

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# JYVÄSKYLÄN SEUDUN PUHDISTAMO

Maanalaisen infran mallintaminen

TEKIJÄ Jussi Turunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma, infrarakentaminen	
Työn tekijä Jussi Turunen	
Työn nimi Maanalaisen infran mallintaminen	
Päiväys 22.2.2023	Sivumäärä/Liitteet 22
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Jyväskylän seudun puhdistamo Oy	
Tiivistelmä Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli kuvata Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:n JSPBio+ hankkeen toteutuksen yhteydessä syntynyttä ongelmaa ja puhdistamon maanalaisten putkilinjojen sekä rakenteiden dokumentaatiota. Opinnäytetyössä on kerrottu mahdollisuudet dokumentoinnin parantamiseen ja lähtötietojen kokoamiseen tietomallin luomiseksi alueella sijaitsevista maanalaisista rakenteista ja putkistoista.  Työ toteutettiin haastattelemalla alalla toimivia asiantuntijoita ja tutustumalla tietomalleja tuottavien yritysten verkkosivustoihin. Työn lähdeaineistona käytettiin myös Tampereen ja Oulun yliopistoille laadittuja diplomitöitä, jotka käsittelivät aihetta. Työssä perehdyttiin puhdistamon maanalaisen infran dokumentoinnin tämänhetkiseen tilaan ja laadittiin ohjeistusta dokumenttiaineiston kokoamiseksi. Opinnäytetyössä laadittiin esitys aineistoon liitettävän paikkatiedon hankkimiseen.  Työn lopputuloksena laadittiin puhdistamolle 3 vaihtoehtoista toimintamallia. Vaihtoehdossa 0 jatketaan nykyisellä toimintamallilla. Vaihtoehdossa 1, alueesta laaditaan yhdistelmämalli, mutta se vaatii puhdistamolta suuria taloudellisia resursseja. Vaihtoehto 2, jossa alueelta saatava dokumentaatio yhdistetään samaan aineistoon, on puhdistamon kannalta paras vaihtoehto. On kuitenkin otettava huomioon, että tulevaisuudessa infrarakentamisessa tullaan siirtymään tietomalleihin myös verkostorakentamisen osalta.	
Avainsanat Tietomalli, maanalainen infra, maanalaiset putkistot, infrarakentaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Master's Degree Programme In Civil Engineering	
Author(s) Jussi Turunen	
Title of Thesis Jyväskylän seudun puhdistamo, modelling of underground infrastructure, infrastructure construction	
Date 22 February 2023	Pages/Appendices 22
Client Organisation /Partners Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy	
<p>Abstract</p> <p>This thesis describes a problem that emerged in the implementation of the JSPBio+ project of Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy and the documentation status of the treatment plant's underground structures. The thesis describes options for improving the documentation and initial data collection to create a data model of the structures and pipelines' location in the area.</p> <p>The work was performed by interviewing experts working in the field and by investigating the websites of companies that produce data models. In addition, master theses dealing the topic from Tampere University and the University of Oulu were used as source material. In this thesis the documentation status of the treatment plant's underground infrastructure was investigated. In addition, guidelines were prepared for documentation and for acquiring location information.</p> <p>As a result of the thesis, three alternative operating models for the treatment plant were created, named 0, 1 and 2. Of these three, model 2 is considered the best option for the treatment plant since, in the future, there will be a transitions to data models including the network construction also in infrastructure construction.</p>	
Keywords Inframodel, underground infrastructure, underground pipelines	

## ESIPUHE

Haluan kiittää Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:n henkilökuntaa ja erityisesti toimitusjohtaja Petri Tuomista avusta opinnäytetyöni valmistumisessa. Lisäksi haluan kiittää työn ohjannutta Kai Auvista, jonka JSPBio+ työmaalla ehdottamasta aiheesta työni sai alkunsa.

Suuret kiitokset avustaan ansaitsevat myös Miika Karhapää, Martti Jormanainen ja Jani Liukkonen.

Tohmajärvellä 7.3.2023

Jussi Turunen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn taustaa .....	6
1.2	Työn tavoite .....	6
2	JSPBIO+ HANKE.....	8
2.1	Esisuunnittelu .....	8
2.2	Putkisillanperustusten suunnittelu .....	9
2.3	Toteutus .....	10
2.4	Loppudokumentaatio asiakirjojen perusteella.....	11
3	MAANALAISEN INFRAN DOKUMENTOINTI .....	12
3.1	Dokumenttipohjainen aineisto.....	12
3.2	3-D aineisto.....	14
3.3	Muiden toimijoiden käyttämät ratkaisut.....	15
3.5	Loppudokumentaatiomalli .....	17
4	POHDINTA.....	21
	LÄHTEET .....	22

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	Suunnitelma-aineiston tilanne Jyväskylän puhdistamolla helmikuussa 2023. ....	7
KUVA 2.	Tarjouspyyntöaineiston liitteenä ollut havainnekuva uudesta putkisillasta (JSPBio+ hanke, tarjouspyyntöaineisto 2021). ....	8
KUVA 3.	Maanalaisia rakenteita toteutettavan anturan kohdalla. Kuvassa näkyy viisi putkea ja kolme kaapelia. (Turunen 2022.).....	9
KUVA 4.	Paalujen PVC-suojaputket. RR140 paalut lyötiin suojaputkiin, että ne eivät rikkoneet kuvassa 3 näkyviä maanalaisia rakenteita. Kuvassa näkyy myös 2 ylimääräistä suojaputkea, joilla varauduttiin paalun jäämiseen kiveen tai että paalu ei täytä vaatimusta. (Turunen 2022.) .....	10
KUVA 5.	Dokumentin PL-18-01 revisio 3 pdf-formaatissa. Kuvassa on esitetty tiedossa olevat maanalaiset putkistot puhdistamon alueella. (Kuvankaappaus dokumentista PL-18-03 Rev3, 2023.) .....	13
KUVA 6.	Maanalaista infraa tietomallissa (Ruutukaappaus haastattelun yhteydessä (Turunen 2023) .....	16
KUVA 7.	Xylem Smartball on kehitetty putkistojen sijaintitiedon keräykseen (Xylem julkaisuaika tuntematon). ....	18
KUVA 8.	Lahti Aquan mallissa on merkitty vanha, käytöstä poistuva putkisto keltaisella, ja sen ominaistiedot näkyvät ohessa (Kuvankaappaus Lahti Aquan järjestelmästä 2023). ....	18
KUVA 9.	Esitys maanalaisen infran mallintamisen mahdollisuuksista Jyväskylän puhdistamolla (Turunen 2023). ....	19

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn taustaa

Opinnäytetyöni käsittelee Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:n Nenäinniemen puhdistamon maanalaisten putkistojen ja kaapeleiden dokumentointia rakentamisen yhteydessä. Puhdistamo oli aiempien urakoiden yhteydessä huomannut, että maanalaisten rakenteiden puutteellinen dokumentointi aiheuttaa ongelmia rakennusaikana. Maanalaiset rakenteet aiheuttavat ongelmia myös alueelle rakennettavien uusien rakennusten suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Näistä koituu pahimmillaan viivästyksiä ja kuluja siirtotöiden muodossa. Kattavan dokumentaation puutteen vuoksi alueella urakoitaessa syntyy usein putkirikkoja tai kaapelivaurioita. Nämä aiheuttavat katkoksia ja häiriöitä puhdistamon toimintaan.

Opinnäytetyössä selvitetään ratkaisua ongelmaan haastatteleamalla alueella vuosien varrella projekteissa mukana olleita henkilöitä ja asiantuntijoita, jotka työskentelevät vesihuollon ja mallintamisen parissa päivittäin. Haastatteluissa käytetään puolistrukturoitua menetelmää, joka perustuu haastattelutavan omiin kokemuksiin opinnäytetyöni sisältämästä aiheesta.

