



SAVONIA

Opinnäytetyö - Ammattikorkeakoulututkinto

Tekniikan ja liikenteen ala

JAKELUHÄIRIÖIDEN KUVANTAMINEN VESIHUOLLON PAIKKATIE- TOJÄRJESTELMISSÄ

TEKIJÄ/T: Jaakko Aroheinä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Jaakko Aroheinä			
Työn nimi Jakeluhäiriöiden kuvantaminen vesihuoltoalan paikkatietojärjestelmissä			
Päiväys	10.05.2019	Sivumäärä/Liitteet	25/0
Ohjaaja(t) Yliopettaja Pasi Pajula ja tuntiopettaja Juha-Matti Aalto			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Keypro Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys Keypro Oy:lle onko yrityksen KeyAqua-palveluun mahdollista lisätä ominaisuus, joka etsii vesiputkien korjauksen takia ilman vettä jäävät kiinteistöt, sekä sulkuventtiilit, jotka sulkemalla veden tulo saadaan katkaistua korjattavan putken alueelta. Asiaa tutkittiin kahden Keypron asiakkaan verkostoaineiston perusteella KeyAquassa. Toisella asiakkaalla oli käytössä myös Fluidit Oy:n tarjoama veden mallinnuspalvelu, joten samalla tutkittiin sen hyödyntämistä, kun etsitään näitä haluttuja tietoja. Työn tarkoituksena on helpottaa putkien korjaustoimenpiteitä.</p> <p>Työssä perehdyttiin Suomen vesihuoltoverkoston nykytilaan, putkirikkojen syihin, sekä vesihuoltoalan paikkatietojärjestelmiin ja niihin liittyvään teoriaan. Ominaisuuden toteutettavuutta yleisissä paikkatietojärjestelmissä tutkittiin etsimällä valmista lisäosaa, joka etsisi halutun putken lähimmät sulkuventtiilit, sekä selvittäisi ilman vettä jäävät kiinteistöt, kun putkia korjataan.</p> <p>Työn tuloksena oli malli työkalusta, jonka Keypron sovelluskehitys osasto voi luoda ja lisätä KeyAqua-palveluun. Malli perustuu topologisten yhteyksien tutkimiseen veden syöttöpisteiden ja kiinteistöjen välillä. Mallin lisäksi tehtiin selvitys Fluidit Oy:n tarjoaman mallinnuspalvelun hyödyntämisestä ilman vettä jäävien kiinteistöjen etsinnässä. Jotta työkalu toimii kunnolla, täytyy käyttäjien verkostoaineiston kytkentöjen olla kunnossa. Tätä varten yhdelle asiakkaalle tehtiin aineistoanalyysi.</p>			
Avainsanat Vesihuoltoverkosto, paikkatietojärjestelmä			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Jaakko Aroheinä			
Title of Thesis Visualization of water supply interruptions in geographic information systems			
Date	10 May 2019	Pages/Appendices	25/0
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr. Juha-Matti Aalto, Lecturer			
Client Organisation /Partners Keypro Oy			
Abstract			
<p>This thesis was commissioned by Keypro Oy. The goal of this thesis was to find out if it is possible to create a tool for KeyAqua that finds the closest stop valves and households that are left without water when repairing a broken pipe. The purpose of creating this tool was to ease repairing water ducts.</p> <p>A model for this tool was created by surveying the data of two different clients in KeyAqua. The other client also uses a water network modeling tool in KeyAqua which was taken into account in the report. The state of the Finnish water distribution system and causes of pipe bursts were studied for this thesis. Also, geographic information systems (GIS) in water management, the theory behind them and how to create this same tool for public GIS were studied.</p> <p>As a result of this thesis, a model for this tool was sent to the software development department in Keypro where the tool can be created. The model was based on topological connections between water inflow points and households. A report was also created from using the water network modeling service to find customers who are left without water, when a certain area of network is shut down due to repairing of a water duct. For this tool to work the client's network data must be topologically intact. To ensure this a data analysis report was made from a client's network data.</p>			
Keywords			
Water distribution system, Geographic information system, GIS			

1	JOHDANTO	5
1.1	Tavoitteet.....	5
1.2	Työn tarkoitus	5
1.3	Keypro Oy	6
2	VESIJOHTOVERKOSTO.....	7
2.1	Käyttökatkot.....	7
2.2	Putkirikot.....	8
2.3	Tukkeumat	9
3	PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄT	11
3.1	KeyAqua.....	11
3.2	Topologia	11
4	TUTKIMUSSUUNNITELMA	13
4.1	Tavoitteet.....	13
4.2	Tutkimuksessa käytetyt menetelmät	13
5	AINEISTOANALYYSI	15
5.1	SQL- kyselyt	15
5.2	Topologian eheys.....	16
6	JAKELUHÄIRIÖT KEYAQUA PALVELUSSA	17
6.1	Taustalaskenta	17
6.2	Työkalun toiminta	18
7	JAKELUHÄIRIÖT FLUIDIT OY:N MALLINNUKSESSA	20
8	JAKELUHÄIRIÖT QGIS OHJELMASSA	22
9	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	24

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, onko Keypron KeyAqua-palveluun mahdollista lisätä ominaisuus, joka kertoo putkirikkojen takia ilman vettä jäävät kiinteistöt. Sen lisäksi ominaisuus etsii myös lähimmät sulkuventtiilit, joilla veden tuloon saa katkaistua korjattavalta alueelta. Samalla tutkitaan ominaisuuden mahdollista toteutettavuutta yleisissä paikkatietojärjestelmissä. Suomessa tapahtuu keskimäärin 16 putkirikkoa sataa kilometriä kohti vuosittain (ymparisto.fi), joten toiminnolle on käyttöä eri vesihuoltoalan toimijoilla. Suomessa on noin 107 000 kilometriä vesijohtoverkostoa, joista arviolta 6000 kilometriä on erittäin huonossa kunnossa. Suurin osa tästä verkostosta on rakennettu 1960-80 luvulla ja alkaa olla korjausiässä. (Ril.fi)

Kyseisen työkalun toimivuuteen vaikuttaa oleellisesti myös verkostoaineiston laatu KeyAqua-palvelussa. Sen takia työssä tarkastellaan myös verkostopaikkatiedon topologista eheyttä, sekä arvioidaan mitä sen korjaaminen riittävälle tasolle vaatii eri asiakkailta.

1.2 Työn tarkoitus

Selvitystyön perusteella Keypro mahdollisesti kehittää ominaisuuden sisältävän työkalun palveluunsa. Keypron KeyDH-palveluun (paikkatietopalvelu kaukolämpöverkon ylläpitoon) lisättiin jo aiemmin samankaltainen työkalu. Kyseisestä palvelusta saa nykyään ilmi kiinteistöt, jotka jäävät ilman kaukolämpöä käyttökatojen aikana. Lisäksi toiminnon avulla voidaan paikallistaa lähimmät sulkuventtiilit alueella.

