

Eemeli Pesonen

VERKOSTOSUUNNITTELUN KAIVO- KORTTIPROSESSIN OPTIMOINTI

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastajat:
Annina Takala
Marja Palmroth
Tammikuu 2023

TIIVISTELMÄ

Eemeli Pesonen: Verkostosuunnittelun kaivokorttiprosessin optimointi
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Ympäristö- ja energiatekniikan DI-ohjelma
Tammikuu 2023

Vesihuollon verkostoissa kaivoja käytetään muun muassa viemärlinjojen haaroituksia ja liitoksia varten sekä suunnan muuttamiseen. Koska liitokset ja haarat saattavat liittyä kaivoon melkein mistä suunnasta tahansa, kaivot ovat yksilöllisiä. Yhdessä vesihuollon verkostosuunnitteluhankkeessa saattaa olla satoja yksilöllisiä kaivoja, jotka kaikki täytyy valmistaa mittatilaustyönä. Normaalisti jokaisesta kaivosta täytyy tehdä PDF-muotoinen kaivokortti, jonka avulla kaivotoimittaja voi valmistaa työmaalle oikeanlaisen kaivon. Suuren kaivokorttimäärän takia kaivokorttien tekeminen ja tarkastus on hidasta ja tarkastamiseen ja virheiden korjaukseen kuluu aikaa kaikilta kaivokorttiprosessin osapuolilta. Lisäksi tarkastusten jälkeenkin kaivokortteihin voi jäädä virheitä tai kaivoista saattaa jäädä tärkeää tietoa prosessin varrelle, mikä voi aiheuttaa esimerkiksi viivästymisiä verkostohankkeessa sekä rahallisia kustannuksia prosessin eri osapuolille.

Työssä selvitettiin haastatteleamalla kaivokorttiprosessin osapuolten, eli tilaajan, suunnittelijan, urakoitsijan ja kaivotoimittajan ongelmia ja tarpeita kaivokorttiprosessiin liittyen. Lisäksi työssä koottiin haastattelujen avulla kuvaus tyypillisestä kaivokorttiprosessista. Haastatteluaineisto analysoitiin ja tulokset esitettiin haastateltujen organisaatioiden jäsenistä koostuvalle ohjausryhmälle. Työssä saatuja tuloksia vielä kommentoitiin ohjausryhmätapaamisissa ja työtä päivitettiin kommenttien pohjalta.

Ongelmaksi havaittiin virheet kaivokorteissa, jotka saattavat johtaa verkostohankkeen viivästyksiin ja ylimääräiseen työhön. Toisena ongelmana todettiin itse kaivokorttiprosessia hidastavat ja hankaloittavat tekijät. Tällaisia tekijöitä oli muun muassa lähtötietojen puute hankkeessa, ongelmat tiedon kulkemisessa eri osapuolten välillä ja se, että PDF-muotoisia kaivokortteja ei pysty muokkaamaan helposti.

Selvitettyihin ongelmien ratkaisemiseksi työssä ehdotettiin kolmea eri toimenpidettä. Ensimmäinen toimenpide-ehdotus oli kaivojen suunnittelijalle suunnattu tarkastuslista kaivojen toteutettavuudesta. Tarkastuslistan tarkoitus on auttaa karsimaan mahdollisimman aikaisessa kaivokorttiprosessin vaiheessa virheitä kaivokorteissa.

Toisena toimenpiteenä ehdotettiin vesihuoltoalalle uutena käytäntönä kaivotietojen käsittelyä taulukkomuodossa PDF-muotoisten kaivokorttien sijaan. Taulukkomuotoiset kaivokortit toisivat ratkaisuja useaan kaivokorttiprosessin ongelmaan. Ne olisivat muun muassa PDF-kaivokortteja muokattavampia, jolloin kaivotietoja voisi lisätä kaivoille prosessin edetessä ja kaivokortteja voisi olla helpompi ja nopeampi tarkastaa. Taulukkomuodosta kaivokortit olisivat myös helpompi syöttää automaattisesti sähköisiin järjestelmiin, kuten verkoston omistajan verkkotietojärjestelmään.

Viimeisenä toimenpiteenä ehdotettiin siirtymistä kokonaan tietomallipohjaiseen kaivotietojen käsittelyyn ja tähän siirtymään taulukkomuotoiset kaivokortit voisivat toimia siirtymävaiheena. Tietomallit toisivat kaivokorttiprosessiin samankaltaisia hyötyjä kuin taulukkomuotoiset kaivokortit. Kuitenkin, koska osalla haastatelluista oli vielä hyvin vähän kokemusta tietomallien käytöstä vesihuollon verkostohankkeissa, tässä työssä ei perehdytty tarkemmin tietomallien käyttöönottoon.

Avainsanat: kaivo, kaivokortti, vesihuolto, verkosto, jätevesiviemäri, hulevesiviemäri

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Eemeli Pesonen: Optimizing the manhole card process in designing of water networks

Master of Science Thesis

Tampere University

Master's Degree Program in Environmental and Energy Engineering

January 2023

In water networks, manholes are used for connecting pipes to the sewer line, branching the sewer line and change direction of the line. Because the connections and the branches might come from almost any angle, manholes are unique. A single water network project in Finland can require hundreds of unique manholes that each need to be manufactured individually. Normally, manhole manufacturers need a so called PDF manhole card for each manhole so they can make the right kind of manholes. Because there are so many of these manhole cards, the making and reviewing of the cards is a slow process for every party in the manhole card process. Also, even after the reviewing of the manhole cards, errors can still go undetected or some important information about the manholes might be left undocumented. This can lead to delays to the water network project and financial losses.

This study examined problems and needs of the different parties (client, designer, contractor and manhole manufacturer) of the manhole card process by interviewing them. The interviews were also used to form a description of a typical manhole card process. The interview material was analyzed and the results were presented to a steering group which consisted of the same people that were interviewed. The results were commented in the steering group meeting and then updated based on the comments.

One of the found problems were errors in the manhole cards which might lead to delays to the water network project and extra work for the parties. Another problem were the factors that slowed and complicated the manhole process itself. These factors were for example the lack of preliminary data, problems in flow of information, and the fact that PDF-file can't be easily modified.