Opinnäytetyöni ensimmäisessä osassa kuvataan putkisillan rakentamisen yhteydessä syntyneitä ongelmia ja siihen johtaneita syitä, ja toisessa osassa esitytettyä ratkaisua, jolla kuvatuilta ongelmilta olisi mahdollista välttyä sekä näkemyksiä tietomallintamisen tulevaisuudesta verkostorakentamisessa.

### 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on JSPBio+ hankkeessa ongelmia aiheuttanutta työvaihetta esimerkkinä käyttäen löytää keinot dokumentoida puhdistamon alueella sijaitsevat maanalaiset rakenteet, putkistojen ja kaapeleiden osalta tietomalliin. Tavoitteeseen liittyy myös, että puhdistamon projekteissa siirryttäisi käyttämään taulukossa 1 esitetystä dokumenttipohjaisesta suunnittelusta täysin tietomallipohjaiseen suunnitteluun. Toisena tavoitteena opinnäytetyössäni on laatia puhdistamon käyttöön ohjeistus tarvittavista lähtötiedoista hanketta varten. Tutkin myös mahdollisuutta muuttaa tulevien urakoiden tarjouspyyntövaiheen vaatimuksia loppudokumentaatiosta. Loppudokumentaation tulisi vastata toteutuneita putkistojen sijainteja, jolloin se helpottaisi alueesta mahdollisesti laadittavaa tietomallin tekemistä.

TAULUKKO 1. Inframallintamisen hyödyntäminen geoteknisessä suunnittelussa. Puhdistamon käytössä on CAD-piirustus, jossa on esitetty viivoja ja kaaria, mutta x,y,z tieto puuttuu (Muokattu lähteestä Brotherus 2014).

Ihmisen tulkinta	Formaatti	Tietokoneen tulkin- ta	Suunnitelmien tila
Infrakohde	Skannattu piirustus	Kuvapisteitä	
Infrakohde	CAD-piirustus	Viivoja/kaaria	Tilanne puhdistamolla 2/2023
Infrakohde	CAD-piirustus	Pintoja/kappaleita	Kun CAD piirros päivitetään revisioon 4
Infrakohde	Infrakohteen 3-D malli	Putkia/rakenteita	Päivitetystä revisiosta on mallinnettu putkistot
Infrakohde	Infrakohteen tietomalli	Infrakohde	Alueesta on laadittu yhdistelmämalli

**Täysin dokumenttipohjainen suunnittelu**



**Täysin tietomallipohjainen suunnittelu**

KUVA 1. Suunnitelma-aineiston tilanne Jyväskylän puhdistamolla helmikuussa 2023.

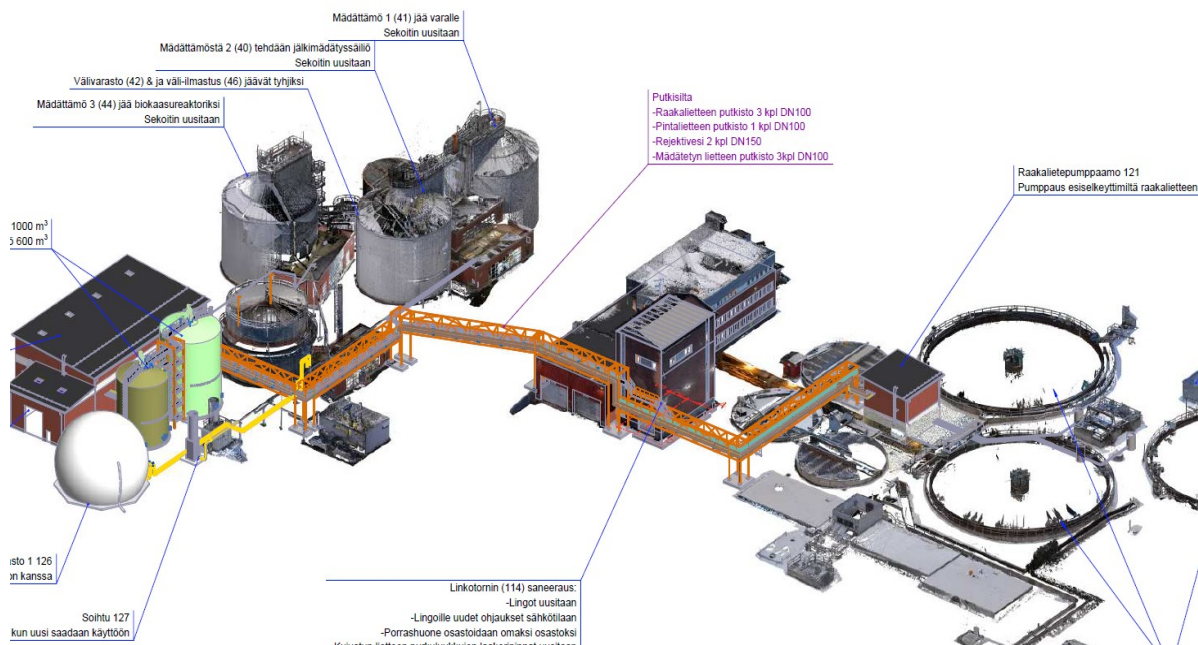
## 2 JSPBIO+ HANKE

### 2.1 Esisuunnittelu

JSPBio+ hankkeen esisuunnittelu aloitettiin 2019 ja hankkeen tavoitteena oli puhdistamon lietteenkäsittelyn ja biokaasulaitoksen toiminnan tehostaminen. Esisuunnitteluvaiheeseen toteuttajaksi valittiin Forssassa ja Jyväskylässä toimiva Watrec Oy. Watrec Oy on ympäristöalan asiantuntijayritys, jonka ydinosasta on biokaasuteknologia sekä ympäristö- ja energiaosaamiseen perustuva konsultointi. Yritys on toiminut orgaanisen jätteen ja jäteveden käsittelyn parissa vuodesta 2003. (Watrec Oy 2020.)

Hankkeen tarkoituksena oli lisätä puhdistamolla toimivan biokaasulaitoksen kaasuntuotantoa ja parantaa energiatehokkuutta. Esiselkeytinaltaiden pohjalle kertyvä laskeutettu liete mädätetään puhdistamolla bioreaktoreissa, joissa muodostuu puhdistamon lämpöenergian ja sähkön tuotantoon käytettävää biokaasua.

Tämän laskeutetun lietteen siirtämiseen lietteenkäsittelyrakennukseen tarvittiin putkisto, ja niille putkisilta. Suunnittelun lähtökohtana työni kohteena olevaan putkisilltaan (kuva 2.) oli se, että koska maaperässä on paljon käytössä olevia putkia ja kaapeleita, uudet putkistot viedään putkisiltaa pitkin. Tällä ratkaisulla välttyttiin mittavilta kaivannoilta ja putkien ja kaapeleiden siirtotöiltä.



KUVA 2. Tarjouspyyntöaineiston liitteenä ollut havainnekuva uudesta putkisillasta (JSPBio+ hanke, tarjouspyyntöaineisto 2021).



## 2.2 Putkisillanperustusten suunnittelu

Alkuperäiset KVR-suunnitelmat putkisillananturoiden rakentamiseen eivät olleet toteuttamiskelpoiset, jonka takia anturoista oli laadittava uudet suunnitelmat kokeneemman suunnittelijan johdolla. Työ tilattiin maanlaajuisesti toimivalta insinööritoimistolta, jonka Joensuun toimistolla uudet, paaluanturat suunniteltiin.

Suunnittelun lähtötiedoiksi alueelle tehtiin koekuoppia, joista putkien ja kaapeleiden sijainti saatiin todettua. Lähtökohtana suunnittelulle oli anturoiden perustaminen teräsputkipaalujen varaan, eikä mittavia massanvaihtotöitä pidetty enää vaihtoehtona.

