

Emil Eklund

Glykolivesien ohjausjärjestelmän järjestelmäkuvaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

17.3.2016

Tekijä(t) Otsikko	Emil Eklund Glykolivesien ohjausjärjestelmän järjestelmäkuvaus
Sivumäärä Aika	38 sivua 17.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	ympäristöasiantuntija Elina Kauppila lehtori Markku Inkinen
<p>Tämä insinööriyö toteutettiin Helsinki-Vantaan lentoasemaa hallinnoivalle Finavia Oyj:lle. Työn tavoitteena oli selvittää lentokentän hulevesien ohjausjärjestelmän toimintaa ja luoda siitä Finavian käyttöön selkeät dokumentit toimintaselostuksineen. Luotua materiaalia voidaan käyttää järjestelmää tuntemattomien henkilöiden perehdyttämiseen sekä pohjamateriaalina mahdollisille järjestelmän muutostöille tulevaisuudessa.</p> <p>Lentokoneiden jäänestoaineena käytetään propyleeniglykolia, jonka ympäristöä kuormittavien ominaisuuksien takia sitä ei ole suotavaa johtaa luontoon lentoaseman hulevesien mukana. Lentoaseman suuren pinta-alan vuoksi hulevesien muodostuminen on ajoittain hyvin runsasta. Huleveden ohjaus prosessissa ja sen loppusijoittaminen riippuvat sen laadusta ja glykolipitoisuudesta.</p> <p>Työn aluksi selvitettiin ja listattiin kaikki hulevesien hallintaan liittyvät prosessit ja kiinteistönnumerot. Jokaiseen saavutettavissa olevaan kohteeseen käytiin tutustumassa prosessiin ja sen laitteistoon luoden muistiinpanoja. Myös asiantuntijoita haastateltiin. Kohteista laadittiin säätökaaviot sekä toimintaselostukset muistiinpanojen ja jo olemassa olleiden dokumenttien perusteella.</p> <p>Tämän insinööriyön tuloksena saatiin Finavian käyttöön kirjallinen yhteenveto jäänpoisto- ja -estokäsittelyiden vaikutuksesta hulevesien hallintaan Helsinki-Vantaan lentoasemalla sekä prosessikohtaiset säätökaaviot lyhyine toimintaselostuksineen.</p>	
Avainsanat	lentoasema, glykoli, hulevesi, jäänpoisto, säätökaavio

Author(s) Title	Emil Eklund System Description of Controlling Glycol Waters
Number of Pages Date	38 pages 17 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Elina Kauppila, Environmental specialist Markku Inkinen, Senior Lecturer
<p>This thesis was made for Finavia plc., which maintains and manages the Helsinki Airport. The goal of this thesis was to research the control systems of runoff waters at Helsinki airport and create documents with diagrams and descriptions. The created documents can be used for briefing new people and for base information when the system is developed further.</p> <p>The used chemical for airplane de-icing and anti-icing procedures is propylene glycol which burdens the environment. This is why the runoff waters of Helsinki airport are controlled. The large area of Helsinki airport creates a lot of urban runoff waters. The controlling and destination of runoff waters depends on its quality.</p> <p>The first step in this study was to investigate all the processes and properties related to control system of runoff waters. All the process-related properties were visited and equipment reviewed, based on which notes were made. Specialists were also interviewed. Every part of the processes was documented with diagrams and descriptions.</p> <p>As a result of this thesis a compact research of the effects of de-icing and anti-icing procedures for controlling the runoff waters was created. The thesis contains diagrams and descriptions of every part of the processes.</p>	
Keywords	airport, glycol, urban runoff, de-icing, anti-icing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lentokoneiden jäänpoisto- ja -estokäsittelyt	1
2.1	Lentokoneiden jäänpoisto	2
2.2	Lentokoneiden jäänesto	2
2.3	Jäänesto- ja -poistomenetelmät	2
2.4	Jäänpoistotoiminnalle varatut alueet	4
2.5	Jäänestoaine	4
2.6	Liukkaudentorjunta	5
2.7	Käytetyt menetelmät ja kemikaalit liukkaudentorjunnassa	5
2.8	Jäänpoiston ja liukkaudentorjunnan ympäristövaikutukset	6
2.8.1	Glykolivesi	7
2.8.2	Glykolilumi	7
2.8.3	Liukkaudentorjunta-aineet	8
3	Hulevesien ohjaus ja hallinta	8
3.1	Puhtaaksi todettu hulevesi	9
3.2	Likainen hulevesi	9
3.3	Väkevä glykolivesi	10
3.4	Glykolivesien ohjaaminen jatkuvatoimisilla analysaattoreilla	11
3.5	Likaisten hulevesien luonnollinen käsittely paikallisesti	12
4	Säätökaaviot ja toimintaselostukset	12
4.1	Säätökaavioiden perusteet	13
4.2	CADS Planner	15
4.2.1	Ohjelmiston hankinta	15
4.2.2	Ohjelmiston käyttäminen	16
4.2.3	Kaavioiden piirtäminen CADS Plannerilla	18
4.3	Toimintaselostukset	19
4.4	Osaluettelot	19
5	Automaatiojärjestelmä	20
5.1	Mipro MiSO	20
6	Laitteistot	20

6.1	Virtausmittaus	20
6.2	Mittapato	22
6.3	Glykolin väkevyyden mittaaminen	26
6.4	Pinnankorkeuden mittaaminen	28
6.5	Analysaattorit	32
6.6	Näytteenottimet	32
7	Yhteenveto	33
	Lähteet	36

Lyhenteet

Anti-icing	Lentokoneen jäänesto.
APN	Apron, suom. asemataso.
Asemataso	Alue lentoasemalla mm. lentokoneiden lastausta, purkua, pysäköintiä ja huoltoa varten.
DDC	Digitaalisesti ohjattu automatiikka.
De-icing	Lentokoneen jäänpoisto.
Glykolivesi	Glykolia sisältävä hulevesi.
HK-numerot	Helsinki-Vantaan lentoaseman käyttämiä numeroita eri kiinteistöistään ja rakennuksistaan (esim. HK111).
HOT	Hold-over time. Jäänestokäsittelyn luoma suoja-aika uudelleen jäätymiseen.
Hulevesi	Rakennetulla alueella syntyvä sade- ja sulamisvesi.
Labkotec POP 22-EX	Pinnankorkeuden mittaamiseen ja ohjaamiseen tarkoitettu laite.
LVIA	Lyhenne talotekniikassa. Lämpö, vesi, ilmastointi ja automaatio.
TOC	Total Organic Carbon, orgaaninen kokonaishiili. TOC-arvo kertoo orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneen hiilen määrän (mg/l). Arvo indikoi veden laatua.
VAK	Valvonta-alakeskus.
Väkevä glykolivesi	Yli 3 prosenttia glykolia sisältävä glykolivesi.

1 Johdanto

Tämä insinööri työ toteutettiin Finavia Oyj:n hallinnoimalle Helsinki-Vantaan lentoasemalle. Työn tavoitteena oli selvittää lentokentän huleveden ohjausjärjestelmän toimintaa ja luoda siitä Finavian käyttöön selkeät dokumentit toimintaselostuksineen. Luotua materiaalia voidaan käyttää järjestelmää tuntemattomien henkilöiden perehdyttämiseen sekä pohjamateriaalina mahdollisille järjestelmän muutostöille tulevaisuudessa.

Helsinki-Vantaan lentoasema on v. 1952 silloiseen Helsingin pitäjään valmistunut Suomen suurin lentoasema. Lentoasema kuuluu nykyään Vantaalle ja sen alue kattaa n. 1 700 hehtaaria sisältäen kolme kiitotietä. Helsinki-Vantaan matkustajamäärä on nykyisin n. 16 miljoonaa matkustajaa vuodessa (2014) ja alue työllistää n. 20 000 ihmistä. [1.]

V. 1972 perustettiin liikenneministeriön alainen Ilmailuhallitus, jolla keskitettiin Suomen ilmailuhallinto. Virasto muuttui valtion liikelaitokseksi vuonna 1991 ja nimettiin Ilmailulaitokseksi (ILL). Liikelaitoksen ensimmäinen toimirakennus rakennettiin Helsinki-Vantaalle v. 1977.

Nykyisin Finavia Oyj:nä tunnettu entinen Ilmailulaitos on Suomen valtion kokonaan omistama valtionyhtiö, joka ylläpitää Suomessa omistamaansa 24 lentoasemaa sekä Suomen lennonvarmistusjärjestelmää. Yhtiön merkittävin lentoasema on Helsinki-Vantaa, jossa myös yhtiön pääkonttorikin sijaitsee. Yhtiön omistajaohjauksesta vastaa liikenne- ja viestintäministeriö. [2.]

2 Lentokoneiden jäänpoisto- ja -estokäsittelyt

Lentokoneiden jäänpoistot ovat kuuluneet ilmailuhistorian alusta asti perustoimenpiteisiin niillä alueilla, joissa jäätymistä esiintyy. Alkuun jäätä ja lunta poistettiin vain mekaanisesti harjaamalla, mutta kiristyneet aikataulut ovat pakottaneet keksimään entistä nopeampia ja tehokkaampia menetelmiä. Lisäksi nykyaikaiset aerodynaamisemmat lentokoneet ovat entistä herkempiä jään aiheuttamille ongelmille.

Jäänpoisto- ja -estokäsittelyjä tehdään Helsinki-Vantaan lentoasemalla pääasiassa lokakuusta huhtikuuhun. Myös syys- ja toukokuussakin saatetaan tarvita vielä yksittäisiä käsittelyjä. [3, s. 33.]

2.1 Lentokoneiden jäänpoisto

Kylmissä olosuhteissa, kuten Suomen talvessa, voi lentokoneen pinnalle muodostua huurretta, jäätä ja lunta. Jää on turvallisuussyistä poistettava (de-icing) lentokoneen pinnasta ennen koneen nousua, sillä jää heikentää koneen suorituskykyä ja voi vaikuttaa sen hallittavuuteen. On olemassa myös riski, että siipien pinnalta irtoava jää voi imeytyä lentokoneen moottoriin aiheuttaen vakavia turvallisuusriskejä. [4.]

2.2 Lentokoneiden jäänesto

Jäänestokäsittelyllä (anti-icing) estetään lumen kiinnittyminen sekä jääkerroksen muodostuminen koneen pintaan lähtökiihdytyksen ja nousun aikana. Jäänestoaineen ei tarvitse olla lämmitettyä, sillä aineen käyttö perustuu propyleeniglykolin alhaiseen jäätymispisteeseen ja kykyyn imeä itseensä kosteutta lentokoneen pinnalta. Haastavissa olosuhteissa, kuten lumisateessa, käytetään paksunnettua jäänestoainetta, joka pysyy lentokoneen päällä paremmin. [5.]

Lennon aikana tapahtuvan jäätymisen varalta on lentokoneissa mekaaniset tai sähköiset jäänpoistolaitteet. Kuitenkin koneen lentäessä matkalentokorkeudella ovat ilmakehän kosteus ja paine alhaisia eikä jäänmuodostusta juurikaan tapahdu. Lentokoneiden jäänestosta ja -poistosta huolehtivat maahuolintayhtiöt. [5.]

2.3 Jäänesto- ja -poistomenetelmät

Lumi ja jää poistetaan lentokoneiden pinnalta jäänpoistokäsittelyllä, jossa kuuman veden ja kuuman 1-tyypin jäänpoistoaineen seos ruiskutetaan suurella paineella lentokoneen pinnalle. Suuri paine rikkoo mekaanisesti jään samalla irrottaen sen [6]. Jäänpoistoa voidaan tarvittaessa nopeuttaa poistamalla ensin mahdollista lumikuormaa puhaltamalla, harjaamalla tai kuumalla vedellä ruiskuttamalla, jolloin säästetään

varsinaista jäänpoistokemikaalia; propyleeniglykolia. Vallitsevat sääolosuhteet vaikuttavat käytettäviin menetelmiin ja glykolityyppiin [7].