Työkalun tarkoituksena on helpottaa vesijohtoverkoston rakennus-, korjaus- ja saneeraustöiden toteuttamista. Monimutkaisemmissa silmukkaverkostoissa lähimpien sulkuventtiilien etsintä vaatii verkon tarkastelua, mutta tällä työkalulla ne saadaan helposti esitettyä. Myös jakeluhäiriöistä ilmoittaminen asiakkaille tarkentuu, kun tiedetään saneeraustöiden takia ilman vettä jäävät kiinteistöt. Työkalun avulla verkon kytkentöjä ei tarvitse seurata manuaalisesti. Kuvassa yksi on esitetty kuinka monimutkainen vesijohtoverkosto voi olla, jolloin sulkuventtiilien ja jakeluhäiriöiden paikantaminen manuaalisesti on mahdollisesti hyvinkin haastavaa.



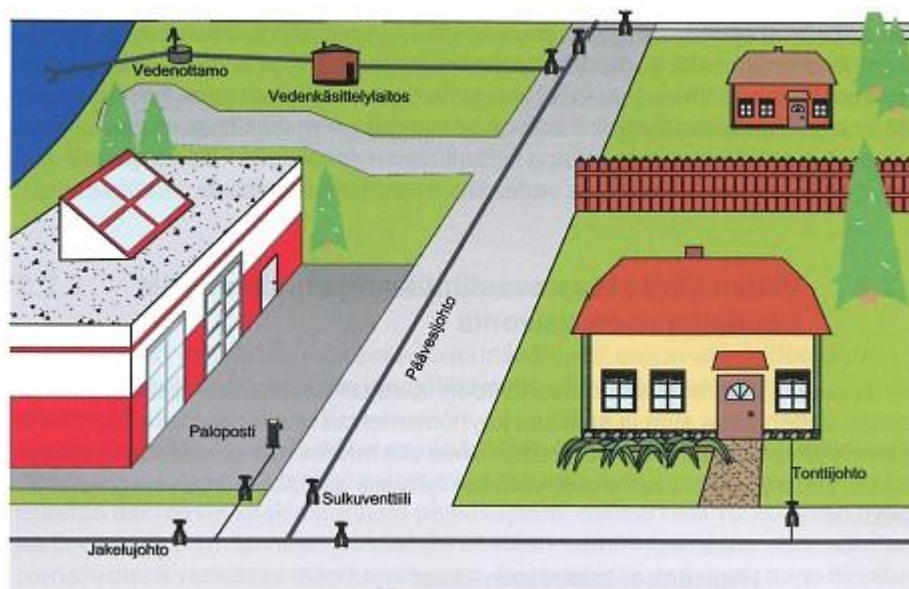
Kuva 1 Vesijohtoverkosto (KeyAqua)

1.3 Keypro Oy

Keypro Oy on suomalainen paikkatietopalveluita tarjoava yritys. Yritys toimii Vantaalla ja Joensuussa, suurin osa toiminnasta on kuitenkin keskitetty Joensuuhun. KeyAquan ja KeyDh:n lisäksi yritys tarjoaa sovelluksia myös muille asiakasryhmille, jotka hallinnoivat verkkotietoja. Näitä ovat muun muassa asiakkaat, jotka tarvitsevat katuvalojen tai televerkkojen hallintajärjestelmiä. Paikkatietomutoista aineistoa voidaan ylläpitää ja päivittää tarpeen vaatiessa jokaisessa järjestelmässä. (Keypro.fi).

2 VESIJOHTOVERKOSTO

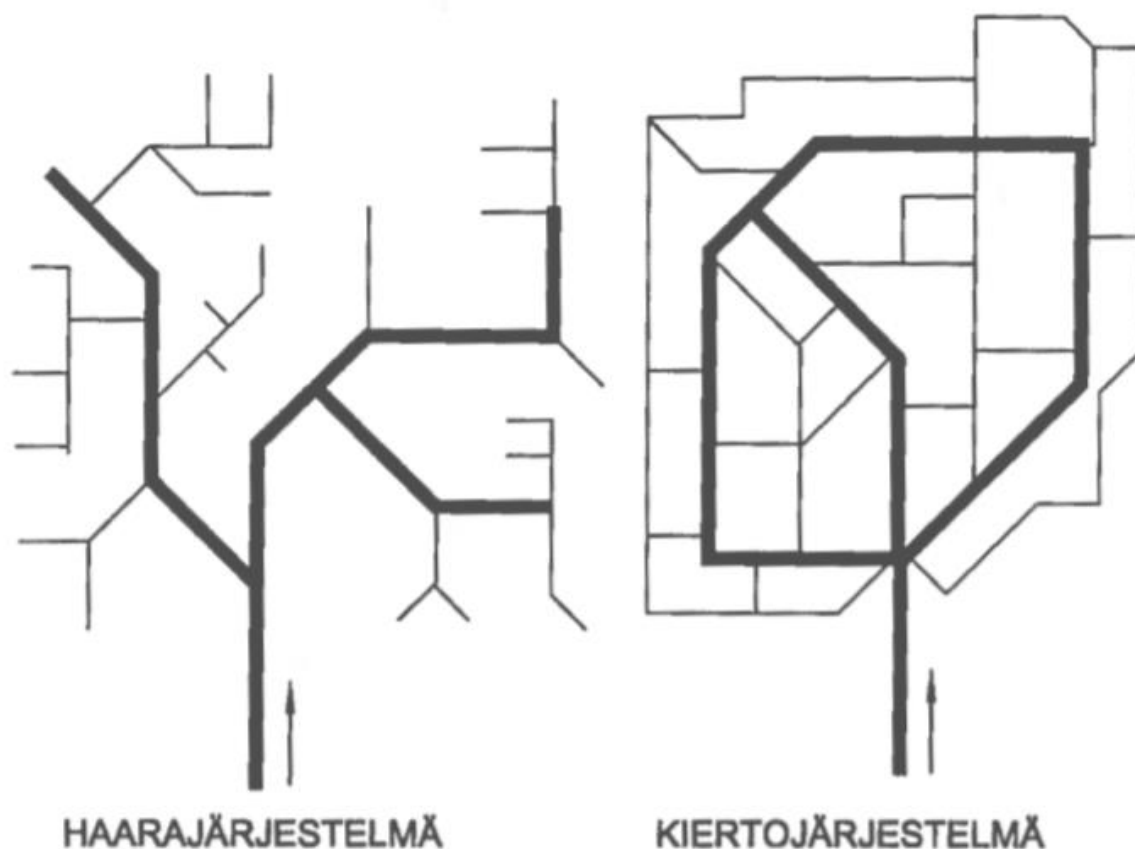
Suomessa toimii noin 1500 vesihuoltolaitosta, jotka toimittavat veden noin 90 prosentille suomalaisista. Vesijohtoverkkojen pituus Suomessa on noin 107 000 kilometriä. Tämän lisäksi verkostossa on tonttijohtoja ainakin 20 000 km, jotka ovat tontin omistajien vastuulla (valtioneuvosto.fi). Vesijohtoverkosto koostuu tyypillisesti Suomessa kuvan kaksi mukaisesti pääjohdoista, jakelujohdoista sekä tonttijohtoista. Verkoston tavoitteena on taata jatkuva vedentulo teollisuuden, kotitalouksien, yritysten ja muiden vedenkäyttäjien tarpeisiin. (RIL 237-1-2010, 105.)