Three different solutions were proposed for the found problems in a manhole card process. First proposal was a check list for the designer of the manholes in a project. Aim of the check list was to catch possible errors in the manhole cards that would lead to impossible manholes. The earlier these errors would be found in the project, the better.

Another proposal in this study was to start handling manhole information in table format instead of PDF. This would help with many of the problems found in this study. For example, manhole cards in table format would be modifiable and thus manhole information could be added during the process. The table could be also easier to review. Also, table formatted manhole information could be automatically entered to systems like network information systems.

Last proposal was to start using building information models when handling manhole information. The table formatted manhole cards could be used as an intermediate stage in this transition. Building information models would bring a solution to similar problems as the table formatted manhole cards did. However, some of the interviewed organizations didn't have much experience of building information models so this study was not focused on building information models too much.

Keywords: manhole, manhole card, water supply, water network, sewage network, storm water network

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. VESIHUOLTOVERKOSTOT JA NIIDEN KAIVOT	3
2.1 Jätevesiviemäriverkostot	3
2.2 Hulevesiviemäriverkostot	6
2.3 Kaivot ja niiden suunnittelussa huomioitavat asiat	7
2.3.1 Betonikaivot	7
2.3.1.1 Betonikaivoelementit	8
2.3.1.2 Betonikaivojen koko ja lujuusluokka	9
2.3.1.3 Betonikaivojen liitokset	12
2.3.2 Muovikaivot	13
2.3.3 Kaivojen virtausominaisuudet ja pohjan muotoilu	14
2.3.4 Kaivojen kansistot	15
2.3.5 Kaivojen saneeraus	16
2.4 Kaivokortit	17
3. VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄT JA RAKENNUKSEN TIETOMALLIT INFRARAKENTAMISESSA JA VERKOSTOSUUNNITTELUSSA	19
3.1 Omaisuudenhallinta	19
3.2 Verkkotietojärjestelmät ja tarkemittaukset	20
3.3 Rakennuksen tietomallit ja Inframodel	21
3.4 Kaivotiedot Inframodelissa	23
4. AINEISTO JA MENETELMÄT	25
4.1 Aineiston kerääminen ja käsittely	25
4.2 Käytetyt haastattelumenetelmät	26
4.3 Haastattelutulosten analysointimenetelmät	29
5. KAIVOKORTTIPROSESSI JA SEN KEHITTÄMISKOHTEET	31
5.1 Tyypillinen kaivokorttiprosessi	31
5.2 Kaivokorttiprosessin ongelmat ja haasteet	34
5.2.1 Virheet kaivokorteissa	35
5.2.2 Kaivokorttiprosessia hidastavat ja hankaloittavat tekijät	36
5.3 Haastattelujen parannusehdotukset kaivokorttiprosessiin	38
6. EHDOTETUT TOIMENPITEET	40
6.1 Kaivojen toteutettavuudesta tarkastettavat asiat	40
6.2 Kaivotiedot taulukkomuodossa	44
6.2.1 Taulukkomuotoinen kaivokorttiesimerkki	44
6.2.2 Taulukkomuotoisten kaivokorttien hyödyt	47
6.2.3 Taulukkomuotoisten kaivokorttien ongelmat	49
6.2.4 Taulukkomuotoisten kaivokorttien yhteenveto	51
6.3 Kaivotiedot tietomalleissa	51
6.3.1 Tietomallien hyödyt	52
6.3.2 Tietomallien ongelmat	53

6.3.3Yhteenveto kaivotiedoista tietomalleissa ja taulukkomuotoiset kaivokortit siirtymävaiheena tietomalleihin siirryttäessä.....	54
7.JOHTOPÄÄTÖKSET	56
LÄHTEET	59
LIITE A: TAULUKKOMUOTOISET KAIVOKORTIT -ESIMERKKI	62
LIITE B: TIETOSUOJAILMOITUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1. JOHDANTO

Vesihuoltoverkostoihin kuuluvat vesijohto-, jätevesiviemäri- ja hulevesiviemäriverkostot. Vesihuoltoverkostojen tarkoitus on jakaa käyttäjille tarpeeksi talousveden laatuvaatimukset täyttävää vettä, johtaa jätevedet käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle sekä johtaa hulevedet niin, ettei esimerkiksi katualueille aiheudu rankkasateiden aikana tulvia. (RIL 2010a) Erityisesti jätevesi- ja hulevesiverkostoissa, jotka toteutetaan usein viettoviemärinä, käytetään paljon kaivoja muun muassa viemäriinjojen haaroituksia ja liitoksia varten sekä linjan suunnan muuttamiseen. Kaivot ovat useimmiten joko muovia tai betonia ja niihin tulee, ja niistä lähtee eri määriä putkia. (WEF 2009) Vesihuoltoverkostojen kaivot ovat yleensä tulo- ja lähtöyhteiden sekä erilaisten korkojen ja suuntien takia yksilöllisiä, joten ne pitää valmistaa mittatilaustyönä. Verkostosuunnittelussa kaivoja suunniteltaessa suunnittelijan on usein toimitettava jokaisesta kaivosta pdf-muotoinen kaivokortti, joka kertoo kaivon valmistajalle tiedot, joiden avulla kaivo pystytään valmistamaan. (RIL 2010b, s. 106; Liikennevirasto 2013)

Tässä työssä verkostosuunnitteluhankkeen kaivojen toimitusketjusta käytetään termiä kaivokorttiprosessi. Kaivokorttiprosessi alkaa, kun suunnittelija suunnittelee kaivon ja se päättyy, kun valmistettu kaivo on asennettu työmaalle ja kaivon tiedot ovat tallennettu kaivon omistajan, eli esimerkiksi vesihuoltolaitoksen järjestelmiin. Kaivokorttiprosessin osapuolina ovat tyypillisesti tilaaja, suunnittelija, urakoitsija ja kaivotoimittaja.

