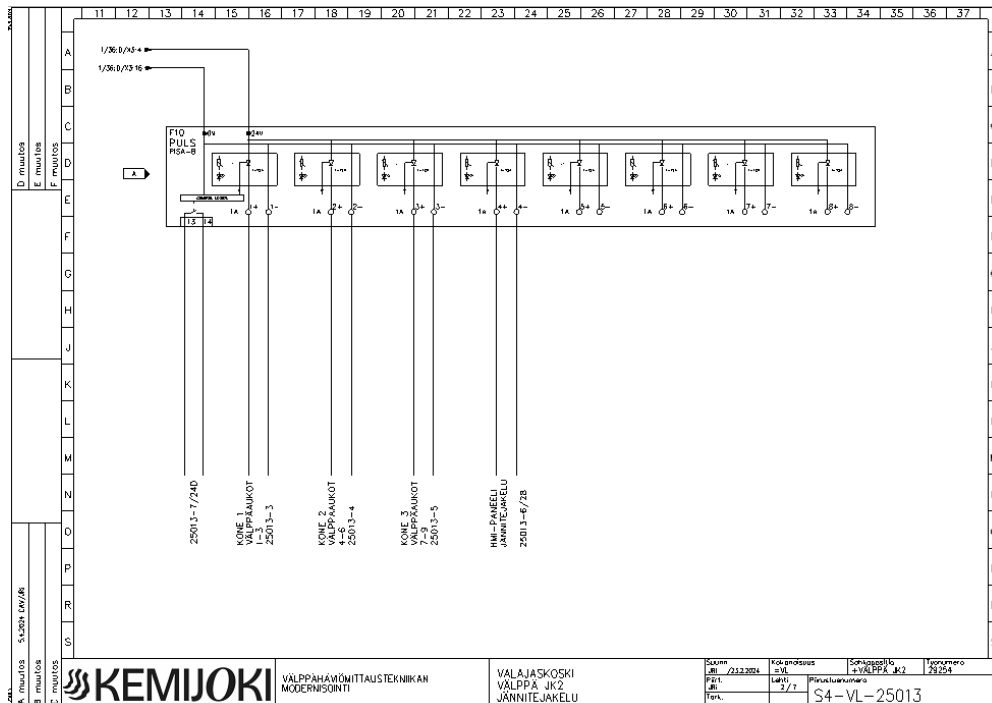
Galvaanisenerottimen tehtävänä oli erottaa eri jännitepiirit toisistaan suojaten mittalaitteita.

Kun pääkomponentit oli valittu, aloitin keskuksen piirikaavioiden suunnittelun piirtämällä kuvan jännitejakelusta. Tyypillisesti keskuksen sisäiset kojeet johdetaan ketjuun ilman, että käytetään riviliittimiä. Jännitejakelu suunniteltiin niin, että siinä on kaksi saman tehoista jännitelähdettä kytkettyinä rinnan. Ajatuksena rinnankytkennälle on se, että toisen jännitelähteen rikkoutuessa toinen jännitelähteistä edelleen syöttää jännitettä virtapiiriin. Suunnittelussa otin huomioon myös sen, että jännitelähteen vaihto voitaisiin suorittaa ilman keskuksen keskeytystä. Keskuksen keskeytys voimalaitoksen ollessa toiminnassa ajaisi turbiininsiivet ”vakioputoskorkeus asentoon”, joka ei ole optimaalisin ajotapa. Suunnittelu on tehty, niin että jännitelähteet johdotettiin avattaville riviliittimille (kuvio 10).



Kuvio 13. Jännitejakelun suunnittelu toteutettiin kahdella samankokoisella jännitelähteellä, jotka oli kytketty rinnan

Jännitelähteet syöttivät PULS PISA-B -elektronista ylivirtasuojaa, jonka tehtävänä oli nimensä mukaisesti suojata laitteita ylivirralla (kuvio 14).