Kuva 2 Verkoston rakenne (RIL 237-1-2010, 105)

2.1 Käyttökatkot

Suomen vesijohtoverkosta saneerataan vuosittain noin 120 miljoonalla eurolla, kun saneeraustarve on arvioitu todellisuudessa kaksin- tai kolminkertaiseksi. (Tekniikkatalous.fi) Verkosto pyritään suunnittelemaan niin, että vedenjakelu häiriintyisi mahdollisimman pienellä alueella jakelukatkosten aikana. Tämän mahdollistaa verkon silmukkamainen rakenne ja sulkuventtiilien tarpeeksi tiheä sijoittelu. Sulkuventtiilit sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan sivuun liikenneväyliltä ja niiden yhteyteen jätetään riittävä kulkuyhteys huolto- ja korjaustoimenpiteitä varten. Kuvaa kolme tarkastelemalla voi todeta kuinka silmukkamaisella verkon rakenteella käyttökatkot voidaan rajata koskemaan mahdollisimman pientä aluetta, koska vesi pääsee useampaa reittiä samaan kohteeseen. Käyttökatkot syntyvät esimerkiksi verkostojen saneeraus-, korjaus ja huoltotöistä, joita tehdään esimerkiksi putkivuotojen korjaamiseksi tai verkostosäostumien poistamiseksi. Verkostosaneeraustöissä vesiputkia voidaan joko uusia tai korjata erilaisilla sujutusmenetelmillä. Putkien säostumat puhdistetaan Suomessa tyypillisesti joko huuhtelemalla tai mekaanisesti kaapimalla ja huuhtelemalla. (RIL 237-1-2010, 25-26, 86 ja 114.)



Kuva 3 Vesijohtoverkoston erilaiset järjestelmät (Karttunen 1999)

2.2 Putkirikot

Yleisimpiä putkien huolto- ja korjaustoimia ovat vuotojen paikantaminen ja korjaaminen. Vuotoja aiheuttavat putkissa murtumat, syöpyminen ja asennusvirheet. Murtumia esiintyy yleensä putkissa, joiden valmistusmateriaalit eivät kestä taivuttamista, tai joiden rakenteellinen kesto on heikentynyt. Esimerkiksi vanhat valurautaputket, betoniputket tai asbestisementtiputket eivät kestä kovin hyvin taivuttamista tai muuta leikkausjännitystä. Uudet valurautaputket ovat hyvinkin kestäviä ulkoisia rasituksia vastaan. Syöpymistä esiintyy tyypillisesti sellaisissa teräs- ja valurautaputkissa, joissa korroosionestoon ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota valmistusvaiheessa. Aggressiivinen vedenlaatu voimistaa tällaista korroosiota niin putkissa kuin muissa metallisissa vesilaitteissa. Vuonna 1996 vesiputkien keskimääräinen vikatiheys oli 0,15-0,20 vikaa kilometriä kohti. Vikatiheys on kuitenkin todennäköisesti kasvanut verkoston ikääntyessä. Tällä vikatiheydellä laskettuna Suomessa korjataan vuosittain 16000-21000 vikaa. (Vesihuoltotekniikan perusteet, 194.)

Vuodot voidaan jakaa ilmi- ja salavuotoihin (piilovuotoihin). Ilmivuodot ovat nimensä mukaisesti ilmeisiä ja helposti havaittavia, kun vesi hakeutuu maanpintaan tai kellareihin. Lisäksi ilmivuodot voidaan havaita lisääntyneenä pumppaustarpeena vesilaitoksella tai paineenkorotuspumppaamalla tai

ylävesisäiliön nopeasti alentuneena vedenpinnan korkeutena. Salavuodot taas hakeutuvat vuotaviin viemäriin tai imeytyvät maaperään. (RIL 237-1-2010, 127)

Putkirikkojen korjauksessa viat ja niiden korjaustoimet täytyy usein priorisoida niiden merkityksen perusteella. Suuret näkyvät ilmivuodot on luonnollisesti korjattava viipymättä. Pienemmät salavuodot, jotka huomataan usein vain erotuksena pumpatun veden ja käytetyn veden määrässä, vaativat usein enemmän tutkimista. Jo pelkästään vuotojen paikantaminen vaatii kokeneen työntekijän, kun niitä paikannetaan kuuntelukoneilla. Pienempien vuotojen kohdalla onkin tärkeää tehdä kustannusarviot korjaustoimenpiteistä ja niiden pohjalta pohtia, onko korjaaminen kannattavaa. Pienien vuotojen kohdalla korjaaminen voi olla taloudellisesti kannattamatonta, kun verrataan vuodon paikallistamisesta, vesihävikistä ja korjauksesta aiheutuvia kustannuksia saavutettuun vesisäästöön. (RIL 237-1-2010, 125-126.)

2.3 Tukkeumat

Vesiputkiin syntyy verkostoveden ja metallisen putkimateriaalin ruostumisen seurauksena rautasaostumia, jotka voivat heikentää merkittävästi putken vedenjohtokykyä (kuva 4). Toisaalta, jos verkostovedestä saostuu kalkkia, voi myös kalkkia saostua putkien pinnalle. Kalkki myös suojaa metallista putkea korroosiolta. Tukkeumat kasvattavat verkoston virtausvastustusta, joka aiheuttaa painehäviöitä putkistossa. Tukkeumat ovat yleisempiä maissa, joissa veden kovuutta kasvatetaan kalkilla suuremmaksi kuin Suomessa. (RIL 237-1-2010, 128.)



Veden kovuudella tarkoitetaan magnesium- ja kalsiumsuolojen määrää vedessä. Suomessa vesi on yleensä pehmeää, mutta esimerkiksi Lohjalla vesi on kovaa kalkkiesiintymien vuoksi (Serto.fi). Vedenkäsittelyssä veden pH:ta ja kalkkipitoisuutta nostetaan, jotta vesi ei aiheuttaisi korroosiota. Kovuuden yksikkönä käytetään joko saksalaista kovuuden yksikköä (°dH) tai SI-järjestelmän mukaista mmol/l. Sen mukaan vesi voidaan luokitella pehmeään (0-6°dH), keskikovaan (7-13°dH) tai kovaan (14-21°dH). Kuvassa viisi on esitetty veden kovuuksia Kuopion Veden eri jakelualueilla (Kuopion-vesi.fi).

Kuva 4 Tukkeutunut valurautaputki (Bwb.de)

KAUPUNGINOSA	KOKONAISKOVIUUS, MMOL/L	KOKONAISKOVIUUS, °DH	KOVIUUSLUOKKA
KUOPIO, KESKEINEN KAUPUNKIALUE	1,05	5,9	KESKIKOVA
MELALAHTI	0,68	3,8	PEHMEÄ
VEHMERSALMI	0,84	4,7	PEHMEÄ
KARTTULA	0,14	0,8	ERITTÄIN PEHMEÄ
NILSIÄ, TAAJAMA	0,43	2,4	PEHMEÄ
NILSIÄ, TAHKOVUORI	0,52	2,9	PEHMEÄ
MAANINKA	0,65	3,6	PEHMEÄ
JUANKOSKI, TAAJAMA	0,86	4,8	PEHMEÄ

Kuva 5 Veden kovuuksia eri puolilla Kuopiota (Kuopionvesi.fi)

Tukkeumia voidaan poistaa putkista mekaanisesti kaapimalla. Tällainen puhdistus vaatii vedenjake-
lun keskeyttämistä kyseisen putken vaikutusalueelta. Putki kaivetaan esiin ja katkaistaan muutaman
kymmenen metrin välein, jolloin putken sisäpinta saadaan puhdistettua koko matkalta. Puhdistam-
alla putken vedenjohtokyky saadaan lähes uudenveroiseksi. Puhdistamisen jälkeen putki voidaan
myös pinnoittaa eri menetelmillä. Kuvassa kuusi on havainnollistettu, kuinka tehokkaasti putkia voi-
daan puhdistaa oikeilla menetelmillä. (RIL 237-1-2010, 128.)