Kun ei sada, mutta lentokoneen pinnalla on lunta, jäätä tai huurretta voidaan jäänpoisto- ja -estokäsittely tehdä samalla kertaa glykoliseoksella, joka tuottaa tarpeeksi pitkän suoja-ajan (hold-over time, HOT) jään muodostumista vastaan. Käytettävä aine on veden ja 1-typin glykolin seos. Tällaisessa yksivaiheisessa käsittelyssä seoksen lämpötilan täytyy olla vähintään 60 astetta ja seoksen jäätympisteen vähintään 10 astetta alhaisempi kuin ulkoilman lämpötila. [8.]

Lentokoneen altistuessa lumi- tai vesisateelle suoritetaan jäänpoisto kaksivaiheisena. Ensin lumi, jää tai sohjo poistetaan kuumalla veden ja 1-typin jäänestoaineen seoksella. Toinen vaihe on jäänestokäsittely, jossa lentokoneen päälle ruiskutetaan matalammalla paineella paksunnettu 4-typin jäänestoaine. [8.]

Kuvassa 1 suoritetaan lentokoneen jäänpoisto- ja -estokäsittelyä. Jäänestoaineet ruiskutetaan pääasiassa siipien ja vakaimien päälle sitä varten valmistetuista erikoisajoneuvoista. Ajoneuvossa on pitkän nostovarren päässä kori, josta ruiskutusta operoidaan. Nostovarren korin päästä jatkuu vielä useamman metrin päähän kurottuva puomi, jonka päässä on ruiskutukseen käytettävä painesuutin.



Kuva 1. Turkish Airlinesin Airbus A321 jäänpoisto- ja -estokäsittelyssä asemataso kahdeksan etäjäänpoistoalueella 13.1.2016.

Lentäjä arvioi jäänestoaineen suoja-aikaa taulukoiden avulla. Suoja-aikaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. siiven lämpötila, sateen määrä, tuuli ja tietenkin käytetty neste ja sen glykolipitoisuus. Nesteen viskositeetin on oltava sellainen, että se pyyhkiytyy pois siiveltä kiihdytettäessä lento-olentoa varten. Jos turvallinen suoja-aika ylitetään, on koneen palattava uutta käsittelyä varten. [7.]

2.4 Jäänpoistotoiminnalle varatut alueet

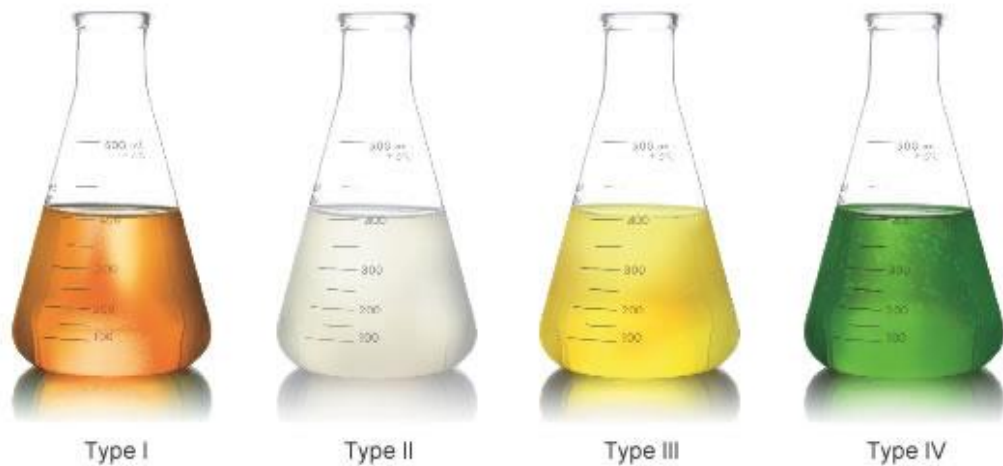
Helsinki-Vantaalla on erikseen määrätyt alueet, joissa jäänpoistotoiminta on sallittua. Kaikki jäänpoistoalueet on liitetty jätevesiviemäriin, ja lisäksi jäänpoistoaineita kerätään talteen. Jäänpoisto- ja -estokäsittelyjä tehdään osalla terminaalien edustalla sijaitsevista asematasoista, R8 (asemataso kahdeksan, 04R) etäjäänpoistoalueella sekä R6 (asemataso kuusi, 22R) etäjäänpoistoalueella. [6.]

Helsinki-Vantaan lentoasemalla asematasot R6 ja R8 ovat niin kutsuttuja etäjäänpoistoalueita (remote), joissa jäänestokäsittely voidaan suorittaa keskitetysti kiitotien päässä juuri ennen nousukiittoa rullaamista. Jäänpoistokäsittelyjä keskitetään pääosin ympäristösyistä, sillä jäänestoaineiden kerääminen on merkittävästi tehokkaampaa pienemmältä pinta-alalta. Toisena syynä vältetään jäänpoisto- ja estokäsittelyissä tarvittavan rajallisen kaluston siirtelyä asematasolta toiselle. [6.]

2.5 Jäänestoaine

Lentokoneiden jäänesto- ja -poistokäsittelyissä käytettävä vaikuttava kemikaali on propyleeniglykoli. Jäänestoaineena käytetystä propyleeniglykolista on luotu erilaisia seostyyppisiä erilaisia olosuhteita varten. Suomessa jäänestoaineena käytetyt tyypit ovat 1, 2 ja 4 [8]. Kuvassa 2 on esitettyinä eri tyyppisten jäänestoaineiden ominaisväritykset.

- Tyypit I: 80 % propyleeniglykolia, väriainetta ja korroosioinhibiittejä sekä noin 20 % vettä. Käytetään kuuman veden kanssa jään ja huurteen poistoon.
- Tyypit II ja IV: 50 % propyleeniglykolia, väriainetta, korroosioinhibiittejä ja paksunnosainetta sekä lähes 50 % vettä. Käytetään jäänestoon vaikeammissa sääolosuhteissa, esimerkiksi lumisateella, koska paksunnosaine estää nesteen valumisen pois ruiskutetuilta pinnoilta.



Kuva 2. Jäänestoaineen erilaiset tyypit ominaisväreissään. [9.]

Helsinki-Vantaan lentoasemalla propyleeniglykolia kuluu vuosittain 2—4 miljoonaa litraa. Liikennemäärä ja säätilat vaikuttavat lentokoneiden jäänpoistoaineiden käyttömääriin. [5.]

2.6 Liukkaudentorjunta

Suomen pohjoismaisissa olosuhteissa voi kylmällä kelillä maanpinnalle muodostua huurretta ja jäätä. Kiitoradalle ja rullausteille muodostunut liukas jää tai huurre voi aiheuttaa lentokoneelle huomattavia turvallisuusriskejä renkaiden pidon (kitka) heiketessä. Lentoaseman kiitoteiden ja rullausteiden kitkaa tarkkaillaan ympärivuotisesti auton perässä hinattavalla kitkamittausvaunulla. [10.]

2.7 Käytetyt menetelmät ja kemikaalit liukkaudentorjunnassa

Lumi poistetaan kiitoteiltä ensisijaisesti mekaanisilla menetelmillä, harjaamalla ja auraamalla. Liukkaudentorjunta-aineita tarvitaan kiitotien pintaan muodostuneen kuuran ja jään poistossa sekä ennakoivaan liukkaudentorjuntaan. [11.]

Nykyisin käytettävät aineet ovat natriumasettaatti, kaliumasettaatti, natriumformiaatti sekä kaliumformiaatti. Helsinki-Vantaalla on käytetty jo useamman vuoden pelkkiä formiaatteja, vaikka ympäristölupa sallisi asetaattienkin käytön [6]. Kuuran ja ohuen

Jään poistoon käytetään nestemäisiä, noin 50 % vettä sisältäviä aineita eli kaliumasetaattia ja -formiaattia. Paksumman jään poistoon tarvitaan rakeisia aineita eli natriumasetaattia tai -formiaattia. Rakeiset aineet sulattavat jään tarvittaessa kiitotien pintaan asti, minkä jälkeen pinta puhdistetaan auraamalla tai harjaamalla. Lentoasemilla käytetään nykyään pääasiassa nestemäisiä liukkaudentorjunta-aineita (80 % koko käyttömäärästä), sillä kiitotielle pääsee vain harvoin syntymään paksu jääpeite. [5.]

Liukkaudentorjunta-aineiden kokonaismäärästä Suomessa noin puolet käytetään Helsinki-Vantaalla. Sääolosuhteista johtuen kemikaalien käyttö on vähentynyt viimeisimpien talvikausien aikana. [12.]

2.8 Jäänpoiston ja liukkaudentorjunnan ympäristövaikutukset

Helsinki-Vantaan yksi merkittävimmistä ympäristövaikutuksista aiheutuu lentokoneiden jäänpoisto- ja -estokäsittelyistä sekä kiitoteiden liukkaudentorjunnasta. Ympäristöhaittoja on vähennetty merkittävästi viime vuosikymmeninä ja Finavian tavoitteena onkin minimoida käytettyjen aineiden vesistöjä ja maaperää kuormittavat ympäristöhaitat. [12.]

Ympäristöhaittoja vähennetään suosimalla liukkaudentorjunnassa ensisijaisesti mekaanisia toimenpiteitä, kuten aurausta ja harjausta. Kemikaaleja pyritään käyttämään mahdollisimman vähän. [12.]

Jäänestossa ja -poistossa suositellaan myös lumenpoistoon ensisijaisesti mekaanisia toimenpiteitä, kuten paineilmapuhallusta. Jäänpoisto- ja estokäsittelyt pyritään suorittamaan keskitetysti samalla alueella, jolloin glykoliveden kerääminen talteen olisi mahdollisimman tehokasta. [12.]

Uusilla alueilla tiiviin asfaltin alle rakenteisiin on asennettu suojakalvoja varmistamaan, ettei glykolipitoisia vesiä pääse imeytymään maaperään. Rakenteiden toimivuutta tarkkaillaan. [13.]

Helsinki-Vantaan lentoaseman alitse kulkee osin pääkaupunkiseudulle käyttövetä kuljettava Päijännetunneli, joka alittaa kolmannen kiitotien. Kiitotieltä valuvien

kemikaalien sekoittuminen pohjaveteen on estetty suojarakenteilla. Lisäksi Päijännetunnelin suojaumpauskaivot HK143 ja HK133 pitävät pohjaveden painetason Päijännetunnelin painetasoa alempana. [6.]

2.8.1 Glykolivesi

Jäänpoistossa ja -estossa käytetty propyleeniglykoli ei ole ympäristölle vaarallista tai haitalliseksi luokiteltua. Se kuitenkin kuormittaa vesistöjä kuluttamalla runsaasti happea hajotessaan ja aiheuttaa vesistön pohjan liettymistä. Lisäksi propyleeniglykolin hajoamistuotteet aiheuttavat epämiellyttävää hajua jo pienissäkin määrissä. Toistaiseksi propyleeniglykolille ei ole löydetty vähemmän haitallista korvaajaa. [4.]

Talvikaudella 2013–2014 Helsinki-Vantaan lentoasemalla käytetystä noin 1,2 miljoonasta propyleeniglykolilitrasta 81 prosenttia kerättiin talteen. Keräysasteissa on vaihtelevien sääolosuhteiden aiheuttamaa vuosittaista heilahtelua. Osa glykolista myös kiinnittyy lentokoneiden pintaan, eikä sitä voida kerätä. [13.]