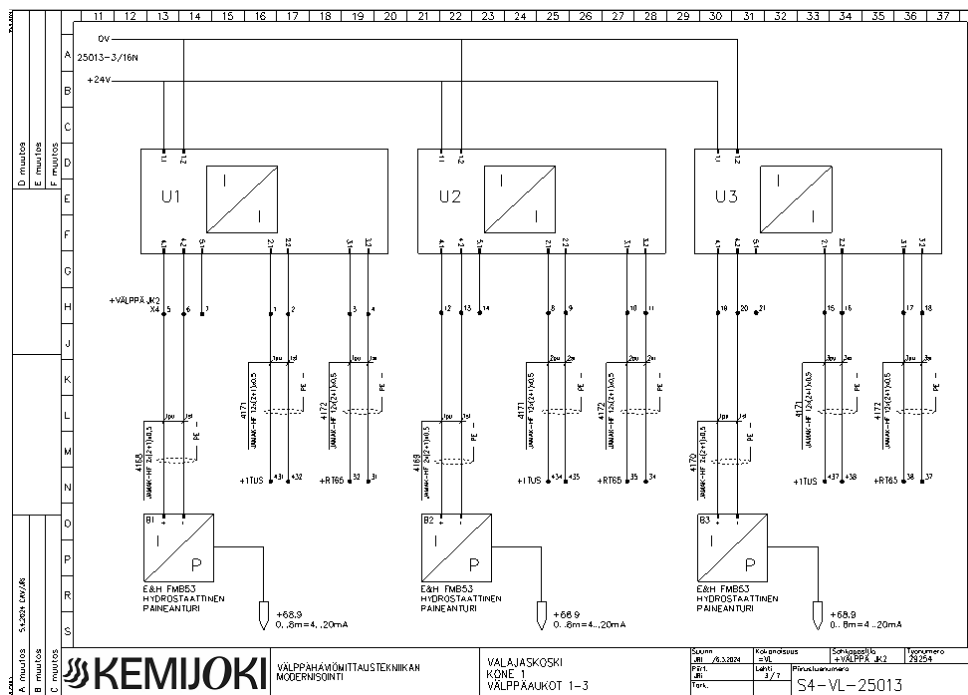


Kuvio 14. PISA B elektronisen ylivirtasuojan kytkentä ja jännitejakelu

Alkuperäinen suunnitelma oli, että jokainen mittaus kytkettäisiin omaan kanavaan varmistaen mittauksien luotettavuuden parantuminen. Keskusteluissa kuitenkin

päätettiin, että riittää se, että koneen kaikki kolme välppämittausta ovat saman kanavan perässä. Yhdenkin mittauksen rikkoutuminen joka tapauksessa ajaa juoksupyörän siivet asentoon ”vakioputoskorkeus”. Sillä, että kaikki mittaukset olisivat olleet oman kanavan perässä, ei olisi saavutettu todellista hyötyä.

Jännitejakeluiden jälkeen piirsin välppien 1–3 jälkeiset pinnanmittaukset. Piirsin RN22-galvaaniset erottimet U1,U2 ja U3 (kuvio 15) liittimet kuvaan sekä johdotukset kenttälaitteille sekä automaatioihin.



Kuvio 15. Välppien 1–3 pinnanmittaukset piirikaaviomuodossa.

Välppien 2–9 piirikaaviot olivat vastaavat kuin kuviossa 15, mutta riviliitin- ja kaapelinumerot vaihdettiin. Valajaskosken voimalaitoksella on kolme välppää/kone.

Vaikka paineanturit olivat varustettuina erillisillä näytöillä, ne eivät suoranaisesti kertoneet välppähäviöistä vaan ne näyttivät välppän jälkeisen vedenpinnankorkeuden.

Välppäkuvien jälkeen piirsin johdotuksen ja kaapeloinnin HMI-paneelille. Suunnittelussa käytin Beijer X2 pro-paneelia (kuvio 16). Paneeli on käytössä Kemijoen voimalaitoksissa yleisesti.


Kojeluettelon tein Micro Station-ohjelmalla. Luettelon sarakkeet koostuivat seuraavista:

- kojetunnus
- kojeen nimi
- valmistaja, lajimerkki
- tekniset tiedot
- käyttötarkoitus.

Luettelon tarkoituksena on antaa tarkka tieto keskuksen sisältämistä komponenteista.