Kuva 6 Vasen putki on avattu poraamalla ja oikea on puhdistettu erään-
laisella painepesurilla (Plumbing-draincleaning.com)

3 PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄT

Suomessa vesihuoltoverkostojen sijaintitiedot ovat hyvin dokumentoituna, mutta kuntotietoja, joita tarvitaan saneeraustarpeen suunnitteluun, on alle kymmenellä prosentilla kunnista. (Ril.fi) Verkkotietojen digitalisoinnilla saavutaan taloudellisia hyötyjä sekä helpotetaan kunnossapitotöitä. Vesihuoltoverkkoja saneerataan Suomessa vuosittain noin 700-900 kilometriä, jolloin sulkualueen venttiilit ja asiakkaat sekä muut tarpeelliset tiedot on helppo selvittää suoraan paikkatietojärjestelmistä. Ajan tasalla olevalla aineistolla helpotetaan myös vesihuollon suunnittelua. Esimerkiksi kun suunnitellaan uutta asuinalueita, ovat olemassa olevan vesihuoltoverkoston sijainti- ja ominaisuustiedot erittäin tärkeitä lähtötietoja. (Ympäristöopas 112).

Vesihuollon tarpeisiin suunnitellut paikkatietojärjestelmät tarjoavat nykyisin monia työkaluja alan toimijoille. Osa järjestelmistä on paikallisesti asennettavia, kuten esimerkiksi QGIS- ja ArcGis -ohjelmistot. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelmistot joudutaan asentamaan tietokoneelle ennen niiden käyttöä. Näiden lisäksi on olemassa myös selainpohjaisia paikkatietojärjestelmiä, kuten Paikkatietoikkuna ja KeyAqua. Paikkatietojärjestelmissä esitettävät objektit sisältävät ominaisuustiedot sekä paikkatiedon. Esimerkiksi kun esitetään yksittäistä sulkuventtiiliä, voi sen ominaisuustietoina olla omistaja, rakennusvuosi ja tilatieto (auki vai kiinni). Paikkatietoon taas sisältyy kohteen sijainti sekä topologiset kytkennät. Tämä tarkoittaa siis venttiilin koordinaatteja, sekä niitä putkia, joihin se on kytketty. (Ympäristöopas 112).

3.1 KeyAqua

Keypron KeyAqua on selainpohjainen paikkatietojärjestelmä, joka toimii niin tietokoneilla kuin mobiililaitteillakin. KeyAquassa on mahdollista dokumentoida putkien ja laitteiden sijainnit sekä tarkemmat tekniset tiedot. KeyAqua tarjoaa myös suoria rajapintoja eri palveluihin, kuten Fluidit Oy:n mallinnusohjelmistopalveluun. Palvelu räätälöidään jokaisen asiakkaan tarpeiden mukaan, jolloin käyttöölytymässä on pieniä eroavaisuuksia asiakkaiden välillä. KeyAqua toimii erilaisten lomakkeiden kautta, joilla putkia ja muita varusteita voidaan hallita. Lomakkeilla voi tarkastella halutun kohteen tietoja, muokata niitä tai luoda kokonaan uuden kohteen. Tämän lisäksi verkostoa voidaan analysoida esimerkiksi topologisen eheyden kautta.

Fluidit Oy tarjoaa erilaisia analyysi-, mallinnus- ja suunnittelupalveluita vesialan toimijoille (Fluidit.com). Fluidit toimii yhteistyössä Keypron kanssa tarjoamalla rajapinnan mallinnukseen KeyAqua-palvelussa. Palvelu laskee KeyAquan aineiston perusteella verkostolle muun muassa virtaamat, virtausnopeudet, virtaussuunnat ja verkostopaineet. Putki- ja laitetietojen lisäksi mallinnus vaatii pumppaamojen ohjaustaulut, jotka tulevat suoraan KeyAquan asiakkailta. Mallinnuspalvelu KeyAquassa on tällä hetkellä pilottivaiheessa ja testaukseen osallistuu muutama KeyAquan asiakas.

3.2 Topologia

Topologialla tarkoitetaan eri kohteiden suhteita toisiinsa. Yleisimpiä topologisia suhteita eri objektien välillä ovat vierekkäisyys ja päällekkäisyys. Näitä yhteyksiä voidaan tutkia koordinaatiston avulla tai

valmiiksi tallennettujen yhteyksien kautta. Tallennetuilla yhteyksillä tarkoitetaan esimerkiksi sitä, kun vesiverkoston putkille on tallennettu tieto, mihin solmuihin ne on kytketty. Nämä tallennetut tiedot kytkennöistä ovat käytännöllisiä, kun halutaan tutkia topologista eheyttä. Pelkkien koordinaattien avulla luotu analyysi ei välttämättä ole yhtä tarkka, koska karttaprojektiot vääristävät kohteita. (Hadzilacos ja Tryfona 2005)