Yhdessä suunnittelukohteessa kaivoja saattaa olla useita satoja, joten kaivokortteihin voi jäädä virheitä. Virheiden tarkastamiseen ja korjaamiseen kuluu paljon aikaa jokaiselta kaivokorttiprosessin osapuolelta ja mikäli virheet huomataan kaivokorttiprosessin myöhäisemmissä vaiheissa, voi tämä johtaa hankkeen työmaan seisomiseen ja muutoksiin suunnitelmissa. Virheiden lisäksi kaivokorttiprosessissa ongelmana voi olla, etteivät kaikki kaivotiedot välttämättä kulje koko prosessin läpi.

Työn tavoitteena oli kaivokorttiprosessin eri osapuolia haastatteleamalla kartoittaa osapuolien ongelmia ja tarpeita kaivokorttiprosessiin liittyen. Haastattelujen avulla työssä myös selvitettiin, millainen tyypillinen kaivokorttiprosessi on. Haastattelujen pohjalta ehdotettiin toimenpiteitä, joilla saadaan kaivokorttiprosessi mahdollisimman sujuvaksi. Ehdotetuilla toimenpiteillä on tarkoitus muun muassa sujuvoittaa kaivokorttien tarkastusta, vähentää virheellisiä kaivokortteja sekä vähentää prosessissa hukattua tietoa kaivoista.

Lisäksi työssä esitettiin haastattelujen perusteella tarkastuslista, jonka avulla virheelliset suunnitellut kaivot ja kaivokortit huomataan ja virheet voidaan korjata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kaivokorttiprosessia.

Työn toisessa ja kolmannessa luvussa käsitellään työhön liittyvää teoreettista taustaa. Toisen luvun alku käsittelee jätevesi- ja hulevesivesiverkostoja ja niissä käytettyjen kaivojen merkitystä verkoston toiminnan kannalta. Toisen luvun lopussa käsitellään tarkemmin kaivojen rakennetta ja toteutusta sekä kerrotaan, miten nämä asiat vaikuttavat kaivojen suunnitteluun. Toisen luvun lopussa kerrotaan myös kaivokorteista.

Kolmas luku käsittelee omaisuudenhallintaa ja verkkotietojärjestelmiä, joista saadaan usein suunnittelun lähtötiedot ja joihin kaivotiedot päätyvät kaivokorttiprosessin lopussa. Kolmannessa luvussa kerrotaan myös rakennuksen tietomalleista ja erityisesti Suomessa käytössä olevasta Inframodel-tiedonsiirtoformaattista ja siitä, mitä tietoja Inframodel-tiedostoon saa tallennettua kaivoista. Työn teoriaosan tavoite on auttaa ymmärtämään kaivojen toimintaa sekä rakennetta ja niin myös kaivokortteja ja sitä, miksi mitäkin tietoa täytyy kaivokorteissa esittää.

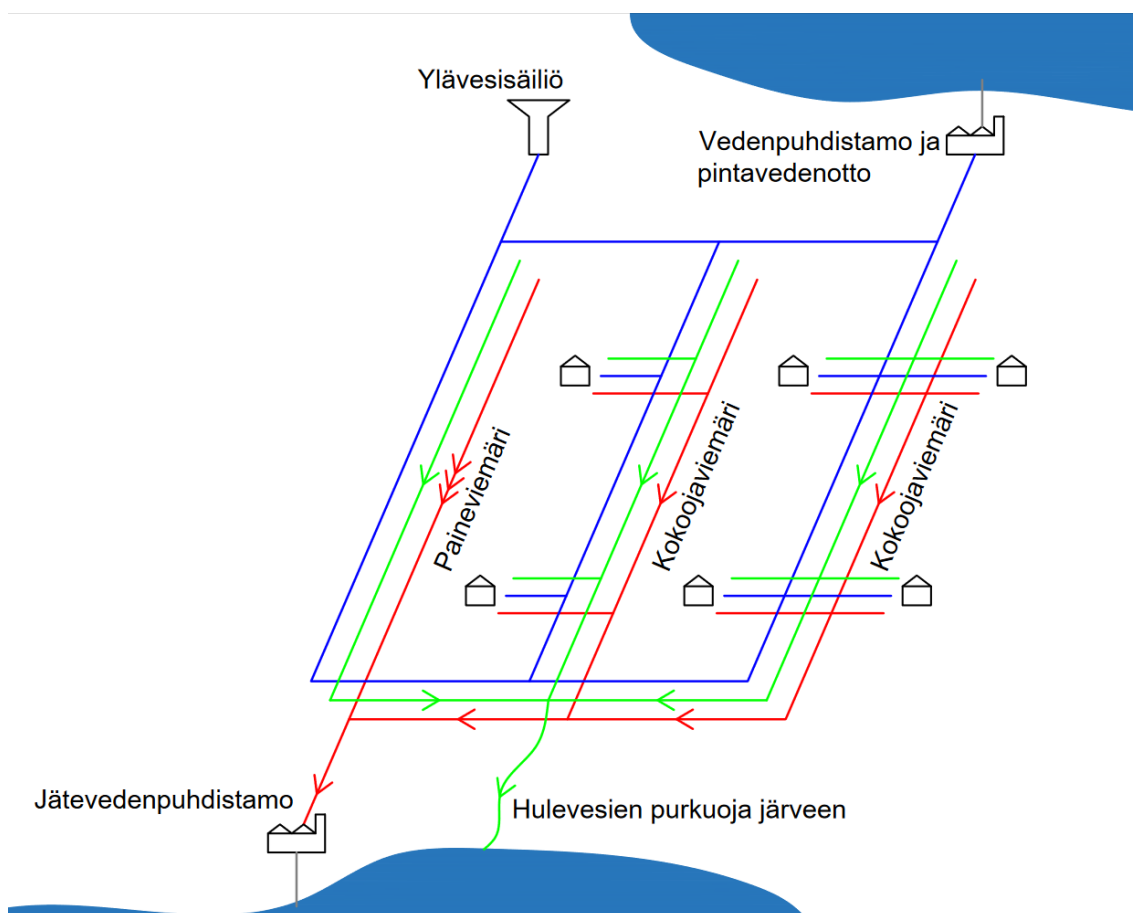
Neljäs luku käsittelee työssä käytettyjä aineistoja ja menetelmiä. Luvussa käydään läpi käytetyt haastattelumenetelmät ja aineiston analysointimenetelmät. Viidennessä luvussa kerrotaan haastatteluissa esille tulleita tuloksia tarpeista ja ongelmakohdista kaivokorttiprosessissa sekä esitetään haastattelujen avulla koottu tyypillinen kaivokorttiprosessi Suomessa. Kuudennessa luvussa ehdotetaan edellisen luvun tulosten perusteella toimenpiteitä kaivokorttiprosessin optimoimisesta. Viimeisessä luvussa kerrotaan työn johtopäätöksistä.