Johdotus- ja ketjutustaulukon tein myös Micro Station-ohjelmalla. Ketjutustaulukosta kävi ilmi kaapissa olevien kojeiden väliset ketjutukset. Johdotustaulukko (kuvio 18) puolestaan kertoo kojeiden ja riviliittimien väliset johdotukset. Johdotustaulukossa kuvastettiin riviliittimiä ja siinä esitettiin riviliittimien väliset ketjutukset ja riviliittimiin liitetyt kojeet/laitteet. Johdotustaulukko on tärkeä, kun keskuksessa käytetään aukaistavia riviliittimiä. Johdotustaulukosta selviää myös, kummalle puolelle riviliittintä johdin kytketään. Johdotustaulukko on jaettu kolmeen osaan, vasen puoli, keskilinja ja oikea puoli. On sovittu, että johdotuskuvan vasen puoli kuvastaa riviliittimen vasenta/alapuolta ja johdotustaulukon oikea puoli vastaavasti riviliittimen oikeaa/yläpuolta riippuen riviliittimen asennosta. Eli käytännössä katsoen kuvaa käännetään aina vastapäivään 90 astetta.

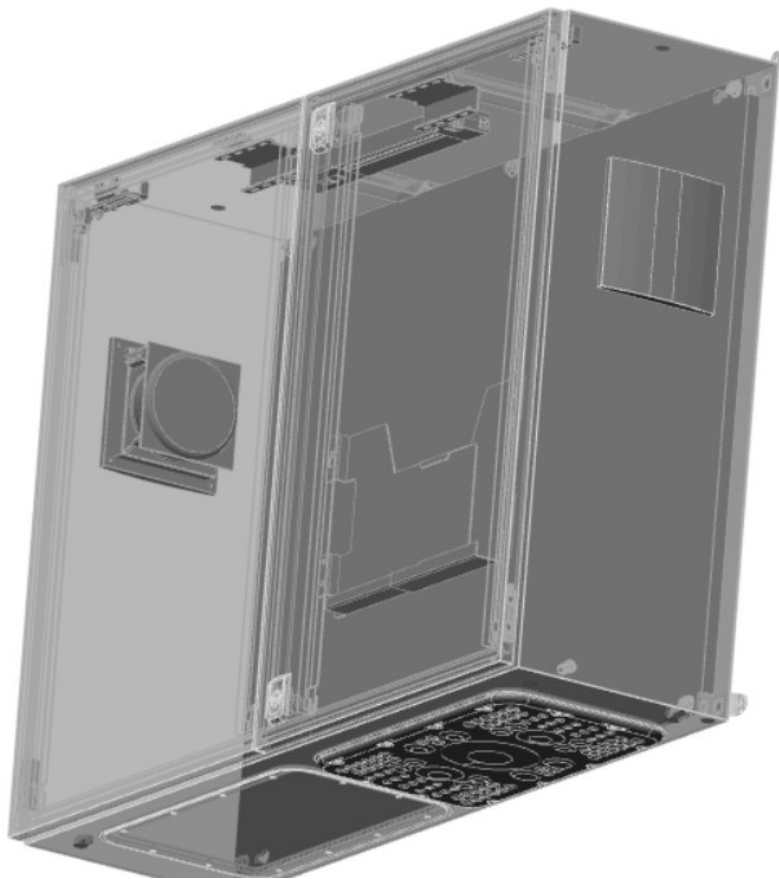
OSOITE		KAAPELI			X3				KAAPELI			OSOITE		HUOM
PAIKKA KOJETUNNUS	LIITIN	LAJI	NUMERO	JOHDIN	KETJUTUS	APUMERKKI	NUMERO	KETJUTUS	JOHDIN	NUMERO	LAJI	LIITIN	PAIKKA KOJETUNNUS	
G1	+	MKEM 2,5		SI		+24V	1							
							2							
							3							
							4		SI		MKEM 1,5	+24V	F10	
							5							
							6							
							7							
G2	+	MKEM 2,5		SI			8							
G1	-	MKEM 2,5		SI		-0V	9							
							10							
							11							
							12							
							13							
							14							
							15							
G2	-			SI			16		SI		MKEM 1,5	-0V	F10	
U1	1.1	MKEM 1,5		SI			17	19	SI		MKEM 1,5	+1	F10	
	1.2			SI			18	20	SI			-1		
U2	1.1	MKEM 1,5		SI			19	17	SI	21				
	1.2			SI			20	18	SI	22				
U3	1.1	MKEM 1,5		SI			21	19						
	1.2			SI			22	20						
U4	1.1	MKEM 1,5		SI			23		SI		MKEM 1,5	+2	F10	
	1.2			SI			24		SI			-2		
U5	1.1	MKEM 1,5		SI			25							
	1.2			SI			26							
U6	1.1	MKEM 1,5		SI			27							
	1.2			SI			28							
U7	1.1	MKEM 1,5		SI			29		SI		MKEM 1,5	+3	F10	
	1.2			SI			30		SI			-3		
U8	1.1	MKEM 1,5		SI			31							
	1.2			SI			32							
U9	1.1	MKEM 1,5		SI			33							
	1.2			SI			34							