4 TUTKIMUSSUUNNITELMA

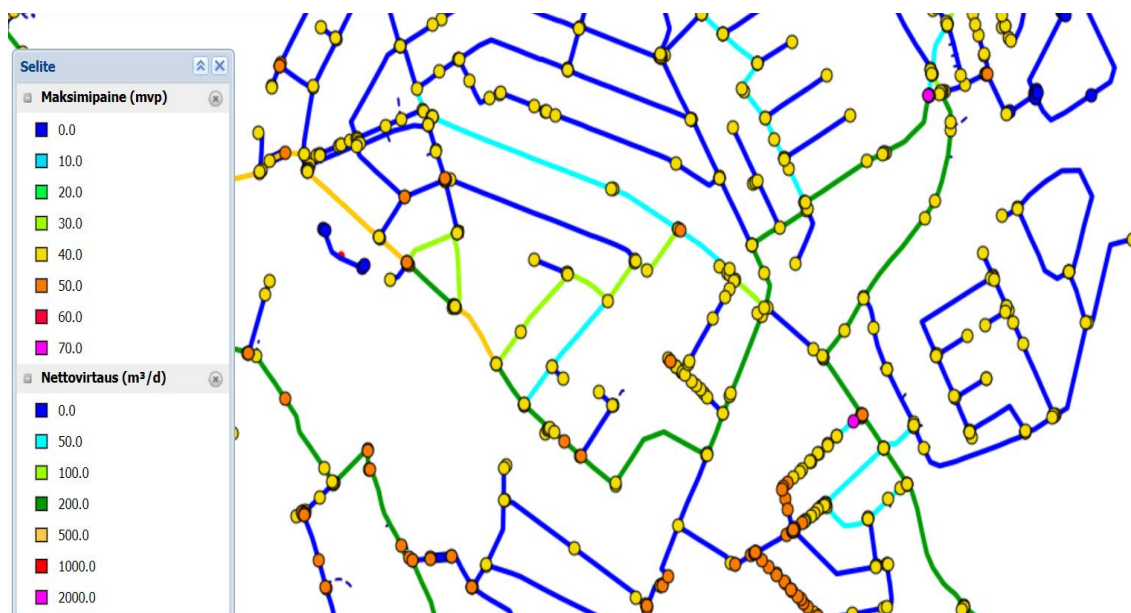
4.1 Tavoitteet

Opinnäytetyön tutkimusosio alkoi tutkimussuunnitelman määrittämisellä sekä annetun aiheen tarkentamisella. Keypro halusi selvittää onko KeyAquaan mahdollista luoda työkalu, joka määrittää ilman vettä jäävät kiinteistöt putkikojen korjauksen aikana, sekä ilmoittaa venttiilit, joista vedentulo saadaan suljettua. Työn osalta tämä tarkoitti sellaisen työkalun mallin luomista, jonka Keypron sovelluskehitys osasto voisi myöhemmin mahdollisesti lisätä palveluunsa. Työ jaettiin kolmeen osaan: 1) mallin kehitys KeyAqua-palveluun, 2) Fluidit Oy:n mallinnuspalvelun hyödyntäminen haluttujen tietojen selvittämiseksi sekä 3) aineistoanalyysi yhdelle KeyAquan asiakkaalle. Pääpaino työssä oli kuitenkin mallin kehittämisessä KeyAqua-palveluun, sillä Fluidit Oy:n mallinnuspalvelu on käytössä vasta muutamalla pilottiasiakkaalla. Näiden lisäksi osana kirjallisuustutkimusta selvitettiin, miten samanlainen toiminto saadaan käyttöön QGIS-paikkatietojärjestelmässä.

4.2 Tutkimuksessa käytetyt menetelmät

Työkalun mallin luomista KeyAqua-palvelua varten täytyi aluksi selvittää, mitä mahdollisia tapoja sen luomiseen on. Tämän selvityksen seurauksena luotiin erilaisia malleja siitä, miten työkalu voisi käytännössä toimia. Näissä malleissa tutkittiin muun muassa miten vesi käyttäytyy putkistossa, kun sulkuventtiilejä suljetaan, miten veden virtaussuunta voidaan selvittää ja miten topologisilla yhteyksillä voidaan selvittää ilman vettä jääviä kiinteistöjä. Näitä luotuja malleja tutkittiin pilottiasiakkaiden aineistossa, tarkastelemalla miten ne käytännössä toimivat. Esimerkiksi virtaussuuntien määritys osoittautui hankalaksi selvittää ilman veden virtauksen mallintamista johtuen verkoston silmukkamaisesta rakenteesta ja useista veden syöttöpisteistä. Tarkastelluista malleista selvitettiin tehokkaimmin ja varmimmin toimiva menetelmä halutun toiminnallisuuden toteuttamisessa. Kun käytettävä malli oli valittu, muokattiin sitä vielä laskennan keventämiseksi. Kun haluttu malli oli selvillä, täytyi edelleen tutkia mitä ongelmia asiakkaiden verkostoaineistossa on ja miten ne vaikuttavat työkalun toimivuuteen. Tätä varten Kymen veden aineistoon tehtiin aineistoanalyysi, josta merkittiin erikseen työkalun toimivuuteen vaikuttavat kohdat. Aineistoanalyysi tehtiin osittain Keypron valmiin dokumentin pohjalta, mutta siihen lisättiin myös muita ongelmia, joita verkostomallista löytyi.

Fluidit Oy:n mallinnuspalvelun hyödyntäminen haluttujen tietojen selvittämiseksi alkoi tutkimalla, miten mallinnus käsittelee pääverkosta irrallisia kohteita. Tämä on tärkeää, kun halutaan tietää ne kohteet, jotka jäävät ilman vettä korjausta varten suljettujen putkien lisäksi. Mallintaminen tapahtui lisäämällä KeyAquan mallinnuslomakkeelle koko vesijohtoverkosto, josta se lähetetään Fluiditin palvelimelle. Kun palvelin on mallintanut verkoston, se lähetetään takaisin KeyAquaan, jossa tulokset saa esitettyä (kuva 7). Pääverkosta irrallisia kohteita tutkittaessa lähetettävään malliin tehtiin erilaisia muutoksia, ja tutkittiin miten ne vaikuttavat lopputulokseen. Näitä muutoksia olivat pääasiassa putkien poistaminen lähetettävästä mallista, sekä venttiilien tilatietojen muokkaus suljetuiksi.



Kuva 7 Mallinnustulokset KeyAqua-palvelussa (KeyAqua)

5 AINEISTOANALYYSI

Aineistoanalyysin teko alkoi tutkimalla Kymen veden verkostoa KeyAqua-palvelussa. Aineistoanalyysin tuloksia ei kuitenkaan julkaista tässä opinnäytetyössä, sillä tarkempia verkoston tietoja ei ole tarkoitettu julkiseen jakeluun. Yleisimpiä verkoston laadun ongelmia ovat kuitenkin putkien ja laitteiden kytkentöjen puute. Topologisen eheyden tarkasteluun KeyAqua tarjoaa muutamia erilaisia työkaluja. Verkonseuranta-työkalu seuraa valitun putken kytkentöjä, kunnes vastaan tulee putki tai varuste, jota ei ole kytketty eteenpäin. Löydetyt putket ja varusteet saa listattuna lomakkeelle, sekä joissakin käyttöympäristöissä myös korostettua visuaalisesti kartalta. Kytkemättömiä vesijohtoja saa haettua myös vesijohtolomakkeelta. Lomakkeella (kuva 8) voidaan valita erilaisia kriteereitä, joiden perusteella se etsii vastaavia putkia koko aineistosta tai valitulta alueelta.

Kuva 8 Vesijohto lomake, johon täytetty hakukriteerit putkityypistä, käyttötilasta ja kytkennöistä (KeyAqua)

5.1 SQL-kyselyt

Aineistoa voidaan tutkia myös suoraan tietokannasta. Tietokantaan voidaan tehdä erilaisia kyselyitä, joilla saadaan haluttua dataa ulos. Nämä toteutetaan SQL-kielellä Oraclen palvelimella. SQL on standardoitu kieli datan hallintaan. Sillä voidaan tallentaa, muokata sekä etsiä dataa aineistosta. (W3schools.com).