2.8.2 Glykolilumi

Lumeen sotkeutunut propyleeniglykoli kulkeutuisi ympäristöön, jollei sitä kerättäisi erikseen talteen. Glykolilumi kuljetetaan ritiläkaivoilla varustetuille läjitysalueille sulamaan, jota havainnollistetaan kuvassa 3. Laimea glykolipitoinen sulamisvesi johdetaan jätevesiviemäriin lumien sulaessa. Väkevää glykolivettä saadaan kerättyä lumikasojen sulamisen alkuvaiheessa, sillä epäpuhtaudet poistuvat ensimmäisenä lumen sulaessa [3, s. 17]. Tällöin väkevä lumesta valunut glykolivesi voidaan pumpata väkevien glykolivesien keräilyaltaaseen. Kesäisin lumialueiden hulevedet puretaan ojien kautta maastoon.



Kuva 3. Propyleeniglykolipitoista lunta sijoitetaan tiiviisti asfaltoidulle glykolilumialueelle asemataso kahdeksalla 13.1.2016

2.8.3 Liukkaudentorjunta-aineet

Asetaatit ja formiaatit ovat typpetömiä, myös elintarvike- ja kosmetiikkateollisuudessa sallittuja kemikaaleja. Maaperässä olevat bakteerit hajottavat ne vedeksi (H_2O) ja hiilidioksidiksi (CO_2). Asetaattien ja formiaattien käytön haittavaikutus on lähinnä biologisen hajottamisen aiheuttama hapenkulutus ($0,2-0,7 \text{ g } O_2/1 \text{ g}$), mikä on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin aiemmin käytössä olleella typpipitoisella urealla. Urean käytöstä on luovuttu sen aiheuttaman pintavesien rehevöitymisen ja pohjavesille aiheutuneen typpikuorman vuoksi ainakin niillä lentoasemilla, joissa se aiheuttaa ympäristölle haittaa. [5.]

3 Hulevesien ohjaus ja hallinta

Hulevedellä tarkoitetaan rakennetulla alueella muodostuvia sade- ja sulamisvesiä. Helsinki-Vantaan lentoaseman valtavat kestopäällyste- ja kattopinta-alat luovat hyvät edellytykset hulevesien runsaalle kertymiselle. Talvisin käytettävien jäänpoisto- ja liukkaudentorjunta-aineiden vuoksi ei hulevettä voida kuitenkaan ympärivuotisesti imeyttää hallitsemattomasti maastoon ympäristötekijöiden vuoksi. Tämän vuoksi Helsinki-Vantaalle on rakennettu hulevesien hallintaa varten järjestelmä, johon kuuluu

mm. useita pumppaamoita ja tasausaltaita. Kasvaneen liikennemäärän sekä ympäristöhaittojen jatkuvan minimoinnin vuoksi on järjestelmä saanut kokea useita laajennuksia ja muutoksia kuluneiden vuosien saatossa. Tämän insinööriyön päällimmäisin tarkoitus onkin ajanmukaistaa hajaantunutta dokumentaatiota sekä selvittää järjestelmän toimintaa.

Hulevesien ohjauksen perusajatus on mahdollisimman tehokkaasti ohjata oikeat vedet oikeaan paikkaan, jolloin säästetään sekä ympäristöä että rahaa.

3.1 Puhtaaksi todettu hulevesi

Lähtökohtaisesti voidaan todeta, ettei puhdasta vettä kannata pumpata jäteveteen ja kuormittaa sillä jätevedenpuhdistuslaitosta. Lisäksi jokainen jäteveteen pumpattu kuutiometri laskutetaan Finavialta.

Talvikunnossapitokauden ja viimeisten glykoliruiskutusten päätyttyä voidaan olettaa lentoaseman hulevesien laadun paranevan. Kaivot ja tasausaltaat pestään talven päätteeksi kertyneistä kemikaaleista ja epäpuhtauksista. Laatua tarkkaillaan jatkuvasti mm. analysoitaviksi lähtevien vesinäytteiden avulla. Puhdistuksen jälkeen hulevedet ovat pääasiallisesti puhtaita glykolista. [3, s. 17.]

Kun veden laadun on todettu olevan riittävän puhdasta, voidaan sitä johtaa maastoon. Helsinki-Vantaan maastoon johdetut vedet purkautuvat viiden ojan kautta Vantaanjokeen ja Keravanjokeen [12]. Ojiin puretut lentoaseman hulevedet tukevat lähimaastojen ojien luonnollista virtaamaa. Maastoon johdettujen vesien laatua ja virtaamia seurataan jatkuvasti.

3.2 Likainen hulevesi

Likaiseksi hulevedeksi lasketaan kaikki se vesi, joka sisältää liikaa epäpuhtauksia, jotta sitä voitaisiin purkaa ojien kautta luontoon, mutta kuitenkin niin vähän glykolia, ettei sitä voida hyötykäyttää. Pääasiassa likainen hulevesi on laimeaa glykolivettä.

Likaista hulevettä syntyy eniten leutoina ja sateisina talvina, jolloin jäänestoruiskutuksia suoritetaan ahkerimmin. Tällöin myös laimeaa hulevettä kerkeää sekoittumaan jäänestopaikkojen väkeviin glykolivesiin.

3.3 Väkevä glykolivesi

Väkeväksi glykolivedeksi lasketaan kaikki yli kolme prosenttia propyleeniglykolia sisältävä hulevesi. Väkevää glykolivettä saadaan kerättyä talteen parhaiten keskitetyiltä jäänpoisto- ja -estoalueilta imuautoilla. Imuautot tyhjentävät kerätyt glykolivedet väliaikaisesti väkevien glykolivesien keräilyaltaisiin [14]. Osa väkevästä glykolivedestä voidaan kerätä myös jäänestopaikkojen ritiläkaivoihin. Kun ritiläkaivoihin sijoitettujen glykolipitoisuusanturien mittaama arvo ylittää kolmen prosentin raja-arvon, antaa automaatiojärjestelmä luvan käynnistää kaivokohtaisen väkevien glykolivesien siirtopumpun. Kaivoihin kertyneet väkevät glykolivedet pumpataan väkevien glykolivesien keräilyaltaisiin.

Väkevää glykolivettä pyritään keräämään talteen mm. taloudellisista syistä: Mitä enemmän jäänesto- ja -poistokäsittelyissä ruiskutetusta propyleeniglykolista saadaan kerättyä väkevänä talteen, sitä vähemmän syntyy jäteveteen pumpattavaa laimeaa glykolivettä. Jäteveteen pumpatut vesimäärät laskutetaan Finavialta.

Tehokkaimmin väkevää glykolivettä saadaan talteen, kun se kerätään paikallisesti esim. imuautoilla, ennen kuin siihen liittyy laimeampia hulevesiä mukaan [3, s. 20]. Imuautot eivät kuitenkaan kykene keräämään kaikkea jäänpoistossa ja -estossa käytettyä propyleeniglykolia, jolloin osa jää makaamaan kestopäällystetyn ruiskutusalueen päälle. Asematasojen kaadot ovat hyvin maltillisia lentokoneiden liikkumisen vuoksi. Tämän takia väkevät glykolivesijäämät vaativat sadetta tai huuhtelua valuakseen ritiläkaivolle, jolloin glykolivesi samalla laimenee [3, s. 21].

Talteen kerätyt väkevät glykolivedet kootaan väliaikaisesti väkevien glykolivesien keräilyaltaisiin HK124 ja HK182. Altaita tyhjenetään säiliöautoilla, jotka kuljettavat väkevät glykolivedet Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle. Väkevää glykolivettä mädättämällä saadaan energiaa tai vaihtoehtoisesti sitä voidaan käyttää typenpoistoprosesseissa hiilenlähteenä [3, s. 20]. Väkevän glykoliveden kierrätystä jäänpoistossa ei toistaiseksi ole otettu käyttöön Helsinki-Vantaalla [6].

3.4 Glykolivesien ohjaaminen jatkuvatoimisilla analysaattoreilla

Aiemmin Helsinki-Vantaan lentoasemalla glykolivesien ohjausta muutettiin vain kahdesti vuodessa: kesäasentoon kesäksi ja talviasentoon talveksi. Kesäasennossa hulevedet johdetaan niiltä osin maastoon, kun se on veden laadusta riippuen mahdollista. Talviasennossa kaikki glykolikäsittelyalueiden vesi johdetaan niiltä osin jätevesiviemäriin, mitä imuautoilla ei ole imetty väkevien glykolivesien keräilyyn.

Etenkin syksyisin glykolipitoisuudet hulevedessä vaihtelevat rajusti. Tämän vuoksi osa jätevetteen pumpatusta hulevedestä voi olla lähes täysin puhdasta tai sisältää hyvinkin väkeviä pitoisuuksia glykolia. Optimaalisessa hulevesien ohjauksessa erilaatuiset vedet ohjattaisiin mahdollisimman tarkasti oikeisiin paikkoihinsa. Tämän vuoksi Helsinki-Vantaalle on otettu käyttöön jatkuvatoimisia analysaattoreita seuraamaan veden laadun vaihteluita entistä reaaliaikaisempana. Helsinki-Vantaan TOC-analysaattoreista on kerrottu tässä insinööriyössä tarkemmin luvussa 6.5.

Jatkuvatoimisten analysaattoreiden käytöstä Helsinki-Vantaan lentoasemalla löytyy internetistä laajahko Hanna-Leena Latvalan diplomityö vuodelta 2009 [3]. Työssä on selvitetty erilaisten analysaattoreiden soveltuvuutta Helsinki-Vantaan olosuhteisiin sekä analysoitu saatuja mittaustuloksia. Diplomityön perusteella analysaattorit vaativat säännöllistä huoltoa sekä laboratorioon toimitettavia vesinäytteitä analysaattorin mittaustulosten tarkistamiseksi. Täyttä luottoa ei työssä analysaattoreille toistaiseksi annettu.

Toistaiseksi hulevesien ohjausta ei ole vielä kukaan täysin automatisoitu jatkuvatoimisilla analysaattoreilla toimivaksi. Analysaattoreiden käytöstä on kertynyt nyt useiden vuosien kokemus ja puitteet näiden valjastamiseksi automaattiseen ohjaamiseen on kuitenkin olemassa. Syy, miksi hulevesiä ei ohjata automaattisesti analysaattorien perusteella, lienee ehkä analysaattorien helppossa vikaantuvuudessa ja turhassa riskinotossa.

Jatkuvatoimisten TOC-analysaattorien rinnalla ovat glykolipitoisuusanturit, joiden avulla väkeviä glykolivesiä saadaan talteen entistä tehokkaammin. Glykolipitoisuusantureista on kerrottu tarkemmin luvussa 6.3.

3.5 Likaisten hulevesien luonnollinen käsittely paikallisesti

Osa lentoasemalla syntyneistä likaisista hulevesistä voidaan käsitellä paikallisesti, esim. kosteikon tai maaperäkäsittelyn avulla. Helsinki-Vantaan lentoasemalla kiitotie kolmen alueella syntyvät vedet imeytetään kiitotien alla sijaitseviin pengeraltaisiin (Mottisuon- ja Lounaispään pengeraltaat). Veden viipymäaika pengeraltaissa on keskimäärin kolme kuukautta. Liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineita sisältävä vesi hajoaa pengeraltaissa biologisesti. Mottisuon pengeraltaan vesi lisäksi jatkokäsitellään suihkuttamalla se kiitotie yhden ja kolmen väliin jäävälle Mottisuolle. Luonnollisesti puhdistunut vesi johdetaan ojien kautta maastoon. [6.]