		VALAJASKOSKI VÄLPPÄ JK RIVILIITINRIMA X3 JANNITEJAKELU JOHDOTUS	EJJ IDC OSOITE: VALAJASKOSKI VALAJASKOSKI S 4 VL 25011 LEET: 7 A JAKELU: P OSOITE: M ... HIR: 10
SUUNN: 9.3.2025 (AVJ/R)	TARK:		
P. M.:	T. V.:		

Kuvio 18. Esimerkkikuva VÄLPPÄ JK -johdotustaulukosta

Kuviossa 18 riviliittimien välistä ketjutusta toteutettiin kahdella eri tavalla. Riviliittimien 1–16 ketjutus suunniteltiin käyttämällä oikosulkurimoja. Esimerkin vuoksi riviliittimet 17–22 suunniteltiin ns. jomppilangoilla. Molempia tyyplejä tarvitaan tilanteesta riippuen.

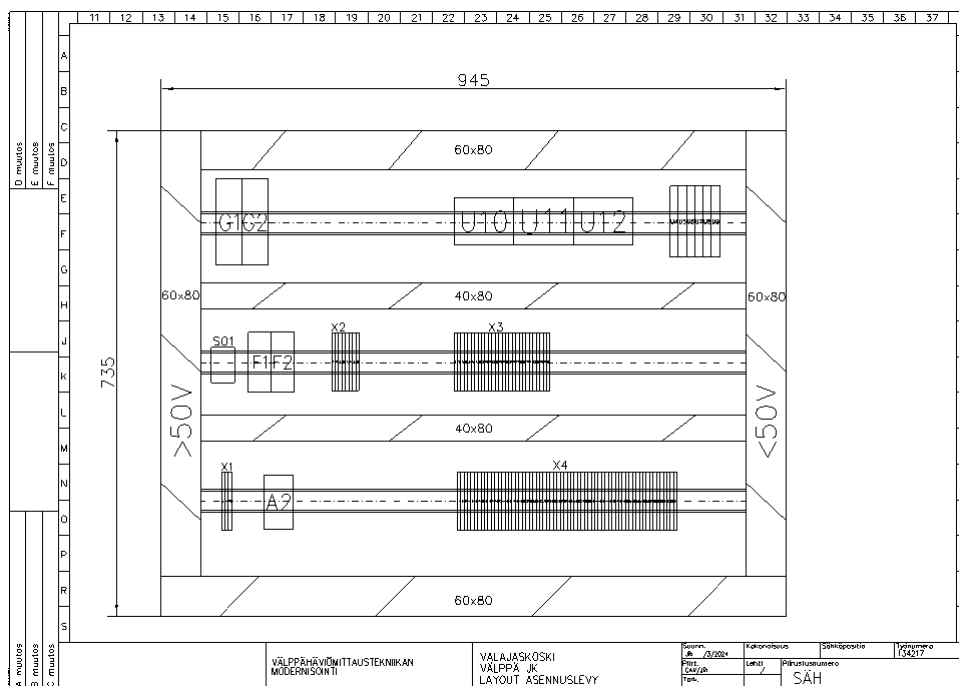
Valitsin, että toteutuksessa käytettäisiin Rittalin koteloa. Rittal on osoittautunut laadukkaaksi valmistajaksi sen muunneltavuuden ansiosta. Käytin apunani Rittalin verkkosivuilta löytyvää RiPanel-konfiguraattoria. Konfiguraatioissa valittiin ensimmäiseksi kotelon koko, mikä jälkeen konfiguraatio eteni vaiheittain. Seuraavissa vaiheissa valittiin koteloon halutut lisävarusteet. Ohjelma automaattisesti tarjosi koteloon soveltuvia lisävarusteita sekä samaan aikaan piirsi kotelosta 3D-kuvaa (kuvio 19). Lisävarusteiksi valitsin, poistoilmasuodattimet, kaapelointilaitan, kansiotaskun sekä auki-asentoon lukittavat ovet.