Aineistoanalyysissä etsitään tietokannasta haluttuja tietoja. Esimerkiksi topologisesti kytkemättömiä vesiputkia voidaan etsiä aineistosta käyttämällä ehtolausekkeessa is null -lauseketta. Tämä etsii halutusta sarakkeesta ruutuja, joille ei ole annettu mitään arvoa. SQL-kyselyillä etsittiin tietokannasta sellaisia asioita, joita KeyAquan lomakkeilla ei saanut selvitettyä. SQL-kyselyn rakenne on seuraava:

- Select -määrittää mitä valitaan
- From -määrittää mistä taulusta tietoa etsitään
- Where -ehtolauseke, jolla tarkennetaan hakua

5.2 Topologinen eheys

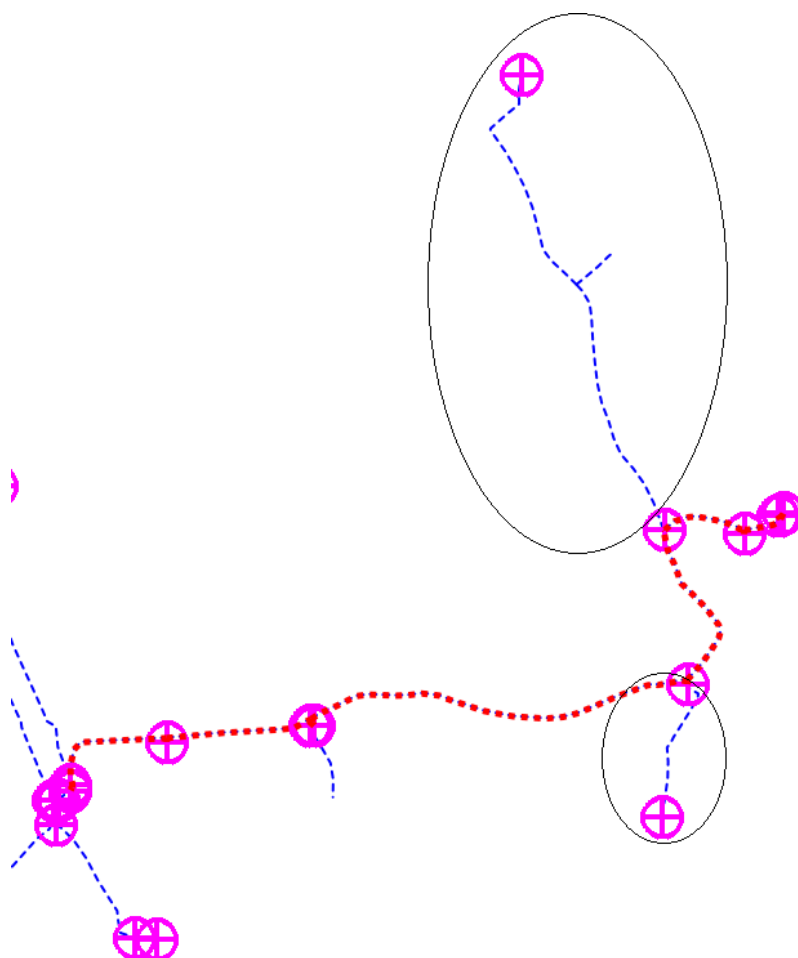
Vesihuoltoverkostoissa topologinen eheys tarkoittaa sitä, että jokainen putki on liitetty oikein siihen kuuluvaan varusteeseen. Kun tehdään analyysiä esimerkiksi sulkuventtiilien väliin jäävistä putkista, täytyy jokaisen putken kytkentöjen olla kunnossa. Vaikka putki on halutussa ohjelmassa samassa pisteessä kuin esimerkiksi sulkuventtiili, eivät analyysit välttämättä toimi, jollei näille ole tallennettu tietoa niiden kytkennästä.

6 JAKELUHÄIRIÖT KEYAQUA-PALVELUSSA

Tässä opinnäytetyössä luodun työkalun malli ilman vettä jäävien kiinteistöjen ja sulkuventtiilien etsimiseksi esitetään tässä kappaleessa. Malli on jaettu taustalaskentaan ja varsinaisen työkalun toimintaan. Taustalaskenta on erillään varsinaisesta työkalusta, koska siihen liittyvä laskenta on raskas ja se täytyy suorittaa ennen kuin työkalua voidaan käyttää. Lopuksi on vielä esitetty tiivistelmä siitä, mitä taustalaskennassa tapahtuu ja miten työkalu toimii.

6.1 Taustalaskenta

Kuvassa yhdeksän on esitetty vesijohtoverkoston sulkualueita. Sulkualue on sulkuventtiilien rajaama alue, joka koostuu vesiputkista. Kun putkea korjataan, sulkualueen sisään jäävien vesijohtojen vedenjakelu keskeytyy. Kuvassa yhdeksän tällainen sulkualue on piirretty punaisella katkoviivalla. KeyAquan aineistosta määritetään jokaiselle putkelle sulkualue, johon se kuuluu. Se määritetään seuraamalla putken kytkentöjä sulkuventtiileihin asti tai kunnes vastaan tulee putken pää. Kytkentöjä seurattaessa jokainen putki, joka tulee vastaan, tallennetaan tietokantaan samaan sulkualueetauluun. Sulkualueiden lisäksi myös putket, jotka ovat muuhun verkostoon yhteydessä ainoastaan kyseisen sulkualueen läpi, jäävät ilman vettä. Nämä ovat kuvassa yhdeksän merkitty mustilla ympyröillä. Näiden ilman vettä jäävien alueiden määrittämisessä tutkitaan niiden yhteyttä veden syöttöpisteisiin.



Kuva 9 Sulkualueet KeyAqua-palvelussa. Katkoviivat ovat vesiputkia ja vaaleanpunaiset ympyrät sulkuventtiilejä. Punaisella on korostettu yksittäinen sulkualue, ja mustilla ympyröillä ilman vettä jäävät sulkualueet, kun punainen sulkualue suljetaan. (KeyAqua, muokkaus Jaakko Aroheinä)

Sulkualueille lisätään myös tieto siitä, mihin muihin sulkualueisiin se on kytketty. Tämä saadaan tehtyä, kun tutkitaan millä sulkualueilla on yhteisiä sulkuventtiileitä. Jos kahdella sulkualueella on sama sulkuventtiili, ne ovat kytketty yhteen. Kuvan yhdeksän tapauksessa tämä tarkoittaa sitä, että kumpikin ympyröity sulkualue on kytketty punaisella katkoviivalla kuvattuun sulkualueeseen. Samalla sulkualueisiin lisätään tieto, mikäli ne sisältävät veden syöttöpisteen, kuten pumppaamon tai vesisäiliön. Sulkualueisiin kuuluvat putket, sulkuventtiilit ja veden syöttöpisteet tallennetaan tietokantaan joka yö. Tämä tehdään ajastamalla kysely automaattisesti jokaiselle yölle.

6.2 Työkalun toiminta

KeyAquaan luodaan seuraavaksi työkalu, jolla valitaan palvelusta haluttu putki. Työkalu etsii tietokannasta halutun putken sulkualueen ja selvittää mihin muihin sulkualueisiin se on kytketty. Näiden sulkualueiden kytkentöjä seurataan, kulkematta valitun sulkualueen läpi, kunnes vastaan tulee veden syöttöpiste tai kytkennät loppuvat. Jos ketjussa on jossain kohdin veden syöttöpiste, kaikki sulkualueet saavat vettä. Jos sulkualue ketjussa ei ole syöttöpistettä, on jokaisessa niissä jakeluhäiriö. Tätä laskentaa voidaan vielä optimoida tallentamalla tieto jo tutkituista sulkualueista. Jos kahdella sulkualueketjulla on yhteinen sulkualue, voidaan ne määrittää yhdeksi ketjuksi, jolloin päällekkäistä laskentaa ei tarvita.