Tilaaajan vaatimus siitä, että rakennettavien anturoiden alle ei saa jäädä käytössä olevia putkia tai kaapeleita todettiin lähes mahdottomaksi toteuttaa. Maaperästä pyrittiin etsimään lyötäville paaluille paikat, joissa ne eivät asennusvaiheessa vaurioittaisi maaperässä sijaitsevia rakenteita. (kuva 3.)



KUVA 3. Maanalaisia rakenteita toteutettavan anturan kohdalla. Kuvassa näkyy viisi putkea ja kolme kaapelia. (Turunen 2022.)

## 2.3 Toteutus

Putkisillan anturoiden rakennustyöt toteutettiin prosessi- ja vesitekniikka-alan töihin erikoistuneen yrityksen toimesta ja rakennustyössä käytettiin joensuulaisen insinööritoimiston tekemiä suunnitelmia. Anturoiden alapuoliset rakenteet kaivettiin esiin ja maaperästä etsittiin paaluille rakenteista vapaat asennuspaikat.

Paalun mahdollinen poikkeama, tai sen kiertyminen ehkäistiin asentamalla näihin valittuihin kohtiin PVC-muovista valmistetut suojaputket, joiden tarkemmat tarkastutettiin vielä suunnittelijalla. Suunnittelijan tekemän paalujen sijaintitietojen päivityksen jälkeen paalutukselle saatiin lupa ja paalutus voitiin aloittaa.

Paalutuksesta vastasi nopealla aikataululla Neliyhtymä Oy Teuvalta, jonka kalustossa oli kohteeseen sopiva paalutuskone. Kohteessa rajoittava tekijä oli että, alueelle ei pystynyt rakenteiden takia ajamaan yli 2 500 mm leveää konetta. Paaluna kohteessa käytettiin 17 kappaletta 140 mm halkaisijaltaan olevaa teräsputkipaaluja, joiden lopulliset pituudet vaihtelivat 3 800 mm–7 800 mm.

Paalutustyön jälkeen suojaputket poistettiin ja paalut katkaistiin sekä valettiin täyteen IT-betonilla.



KUVA 4. Paalujen PVC-suojaputket. RR140 paalut lyötiin suojaputkiin, että ne eivät rikkoneet kuvassa 3 näkyviä maanalaisia rakenteita. Kuvassa näkyy myös 2 ylimääräistä suojaputkea, joilla varauduttiin paalun jäämiseen kiveen tai että paalu ei täytä vaatimusta. (Turunen 2022.)

## 2.4 Loppudokumentaatio asiakirjojen perusteella

JSPBio+ hankkeeseen loppudokumentaation tuottamiseen ohjeistavat asiakirjat oli sisällytetty tarjouspyyntöön ja niiden laatimisesta on vastannut kuopiolainen vesihuoltoalalla toimiva konsultti-yritys.

Vaatimukset loppudokumentointiin tulevat suoraan infraRyl- infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista. Mittausten koordinaattijärjestelmänä käytetään alueella ETRS-GK25 ja korkeusjärjestelmänä N2000:tta. Urakka-asiakirjoissa veloitetaan urakoitsijaa ilmoittamaan paikallisvalvojalle tarkemmitattavat linjat viisi vuorokautta ennen niiden mittaamista ja peittämistä.

Kyseisellä konsulttitoimistolla on kokemusta yhdestä projektista, jossa vaatimus loppudokumentaation tuottamiseen mallipohjaisena aineistona on sisällytetty tarjouspyyntöön, mutta vaatimuksen sisällyttäminen tarjouspyyntöön on vielä toistaiseksi haastavaa, koska harva urakoitsija sitä pystyy tuottamaan. Vaatimus loppudokumentaation tuottamisesta mallipohjaisena aineistona karsisi hankkeiden tarjoajia ja rajoittaisi kilpailua. Tällä hetkellä konsulttitoimiston projekteissa mallipohjaiset hankkeet ovat käytössä maanpäällisten rakenteiden hankkeissa, mutta maanalaiset hankkeet ovat vielä kokeiluasteella.

Mallipohjaisen hankkeen vaatimukset dokumentointiin on laatinut vuonna 2015 Building SMART Finland ja niitä on päivitetty 2021. Kohdassa 1.4.1 dokumentointi, todetaan inframalliaineiston olevan tärkeä ja oleellinen osa mallinnusprosessia sekä laadunvarmistusta ja luovutusaineistoa. Dokumentaation tarkoituksena on kuvata ja selkeyttää inframalliaineiston jälleenkäyttöä. Dokumenteissa kuvataan sisältöä, laatua, lähtöaineiston metatietoja sekä muuta hankkeen kannalta oleellista inframalleja käsittelevää tietoa kuten esimerkiksi liittyvien hankkeiden yhteensovituksen tasoa, jos hankkeet ovat ajallisesti eri vaiheessa. (Building SMART Finland, yleiset inframallivaatimukset, 2021.)

Yleisien inframallivaatimusten dokumentointiohjeessa kerrotaan myös, että kaikissa inframallihankkeissa tulee laatia tiedonhallintasuunnitelma, lähtöaineistoluettelo, aineistoluettelo, tietomalliselostus sekä dokumentoitu itselle luovutus. Kohdassa 1.4.1. dokumentointi tuodaan myös esille, että dokumentit voidaan hankkeen koosta ja luonteesta riippuen myös yhdistää osin tai kokonaan samaan dokumenttiin. (Building SMART Finland, yleiset inframallivaatimukset, 2021.)

Suuremmissa hankkeissa on suurien tietomäärien hallinnan ja ymmärtämisen kannalta hyvä laatia erilliset dokumentit, kuin vastaavasti pienemmissä hankkeissa. Dokumentaation tarkoituksena on helpottaa aineiston jatkokäyttäjää ymmärtämään aineiston sisältöä ja mahdollisia poikkeuksia alan yleisiin ohjeisiin tai vaatimuksiin. Näissä ohjeissa on myös esitettyä vaatimus siitä, että dokumentaatio on pakollinen osa luovutusaineistoa. (Building SMART Finland, yleiset inframallivaatimukset, 2021.)

### 3 MAANALAISEN INFRAN DOKUMENTOINTI

#### 3.1 Dokumenttipohjainen aineisto

Jyväskylän seudun puhdistamo Oy:n Nenänniemessä toimivan jätevedenpuhdistamon ensimmäinen vaihe on rakennettu vuonna 1973 ja alkuperäinen dokumentaatio on tuotettu käsin piirtämällä paperille. Laitosta on laajennettu vuosien saatossa monta kertaa vuodesta 1979 alkaen. Tämä on aiheuttanut ongelmia vuosien saatossa laitoksen dokumenttien hallintaan.

Vuonna 2015 laitoksen kunnossapitopäällikkö pyysi useassa hankkeessa puhdistamolla toiminutta tie- ja vesirakennusinsinööriä yhdistämään laitoksen saatavilla olevat maanalaisen putkiston dokumentit dwg-formaattiin, yhdelle asemakaavapiirustukselle.