Kuvio 19. Rittal RiPanelin avulla tuotettu 3D-kuva kotelosta VÄLPPÄ JK (Rittal 2024)

Kun konfiguraatio oli valmis, lähetin komponenttilistan tarjouslaskentaan Rittalille ja päivitin komponenttilistan tiedot uuteen kojeluetteloon.

Aloitin kotelon layout-suunnitelman tekemisen aikaisemmin konfiguroidun kotelon asennuslevyn piirtämisellä. Asennuslevyn mitat olivat LxK 945x735 mm. Layout-kuvan (kuvio 20) komponenttien mitat ovat todellisia mittoja, jotka on hankittu valmistajien luetteloista.



Kuvio 20. Layout-suunnitelma keskuksesta VÄLPPÄ JK

Layout-suunnitelmassa otettiin huomioon kotelon sisällä olevat eri potentiaalit. Yli 50 V:n jännitteet johdotettiin kotelon vasemmalla puolella olevaan johtokouruun ja alle 50 V:n jännitteet johdotettiin kotelon oikealla puolella olevaan johtokouruun. Alle 50 V:n sisäiset johdotukset johdotettiin käyttämällä tummansinistä MKEM-johdinta tilaajan speksien mukaisesti.

Kun suunnitelmat olivat valmiina, ne lähetettiin hyväksyttäväksi Kemijoki Oy:lle. Kun suunnitelmat olivat hyväksytyt ja tarvittavat muutokset tehty, niin tarvikkeet voitiin hankkia ja aloittaa asennukset.

6 SAAVUTETUT TULOKSET

Voimalaitoksen välppähäviömittaustekniikan modernisoinnissa saavutettiin seuraavat tulokset:

- mittausten luotettavuuden ja luettavuuden parantuminen
- nykyaikaisuus
- välppähäviöiden seuraaminen HMI-paneelistä
- antureiden kalibrointi HART-tekniikalla
- hyytöilmiön negatiivisen vaikutuksen pienentäminen mittaukseen
- varaosalaiteiden saatavuus
- energiakustannusten pieneneminen.

Ennen modernisointia paine-eromittaukset ryömivät ja niitä jouduttiin säätämään usein. Modernisointi toteutettiin siinä laajuudessa, että mitään vanhaa ei jätetty paikalleen, myös kaapelointi uusittiin. Uusille paineantureille asennettiin erillinen maadoitus, jonka tarkoituksena on vähentää ukkosesta johtuvia vikaantumisia.

Alkuperäiset välppähäviömittaukset olivat huonokuntoisia ja varaosia ei ollut saatavilla. Mittaukset ryömivät, jolloin rotametrin avulla 0-pistettä jouduttiin säätämään usein. Paineilmalinjat olivat pitkiä, eikä niissä ollut nykyaikaisia huoltoyksiköitä. Huoltoyksikön tehtävänä on mm. poistaa kondensoituva vesi paineilmalinjastosta, jotta se ei häiritse mittaustarkkuutta. Vanhoissa ja pitkissä paineilmalinjoissa mahdollisesti esiintyvät ilmavuodot saatiin myös poistettua muuttamalla mittaus erilaiseksi. Välppähäviöiden vertaaminen oli haasteellista vanhasta analogisesta näytöstä, eikä sen toimivuuteen voitu luottaa täysin, muuta kuin varmistamalla mittaustulos mittatikun avulla ja vertaamalla tulosta logiikan laskemaan tulokseen.

Nykyaikaistamalla mittaukset ja muut sähköiset komponentit saavutettiin merkittäviä tuloksia. Mittaustulokset paranivat simuloinnin ja platinasta valmistetun kennon johdosta, myös jään aiheuttama hyytöilmiö ei häiritse mittauksia jatkossa. HMI-paneelin avulla mittauksia voidaan seurata jatkossa paikanpäällä tai vaihtoehtoisesti pakottaa mittaus pois päältä.