Maaperäkäsittelyiden kapasiteetti ei riitä ainoaksi hulevesien käsittelyprosessiksi. Lisäksi Suomen kylmät talvet hidastavat prosessia maaperäkäsittelyissä. Valtavien kosteikkojen rakentamisen esteenä on myös sen ominaisuus houkutella lintuja [3, s. 19]. Lintujen kerääntymistä ja pesintää pyritään lentoasemalla estämään sen ilmailua vaarantavien tekijöiden vuoksi.

4 Säättökaaviot ja toimintaselostukset

Finavia tilasi tässä insinööriyössä huleveden hallintaan liittyvistä kohteistaan säättökaaviot ja toimintaselostukset. Säättökaavioita on perinteisesti totuttu näkemään rakennusautomaation dokumenteissa. Se on monelle selkeä esitystapa prosessista, sen instrumentoinnista ja liitännöistä automaatiojärjestelmään. Säättökaavio on myös hyvänä apuna muutostöitä ja ohjelmointia varten. Esimerkiksi urakoitsijan on helppo tutustua prosessiin ja sen laitteisiin säättökaavion avulla.

Haluttuja kohteita säättökaavioita varten olivat kaikki hulevesien hallintaan liittyvät kohteet kuten pumppaamot, altaat ja kaivot. Kaaviot pyrittiin jakamaan ja toteuttamaan prosessikohtaisina, jolloin yhdessä kaaviossa voi olla useita sivuja sisältäen useita eri kohteita ja rakennusnumeroita (HK-numerot).

Dokumentoitaviksi toivotuista kohteista ei ollut olemassa yksiselitteistä listaa valmiiksi, vaan se räätälöitiin mm. huolto- ja valvontasuunnittelutaulukon pohjalta. Osa kohteista hylättiin listalta niiden käytöstä poistumisen vuoksi. Listaa myös täydennettiin muutamalla uudella kohteella. Kaikista listatuista kohteista hahmoteltiin vielä aluksi

kartta, jossa rakennusnumerot sijoitettiin Helsinki-Vantaan lentoaseman kartan päälle. Kartasta on hyötyä kokonaisuuden hahmottamisessa.

Dokumentoitavat kiinteistöt jaoteltiin seuraaviin kaavioihin:

- HK034 (sis. HK174, HK509)
- HK01D106
- HK123 (sis. HK120, HK121, HK122, HK124 ja HK539)
- R8 (sis. HK515, HK516, HK517, HK518, HK519, HK520, HK182, HK532, HK531, HK530, HK529, HK528, HK527 ja HK526)
- HK143 ja HK144
- HK118 ja HK119
- PK03, PK05 ja PK17
- HK534 (sis. HK535)
- Mottisuon pengeriallas (sis. HK524, HK504 ja HK505)
- Lounaispään pengeriallas (sis. HK522, HK523 ja HK503).

Säätökaaviot luotiin tätä insinööriyötä varten saatujen PI-kaavioiden ja valvomokuvien pohjalta. PI-kaavioissa ja valvomokuvissa oli paikoittain ristiriitoja todellisiin toteutuksiin. Insinööriyön osatehtävänä oli tarkistaa näitä, jotta mahdolliset virheet dokumenteissa eivät kertautuisi luoduissa säätökaavioissa.

Ennen kaavioiden piirtämistä pyrittiin suorittamaan kohteeseen tutustuminen paikan päällä. Kohteista kerättiin tietoa mm. asentajia ja asiantuntijoita haastatteleamalla. Muistiinpanovälineinä käytettiin vihkoa sekä digikameraa. Oleellisimpia paikan päältä saatuja tietoja olivat mm. muutokset, joita ei aikaisemmissa dokumenteissa ollut dokumentoituna sekä toimintaselostuksen kannalta oleellinen prosessin ymmärtäminen.

4.1 Säätökaavioiden perusteet

Säätökaaviot ovat etenkin rakennusautomaation parissa yleisesti käytössä olevia kaavioita prosessin, sen instrumentoinnin sekä automatisoinnin yksinkertaistettuun

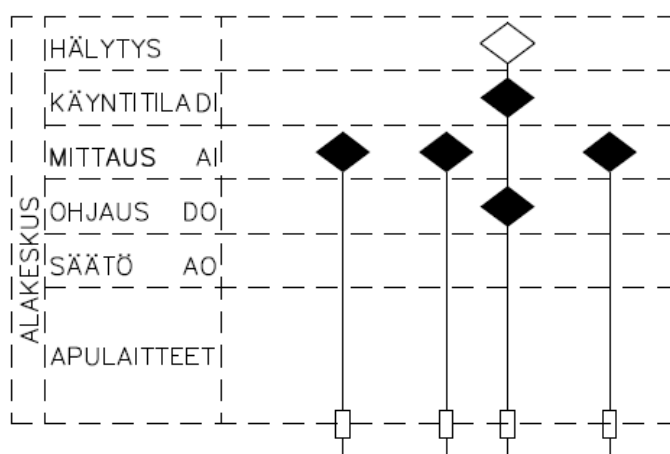
esittämiseen. Säättökaavio on monelle selkeämpi tapa ymmärtää prosessia PI-kaavion sijasta.

Säättökaavion yläreunassa esitetään alakeskus, joka CADS Plannerissa on jaettu seuraavasti:

- HÄLYTYYS
- KÄYNTITILA DI (digital input)
- MITTAUS AI (analog input)
- OHJAUS DO (digital output)
- SÄÄTÖ AO (analog output)
- APULAITTEET.

Alakeskuksen alapuolella esitetään ryhmäkeskus, jonka alapuolella on tila prosessin laitteiston esittämistä varten.

Säättökaaviossa prosessin instrumentit ovat yhdistetty viestiviivalla säättökaavion alakeskukseen, jossa instrumentin automaatioliitännät ovat esitetty kärjellään seisovalla vinoneliöllä. Säättökaavioissa käytettävistä vinoneliöistä on olemassa erilaisia versioita, joista tässä työssä käytettiin kahta: täytettyä ja onttoa. Kuvassa 4 havainnollistetaan säättökaavion alakeskusta ja sen liitäntäpisteitä.



Kuva 4. Alakeskus säättökaaviossa ja sen liitäntäpisteet.

Täytetty, täysin musta, vinoneliön mallinen kytkentäpiste tarkoittaa fyysistä yhteyttä. Esimerkiksi pumpun ohjaus on normaalisti fyysinen yhteys.

Ontolla, sisältä valkoisella, kytkentäpisteellä tarkoitetaan ohjelmallista yhteyttä (ns. pseudo). Ohjelmallisia hälytyksiä ovat usein mm. mittauksille asetettujen raja-arvojen ylittymiset. Esimerkiksi pinnankorkeutta mittaava anturi on kytketty alakeskuksen "MITTAUS AI":hin ja sille on luotu ohjelmallinen hälytyspiste raja-arvojen ylittyessä.

Säätökaavion ryhmäkeskukseen piirretään laitteiden ryhmäkeskuksissa fyysisesti sijaitsevat kytkennät. Tässä työssä ryhmäkeskuksiin sijoitettiin pumppujen 1-0-A kytkimet. 1 tarkoittaa käsikäyttöä, 0 virran katkaisua ja A automaattista pumpun käyttöä, jolloin automaatiojärjestelmä ohjaa pumppua.

4.2 CADS Planner

CADS Planner on kotimainen, vuonna 1979 perustetun Kyndata Oy:n CAD-ohjelmisto arkkitehtuuriseen ja talotekniseen rakennesuunnitteluun. CADS Planner on markkinajohtajan asemassa LVI- ja sähkösuunnittelussa Suomessa. Ohjelmistosta on saatavilla useita eri versioita eri käyttötarkoituksiin. [15.]

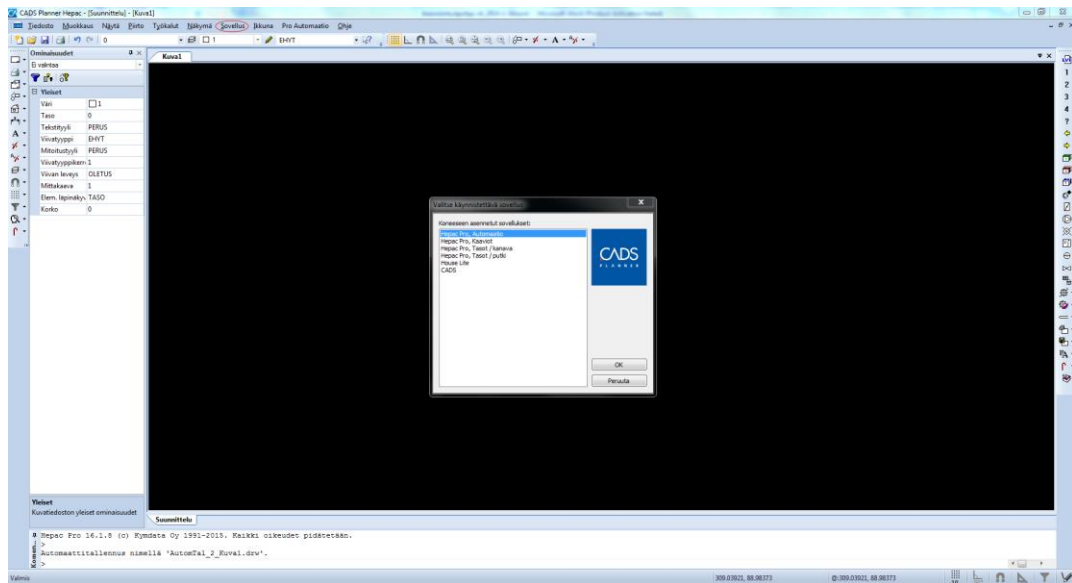
4.2.1 Ohjelmiston hankinta

Useista eri CAD-ohjelmistoista päädyttiin CADS Planneriin sen tarpeisiin osuvien ominaisuuksien sekä opiskelijalisenssin takia. Opiskelijalisenssin saa opiskeluiden ajaksi, kun toimittaa Kyndata Oy:lle opiskelijatodistuksen muiden tarvittavien tietojen ohessa. Lisäksi ohjelmistosta oli aiempaa kokemusta Metropolian lähiopetuksesta.

Opiskelijalisenssi saatiin aluksi vain CADS Plannerin Electric-versioon, joka on tarkoitettu sähkö- ja automaatio-suunnittelua varten. Tarkemmassa ohjelmistoon tutustumisessa selvisi, ettei Electric-versio sisällä työkaluja haluttujen säätökaavioiden luomiseen. Pienen selvittelyn jälkeen voitiinkin todeta säätökaavioiden ja muiden prosessitekniesten työkalujen kuuluvan CADS Planner Hepac-versioon, jota markkinoidaan LVIA-suunnitteluun. Kyndata lisäsi sähköpostiselvityksen jälkeen käyttöoikeudet myös Hepac-ohjelmistoon.