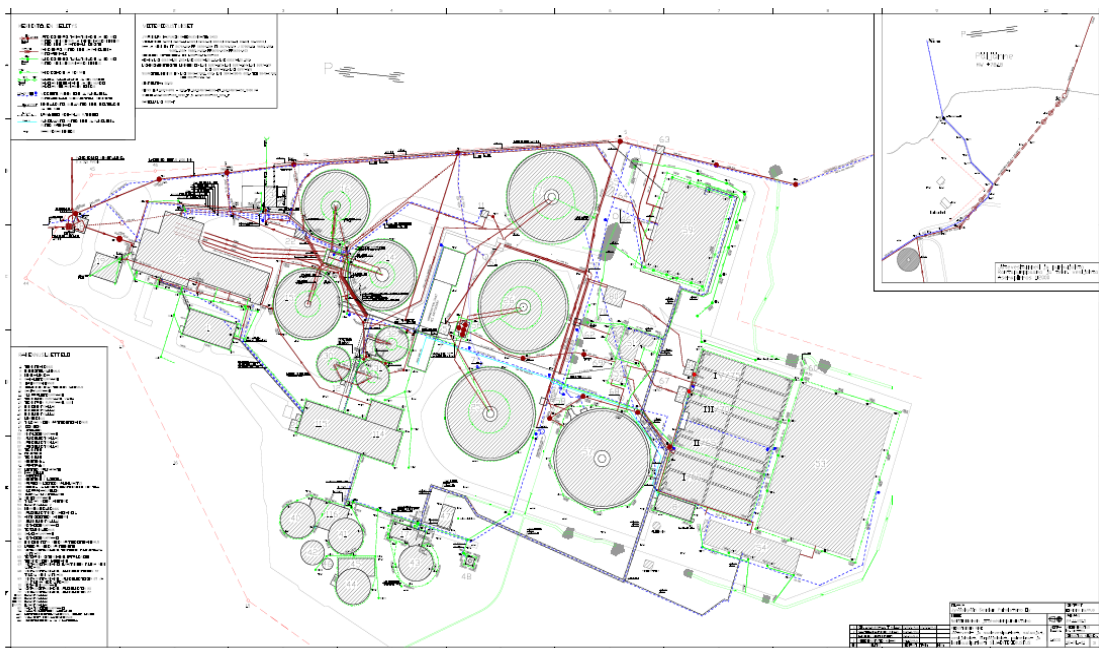
Dokumentit tuottanut henkilö on työskennellyt aikaisemmin Jyväskylän seudun puhdistamo Oy:n rakennushankkeissa, joiden jälkeen hän on tehnyt Jyväskylän seudun puhdistamon toimeksiannosta erinäisiä putkisto- ynnä muita selvityksiä omistamansa yrityksen kautta.

Puhdistamon maanalaisesta infrasta on laadittu koontipiirustus PL-18-01, johon on koottuna puhdistamoalueen maanalaiset jätevesi- ja sadevesiputket, salaojat, vesijohdot, lämpöjohdot sekä paineilma- ja kemikaaliputket. Piirustuksessa ei ole esitetty kaapeleita. Ensimmäinen versio (rev0 on valmistunut 24.11.2015, jolloin lähtötietoina ovat olleet siihen mennessä toteutuneiden suunnitelmien tiedot, viitepiirustusten mukaan, jotka ovat laatineet Vesi-Hydro Oy, Maa- ja Vesi Oy, Seinäjoen VI tekniikka Oy AIR-IX ja LVI-insinööritoimisto Lindroos Oy ja Suunnittelukeskus Oy.

Piirustuksen PL-18-01 rev1 on päivätty 12.04.2016, jolloin muutoksina on lisätty kaivoihin värit. Revisio2 on päivätty 26.06.2016 jolloin dokumentti on päivitetty tilaajan kanssa suoritettun maastotarkastelun mukaan. Revisiossa 3, jonka päiväys on 07.05.2021, on dokumenttiin lisätty Suomen Maastorakentajat Oy:n tekemän saneeraus- ja laajennusvaiheen (tertiäärikäsitteily ja ilmastus) muutokset ja lisäykset. Tarkepiirustus on Pöyry Oy:n ja Sweco Oy:n suunnitelmiin perustuva ja ikävä kyllä, josain määrin epätarkka. Tämän vaiheen muutosten tarkastelu on suoritettu paikan päällä puhdistamon kunnossapitopäällikön toimesta. Piirustuksessa PL-18-01 esiintyvät korot on otettu viitepiirustuksista, eikä niitä ole tarkastettu tarkemmitaamalla.

Piirustuksesta on olemassa tällä hetkellä tunnuksella PL-18-01 Rev3 (kuva 5) merkitty dokumentti, jonka puutteena on, ettei sitä ei ole sidottu mihinkään koordinaatistoon. Puhdistamolla on myös käytössään vuonna 2022 valmistuneen uuden kalsiittiaseman loppudokumentaatio, joka tulisi sisällyttää alueesta päivitettävään PL-18-01 Rev4 dokumenttiin. Tässä yhteydessä piirustuksiin tulisi lisätä myös paikkatieto.

Piirustusten asettaminen koordinaatistoon on helppoa, alueella sijaitsevien kiintopisteiden avulla, joiden sijainti löytyy Jyväskylän karttapalvelusta.



KUVA 5. Dokumentin PL-18-01 revisio 3 pdf-formaatissa. Kuvassa on esitetty tiedossa olevat maanalaiset putkistot puhdistamon alueella. (Kuvankaappaus dokumentista PL-18-03 Rev3, 2023.)

### 3.2 3D-aineisto

Tietomallipohjaisia hankkeita ei puhdistamalla ole aiemmin toteutettu ennen 2018 valmistunutta laajennusprojektia sekä 2023 valmistuvaa JSPBio+ projektia. Laajennusosa oli puhdistamon projekteista ensimmäinen, joka toteutettiin tietomallia hyödyntämällä. Tästä saatujen hyviksi osoittautuneiden kokemusten pohjalta, tietomalliin on turvauduttu myös muissa puhdistamon hankkeissa.

Alueella on suoritettu myös runsaasti laserkeilausta sisä- ja ulkotiloissa, joista maanalaisen infran tietomallintamiseen hyödyllisin aineisto on ilmasta keilattu pistepilvi, jonka puhdistamon tilauksesta on tuottanut Geocontrol Oy kesällä 2021. Laserkeilaus toteutettiin lennättämällä puhdistamon alueella laserkeilaimella varustettua helikopteria, joka tallentaa alueesta 25 000 pistettä sekunnissa.

Tietomallin luomiseen puhdistamon alueelta tarvittavaan lähtöaineistoa on tällä hetkellä olemassa maanpintamallin luomiseen tarvittava laserkeilaus aineisto, sekä dwg-formaatissa esitetty putkistokartta (PL-18-01 REV3). Laura Sokuran Tampereen yliopistolle vuonna 2022 laaditusta diplomityöstä (taulukko 2) löytyy myös ohjeita verkostoista laadittavan tietomallin lähtötiedon etsimiseen. Taulukossa on korostettu punaisella ne asiat, jotka ovat oleellista tietoa lähtöaineistossa. Tässä dokumentissa niitä ovat sijaintitiedot, joista tärkeimpinä z-, x- ja y- koordinaatit, jotka dokumentista PL-18-01 REV3 puuttuvat.

Infrarakentamisen alalla tietomallintamista ohjaavat Yleiset tietomallivaatimukset (YIV).

TAULUKKO 2. Verkostojen mallintamiseen tarvittavat lähtötiedot, joista tärkeimmät on korostettu punaisella värillä (Muokattu lähteestä Sokura 2022).

#### Verkostoista tarvittavat lähtötiedot

<b>Sijaintitiedot</b>	x- ja y- koordinaatit	z- koordinaatti	sijaintitarkkuus	koordinaattijärjestelmä
<b>Ominaisuustiedot</b>	materiaali	halkaisija	rakennusvuosi	käyttötila
<b>Muut verkoston tiedot</b>	liitosjärjestelyt	varusteet	lukitukset	eristeet
<b>Toimintaympäristön tiedot</b>	perustamistapa	pohjaolosuhteet	pohjaveden pinnankorkeus	kalliopinnan korkeusasema
<b>Muut liittyvät tiedot</b>	kulmatuet	ympäröivä infra	muut rakenteet	mennyt, nykyinen ja tuleva maankäyttö
<b>Värien merkitys</b>	Kriittinen	Tärkeä	Toissijainen	

### 3.3 Muiden toimijoiden käyttämät ratkaisut

Muiden toimijoiden käyttämiä ratkaisuja maanalaisen infran mallintamiseen lähdin selvittämään ensimmäiseksi kysymällä asiasta Kuopion Vesi Oy:stä, jonka puolesta vastauksen sain heidän rakennuttajainsinööriänsä, joka on työskennellyt Kuopion Vesi Oy:ssä noin kymmenen vuoden ajan.