Keskuskomponenttien uusimisen myötä myös niiden elinkaarta ja luotettavuutta saatiin pidennettyä. Galvaanisten erottimien tehtävänä oli estää eri jännitepiirien sekoittumiset (pois lukien HART signaali) ja siten parantaa mittaustarkkuutta. Tulevaisuudessa mittauksissa esiintyvä ryömiminen voidaan kalibroida suoraan VÄLPPÄ JK:sta käyttämällä HART-kalibrointilaitetta

Varmennetulla jännitejakelulla ja kahdennetulla teholähteellä nostettiin laitteiston käyttövarmuutta. VÄLPPÄ JK:n oveen lisättiin punainen LED-valo indikoimaan teholähteen tai elektronisen ylivirtasuojan vikaantumista.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö oli mielekäs ja sitä tekemällä opin uusia asioita muun muassa mitaustekniikoista, suunnittelusta, turbiininsäädöstä, veden hydrologisesta käytöstä, sekä välppähäviöistä.

Tulevaisuudessa kun välppähäviömittauksia modernisoidaan, niin pienen logiikan lisääminen keskukseen voisi olla tarpeen. Tiedon siirto eri logiikoiden välillä voitaisiin toteuttaa väylätekniikalla.

Ultraäänianturin tai kapasitiivisen anturin pilotointi tulevissa projekteissa voisi olla kokeilemisen arvoinen mitaustekniikka.

LÄHTEET

Aumala, O. 1989. Mittaustekniikan perusteet. 13. muuttumaton painos. Helsinki: Otatieto Oy.

Aumala, O. 1998. Teollisuusprosessien mittaukset. 4. painos. Tampere: Pressus Oy.

Elfa Distrelec 2024. Beijer X2 Pro. Viitattu 7.3.2024
<https://www.elfadistrelec.fi/fi/hmi-kosketuspaneeli-x2-pro-800-480-350cd-512mb-ip20-beijer-x2-pro/p/30395696>.

Energy 2024. Types of hydropower plants. Viitattu 29.1.2024
<https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants>.

Endress & Hauser 2024a. Hydrostatic level measurement delta pilot FMB53. Viitattu 4.4.2024 <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/pressure/Hydrostatic-level-Deltapilot-FMB53?t.tabId=product-overview>.

–2024b. RN22 galvaaninen erotin. Viitattu 7.3.2024
<https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/system-components-recorder-data-manager/rn22?t.tabId=product-overview>.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpilainen, S. Voimalaitostekniikka. 2., tarkistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Kauppinen, J. 2018. Turbiinitekniikka. Käyttö, huolto ja kunnossapito. Tampere: Tammertekniikka.

Keinänen, T. & Sumujärvi, M. Automaatiotekniikka. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kauppinen, J. 2018. Turbiinitekniikka. 1. painos. Tampere: Tammertekniikka.

Kemijoki Oy 2002. TOIMINTASELOSTUS S4 VL 95004/36 (5) C. Ei julkinen.

Kemijoki Oy 2024a. Vesivoima. Viitattu 29.1.2024
<https://www.kemijoki.fi/vesivoima.html>.

–2024b. Valajaskoski. Viitattu 29.1.2024
<https://www.kemijoki.fi/toimintamme/voimalaitokset-ja-tuotanto/valajaskoski.html>.

Laatikainen 2021. Nykyaikainen turbiini mullisti vesivoiman ja korvasi perinteikkään vesipyörän. Viitattu 29.1.2024
<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/nykyaikainen-turbiini-mullisti-vesivoiman-ja-korvasi-perinteikkaan-vesipyoran-suomi-sovelsi-mutta-ei-kehittanyt/a139e27d-1a48-4ea9-bb62-2355677c627e>.

OEM Finland Oy 2024. Dimension CP teholähde 10 A. Viitattu 7.3.2024
https://www.oem.fi/tuotteet/keskus/teholahteet/1-vaiheiset-tehol%c3%a4hteet-_-427263/dimension-cp-tehol%c3%a4hde-10-a-_-240758.

Wago 2024. 4-johdin-erotus-/testausliitin. Viitattu 4.4.2024
<https://www.wago.com/fi/riviliittimet/4-johdin-erotus-testausliitin/p/2002-1871>.

Wikipedia 2024a. Permittiivisyys. Viitattu 7.3.2024
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Permittiivisyys>.

–2024b. Valajaskosken voimalaitos. Viitattu 29.1.2024
https://fi.wikipedia.org/wiki/Valajaskosken_vesivoimalaitos.