Kiinteistöjen lisäksi tärkeä tieto on sulkualueen venttiilit. Kun nämä korostetaan palvelusta, on urakoitsijan helppo tarkastella kartalta mitkä sulkuventtiilit täytyy sulkea ja mistä ne löytyvät. Mikäli urakoitsija huomaa kentällä, että sulkuventtiili on rikki, voidaan työkalulla valita kyseisen sulkuventtiilin takana oleva putki. Näin saadaan nopeasti selvitettyä, mitkä ovat seuraavat sulkuventtiilit, jotka täytyy sulkea.

Jakeluhäiriöiden ja sulkuventtiilien etsimiseen luodun työkalun mallin voi tiivistää seuraavasti:

Taustalaskenta:

- Jokainen putki lisätään oikeaan sulkualuetauluun tietokannassa
- Jokaiseen sulkualuetauluun lisätään siihen kuuluvat sulkuventtiilit
- Sulkualuetauluun lisätään tieto, mikäli sulkualue sisältää veden syöttöpisteen
- Jokaiseen sulkualuetauluun lisätään tieto, mihin muihin sulkualueisiin se on kytketty sulkuventtiilien perusteella

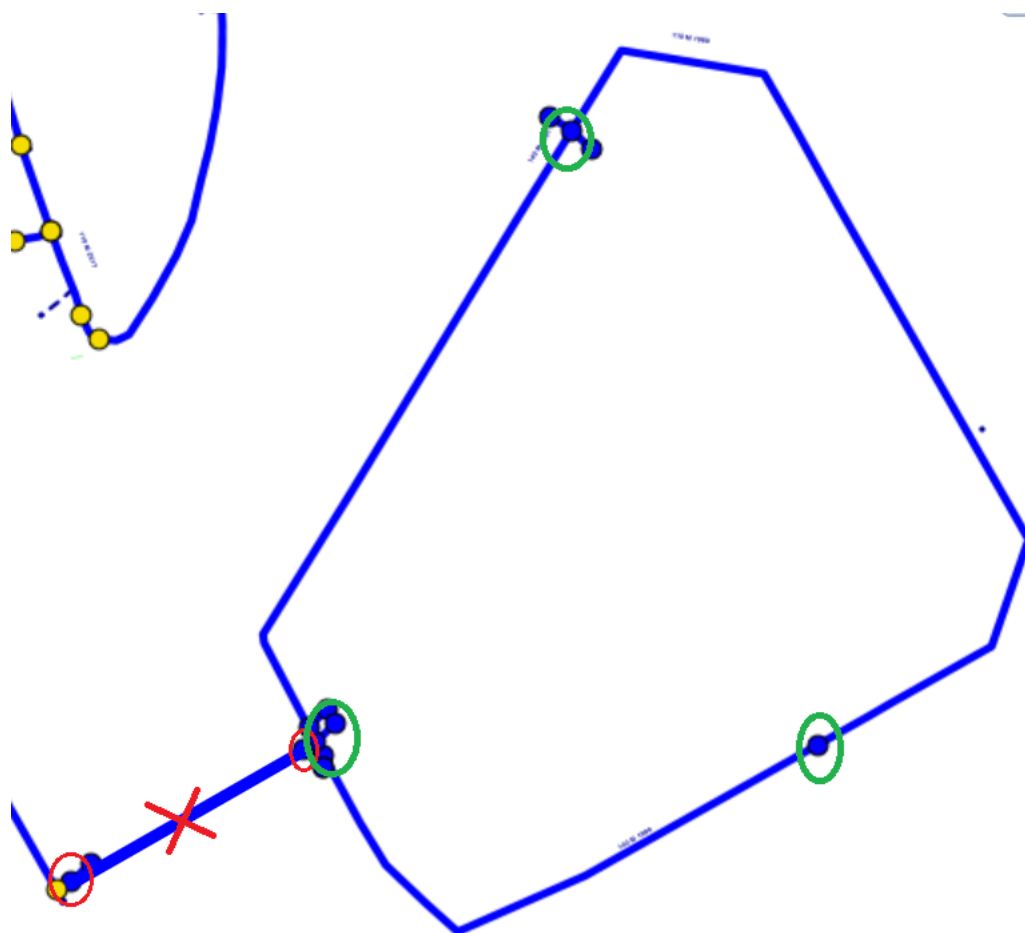
Työkalu:

- KeyAquaan luodaan työkalu, jolla valitaan haluttu putki kartalta
- Työkalu etsii tietokannasta sulkualueen, johon valittu putki kuuluu
- Työkalu etsii tietokannasta kaikki sulkualueet, jotka on kytketty valittuun sulkualueeseen
- Työkalu tutkii kytkettyjen sulkualueiden kytkentöjä kulkematta aiemmin valitun sulkualueen kautta
- Mikäli kytkentöjä seuratessa vastaan tulee sulkualue, jossa on veden syöttöpiste, ei näille sulkualueille tule jakeluhäiriötä
- Mikäli kytkentöjä seuratessa ei tule vastaan veden syöttöpistettä, koko ketjuun tulee jakeluhäiriö
- Työkalu korostaa kiinteistöt, jotka on kytketty jakeluhäiriön sisältävän sulkualueen putkiin.
- Työkalu korostaa valitun putken sulkualueen sisältämät sulkuventtiilit.

7 JAKELUHÄIRIÖT FLUIDIT OY:N MALLINNUKSESSA

KeyAqua tarjoaa asiakkailleen suoran rajapinnan Fluidit Oy:n tarjoamaan vesijohtoverkoston virtausmallinnuspalveluun. Mallinnuksessa putkien ja varusteiden tiedot lähetetään Fluiditin palvelimelle KeyAquan lomakkeella. Mallinnus laskee putkille esimerkiksi paineen, virtaaman, keskimääräisen virtausnopeuden sekä muita mallinnettuja tietoja. Mallinnukseen Fluidit tarvitsee myös pumppaamojen ohjaustaulut, jotka saadaan KeyAquan asiakkailta. Mallinnuksessa voidaan tutkia miten erilaiset muutokset verkostoon vaikuttavat muuhun verkkoon. Tätä voidaan käyttää hyväksi, kun halutaan mallintaa sulkualueiden vaikutuksia.

Kun mallinnukseen lähetetään sulkualan venttiilit suljettuina, mallinnus osaa laskea millä alueilla veden tulo lakkaa (kuva 10). Nämä muusta verkosta irralliset osat löydetään, kun tutkitaan solmuja, joiden painetaso on negatiivinen. Tällaisiin solmuihin kytketyille putkille ei tule vettä. Tämä johtuu siitä, että mallinnus lisää automaattisesti irrallisille alueille negatiivisen 1000mvp paineen, jotta laskenta saadaan ajettua läpi. Tätä ominaisuutta varten tarvitsee kuitenkin luoda työkalu, joka lisää halutun sulkualan venttiilit automaattisesti suljettuina. Kuvassa kymmenen tämä on tehty manuaalisesti etsimällä valitun putken lähimmät sulkuventtiilit ja vaihtamalla niiden tilatiedoksi suljettu. Myös mallinnuksen luomaa visuaalista esitystä on tarkasteltava, jotta saadaan selville ne kohteet, joille ei tule vettä. Tämä voidaan toteuttaa muuttamalla teemoituksen väriä tai lisäämällä kokonaan uusi teema. Kuvan kymmenen mukaisesti tämä tarkoittasi korostuksen lisäämistä niille putkille, jotka on kytketty solmuihin, joiden painetaso on nolla tai negatiivinen.