2. VESIHUOLTOVERKOSTOT JA NIIDEN KAIVOT

Tässä luvussa kerrotaan teoriaa vesihuoltoverkostoista sekä verkostojen kaivoista. Luvussa käsitellään vesihuoltoverkoista vain jätevesi- ja hulevesiverkostoja. Vesijohtoverkostot ovat rajattu tarkastelusta pois, koska vesijohtoverkostoissa käytetään vähemmän kaivoja. Luvussa käsiteltävät kaivo ovat rajattu viemäriverkostojen tavallisiin pyöreisiin kaivoihin. Esimerkiksi satulakaivoja tai erilaisia laitekaivoja ei käsitellä tässä työssä, koska niitä on normaalisti vähemmän viettoviemärinä toteutetuissa jätevesi- ja hulevesiverkostoissa. Luvuissa 2.1 ja 2.2 käsitellään yleisesti jätevesi- ja hulevesiverkostoja sekä kerrotaan verkostojen kaivoista toiminnallisena osana verkostoa. Seuraavassa 2.3 luvussa käsitellään tarkemmin kaivojen rakennetta ja ominaisuuksia. Kaivojen erilaiset rakenteet ja ominaisuudet asettavat myös kaivojen suunnittelulle tiettyjä vaatimuksia, jotta kaivo voidaan toteuttaa. Myös kaivojen suunnittelua ja toteutettavuutta käsitellään tässä luvussa. Luvun 2.3 alussa kerrotaan erikseen betoni- ja muovikaivoista ja luvun loppu käsittelee molemmista materiaaleista rakennettujen kaivojen ominaisuuksia. Viimeisessä 2.4 luvussa kerrotaan vesihuoltoverkostojen kaivokorteista.

2.1 Jätevesiviemäriverkostot

Jätevesiviemäriverkoston tarkoitus on johtaa kiinteistöjen jätevedet kiinteistöiltä jätevedenpuhdistamolle. Jätevesiverkostot kulkevat pääosin katujen alla ja niistä maan päälle näkyy vain kaivojen kansistot, joiden tarkoitus on toimia luukkuina, joiden kautta verkostoa pääsee esimerkiksi huoltamaan tai kuvaamaan. Jätevettä ei saisi vuotaa ympäristöön, eikä ympäristöstä saisi vuotaa vettä jätevesiviemäriin. Jätevesiviemäriverkostossa syntyvät jätevedet johdetaan Kuvan 1 mukaisesti kiinteistöiltä tonttviemärillä kokoojaviemäriin, jotka johtavat jätevedenpuhdistamolle vieviin pääviemäriin. (RIL 2010a, ss. 24–27, 114–115) Jätevesiverkostosta ja jätevesien käsittelystä huolehtii vesihuoltolaitos kunnan hyväksymällä toiminta-alueella (Vesihuoltolaki 119/2001 3 luku 15 §).



Kuva 1. Periaatekuva taajaman vesihuoltoverkostoista. Siniset viivat kuvaavat vesijohtoverkosta, jota pitkin pintavedenottamalla ja vedenpuhdistamolla puhdistettu juomavesi johdetaan asukkaille. Punaiset viivat kuvaavat jätevesiverkosta, jossa kiinteistöjen jätevedet johdetaan jätevedenpuhdistamolle. Vihreät viivat ovat hulevesiverkosta, johon johdetaan rakennetun ympäristön hulevesiä. Muokattu lähteestä (RIL 2010a, s. 25)

Jätevesiviemärit ovat useimmiten viettoviemäreitä, eli vesi kulkee painovoiman avulla verkoston korkeammista pisteistä kohti matalampia pisteitä. Jätevesiverkoston putkissa on oltava riittävän suuri kaltevuus, jotta putkien sedimentti huuhtoutuu putkesta itseensä vähintään kerran päivässä. Putken huuhtoutuvuus riippuu kaltevuuden lisäksi muun muassa putken halkaisijasta. Huuhtoutuvuutta voidaan arvioida esimerkiksi erilaisilla nomogrammeilla tai laskemalla. Putken huuhtoutumisen varmistamiseksi voidaan käyttää myös Taulukon 1 ohjeellisia arvoja jätevesiviemäriputkien minimikaltevuuksista. (RIL 2010b, s. 50)

Taulukko 1. Jätevesiviemäriputkien suositeltavia minimikaltevuuksia. Muokattu lähteestä (RIL 2010b, s. 50)

Putken halkaisija (mm)	Pienin suositeltava kaltevuus (‰)	Minimikaltevuus (‰)
150	8,0	1,9
200	7,0	2,5
300	6,0	6,0
400	5,0	9,0
500	4,0	14,0
600	3,0	25,0
800	2,0	35,0
>800	1,5	-

Kaltevuus ei myöskään saa olla liian suuri, jotta verkostossa ei tapahdu liian suuren virtausnopeuden aiheuttamaa eroosiota. Jos jotain osuutta ei ole mahdollista toteuttaa tarpeeksi suurella kaltevuudella, jätevettä voidaan pumpata ja johtaa paineviemäriellä. (RIL 2010a, s. 115)