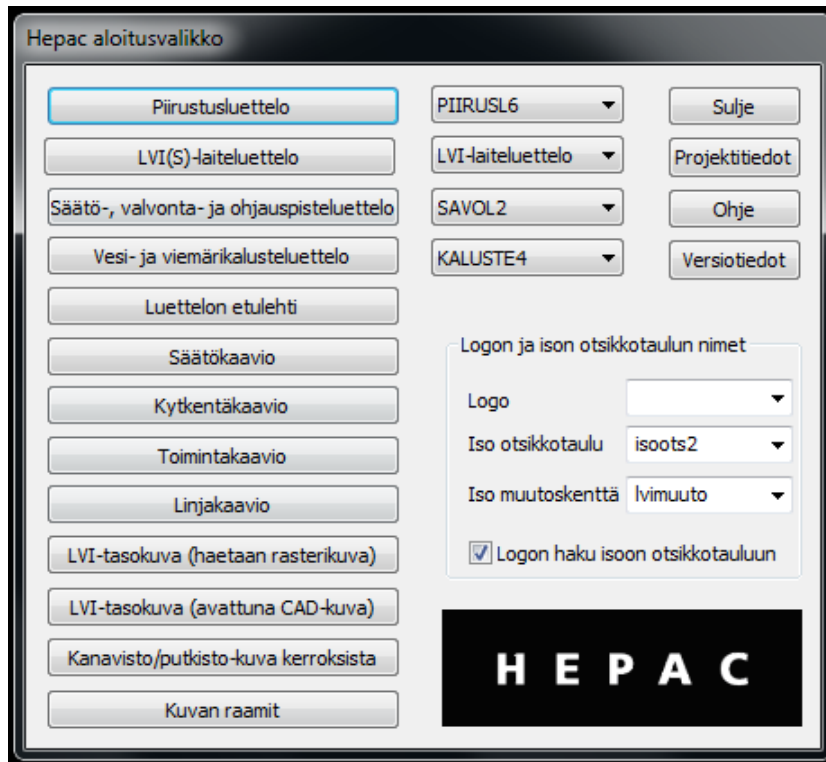
4.2.2 Ohjelmiston käyttäminen

CADS Planner käynnistetään sen asennuksen yhteydessä luodusta pikakuvakkeesta ”CADS Planner Client 16”. Seuraavaksi valitaan käyttöön sovellus, jota CADS Plannerissa halutaan käyttää (kuva 5). Sääntökaavioiden luomiseen käytetään sovellusta ”Hepac Pro, Automaatio”. Muita Hepac Pron sovelluksia olisi Kaaviot, Tasot/Kanava ja Tasot/Putki.



Kuva 5. CADS Plannerin sovellusikkuna, kun Hepac Pro on asennettuna

Kun ”Hepac Pro, automaatio” on valittu käytettäväksi sovellukseksi, valitaan oikean reunan ylin nappula ”LVI”. Kuvakkeen takaa aukeaa aloitusvalikko (kuva 6).

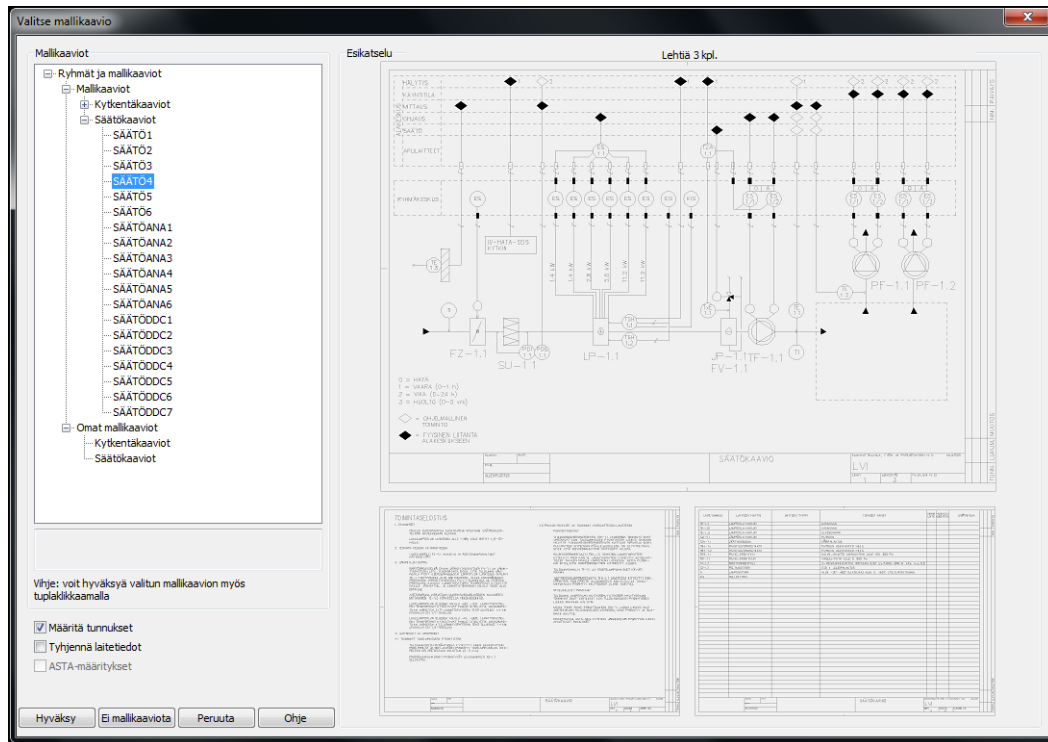


Kuva 6. Hepac aloitusvalikko.

Aloitusvalikosta valitaan säätökaavio.

Tämän jälkeen avautuu kirjasto mallikaavioista, joita useissa taloteknisissä sovelluksissa onkin hyvä käyttää (esim. iv-koneet). Tämän insinööriyön aiheeseen ei kuitenkaan ollut saatavilla valmiita mallikaavioita, joten valitaan "Ei mallikaaviota". Valittuna pidetään sellainen säätökaavio, jonka pohja soveltuu halutun kaavion pohjaksi. Tässä insinööriyössä pohjana oli useimmiten "SÄÄTÖ4". (Kuva 7)

Seuraavaksi valitaan kaavion tyyppiä DDC (Direct digital control) ja kooksi A3. Tämän jälkeen voi halutessaan täyttää projektitiedot. Ruudulle avautuu tyhjä kaavio-ruutu lukuun ottamatta yläreunan ala- ja ryhmäkeskuksen ruudukkoja.



Kuva 7. Valikko mallikaavion valitsemiseksi.

4.2.3 Kaavioiden piirtäminen CADS Plannerilla

Kaavioiden piirtämisessä käytettiin hyödyksi CADS Plannerin valmiita merkkejä kuten pumppuja, venttiileitä ja mittauspisteitä. Kaikki muu piirrettiin käsin viiva- ja muototyökaluja käyttäen. Instrumenttien ja mittauspisteiden yhteys ala- ja ryhmäkeskukseen luotiin komennolla ”Luo yhteys”.

Rakenteet, kuten rakennusten ja kaivojen seinää kuvaavat viivat piirrettiin väriä 8 (harmaa) ja yleisleveyttä 1 käyttäen.

Vedenpintaa kuvaavat merkinnät tehtiin värillä 150 (sininen) ja yleisleveydellä 0 piirtäen kaksi lähekkäistä samansuuntaista viivaa, joista alempi on katkoviiva.

Putket piirrettiin pääasiassa yleisleveydellä 1 ja värillä 0. Osassa tapauksissa putkissa käytettiin selvyden vuoksi seuraavia värejä:

- Puhdas vesi, väri 150 (sininen)
- Likainen vesi, väri 246 (ruskea)

- Väkevä glykolivesi, väri 248 (tumman ruskea)
- Muut vedet, kuten näytteenottimen vesi, väri 1 (musta).

Putkien virtaussuunnat osoitetaan nuolilla ja virtaavan veden laatu on pyritty ilmoittamaan kaaviossa. Lehdeltä toiselle kulkeviin putkiin on merkitty yksiselitteiset yksilölliset kirjain- ja numerotunnukset.

4.3 Toimintaselostukset

Toimintaselostuksella tarkoitetaan säätökaavioiden yhteydessä toimitettavaa lyhyttä kirjallista kuvausta prosessista ja sen toiminnoista. Toimintaselostukset pyritään pitämään mahdollisimman selkeinä ja yksiselitteisinä.

Esimerkkinä erään säätökaavion prosessin toimintakuvaus kesäkaudelta:

Kesä kautena puhtaaksi todettu vesi johdetaan kaivon 42 kautta Veromiehenkylän puroon. Kaivoista HK515-HK518 avataan venttiilit MV1.1.-MV4.1. Venttiilit MV1.2-MV4.2 pidetään suljettuina.

Toimintaselostukset kirjoitettiin kaavioiden, haastattelujen ja mahdollisten jo olemassa olevien toimintaselostuksien perusteella. Osasta kaavioista toimintaselostukset jäivät hieman puutteelliseksi lähdetietojen puuttuessa.

Toimintaselostukset sijoittuvat luoduissa kaavioissa säätökaaviolehtien ja osaluettelolehtien väliin. Tyypillisesti toimintaselostukset ovat 1—2 lehteä pitkiä.

4.4 Osaluettelot

Osaluettelot ovat taulukkomainen esitystapa kaaviossa esitetyistä prosessin laitteista ja instrumenteista. Taulukko käsittää usean sarakkeisiin jaetun rivin. Sarakkeisiin täytetään osan tiedot, joita CADS Plannerissa oletuksena olivat laitetunnus, nimitys, vaikutusalue, sijainti, tekniset arvot, nykyinen, hankkii/asentaa ja huom.

Tässä insinööriyössä täytettiin osaluettelot toistaiseksi vajavaisesti johtuen tietojen puutteesta sekä CADS Plannerin kankeaksi koetusta ”osaluettelon täyttö” -työkalusta.

Kohtaan laitetunnus syötettiin laitteen positiotunnus ja nimitykseen laitteen nimi, kuten P1 ja PUMPPU. Sijainniksi laitettiin ko. laitteen sijainti esim. HK-numeron perusteella.

Osaluettelon täyttäminen onnistuu CADS Plannerissa siihen tarkoitettulla työkalulla ”Osaluettelon täyttö”. Työkalua käyttäessä ei kuitenkaan kopioi- ja liitä-komentoja saatu toimimaan. Taulukossa liikkuminen onnistuu vain nuolinäppäimillä ja ikkunan vaihtaminen positioiden tarkistamiseksi sulkee osaluettelon täytön. Parhaiten osaluettelon täyttö onnistui kahta näyttöpäätettä hyödyntäen.

5 Automaatiojärjestelmä

5.1 Mipro MiSO

Helsinki-Vantaan lentoaseman glykolivesien ohjausjärjestelmän on toimittanut suomalainen turvallisuus- ja ympäristötekniikkaan erikoistunut asiantuntijayritys Mipro Oy. Mipro on johtava rautatie- ja vesi- ja energiahuollon järjestelmien toimittaja Suomessa.

MiSo on Mipron yhteinen tuotemerkki, joka käsittää tällä hetkellä rautatiejärjestelmät, vesi- ja energiahuollon järjestelmät sekä teollisuuden turvallisuuteen liittyvät järjestelmät. [16.]

Järjestelmästä oli tarkoitus luoda järjestelmäkaavio. Tämä kuitenkin rajautui pois toimintakaavioiden työmäärän sekä ohjaavan yrityksen kiireiden vuoksi.