Kuva 10 Mallinnuksen tulokset suljetuilla venttiileillä. Punainen rasti on kohta, jossa on putkirikko, punaiset ympyrät ovat suljettuja sulkuventtiilejä ja vihreät ympyrät ovat solmuja, joiden painetaso on mallinnuksessa noin -1000mvp. Kuvassa näkyy myös muutama sininen solmu, jotka ovat mallinnuksen luomia veden syöttöpisteitä verkosta irrallisille kohteille. (KeyAqua, muokkaus Jaakko Aroheinä)

8 JAKELUHÄIRIÖT QGIS-OHJELMASSA

QGIS on avoimeen lähdekoodiin perustuva paikkatietojärjestelmä (Qgis.org). Ohjelmalla voidaan luoda ja muokata karttoja ja verkostoja sekä tehdä erilaisia analyysejä niille. Sovellukseen on saatavilla monia käyttäjien luomia aliohjelmia, ja se sisältää myös mahdollisuuden koodata omia sovelluksia siihen.

QGIS-ohjelmassa tutkittiin, onko siihen jo olemassa aliohjelmaa, joka tekee halutut toimenpiteet. Näitä ohjelmia etsittiin QGIS:n lisäosakirjastosta, sekä kyselemällä asiaa paikkatietofoorumeilta. Vesihuoltoverkon hallintaan ja mallinnukseen on saatavilla muutamia aliohjelmia, kuten QWater ja WNT Open Source 3. Saatavilla olevilla ohjelmilla ei kuitenkaan pysty luomaan verkoston sulkualueita. Tätä varten on kuitenkin mahdollista luoda esimerkiksi Python-ohjelmointikielellä aliohjelma, joka ensin luo halutun putken sulkualueen tutkimalla putkien kytkentöjä. Kun näiden putkien ja venttiilien attribuuttitauluun lisätään tilatiedoksi suljettu, voidaan putkitiedostoon luoda suodatin, joka jättää nämä putket pois näkymästä. Kun sulkualueen putket on poistettu, saadaan esimerkiksi Disconnected Islands -aliohjelmalla luotua graafinen esitys alueista, jotka eivät ole yhteydessä verkoon.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Keyprolle selvitys, onko KeyAqua-palveluun mahdollista luoda toiminto, joka selvittää ilman vettä jäävät kiinteistöt, kun haluttuun putkeen suljetaan veden tulo sulkuventtiileillä. Tämän lisäksi toiminto korostaisi myös kyseiset sulkuventtiilit. Toiminto haluttiin helpottamaan vesihuoltoverkoston korjaustoimenpiteitä.

Työssä tutkittiin vesihuoltoverkoston kunnossapitoon liittyvää teoriaa, kuten putkirikkojen syitä sekä verkoston nykytilaa Suomessa. Samalla tutustuttiin paikkatietojärjestelmiin ja niiden käyttöön vesihuollossa. Paikkatietojärjestelmiin olennaisesti liittyvää topologiaa tutkittiin selvittämällä, miten eri verkoston kohteet kytketään toisiinsa paikkatietojärjestelmissä.

Selvityksen tuloksena luotiin malli, joka lähetettiin Keypron sovelluskehitykseen, jossa se voidaan koodata ja lisätä KeyAqua-palveluun. Mallin perusideana oli selvittää topologisten yhteyksien kautta mitkä kiinteistöt ovat yhteydessä veden syöttöpisteisiin, kun ei kuljeta rikkiäisen putken sulkualueen läpi. Toiminnon avulla jakeluhäiriöilmoitukset voidaan kohdentaa ainoastaan niille asiakkaille, joille vettä ei tule. Tämän lisäksi urakoitsijoiden on helppo löytää tarvittavat sulkuventtiilit, joilla veden tulo saadaan katkaistua halutulta alueelta. Mikäli urakoitsija huomaa kentällä, että sulkuventtiili on rikkiäinen, voidaan toiminnon avulla myös löytää seuraavat sulkuventtiilit, jotta veden tulo saadaan keskeytettyä. Koska toiminto tutkii verkostoa topologisten yhteyksien kautta, se ei osaa kertoa kiinteistöjä, joille voi korjaustoimenpiteiden takia tulla värjäätynyttä vettä. Värjäätynyt vesi on usein seurausta siitä, kun veden kulkusuunta muuttuu putkissa sulkuventtiilien käytön takia, ja irrottaa putkeen kertynyttä sakkaa.

Tämän mallin lisäksi Keyprolle luotiin selvitys siitä, kuinka Fluidit Oy:n mallinnuspalvelua voidaan käyttää hyväksi etsittäessä kiinteistöjä, joille ei tule vettä. Kymen Veden verkostoaineistolle tehtiin myös aineistoanalyysi, jotta tiedetään mitä asioita aineistosta täytyy korjata. Nämä korjaukset täytyy tehdä aineistoon, jotta KeyAquaan luotava työkalu ilman vettä jäävien kiinteistöjen ja sulkuventtiilien etsimiseksi toimii.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Bwb.de [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-26] Saatavissa: http://www.bwb.de/en/as-sets/img_M/graugussrohr_641x300.png

KARTTUNEN, Erkki, 1999, Vesihuoltotekniikan perusteet, Opetushallitus, Helsinki

Kuopionvesi.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-24] Saatavissa: <https://www.kuopionvesi.fi/tietoa-vedesta/usein-kysytyta/yleiset-kysymykset/>

Keypro.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-27] Saatavissa: <https://www.keypro.fi/fi/etusivu>

Plumbing-draincleaning.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-26] Saatavissa: <http://www.plumbing-draincleaning.com/drain-cleaning.html>

Qgis.org [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-02-20] Saatavissa: <https://qgis.org/en/site/about/index.html>

Ril.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-6] Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2017/2017-vaikuttaminen/roti-2017/paneelit/roti_2017_paneelit_yhd.pdf

HADZILACOS, Thanasis ja TRYFONA, Nectaria. 2005 A Model for Expressing Topological Integrity Constraints in Geographic Databases. Saatavissa: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-55966-3_15

Vaasanvesi.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-3] Saatavissa: <https://www.vaasanvesi.fi/puhtaan-veden-kovuus>

Valtioneuvosto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-6] Saatavissa: https://valtioneuvosto.fi/documents/1410837/1516651/Vesihuollon+suuntaviivat+2020-luvulle_final_20170622.pdf/cb687a80-dd57-4733-88c7-f3962e4bf9f4

Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, perusteet ja toiminnallisuus: RIL 237-1-2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

W3schools.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-10] Saatavissa: <https://www.w3schools.com/sql/default.asp>

Ymparisto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-6] Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Katso_kuinka_laadukkaasti_vesihuoltolait\(41816\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Katso_kuinka_laadukkaasti_vesihuoltolait(41816))

Ympäristö opas 112, Paikkatiedot vesihuollossa [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-18] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41744/Ymp%C3%A4rist%C3%B6opas_112.pdf?sequence=1&isAllowed=y