Kuopion kaupungilla toteutettiin hanke, Hehkun sydän, jossa Kuopion kaupunki hankki projektipankiksi Infrakit-palvelun vain Hehkun sydän -projektia varten. Tämä hanke toteutettiin pilottihankkeena ja siinä Infrakit-palveluun sisällytettiin myös Trimble connect. Kuopion vedeltä kerrottiin, että Infrakit-palvelun kaltaisten projektipankkien käytöstä hänellä oli kokemusta kolmesta hankkeesta ennen Kuopion hehkua. Tämä oli ensimmäinen hanke, jossa projektipankkiin sisällytettiin tietomalli.

Kuopion Vesi Oy:llä on vuosittain vesihuoltohankkeita keskimäärin 20–25 kpl, ja näistä kaupunkiveitoisia hankkeita on 18–23 kpl vuodessa. Infrakit-palvelun kaltaisten projektipankkien vähäisen käytön selittää Kuopion kaupungin toimintamalli, jossa kaikissa yhteishankkeissa Kaupunki määrittelee projektipankkien käytöstä. Loput Kuopion Vesi Oy:n hankkeista ovat olleet niin pieniä, että niihin Infrakit-palvelun kaltaiset ohjelmat ovat liian raskaita käytettäväksi urakan laajuuteen nähden. Niissä onkin ollut käytössä Buildie-projektipankki tai sisäiset verkkolevyt, joiden kautta on hoidettu työnaikaisten suunnitelmien ylläpitoa.

Kuopion hehkun projektin alussa Infrakit-palvelusta järjestettiin koulutus, jossa esiteltiin Infrakit ja Trimble connect kaikille projektiin osallistuville toimihenkilöille. Projektin suunnitelmien valmistuttua pankkiin lisättiin 3-D malli, jonka käyttämisessä rakennuttajainsinööri koki olleen haasteita seuraavasti:

*Kun projektipankki oli käytössä ja sinne alkoi kerääntyä tavaraa ja sinne vietiin se melko iso 3-D malli, alkoi ohjelmisto hieman tökkimään. En tiedä johtuiko tökkiminen osittain tietokoneeni tehotomuudesta/internet yhteyksistä vai ohjelmistossa olevasta suuresta tiedon määrästä, mutta varsinkin 3-D mallin katselu tökki ainakin omalla kohdalla. Tietysti omalla kohdalla tuo ohjelmiston tökkiminen vaikuttaa aika paljon omaan motivaatioon käyttää koko ohjelmistoa. Vaikka alussa olikin koulutus, niin on selvää, ettei yhden päivän aikana kerkeä käymään varsinkaan sitä 3-D ohjelman ominaisuuksia läpi kuin pintapuolisesti. Olisi pitänyt päästä ehkä vieläkin syvemmälle 3-D sovelluksen suhteen, että käyttöaste olisi ollut paljon suurempi sekä olisi sisäistänyt helpommin itse ohjelmaa. Mutta se vähäinkin käyttö mitä kerkesin käyttämään, osoitti sen, että hyvästä työkalusta on kysymys. Tuollaisen 3-D mallin tutkiminen auttaa todella paljon hahmottamaan esim. vesihuoltoverkostoa kuin pdf:ään piirretyt viivat. Jo pelkästään putkien törmäykset toisiinsa huomataan aiemmin ja niihin keretään reagoimaan paljon aikaisemmin kuin pdf kuvasta. (Liukkonen Jani, Rakennuttajainsinöörin haastattelu, 2023).*

Arcance Finland Solution Oy:n sivuston käyttäjäkokemuksia osiosta löysin tietoa Trimble Quadri tietomallipalvelimesta, joka olisi myös toimiva ratkaisu Jyväskylän puhdistamon tietomallihankkeeseen. Artikkeleissa korostetaan dokumentaation tärkeyttä ja sen hallinnan helppoutta Quadri tietomallipalvelimen kautta, joka olisi tilaajan hallinnoima palvelin.

Tietomallintamisen parissa WSP Oy:ssä työskentelevä Valtteri Brotherus kertoo artikkelissa, että infran omistajien tulisi omistaa tai vuokrata oma palvelin, joka mahdollistaisi digitaalisen tiedonhallinnan heidän omistamastaan infrasta sekä kaikki laaditut suunnitelmat käyttökelpoisessa muodossa esimerkiksi tulevaisuudessa toteutettavaksi suunniteltua kohdetta varten. Tällöin tiedonhallinta on ti-

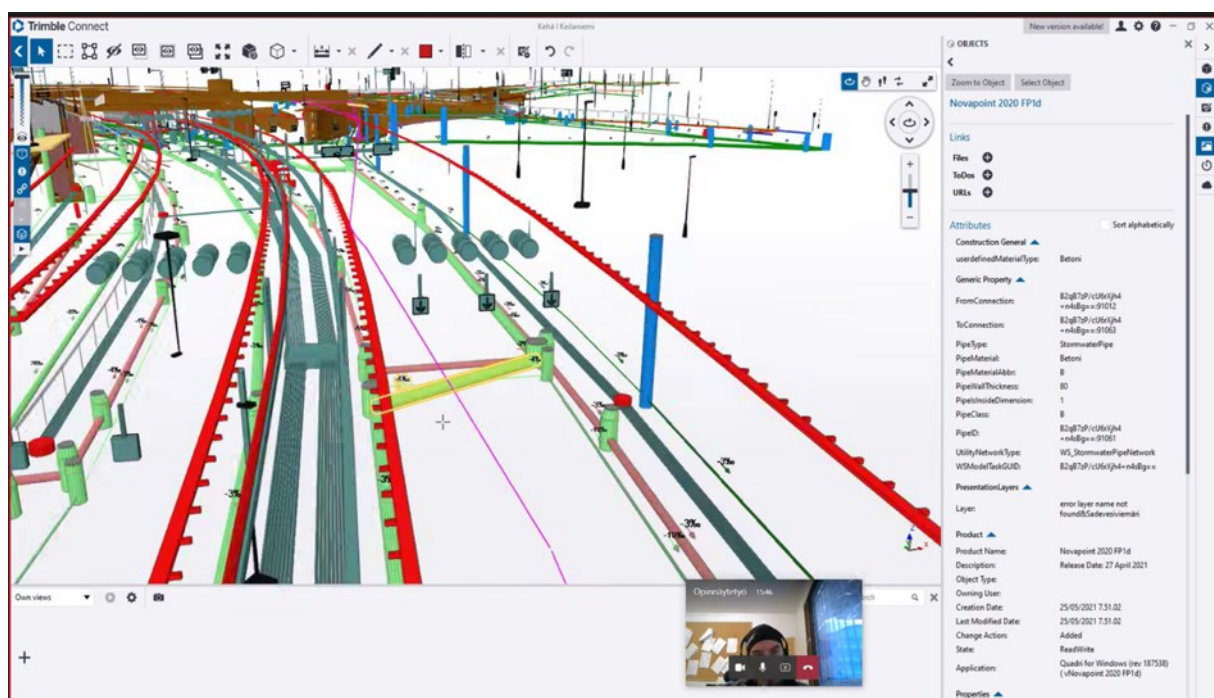
laajan omista käsissä ja rakennetun ympäristön omistajalla on laadukas ja ajantasainen tieto omistamastaan infrasta. (Brotherus julkaisuaika tuntematon.)