Jätevesiverkostossa putkilinjojen ja tonttiovienärien liitokset ja haarat tehdään tarkastuskaivoissa, joihin tulevat ja lähtevät putket liitetään. Viemäriin liitosten lisäksi viettoviemäriin pysty- ja vaakasuuntaiset suunnanmuutokset sekä putkikoon tai -materiaalin vaihdokset toteutetaan tarkastuskaivoissa, eli jätevesiviemäriputket ovat pääosin suoria ja samaa putkityyppiä kahden kaivon välillä. Suorat putket kaivojen välillä helpottavat rakentamista sekä putkien kuvaamista ja puhdistamista, jos verrataan kulmia sisältäviin tai kaareviin putkiin. (RIL 2010a, s. 121, 2010b, ss. 106–107) Lisäksi toteumapiirustuksiin, eli rakentamisen jälkeen tehtäviin kuviin, joissa näkyy putkien ja kaivojen toteutuneet sijainnit ja korot, ei välttämättä dokumentoida tarkasti verkoston kaarevia putkia. Tämä tarkoittaa sitä, että tilaajan verkkotietojärjestelmään saattaa päätyä paikkaansa pitämätöntä tietoa viemäriputkista (WEF 2009, luku 5.2.9). Tarkastuskaivot ovat nimensä mukaisesti myös viemäriverkoston tarkastusta ja huoltoa varten (RIL 2010a, s. 121). Kaivon kannen ja kaivon kautta viemäriputkia voidaan esimerkiksi kuvata tai puhdistaa. Jätevesiviemärikaivojen tulisi siis olla tarpeeksi suuria tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä varten (WEF 2009, s. 5.2.9). Viemäriin suoraakin osuuksilla tulisi olla suurimmillaan 100 m välein tarkastuskaivoja putkien tarkastusta ja huoltoa varten. (WEF 2009, luku 5.2.9; RIL 2010a, s. 121, 2010b, s. 107) Tarkastuskaivojen välisille maksimietäisyyksille voi olla myös kaupunkikohtaisia tarkempia arvoja, kuten esimerkiksi HSY:n verkostosuunnitteluohjeessa (HSY 2022), jossa tarkastuskaivojen maksimietäisyydeksi toisistaan sanotaan 60 m.

Tarkastuskaivojen lisäksi jätevesiverkostossa voi olla muunkinlaisia kaivoja, kuten erilaisia laitekaivoja. Erityisesti painejätevesiputken yhteydessä voidaan tarvita esimerkiksi

ilmanpoistokaivoja, joiden sisällä olevalla ilmanpoistiventtiilillä poistetaan verkoston ylä-taitteisiin muodostuvaa kaasua. (RIL 2010b, s. 113) Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain kaivoihin, joissa vesi kulkee painovoimaisesti tuloputkista lähtöputkiin. Siis ainoita paineviemäriin kaivoja, jotka liittyvät tähän työhön ovat paineviemäriin purkukaivot, joihin paineviemäri purkaa veden ja joista vesi jatkaa viettoviemärinä linjaa eteenpäin.

2.2 Hulevesiviemäriverkostot

Maanalaisen hulevesiviemäriverkoston tehtävä on johtaa syntyvät hulevedet pois rakennetusta ympäristöstä. Hulevesiverkoston kuuluu myös maanpäällisiä rakenteita, kuten erilaisia ojia ja viivytysaltaita, joiden tarkoitus on johtaa ja viivyttää hulevesiä ja parantaa niiden laatua ennen hulevesien purkua vesistöön. Tässä työssä keskitytään hulevesiverkoston osalta vain maanalaisiin hulevesiviemäriin ja niiden kaivoihin. Kuten jätevesiviemäriverkostot, myös hulevesiverkostot toteutetaan lähtökohtaisesti viettoviemärinä. (Mays 2001, luku 1.3 ja 6; Liikennevirasto 2013) Hulevesien käsittelystä ja johtamisesta huolehtii lähtökohtaisesti kunta, mutta kunta voi myös sopia vesilaitoksen kanssa, että määritellyn alueen hulevesistä huolehtii vesilaitos (Vesihuoltolaki 119/2001 3 luku 15 §).

Hulevesiverkostoissa putkilinjan suunnanmuutokset, liitokset ja haarautumiset tehdään jätevesiverkoston tavoin tarkastuskaivoissa. Tarkastuskaivojen lisäksi hulevesiverkostoissa käytetään hulevesiä kerääviä hulevesikaivoja, jotka yhdistetään kokoojaviemäriin tarkastuskaivoon niin kutsutuilla viiksiputkilla. Hulevesikaivojen tarkoitus on kerätä vettä maanpinnalta ja johtaa se hulevesiverkoston, mikä onnistuu vettä läpäisevän kannen, kuten ritiläkannen avulla. Vettä keräävissä hulevesikaivoissa on tarkastuskaivoista poiketen kaivon pohjalla sakkapesä, jonka tarkoitus on kerätä hulevesien mukana verkoston muuten pääsevä kiintoaines. Runkoviemäriin kaivot ovat yleensä vettä keräävien hulevesikaivojen sijaan umpikantaisia tarkastuskaivoja, sillä sakkapesä haittaa veden virtausta ja kaivon tukkeutuessa kannen läpi päässeestä kiintoaineksesta, koko viemäriin saattaisi tukkeutua tukkeutuneesta kaivosta ylöspäin. Hulevesiviemäriinlinjassa on suoril-lakin osuuksilla tasaisin välimatkoin tarkastuskaivoja, joihin ritiläkantiset hulevesikaivot voivat liittyä viiksijohdoilla. (Liikennevirasto 2013; Petrow et al. 2018) Myös hulevesiverkoston tarkastuskaivojen keskinäiseksi etäisyydeksi suositellaan enimmillään 100 m (RIL 2010b, s. 107) ja kaupungeilla voi olla tähän vielä tarkempia omia suunnitteluohjeita (HS-Vesi 2017; HSY 2022).

2.3 Kaivot ja niiden suunnittelussa huomioitavat asiat

Rakenteeltaan jäte- ja hulevesiverkostojen kaivot ovat keskenään hyvin samankaltaisia. Erona kaivojen välillä on se, että hulevesiverkostojen hulevesikaivoissa on usein sakkapesä kiintoaineksen keräämistä varten ja vettä läpäisevä kansisto. Tarkastuskaivot ovat keskenään samanlaisia hulevesi- ja jätevesiverkostoissa. (Liikennevirasto 2013; Petrow et al. 2018)