6 Laitteistot

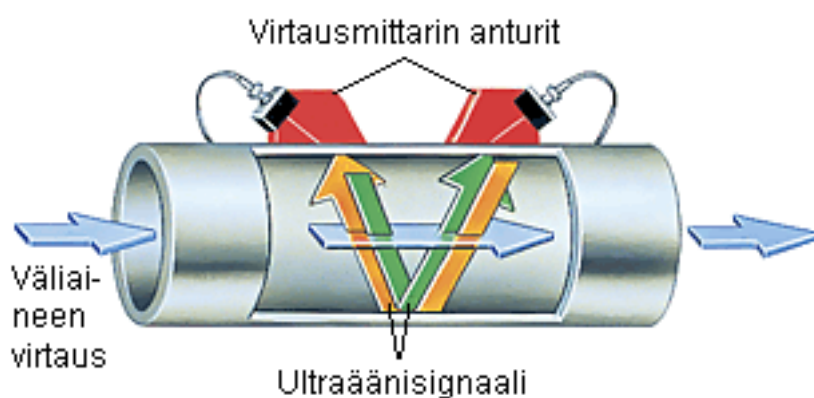
6.1 Virtausmittaus

Lentoaseman vesienhallintajärjestelmässä putkistojen virtaamia mitataan pääasiassa kahdella eri anturityypillä: magneettisilla- ja ultraäänivirtausmittareilla. Kummankin tekniikan aiheuttamat virtaushäviöt ovat pienet tai niitä ei ole lainkaan, eivätkä ne siksi kuormita turhaan pumppuja. Erityisen tärkeitä mittauskohteita ovat kunnalliseen

jätevedeen pumpattujen jätevesien virtaamat, sillä laskutus tapahtuu näiden mittausten mukaisesti.

Ultraäänivirtausmittaus perustuu yleisimmin virtauksen myötä- ja vastavirtaan lähetetyn ultraäänisignaalin välisen kuluaikaeroon. Jos ajat ovat samat, ei putkessa ole virtausta. Mikäli putkessa on virtausta, syntyneestä aikaerosta lasketaan virtausnopeus ja virtauksen suunta. Tätä tekniikkaa ei voida käyttää prosessin niissä osin, joissa virtauksen mukana kulkee runsaasti kiintoainesta. Nesteessä virtaava kiintoaines aiheuttaa ultraäänelle virhekaikuja, jotka hämäävät anturia. Ultraäänivirtausmittareita on olemassa myös doppler-ilmiöön perustuvina versioina. Tämä tekniikka puolestaan vaatii nesteeseen pieniä kiintoainepartikkeleita tai kaasukuplia, joista ultraääni heijastuu takaisin anturille. [17, s. 8.]

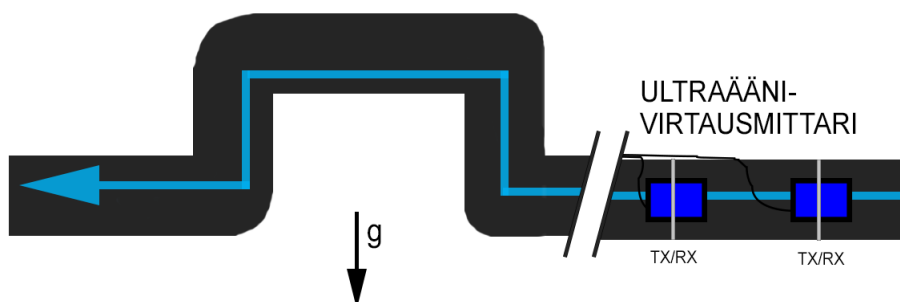
Ultraäänivirtausmittareita on asennustekniikaltaan kahdenlaisia: kiinteästi osaksi putkistoa asennettavia ja putken päälle kiinnitettäviä malleja (kuva 8). Jälkimmäinen voidaan helposti asentaa vanhan putken päälle ilman suurempia muutostöitä, eikä anturi ole kosketuksissa nesteeseen. Putken ulkopuolelta mittaava anturi ei myöskään aiheuta lainkaan virtaushäviötä.



Kuva 8. Putken päälle asennettu kosketukseton ultraäänivirtausmittari [18].

Virtausmittaus tarvitsee täysin nesteen täyttämän putken toimiakseen luotettavasti. Tästä aiheutuu helposti ongelma, kun esim. pieniä määriä sadevettä halutaan siirtää putkistossa, joka on mitoitettu selvästi suurempia tulvahuippuja varten. Virtausmittari joudutaan tästä syystä sijoittamaan sellaiseksi rakennettuun paikkaan, jossa virtausputki on täysin nesteen täyttämänä. Asia on ratkaistu glykolipumppamo HK034:ssä niin,

että HK034:lle tulevaan glykoliveden siirtoputkeen on rakennettu 90° kulma ylöspäin, josta se noin kahden metrin päästä laskeutuu takaisin samalle linjalle. Ultraäänivirtausmittari on asennettu putkeen ennen nousua, jotta putki olisi mittauskohdassa aina nesteen täyttämänä. Kuvassa 9 on havainnollistettu glykolipumppaamo HK034:n toteutusta putken vajaatäyttöisyyden estämiseksi.



Kuva 9. Putkeen rakennettu ylöspäin suuntautuva käyrä virtausmittaria varten. Piirros jäljittelee toteutusta HK034 glykolipumppaamossa.

Vajaatäyttöisten putkien virtaamia voidaan kuitenkin mitata, kun virtausantureiden datan käsittelyyn yhdistetään data putkessa virtaavan nesteen pinnankorkeudesta.

6.2 Mittapato

Mittapato on hyvin yksinkertainen ja edullinen tapa mitata nesteen virtaamaa kanavassa. Tekniikkaa sovelletaan erityisesti luonnonvesien mittaamisessa, kuten ojissa ja pienissä puroissa. Mittapadon eduiksi voidaan myös laskea sen mitta-alueen suuri skaala. [19, s. 17.]

Patorakenteesta on kuitenkin tehtävä tarpeeksi luja, jotta se kestää virtaavan veden luoman rasituksen ja suurimmatkin tulvahuiput. Tästä johtuen asennus on monesti työlästä ja vaatii tukevat rakenteet etenkin luonnonojoaan tai -puroon asennettaessa. Valmiiseen ojarumpuun patolevy onkin helpompi kiinnittää tukevasti. Mittapadon huonoihin puoliin lasketaan myös sen tarve säännölliselle huollolle ja ylläpidolle. Veden mukana kulkeutuva ylimääräinen aines, kuten lehdet ja oksat, vähentävät virtausmittauksen tarkkuutta tukkimalla padon purkuaukkoa. Talviaikaan veden jäätyminen voi myös haitata mittapadon käyttöä. [19, s. 17.]

Mittapato on yksinkertaisimmillaan levy, jonka ylitse virtaavan vesipatsaan korkeutta mitataan. Tarkemmin virtaamaa saadaan kuitenkin mitattua, kun mittapatoon tehdään purkuaukko, josta neste virtaa vapaasti läpi. Purkuaukon muotoja on useita erilaisia, ja mittapadot onkin nimetty niissä käytetyn profiilin mukaan. Kaikkien toimintaperiaate on kuitenkin sama, vaikka virtaaman laskemiseen käytetyt kaavat eroavatkin. Yleisimmät käytössä olevat mittapatojen muodot ovat neliö, nelikulmio, puolisuunnikas ja v- eli Thompson-mittapato (joissain lähteissä Thomson) [20]. Tässä insinööriyössä käsiteltävät mittapadot ovat v-patoja.

Mittapadon lävitse kulkeman virtaaman määrittäminen perustuu matemaattiseen kaavaan. Tietyn muotoisen padon lävitse kulkee tietyllä pinnankorkeudella aina sama määrä vettä. Pinnankorkeus on suoraan verrannollinen virtaamaan suuruuteen.

V-padon virtaama Q voidaan laskea seuraavalla kaavalla (1)

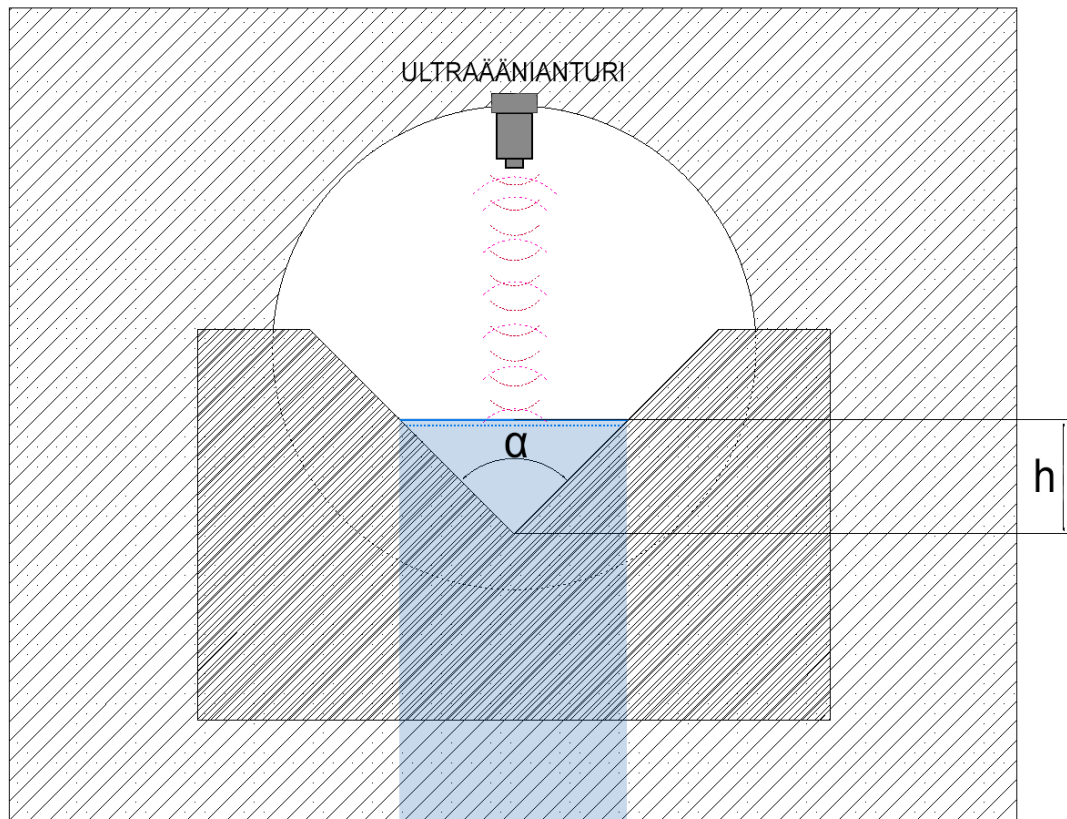
$$Q = \frac{8}{15} \mu \sqrt{2g \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} h^{5/2} \quad (1)$$

missä Q = virtaama [l/s], μ = purkautumiskerroin, α = purkautumisaukon kulma (90°), g = gravitaatiokiihtyvyys (9,81 m/s²) ja h = veden korkeus patoaukon pohjasta [cm]

Purkautumiskertoimen määrittäminen vaatii usein empiirisiä kokeita ko. mittapadolla. Tyypillinen purkautumiskerroin on luokkaa 0,6 [21]. Kuvassa 10 on havainnollistettu kaavan parametreja α ja h mittapadossa.

Mittapadon pinnankorkeutta on perinteisesti käyty paikan päällä tarkastelemassa ja kirjaamassa pinnankorkeus sekä siitä saatu virtaama ylös. Asia voidaan automatisoida asentamalla etäisyyttä mittaava anturi, kuten ultraäänikeila, padon yläpuolisiin rakenteisiin. Ultraäänianturin avulla saadaan reaaliaikaisesti etäluettua virtaama, kun se on yhdistetty automaatiojärjestelmään. Ultraäänianturin sijasta voitaisiin käyttää myös paineanturia kanavan pohjalla. Paineanturi mittaa hydrostaattista painetta, jonka perusteella voidaan laskea pinnankorkeus. Virtaavan veden luoma paine ja sen

vaihtelu aiheuttavat kuitenkin mittaukseen epätarkkuutta, joka korostuu virtaaman kasvaessa.



Kuva 10. Havainnollistamispiirros ojarummun päähän asennetusta v-padosta, virtaamayhtälön (1) parametreista ja ultraäänianturin sijoituksesta.