Käyttäjäkokeumuksissa korostuu myös useammassa artikkelissa, että tietomallin käyttöönottoaminen helpottaa myös käyttö- ja huoltohenkilökunnan työpanosta koska huolto- ja kunnossapitotoita tehdessä ei tarvitse dokumentaatiota etsiä mahdollisista paperilla olevista arkistoista, vaan voidaan käyttää sähköistä huoltokirjaa.

Oulun kaupungilla on myös toteutettu kehityshanke, jossa kumppaneina olivat konsultointipalvelua tuottanut Civilpoint Oy (nykyisin Arkance Solution Finland Oy), suunnittelusta vastannut Ramboll Oy ja ohjelmisto- sekä järjestelmäasiantuntijaroolia edustanut Trimble Solutions Oy. Tässä hankkeessa Oulun kaupunki ja Oulun Vesi Oy saivat maksimoitua eri järjestelmäinvestointien tuottaman hyödyn. (Arkance-systems julkaisuaika tuntematon.)

Tämän projektin tuloksista näkyi selvästi, että vakioidut toimintamallit hyödyntävät infrahankkeiden tiedon hallintaa. Yhdessä sovittu, kaikille selkeä tapa toimia parantaa myös tilaajaorganisaatioiden välistä yhteistyötä. Tallennetun aineiston laatu ja ominaistietojen siirtyminen vaikuttaa merkittävästi suunnittelun lähtötietoihin. Mitä laadukkaampaa aineisto on ja mitä helpommin se on siirrettävissä, sitä vähemmän manuaalista työtä täytyy tehdä. (Arkance-systems julkaisuaika tuntematon.)

Myös Oulun vedellä suunnitellaan jo aiemmin mainitsemani Trimble connect palvelun käyttöönottoamista. Trimble Connectin näkymästä otin ruutukaappauksen haastattellessani ohjelmistojäseni myyvästä yritystä. (kuva 6.) Kuvassa (kuva 6.) on avoinna myös tietoikkuna, jossa aktiiviseksi merkityn putken ominaistiedot ovat nähtävillä.



KUVA 6. Maanalaista infraa tietomallissa (Ruutukaappaus haastattelun yhteydessä (Turunen 2023)



### 3.5 Loppudokumentaatiomalli

Laitoksen loppudokumentaatiomalliin ajatus tuli Jyväskylän seudun puhdistamo Oy:n toimitusjohtajalta. Pyyntö opinnäytetyöni suunnitteluvaiheessa oli, että selvittäisin minkälaisia mahdollisuuksia alueesta ja sen maanalaisista rakenteista olisi luoda tietomallimalli, jota päivitetäisiin uusien hankkeiden edetessä alueella. Toiveena oli myös, että mallin toteuttaminen ja päivittäminen tapahtuisi laitoksen ulkopuolisen toimijan kautta, eikä se rasittaisi laitoksen henkilökunnan resursseja. Tämän ajatuksen pohjalta ryhdyin selvittämään mahdollisuuksia yhdistää vanhat dokumentaatiot 3-D formaattiin ja henkilökunnan käyttöön tulevaan helppokäyttöiseen katselumalliin.

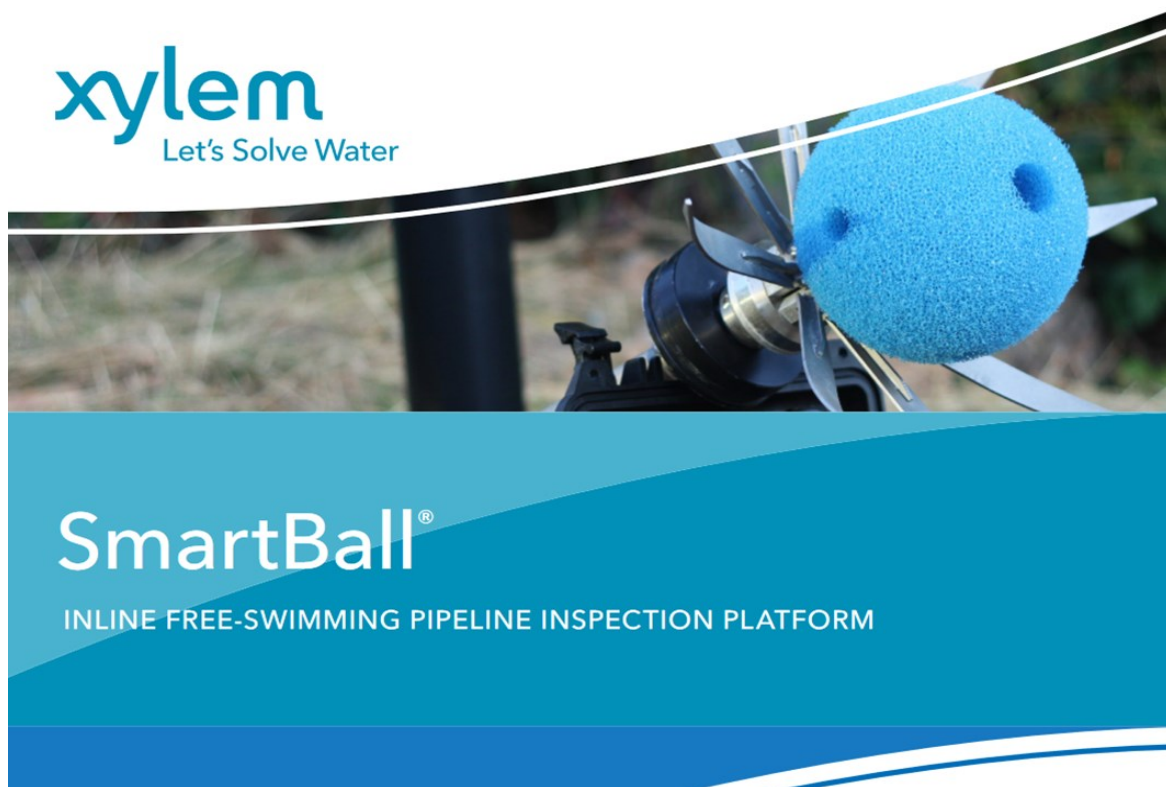
Työhön parhaiten sopiva ohjelmisto on tällä hetkellä Trimblen kehittämä Novapoint-ohjelma, jonka Water&Sewer-moduulilla maanalaiset putkistot ja kaapelit voidaan mallintaa. Mallin katseluun soveltuva ohjelmisto löytyy myös Trimblen ohjelmisto perheestä ja tapaukseen parhaiten soveltuva ohjelmisto on Trimble Connect. Tämä pilvessä toimiva ohjelmisto palvelisi Tilaaajan toivetta helppokäyttöisyydellään ja siinä pystytään myös toteamaan kyseessä olevan putken ominaistieto. JSPBio+ hankke toteutettiin tietomallintamalla ja ohjelmana työssä käytettiin Vertex-ohjelmistoa. Vertex-ohjelmisto tuottaa Vxm-formaattia, mutta se voidaan kirjoittaa ulos, IFC-, STEP- ja SAT-formaateissa. Trimble Connectissa näistä voidaan käyttää IFC-Formaattia.

Loppudokumentaatiomallin tuottaminen puhdistamon alueesta tulee palvelemaan käyttäjiä putkistojen sijainnin selvittämisessä, mitä aiemmin on tehty osittain henkilökunnan muistinvaraisesti sekä paperitulosteista tarkastelemalla. Putkistojen ja kaapeleiden etsimiseen väärästä paikasta kuluu turhaan tehokasta työaikaa ja paikkatieto ei ole tarpeeksi tarkkaa.