Hulevesi- ja jätevesiverkostojen kaivojen yleisimmät halkaisijat ovat Suomen rakennusinsinöörien liiton julkaisun (RIL 2010b, s. 106) mukaan betonikaivoilla 800 tai 1000 mm ja muovikaivoilla välillä 500–1000 mm, mutta myös muun kokoisia kaivoja on saatavilla. Kaivojen koko riippuu muun muassa kaivoon liittyvien putkien koosta, putkien materiaalista ja suunnista, joissa putket liittyvät kaivoon. Tarkastuskaivon koon tulee lisäksi olla niin suuri, että verkostoa ja kaivoa mahdollaan huoltamaan ja esimerkiksi huuhtelemaan. Sakkapesällisten kaivojen kohdalla sakkapesä täytyy mahtua tyhjentämään. (WEF 2009; RIL 2010b, s. 106) Kaivot voivat olla halkaisijaltaan myös isompia kuin 1000 mm esimerkiksi suurten runkoviemärien kohdalla, joissa kaivoon liittyvä putkikin saattaa olla yli 1000 mm. Hulevesikaivon sakkapesän suositeltu minimikoko on 300 L, mutta pienempiäkin sakkapesiä voi suunnitella kaivojen kunnossapitäjän suostumuksella. Pienempi sakkapesä tarkoittaa sitä, että sakkapesää on tyhjennettävä useammin. (Liikennevirasto 2013)

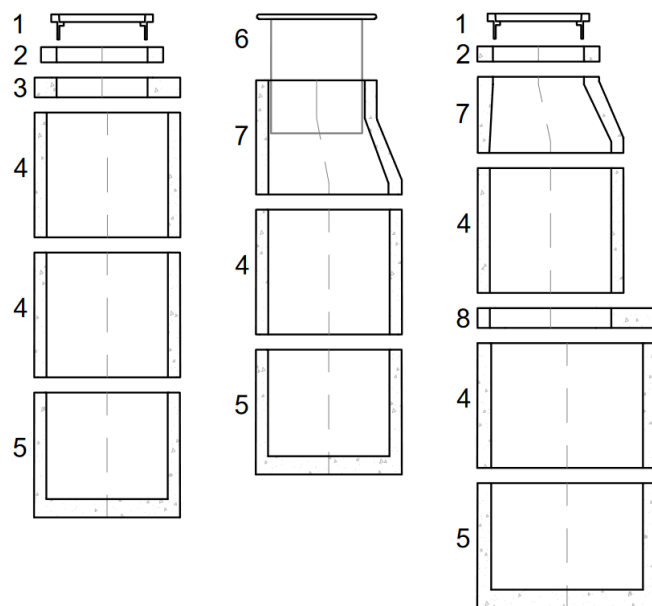
Kaivojen materiaalina käytetään muun muassa betonia, HDPE-muovia tai lasikuitua (WEF 2009). Suomessa käytetään yleisimmin betonisia tai muovisia kaivoja, ellei kaivossa kulkevan veden laadun tai kaivon ympäristön takia kaivon materiaaliksi tarvita jostain muuta (RIL 2010b, s. 106).

2.3.1 Betonikaivot

Vesihuoltoverkostojen isommat kaivot toteutetaan yleensä betonikaivoina. Esimerkiksi HSYn, Hämeenlinnan ja Lahden vesihuoltoverkostojen suunnitteluohjeessa yli 800 mm halkaisijan kaivot tulee olla betonikaivoja. (HS-Vesi 2017; Lahti Aqua 2017; HSY 2022) Toisaalta myöskään alle 600 mm sisähalkaisijan CE-merkittyjä, eli valmistajan vakuuttamana EU:n direktiivien ja asetusten olennaisia vaatimuksia täyttäviä betonikaivorenkaita ei edes valmisteta Suomessa (Petrow et al. 2018). Suomessa betoniviemäriverkostojen osista puhuttaessa puhutaan usein EK-osista, missä ”EK” tarkoittaa ”esiasennettua kiintotiivistettä”. EK-järjestelmän putki- ja kaivo-osille on määritetty tietyt koot ja ominaisuudet ja ne voidaan yhdistää keskenään erilaisten soviteosien avulla tai ilman. (Petrow et al. 2018)

2.3.1.1 Betonikaivoelementit

Betonikaivot rakennetaan yleensä Kuvan 2 tyyllisesti pohjarenkaasta, vaihtelevasta määrästä pohjarenkaan päälle tulevista kaivorenkaista, kannesta, mahdollisesta kartiorenkaasta ja lopuksi maan pinnalla näkyvästä valurautaisesta kansistosta, joka on yhteydessä muuhun kaivoon joko korotusrenkailla tai muovisella teleskoopilla. Normaalisti kaivossa kaivon pohjarengas ja pohjarenkaan kokoiset kaivorenkaat muodostavat niin kutsutun kaivon rungon. Kaivon betoninen kansi toimii kaivon rungon kattona ja siinä on kannen omaa halkaisijaa pienempi aukko, johon voidaan liittää esimerkiksi kansisto. Kannen aukkoon voi liittää myös halkaisijaltaan pienempiä kaivorenkaita tai korotusrenkaita kaivon kansistoa varten. Kartiorenkaan tarkoitus on supistaa kaivon halkaisija haluttuun kokoon. Betonisilla korotusrenkailla tai muovisella teleskoopilla hienosäädetään kaivon kansisto maanpinnan tasolle (tai muuhun haluttuun tasoon). Kaivo voidaan valmistaa myös monoliittisena kaivona, eli yhtenäisenä rakenteena. (Petrow et al. 2018) Kuvassa 2 on esitetty edellä mainitut kaivoelementit sekä esimerkkejä siitä, minkälaisia kaivoja kaivoelementeistä on muun muassa mahdollista valmistaa.



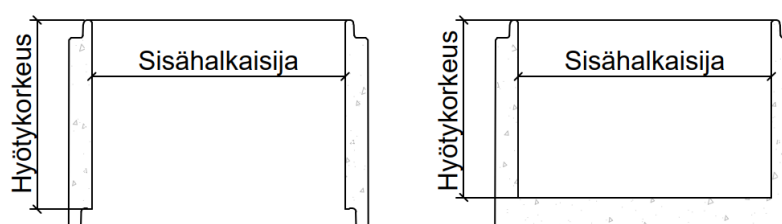
Kuva 2. Betonikaivon osia ja esimerkkejä, miten betonikaivon voi koota. 1) valurautakansisto, 2) korotusrengas, 3) kansi, 4) kaivorengas, 5) pohjarengas, 6) teleskoopikansisto, 7) kartiorengas, 8) supistuskansi. Muokattu lähteestä (Petrow et al. 2018)

Kuvan 2 mukaisesti betonikaivon osia on mahdollista järjestää monin eri tavoin. Esimerkiksi syvässä kaivossa voi olla Kuvan 2 oikeanpuolimmaisena kaivon mukaisesti suuri pohjarengas siihen liittyvän suuren putken takia, mutta jos pohjarenkaan yläpuolisiin osiin ei liity enää putkia, voi kaivon kokoa pienentää supistuskannella. Supistuskannen

jälkeen kannesta maanpintaan yltävät osat voidaan tehdä pienemmillä kaivorenkailla. Tällä tavalla säästetään kaivon materiaalissa ja kustannuksissa.