Maastoon johdettujen ylivuotovesien virtausmittaukset ovat Helsinki-Vantaalla pääosin toteutettu v-patoja ja ultraääniantureita hyödyntäen. Positioiden nimeäminen on toteutettu jo olemassa olleen aineiston mukaisesti. Mittapatojen positiokirjaimina on käytetty "FI" ja "FIT".

Kuvassa 11 on esitetty kuvion 1 kaltainen tilanne mittapadon rakenteesta. Mittapadolla mitataan Kylmäojaan johdettujen vesien virtaamia.



Kuva 11. Kylmäojaan johdetun puhtaan veden mittapato.

Kuvassa 12 esitetään ojavirtaaman mittauspistettä. Ojaan on asennettu automatisoitu mittapato, jossa vedenpinnan korkeutta hydrostaattisesti mittaavan paineanturin mittausdata lähetetään gsm-yhteydellä tietokantaan. Anturijärjestelmä saa käyttövirtansa aurinkokennon avulla



Kuva 12. Ojaan asennettu automatisoitu mittapato.

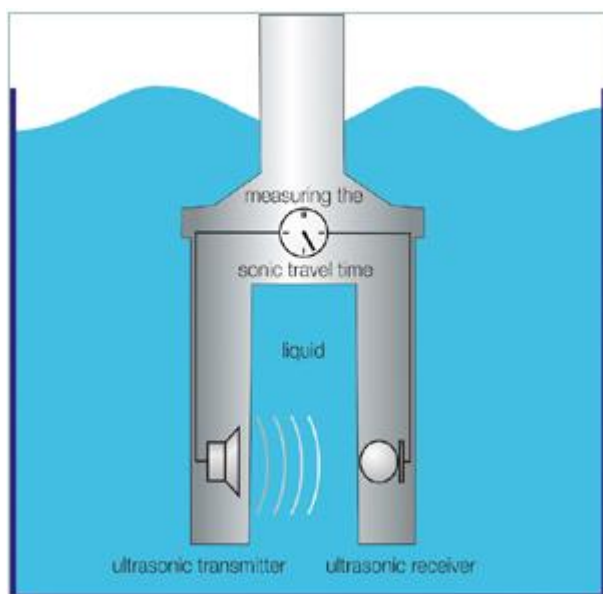
6.3 Glykolin väkevyyden mittaaminen

Glykolipitoisuuksien mittaaminen lentoasemalla muodostuvista hulevesistä on oleellista huleveden käsittelyn kannalta. Talvisin, kun ensimmäiset jäänestokäsittelyt ovat aloitettu, voidaan huleveden olettaa sisältävän glykolia.

Glykolin pitoisuutta hulevedestä mitataan siihen erityisesti viritetyllä pitoisuusanturilla. Lentoasemalla on käytössä saksalaisen SensoTechin valmistamia LiquiSonic-pitoisuusantureita. LiquiSonic-pitoisuusanturit perustuvat ultraäänitekniikkaan ja nesteen ääntä johtaviin ominaisuuksiin. Anturin mittapää upotetaan mitattavaan nesteeseen. Mittapää on haarukkamallinen (kuva 14) ja koostuu lähettävästä sekä vastaanottavasta osasta, joiden etäisyys toisiinsa on mittalaitteen tuntema vakio. (kuva 13) Kun mitattavan kemikaalin väkevyys nesteessä muuttuu, muuttuu myös äänennopeus haarukan välisessä nesteessä. Laite on tarkka ja nopea reagoimaan äänennopeuden muutoksiin. [22.]

Anturit on lentoasemalla viritetty toimimaan tarkimmillaan n. 3 %:n glykolivesiliuoksessa, koska vesienhallinnan kannalta on oleellista tietää, ohjataan glykolivesi jäteveden vai väkevien glykolivesien keräilyaltaaseen. Raja-arvona on 3 %.

Huleveden mukana kulkevat epäpuhtaudet voivat muuttaa äänennopeutta hulevedessä ja antaa virheellistä lukemaa, vaikka hulevedessä ei vielä olisikaan glykolia. Tämä todettiin mm. syksyllä, kun antureiden toimintaa automaatiojärjestelmässä testattiin. Tämän vuoksi pitoisuusanturilla ei erotella puhdasta tai laimeaa vettä. Väkevien glykolivesien erotteluun anturin tarkkuus riittää hyvin. [6.]



Kuva 13. LiquiSonic-anturin haarukan rakenne [23].



Kuva 14. Pitoisuusanturin haarukkakarri, joka upotetaan mitattavaan nesteeseen. Haarukka koostuu lähettimestä ja vastaanottamisesta.

Glykolin väkevyksiä mitataan lentoasemalla pääosin alueilla, joissa glykolin väkevyys kohoaa jäänestökäsittelyiden takia korkeaksi. Pitoisuusanturit ovat asennettu mittakaivoihin ja ohjaavat välillisesti väkevän glykoliveden keräämiseen tarkoitettuja pumppuja. Anturien positioiden nimeäminen kaavioissa on toteutettu jo olemassa olleen aineiston mukaisesti. Anturien positiokirjaimina on käytetty "QI".

6.4 Pinnankorkeuden mittaaminen

Nesteen pinnankorkeuden mittaamiseen on olemassa useita menetelmiä, joista moni on käytössä lentoaseman vesienhallintajärjestelmässä. Yksinkertaisimmissa kohteissa voidaan käyttää pumppujen ja hälytysylärajan ohjaamiseen kyllävää, asentonsa tunnistavaa kohoaa, ns. pintavippaa. Mikäli valvomoon halutaan tarkempaa dataa mitattavan kohteen pinnankorkeudesta, on käytettävä analogiseen mittaukseen kykenevää anturia, kuten paineanturia. Helposti likaantuvissa ja kriittisissä kohteissa

voidaan pinnankorkeuden mittaus kahdentaa käyttämällä analogisen mittauksen rinnalla toimintavarmempaa pintakytkintä ylärajahälytyksen laukaisemiseen.

Tyypillinen menetelmä pinnankorkeuden mittaamiseen lentoaseman hulevesijärjestelmässä on Labkotec POP 22-EX pinnankorkeuden mittaus- ja ohjauslaitteeseen kytketty paineanturi (kuva 15).



Kuva 15. Labkotec DMU 09-paineanturi [24].

Pinnankorkeuden mittaaminen paineanturilla perustuu hydrostaattiseen paineeseen eli sen vesipatsaan korkeuteen, joka paineanturin yläpuolella on mittausajankohtana. Tyypillisesti paineanturi lasketaan lähelle altaan tai kaivon pohjaa. Asennussyvyys mitataan mittanauhalla ja tätä mittaä käytetään referenssipisteenä, johon verrataan mittaus- ja asennusajankohdan paine-eroa. Hydrostaattinen paine noudattaa avoimessa altaassa seuraavaa kaavaa (2):

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

Yhtälöstä (2) voidaan ratkaista pinnankorkeus h , kun paine p tiedetään:

$$h = \frac{p}{(\rho * g)} \quad (3)$$

Paineanturin rakenteessa on ohut kalvo, joka taipuu vallitsevan ulkopuolisen paineen mukaisesti. Kalvo on usein metallia ja sen takana pietsosähköinen elementti muuntamassa kalvon taipumisen sähköiseksi signaaliksi. Likaisia vesiä, kuten hulevesiä, mitattaessa paineanturilla on ongelmana kalvoelementin likaantuminen. Paineanturin likaantuminen aiheuttaa herkkyuden alentumista mittauksessa. Ongelma on myös kaivon tai altaan pohjalle saostuvat epäpuhtaudet. Ongelma korostuu epäpuhtauksien kuivuessa anturiin kiinni. Asiaa on lentoasemalla ratkottu paineanturia suojaavalla pussilla. Pussi estää epäpuhtauksien suoran kontaktin paineanturiin ja sen kalvoon. Pussi ei kuitenkaan muuta hydrostaattisen paineen vaikutusta anturiin. [25.]

Pinnankorkeuden mittaamiseen lentoasemalla käytetään kotimaisen Labkotec Oy:n toimittamia pinnankorkeuden mittaukseen ja ohjaukseen tarkoitettuja POP 22-EX-keskusosia (kuva 16). Laitteen tuloihin voidaan liittää saman valmistajan ultraääni- ja paineantureita, joilla nesteen pinnankorkeutta mitataan. Laitteeseen määritellään pinnankorkeuden ylä- ja alarajat sekä hälytysrajat. Laitteen lähdöillä voidaan ohjata pumppuja tai venttiileitä.

Laitteesta on saatavilla versioita myös mittapadon virtaamalaskentaan sekä useamman pumpun vuorotteluohjaukseen. Näistä kumpaakin käytetään lentoasemalla.

POP 22-EX-keskusosa on liitetty Mipro MiSO-automaatiojärjestelmän valvonta-alakeskukseen (VAK). Mitatut pinnankorkeudet ja hälytykset näytetään valvomossa.



Kuva 16. Pinnankorkeuden mittaamiseen käytetty Labkotec POP-22 EX-keskusosa.

Valmistajan toimittamat tekniset tiedot laitteelle ovat seuraavat]: [26.]

Syöttöjännite: 230 VAC, 50/60 Hz

Tuloviesti: 4...20 mA, aktiivinen/passiivinen tai Labkotecin 3W-anturi

Lähtöviesti: 0/4...20 mA, aseteltavissa linearisointi makaavalle lieriösäiliölle (tarkkuus $\pm 0,5\%$)

Relelähdöt: 2 kpl potentiaalivapaat vaihtokoskettimet, 250 VAC / 5 A / 100 VA tai 24 VDC / 4 A / 100

Näyttö: LCD-näyttö

Ohjelmointi: LED-pylväsnäyttö 0...100 % sekä 2-rivinen LCD-näyttö, laitteen näytön ja näppäimistön avulla

Käyttölämpötila: 0 °C...+50 °C

Ex-luokitus: Ex II (1) G, [EEx ia] II C, VTT 03 ATEX 002X

Kotelointi: IP65, polykarbonaatti

Mitat: 175 x 125 x 75 mm (l x k x s).

Pinnankorkeuden mittauspisteiden positioiden nimeäminen tämän insinööriyön kaavioissa on toteutettu jo olemassa olleen aineiston mukaisesti. Anturien positiokirjaimina on käytetty "LI", "LIA", "LA" tai "LISA".

6.5 Analysaattorit

Lentoaseman hulevesien laatua seurataan vesinäytteiden lisäksi reaaliaikaisilla TOC-analysaattoreilla. Orgaanisen hiilen kokonaismäärä eli TOC on vedessä olevan liuenneen ja liukenemattoman orgaanisen hiilipitoisuuden mitta. TOC-pitoisuus indikoi veden tai kiinteän näytteen sisältämien orgaanisten aineiden määrää. TOC on yksi oleellisimmista tekijöistä, joilla puhtaan veden ja jäteveden laatua todennetaan, koska teoriassa se käsittää kaikki orgaaniset yhdisteet. TOC-arvoa käytetään yleisenä saastuneisuuden indikaattorina haihtuville ja ei-haihtuville orgaanisille yhdisteille. [27, s. 2.]

TOC-pitoisuudelle ei ole asetettu virallisia raja-arvoja lentoaseman vesienhallinnassa, mutta sitä käytetään tärkeänä osviittana veden laadun seurannassa. Vertailun vuoksi pohjavesien ja merivesien TOC-pitoisuus on yleensä alle 1 mg/l, järvien ja jokien pitoisuudet voivat vaihdella välillä 2 - 10 mg/l. [27, s. 2.]

TOC-analysaattorin arvo tulostetaan valvomonäytölle (mg/l). Analysaattoreille on annettu positiokirjaimet "QT" ja "QTI".