Jo pelkästään dokumentilla, josta löytyy x- ja y- koordinaatit päästään mittalaitteilla varustetulla konekalustolla tarkkaan paikkatietoon, jolloin kaivamiseenkin käytetty työaika tehostuu. Luomalla myös z- koordinaatti dokumenttiin saadaan aikaan hyvät lähtökohdat vanhojen rakenteiden esille kaivamiseen. Huomioitavaa on kuitenkin se, että ellei putkien korkeusasemaa (z-koordinaatti) tiedetä ja korkeusasema ilmoitetaan arvioidun syvyyden mukaan, on tämä tuotava esille kyseessä olevan putken ominaistiedoissa. Ilman merkintää korkeusaseman luotettavuudesta voi aiheutua ylimääräistä työtä puhdistamon alueelle myöhemmässä vaiheessa toteutettavien urakoiden yhteydessä, koska maaperässä jo olevat putket voivat olla halkaisijaltaan jopa DN1200 kokoisia, jolloin putkistojen törmäystarkastelusta tulee hankalaa.

Materiaali- ja kokotietojen eli rakenteiden ominaistietojen puuttuminen aiheuttaa myös ongelmia huolto- ja kunnossapitoon, koska virheellisen tiedon takia tarvittavia ja oikean kokoisia varaosia ei voida tilata ennen kaivutöiden suorittamista. Lähtötiedoiksi tarvittavien putkilinjojen sijaintitiedon keräämiseen on saatavilla Xylem Smartball (kuva 7) tuotenimellä valmistettu laite, joka voidaan ajaa tutkittavan putkilinjan läpi ja laitteen vastaanotin dokumentoi sijaintitiedon muistiinsa. Kyseessä olevaa laitetta valmistetaan tällä hetkellä ainoastaan 160 mm suurempia putkikokoja varten. Tällä samalla laitteella putkistot voidaan myös tarkastaa mahdollisten vuotojen varalta.

**xylem**  
Let's Solve Water

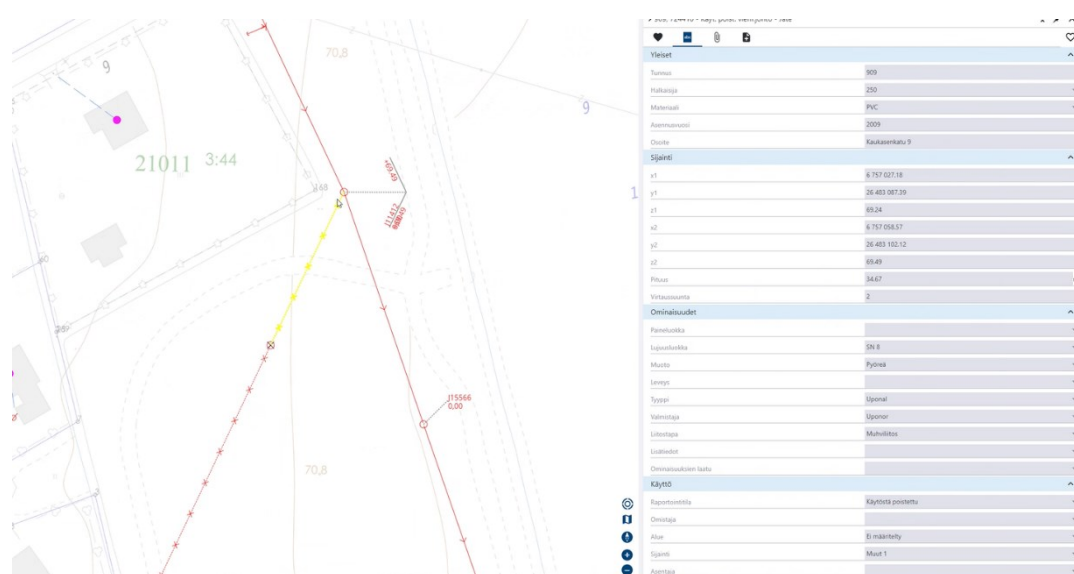


**SmartBall®**

INLINE FREE-SWIMMING PIPELINE INSPECTION PLATFORM

KUVA 7. Xylem Smartball on kehitetty putkistojen sijaintitiedon keräykseen (Xylem julkaisuaika tuntematon).

Tämän kaltaisen verkostomallin tuottaminen on vielä Suomessa harvinaista, ja verkostojen yhtenäiset mallinnusohjeet puuttuvat. Puhdistamon hankkeessa 3D-malli on vain yksi osa kokonaisuutta, jossa suuressa roolissa on tiedon ajantasaisuus ja luotettavuus. Tutkimukseni perusteella Lahti Aqua Oy:n käyttämä järjestelmä on erittäin toimiva ratkaisu, jossa myös maan sisään jätettävät käytöstä poistettavat rakenteet dokumentoidaan tarkasti (kuva 8).



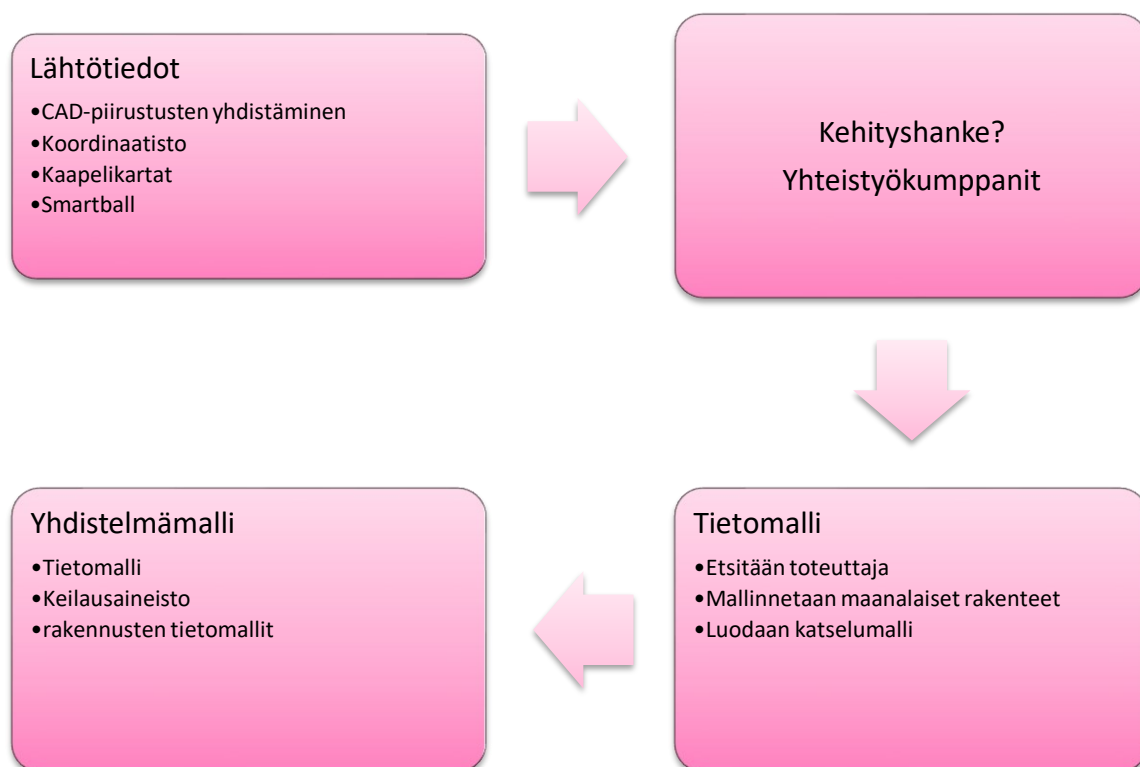
KUVA 8. Lahti Aquan mallissa on merkitty vanha, käytöstä poistuva putkisto keltaisella, ja sen ominaistiedot näkyvät ohessa (Kuvankaappaus Lahti Aquan järjestelmästä 2023).