2.3.1.2 Betonikaivojen koko ja lujuusluokka

Suomessa käytettävien CE-merkittyjen kaivorenkaiden sisähalkaisijat ovat välillä 600–1200 mm. Tästä isommat kaivorenkaat ovat FI-merkittyjä, eli tuotteen valmistusta valvoo ympäristöministeriön hyväksymä valmistuksen laadunvalvonnan varmentamiselin. Yksittäisen kaivorenkaan hyötykorkeus voi olla välillä 250–2000 mm riippuen tarkemmin kaivorenkaan halkaisijasta. (Petrow et al. 2018) Betonikaivon hyötykorkeus ja sisähalkaisija ovat esitetty Kuvassa 3.



Kuva 3. Betonisen kaivorenkaan (vas.) ja pohjarenkaan (oik.) kirjallisuudessa käytetty hyötykorkeus ja sisähalkaisija. Muokattu lähteestä (Ruskon Betoni n.d. a)

Betonikaivon maksimihyötykorkeuden takia yli kahden metrin korkuiset kaivot täytyy koota useammasta kuin yhdestä kappaleesta. Muutenkin kaivo voi olla järkevää kasata pienemmistä kaivorenkaista, koska pienempien kaivorenkaiden kuljetus ja käsittely työmaalla saattaa olla helpompaa. CE-merkittyjen kaivorenkaiden korkeudet eivät voi olla mitä tahansa 250—2000 mm välillä, vaan jokaiselle halkaisijalle on tietyt käytettävät hyötykorkeudet. Taulukossa 2 on esitetty esimerkkinä sisähalkaisijaltaan 800, 1000, 1200 mm kaivorenkailla mahdolliset hyötykorkeudet.

Taulukko 2. Sisähalkaisijaltaan 800, 1000, ja 1200 kaivorenkaiden hyötykorkeudet (Petrow et al. 2018)

Sisähalkaisija DN (mm)	Hyötykorkeus h (mm)
800	250
	500
	750
	1000
	1250
	1500
1000	250
	500
	750
	1000
	1250
	1500
1200	500
	750
	1000
	1250
	1500
	1750
	2000

Käytettävä kaivorenkaan halkaisija riippuu kaivoon liittyvien putkien koosta. Kaivon on oltava halkaisijaltaan liitettävien putkien halkaisijaa isompi, jotta putken pystyy liittämään kaivoon. Taulukossa 3 on esitetty Betoniteollisuus ry:n suosittelemat pohjaelementin koot riippuen kaivon läpi menevän putken nimellismittasta.

Taulukko 3. Suositeltu kaivon pohjaelementin koko kaivoon liittyvän putken koon mukaan. (Petrow et al. 2018)

Läpimenevän putken nimellismitta DN (mm)	Suosittelavan pohjaelementin ni- mellismitta DN (mm)
225...500	800
600	800...1000
800	1000
> 800	Suurimman putken nimellismitta + 200

Taulukon 3 ”Suositeltu kaivon pohjaelementin koko kaivoon liittyvän putken koon mukaan” suositukset koskevat tilannetta, jossa toinen putki tulee kaivoon ja toinen lähtee kaivosta kaivon vastakkaisilta puolilta, eli putket eivät ole keskenään lähellä toisiaan kaivon läpivienneissä. Tilanteissa, joissa kaivoon tulevat, tai siitä lähtevät putket ovat kaivon reunalla lähempänä toisiaan, voidaan joutua tekemään Taulukon 3 suosituksia isompi kaivo. Putkien vähimmäisetäisyys kaivon pintaa pitkin mitattuna on SFS-EN 1917 -standardin (2003) mukaan betonikaivossa 100 mm. Mikäli putkien välinen minimietäisyys ei

täyty, etäisyyttä voidaan kasvattaa kaivon halkaisijaa kasvattamalla tai muuttamalla putkien tulo- tai lähtösuuntia.

Betonikaivon kuorman kestävyttä varten kaivolle määritetään raudoitusluokka, joita Suomessa on käytössä kaksi; Br-luokka, eli liikennealueen ulkopuolinen raudoitus ja Cr-luokka, eli normaali raudoitus liikennealueelle (SFS 7035 2014; Petrow et al. 2018). Betonikaivon raudoituksella tarkoitetaan betonin sisälle valettuja raudoitteita, jotka ovat joko yksittäisiä, usein teräksisiä renkaita, tai yhtenäisenä spiraalina kaivon kiertäviä rakenteita. Suunnittelija määrittää käytettävät raudoitusluokat muun muassa sen perusteella, minkälaista kuormaa kaivon tulee kestää ja kuinka syvälle kaivo asennetaan. (Petrow et al. 2018) Kunnallisissa infrahankkeissa kaivot ovat usein liikennöidyllä alueella, joten myös raudoitusluokka on silloin Cr.

Eri raudoitusluokilla on erilaiset suurimmat sallitut kuormat, eli hyväksymisraja-kuormat ($F_{c0,30}$) riippuen kaivon halkaisijasta. Hyväksymisraja-kuorma saadaan jakamalla suurin hyväksytty kaivon kohdistuva kuorma (kN/m) kaivorenkkaan sisähalkaisijalla (m). Hyväksymisraja-kuorman lisäksi betonikaivolla on raudoitusluokasta ja kaivon halkaisijasta riippuva romahdusmurtolujuus (F_u). Romahdusmurtolujuus on suurin kuorma, jonka betoni kestää murtumatta jaettuna kaivon halkaisijalla. Sekä hyväksymisraja-kuorma, että romahdusmurtolujuus esitetään ilman yksikköä. (SFS 7035 2014) Taulukossa 4 on esitetty CE-merkittyjä tuotteita koskevia lujuusvaatimuksia betonikaivon renkailla.