Tässä insinööriyössä ei ole paneuduttu vesinäytteiden analysointiin syvemmin. Analysaattorien toiminnasta on kerrottu Hanna-Leena Latvalan diplomityössä "Glykolipitoisten hulevesien ohjaus Helsinki-Vantaan lentoasemalla" [3].

6.6 Näytteenottimet

Näytteenottimia käytetään automaattiseen vesinäytteiden keräämiseen. Näytteenotin voidaan ohjelmoida käynnistymään esimerkiksi ylivuodon sattuessa, jolloin maastoon purkautuneesta vedestä saadaan näyte laboratorioanalysointia varten.

Näytteenotin ohjaa veden laitteistonsa kautta jääkaapissa säilytettävään näytepulloon (kuva 17). Jääkaapin alhainen lämpötila hidastaa näytteen pilaantumista sekä bakteerikasvustojen muodostumista. Jääkaapin lämpötilan seuranta on kytketty osaksi automaatiojärjestelmää ja lämpötilalle on asetettu hälytysrajat.



Kuva 17. Näytteenotossa käytettyä laitteistoa. Jääkaapin ylätasoon on tehty läpivienti vesinäytettä varten.

Näytteenottimia voidaan etähallita valvomosta käsin.

Näytteenottimien positiiona on käytetty kaavioissa kirjainyhdistelmää "QT".

7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä Helsinki-Vantaan lentoaseman glykolivesien hallintaan, ohjaamiseen sekä näihin liittyvään tekniikkaan. Perehdytystä aiheeseen

sain 2015 kesän ja syksyn aikana ollessani mukana kiertämässä lentoasemalla muistiinpanovälineet mukani. Perehdytykseen kuului tutustuminen prosesseihin sekä valvomosta käsin, että käymällä paikan päällä katsomassa. Lisäksi olin muutaman kerran mukana laitteiden koekäytöissä sekä uusien laitteiden asennustöissä.

Työn alussa koin haastavaksi suurelta tuntuneen työmäärän sekä tunteen siitä, että en oikein tiennyt mistä aloittaa ja miten. Vaikealta tuntui myös se, että vaikka hallussani oli Helsinki-Vantaan kulkuluvat, niin en kuitenkaan voinut kulkea lentoasemalla ilman opasta ja autoa. Tästä syystä kaikki käyntini oli sovittava opastajien työtehtävien mukaisesti.

Työn sisällöksi suunniteltiin aluksi myös järjestelmäkaavion luonti, uusien pumppaamojen liittäminen ohjausjärjestelmään, tulevien muutosten suunnittelu sekä kaikkien hälytystoimintojen testaus. Edellä mainitut aiheet kuitenkin rajautuivat pois työn edetessä, vaikka olisivatkin varmasti olleet mielenkiintoisia ja hyödyllisiä toteuttaa.

Säätökaaviot piirrettiin CADS Planner Hepac-ohjelmistolla, joka osoittautui hyvin käyttökelpoiseksi tähän projektiin. Säätökaavioiden piirtämistä varten olin saanut kuvankaappaukset ohjausjärjestelmän valvomonäytöstä sekä ohjausjärjestelmästä luodut aikaisemmat kaaviokuvat. Säätökaavioiden piirtäminen ei onnistunut suoraan kopiaimalla vanhoista kaavioista, sillä uusiin piirtämiini säätökaavioihin täytyi soveltaa muutoksia sekä sommitella näkymä toimivaksi viestiviivojen ja mittauspisteiden takia. Glykolivesien ohjausjärjestelmää oli jo ennestään jaoteltu prosesseihin erillisten kaavioiden muodossa. Tilaajayrityksen toiveiden mukaisesti kuitenkin osa prosesseista yhdistettiin nyt samoiksi kaavioiksi, vastoin aikaisempia dokumentaatioita. Myös osa aiemmin yhdessä kaaviossa esitetyistä erillisistä prosesseista piirrettiin nyt omiksi kaavioiksi.

Työssä kiinnostavinta oli ehdottomasti lentoaseman miljöö sekä mahdollisuus päästä tutustumaan sen varsin ainutlaatuiseseen glykolivesien ohjausjärjestelmään. Mielekkääksi koin myös tilaisuuden perehtyä jäänpoistotoiminnan vaikutuksiin muuten, kuin mitä mediasta saa silloin tällöin seurata.

Työn kannalta opettavimmaksi koin säätökaavioiden piirtämisen CADS Plannerilla, jonka nyt hallitsenkin selvästi aiempaa paremmin. Lisäksi opettavaista oli tutustua järjestelmään aina valvomosta kenttälaitetasolle asti, jossa uusia tekniikoita itselleni oli

mm. mittapadon käyttö virtaamien mittaamisessa, jatkuvatoimiset analysaattorit sekä ultraääneen perustuvat pitoisuusanturit.

Insinööriyön tuloksena saatiin Finavian käyttöön kirjallinen yhteenveto jäänpoisto- ja -estokäsittelyiden vaikutuksesta hulevesien hallintaan Helsinki-Vantaan lentoasemalla sekä prosessikohtaiset säätökaaviot toimintaselostuksineen. Säätökaavioita syntyi lopuksi 8 tiedostoa, jotka käsittävät 40 sivua. Työ onnistui mielestäni hyvin, vaikka sen aikataulu venyi reippaasti aihealueen supistuessa.

Lähteet

- 1 Helsinki-Vantaan lentoasema. Verkkodokumentti. Wikipedia. https://fi.wikipedia.org/wiki/Helsinki-Vantaan_lentoasema Luettu 2.12.2015.
- 2 Finavia. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Finavia> Luettu 2.12.2015.
- 3 Latvala, Hanna-Leena. 2009. Vesihuoltotekniikan diplomityö. Glykolipitoisten hulevesien ohjaus Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu. Luettu 13.1.2016.
- 4 Lentokoneiden jäänesto- ja –poistokäsittely. Verkkodokumentti. Wikipedia. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Lentokoneiden_j%C3%A4n%C3%A4n%C3%A4npoistok%C3%A4sittely](https://fi.wikipedia.org/wiki/Lentokoneiden_j%C3%A4n%C3%A4n%C3%A4n%C3%A4npoistok%C3%A4sittely) Luettu 12.1.2016.
- 5 Pienennämme vesistöjen kuormitusta hyvällä suunnittelulla. Verkoartikkeli. Finavia Oyj. <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/vastuullisuus/ymparisto/vesi/> Luettu 12.1.2016.
- 6 Kauppila, Elina. 2016. Ympäristöasiantuntija, Finavia Oyj. Keskustelu 9.2.2016.
- 7 Suomalainen snowhow – Lumiosaamista Pohjolasta. Blogikirjoitus. Finnairin blogi. Finnair. <http://blog.finnair.com/2012/01/19/suomalainen-snowhow-lumiosaamista-pohjolasta/> Luettu 12.1.2016.
- 8 Miten jää poistetaan lentokoneen siivistä? Verkkodokumentti. Tiede. Sanoma media Finland oy. http://www.tiede.fi/artikkeli/kysy/miten_jaa_poistetaan_lentokoneen_siivista Luettu 12.1.2016.
- 9 The basics of deicing and anti-icing. Verkkodokumentti. Figure A. AERO The Boeing Company. http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2010_q4/2/ Luettu 2.3.2016.
- 10 Kitkanmittaus teoria. Verkkodokumentti. Moventor Oy Inc. <http://www.moventor.com/fi/kitkan-mittaus/kitkanmittaus-teoria> Luettu 12.1.2016.
- 11 Lentoasemien ja lentoliikenteen ympäristövaikutukset ja niiden hallinta. Verkkodokumentti. Vuosikertomus 2014. Finavia Oyj. <http://vuosikertomus.finavia.fi/fi/2014/tulosta/2ZndwcbYQliyzC2gETwYZw/> Luettu 12.1.2016.

- 12 Merkittävimmät ympäristövaikutukset liukkaudentorjunnasta sekä lentokoneiden jäänestosta ja -poistosta. Verkkoartikkeli. Finavia oyj.
<http://vuosikertomus.finavia.fi/fi/2014/vastuullisuus/vastuullisuustietoa/ymparistotietoa/vesi-ja-maaperapaastot/> Luettu 12.1.2016.
- 13 Jäänpoisto ja -esto yhä useammin etäjäänpoistopaikoilla. Verkkoartikkeli. Finavia oyj.
<http://vuosikertomus.finavia.fi/fi/2014/vastuullisuus/vastuullisuustietoa/ymparistotietoa/vesi-ja-maaperapaastot/jaanpoisto-ja-esto/> Luettu 12.1.2016.
- 14 Ammattimies on paikallaan. Verkkoartikkeli. Lentoposti uutisportaali.
http://www.lentoposti.fi/artikkelit/ammattimies_on_paikallaan Luettu 13.1.2016.
- 15 CADS Planner. Verkkodokumentti. Wikipedia.
https://fi.wikipedia.org/wiki/CADS_Planner Luettu 20.12.2015.
- 16 Turvallisuuden ja ympäristötekniikan osaaja. Verkkodokumentti. Mipro Oy.
<http://www.mipro.fi/toimialat> luettu 19.1.2016.
- 17 Mård, Pasi. 2012. Insinööriyö. Virtausmittareiden kalibrointilaitteiston suunnittelu. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47749/Mard_Pasi.pdf?sequence=1 Luettu 11.12.2015.
- 18 PT878 kannettava ultraäänivirtausmittari. Verkkodokumentti. Finnpri Oy.
http://www.finnpri.fi/vir_ult_nes/PT878.htm Luettu 2.3.2016.
- 19 Haapamaa, Jussi. 2013. Opinnäytetyö. Nesteen virtausmittausmenetelmät pienissä avouomissa. Kuopio: Savonia amk. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67516/Haapamaa_Jussi.pdf?sequence=1 Luettu 20.12.2015.
- 20 Kupiainen, Virve. 2010. Diplomityö. Pohjaveden purkautuminen metsäoisiin Rokuan harjualueella ja ojan kunnostus padottamalla. Oulu: Oulun yliopisto.
Luettu 17.12.2015.
- 21 Patokaava. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Patokaava>
Luettu 20.12.2015.
- 22 SensoTech pitoisuusmittaukset, Christian Berner Oy
<http://www.christianberner.fi/product-areas-list/instrumentit/sensotech-pitoisuusmittaukset> Luettu 18.12.2015.
- 23 Measuring method of the LiquiSonic® system. Verkkodokumentti. SensoTech GmbH. <http://www.sensotech.com/cms/index.php?id=128&L=1> Luettu 2.3.2016.

- 24 DMU 09 –paineanturi. Verkkodokumentti. Labkotec Oy.
<http://www.labkotec.fi/fi/tuotteet/pinnankorkeuden-mittaus/nesteille/dmu-09-paineanturi> Luettu 2.3.2016.
- 25 How to do hydrostatic level measurement. Verkkodokumentti. WIKA Alexander Wiegand SE & Co. http://en-co.wika.de/ms_hl_knowledge_how_to_do_en_co. WIKA Luettu 11.12.2015.
- 26 POP-22 EX –keskusosa. Verkkodokumentti. Labkotec Oy.
<http://www.labkotec.fi/fi/tuotteet/pinnankorkeuden-mittaus/kuiva-aineille/pop-22-ex-keskusosa> Luettu 11.12.2015.
- 27 Malinen, Tiina. 2008. Opinnäytetyö. TOC-analysaattorin käyttöönotto ja validointi. Helsinki: Metropolia. Laboratorioalan koulutusohjelma.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1442/TOC-analysaattorin_validointi.pdf?sequence=1 Luettu 12.12.2015.