*Vaihtoehdossa 1* esitän että, Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy lähtee kehittämään puhdistamon alueen dokumentointia kohti yhdistelmä tietomallia. Lähtötietojen keräämisen jälkeen puhdistamo voi ottaa esitettyyn kehityshankkeeseen yhteistyökumppaneita.

Vesilaitosyhdistyksellä on olemassa kehittämisrahasto, jonka tarkoituksena on rahoittaa vesihuoltolaitosten tutkimus- ja kehittämistyötä. Kehittämisrahastosta tuetaan vesilaitosten laitoslähtöisiä- ja yleisen haun hankkeita. Kehittämisrahastosta haettavaan tukeen liittyen voi olla yhteydessä Vesilaitosyhdistykseen. (Vesilaitosyhdistys. 2023.)

*Vaihtoehdossa 2* esitän että Jyväskylän Seudun Puhdistamo hankkii ja laatii nyt alueesta löytyvän materiaalin Kuvassa 9 (Kuva 9) esittämäni lähtötiedot kaavion mukaiseen kuntoon ja varsinaisen mallinnushankkeen toteutus jätetään myöhempään ajankohtaan.

*Vaihtoehdossa 0* jätetään kaikki esittämäni asiat tekemättä ja jatketaan vanhalla toimintamallilla.



KUVA 9. Esitys maanalaisen infran mallintamisen mahdollisuuksista Jyväskylän puhdistamolla (Turunen 2023).

Lähtötietoaineiston kokoamista varten puhdistamon tulisi käyttää ulkopuolista toimijaa. Lähtötietoja on kertynyt monessa eri formaatissa ja tämän kaltainen työ vaatii tekijältä vahvaa kokemusta suunnittelusta. Suosittelen puhdistamaa etsimään työhön sitoutuneen suunnittelijan, joka sitoutuu projektiin, jolloin henkilövaihdoksista johtuvat katkot tiedon siirtymisessä minimoituvat. Puhdistamon toimintaan sitoutuneen yhteistyökumppanin käytössä hyvää olisi myös, että hän pystyisi osallistumaan myös tuleviin rakennushankkeisiin alueella. Suunnittelijan tulee tietää tietomallin vaatimukset käytettävistä formaateista ja, että dokumentteja ei tuotettaisi sellaisessa formaatissa, joka ei sovellu myöhempää käyttöä varten.

Projektia varten puhdistamon tulee laatia yksityiskohtainen tiedonhallinta ja mallinnussuunnitelma, joka ohjaa maanalaisten rakenteiden dokumentaatiota kohti nykypäivän vaatimuksia. Tiedonhallinta- ja mallinnus suunnitelman tekemiseen löytyy alalla toimivista konsulttipalveluita tarjoavista yrityksistä vaihtoehtoja. Näistä puhdistamon tulee valita samankaltaisista hankkeista referenssejä omaava yritys.

#### 4 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli etsiä Jyväskylän Seudun Puhdistamolle ratkaisu maanalaisen infran dokumentointiin. Opinnäytetyön tekeminen aiheesta tuntui aluksi varsin helpolta ajatukselta, mutta mukaan otettu osio maanalaisen infran mallintamisesta teki siitä itselleni kovin haastavan. Mallintamisen parissa en ole koskaan työskennellyt ja siihen liittyvät kokemukseni ovat parin koulussa tehdyn harjoituksen pohjalta hyvin rajalliset. Tietomallinnuksen ottaminen mukaan työhön teki siitä äärimmäisen mielenkiintoisen tutkimusaiheen ja työstä muodostui selkeästi hyödyllinen. Opinnäytetyössäni on myös paljon tietoa mallipohjaisten verkostohankkeiden suunnittelijoille.

Mielestäni idea loppudokumentaatioprojektin hankkeistamisesta oli opinnäytetyöni paras oivallus. Jyväskylän puhdistamon uskon avarakatseisena lähtevän toteuttamaan tulevaisuudessa tietomallia opinnäytetyössäni kuvaamalla tavalla. Työni tavoitteena ollut tietomallin tekemisen ohjeistus on selkeä, ja alalla edes joskus tietomallien parissa työskennellyt pystyy käyttämään sitä ohjeena projektin aloittamisessa.

Suuren haasteen työn toteuttamiseen aiheutti tietomallien käyttämisen harvinaisuus maanalaisten rakenteiden dokumentoinnissa. Tämän takia jouduin lähettämään kymmeniä sähköposti tiedusteluja vesihuoltoalalla toimijoille ja tietomallintamisen kanssa tekemisissä oleville ihmisille. Ongelmia aiheutti monesti se, etten saanut esittämäni kysymykseen mitään vastausta.

Työn edetessä huomasin, että tutkimuksen kohteena oleva maanalaisten putkistojen tietomallintaminen on vielä suhteellisen harvinaista. Alalla toimivien toimijoiden kommenttien perusteella, siihen ollaan tulevaisuudessa jollakin aikajänteellä siirtymässä.

Kehitystä alalla jarruttaa juurtuminen vanhoihin toimintatapoihin, mutta tällä on ainoastaan hidastava vaikutus mallipohjaisten tapojen käyttöönottoon.

## LÄHTEET

Arcance Solution Finland Oy. julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. [https://arkance-systems.fi/asiakastarinat/oulun\\_kaupunki](https://arkance-systems.fi/asiakastarinat/oulun_kaupunki). Viitattu 21.2.2023.

Building SMART Finland. Yleiset inframallivaatimukset. 2021. [https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04\\_Julkaisut\\_ja\\_Standardit/YIV](https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04_Julkaisut_ja_Standardit/YIV). Viitattu 8.2.2023.

Building SMART Finland. Yleiset inframallivaatimukset. 2021. <https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2> Viitattu 13.12.2022.

Brotherus, Valtteri. 2014. Inframallintamisen hyödyntäminen geoteknisessä suunnittelussa. Diplomityö. Oulun yliopisto. <http://jultika.oulu.fi/Record/nbnfioulu-201504021239> Viitattu 12.1.2023.

Brotherus, Valtteri haastattelu. Julkaisuaika tuntematon. <https://civilpoint.fi/asiakastarinat>. Viitattu 21.2.2023.

Lahti Aqua Oy. 2023. Kuvankaappaus Lahti Aquan järjestelmästä, 2023. Viitattu 27.2.2023.

Liukkonen Jani 2023. Kuopion Vesi Oy. Haastattelu 10.1.2023.

Sokura, Laura. 2022. Vesihuollon verkostotiedon virtauksen parantaminen. Diplomityö. Tampereen yliopisto. Viitattu 8.2.2023.

Turunen, Jussi 2022. Maanalaisiarakenteita toteutettavan anturan kohdalla. Valokuva 20.6.2022. Jyväskylä: Jussi Turusen kokoelmat.

Turunen, Jussi 2022. Paalujen PVC-suojaputket. Valokuva 27.6.2022. Jyväskylä: Jussi Turusen kokoelmat.

Vesilaitosyhdistys. 2023. <https://www.vvy.fi/kehittaminen-ja-tutkimus/kehittamisrahasto/>. Viitattu 7.3.2023.

Xylem, 2021. Xylem Smartball. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2021.

[https://www.xylem.com/siteassets/brand/pure-technologies/resources/brochure/as\\_puretech\\_ss\\_smartball\\_q1-2021.pdf](https://www.xylem.com/siteassets/brand/pure-technologies/resources/brochure/as_puretech_ss_smartball_q1-2021.pdf). Viitattu 8.2.2023.

Watrec Oy. 2020. Verkkojulkaisu. <https://watrec.fi> 2020. Viitattu 17.11.2022.