Taulukko 4. CE-merkittyjen betonikaivorenkaiden lujuusvaatimuksia.
Muokattu lähteestä (SFS 7035 2014)

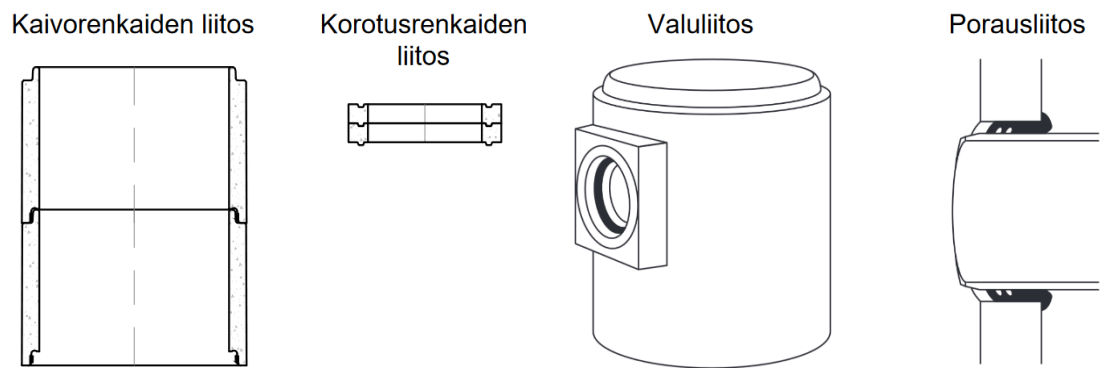
Kaivon sisähalkaisija DN (mm)	Betonirengas, Br-luokka		Betonirengas, Cr-luokka	
	$F_{c0,30}$	F_u	$F_{c0,30}$	F_u
600	14	25	36	54
800	12	23	33	48
1000	11 ¹	21 ¹	31	44
1200	11	20	30	41

¹Taulukon lähteessä $F_{c0,30}$ - ja F_u -arvot olivat toisin päin. Arvot muokattu taulukkoon niin, että hyväksymisraja-kuorma ei ole romahdusmurtolujuutta suurempi.

Taulukosta 4 "CE-merkittyjen betonikaivorenkaiden lujuusvaatimuksia" nähdään muun muassa, että kaivon halkaisijan kasvaessa kaivon kohdistuva sallittu kuorma sekä romahdusmurtolujuus pienenevät, eli isommat kaivot kestävät pieniä kaivoja huonommin kuormaa. Raudoitusluokkaa suunniteltaessa liikenteen huomioimisen lisäksi on huomioitava raudoitusluokkien maksimiasennussyvytydet, jotka ovat Taulukon 4 lujuusvaatimuksilla Br-luokan kaivoille 6,7 m ja Cr-luokan kaivoille 10,0 m (Petrow et al. 2018).

2.3.1.3 Betonikaivojen liitokset

Koska betonikaivoelementtejä on usein yhdessä kaivossa useita ja kaivoihin tulee ja niistä lähtee putkia, täytyy kaivoelementit ja putket pystyä jotenkin liittämään toisiinsa. Betonikaivoelementit on muotoiltu niin, että elementin yläosa sopii seuraavan elementin alaosaan ja muodostaa Kuvan 4 mukaisen liitoksen, josta elementit eivät helposti liiku erilleen. (Petrov et al. 2018)



Kuva 4. Esimerkkejä kaivoelementtien liitoksista. Muokattu lähteistä (Ruskon Be-toni n.d. a; SKTY 2021)

Kaivoelementit ovat jo lähtökohtaisesti sen muotoisia, että ne on helppo yhdistää toisiinsa työmaalla, mutta koska kaivoon liittyvien putkien suunta, koko, materiaali ja korko vaihtuvat lähes joka kaivon kohdalla, ei tällaisia valmiita putkiliitosrakenteita kannata kaivoon tehdä. Sen sijaan putkiliitokset tehdään betonikaivoon joko valuliitoksella tai porausliitoksella suunnitelmien määräämään korkoon ja suuntaan. Nämä kaksi putkiliitostapaa on esitetty Kuvassa 4. Putkien liitoksissa kaivoihin käytetään lyhyitä soviteputkia, jotka estävät putkien ja kaivojen vaurioita niiden liikkuesssa. (Petrov et al. 2018; SKTY 2021) Putkia ei voi liittää kaivoon kahden betonielementin liitoksen saumakohtaan korkeuteen. Kaivoa suunniteltaessa tätä voi olla kuitenkin vaikea huomioida, koska suunnittelija ei välttämättä suunniteltaessa tiedä, minkälaisista osista kaivotoimittaja tulee koamaan kaivon ja mihin korkeuteen esimerkiksi kahden kaivorenkaan saumakohta tulee.

Kuvan 4 valuliitokset tehdään suunnitelmien mukaan kaivotehtaalla ja niitä voi tehdä pienimmillään nimellishalkaisijaltaan 222 mm putkille. Kuvan 4 mukainen porausliitos on mahdollista tehdä pienemmille putkille työmaallakin. Porausliitoksilla on siis mahdollista liittää kaivoihin työmaalla esimerkiksi sellaisia putkia, joiden suuntaa, korkoa, kokoa tai materiaalia ei välttämättä suunnitteluvaiheessa tiedetä, kuten pieniä tonttiliittymiä. (Petrov et al. 2018)

EK-järjestelmän liitokset tehdään niin, että osien välisistä saumakohdista ei pääse vuotamaan vettä viemäriverkostoon tai viemäriverkostosta ei pääse vuotamaan vettä ympäristöön. Lisäksi liitos muun muassa lukitsee osat kiinni toisiinsa ja estää betoniosien väliset kontaktit ja hankaamiset, jotka saattaisivat vaurioittaa liitoskohtaa. Liitokset ovat myös tarkoituksella joustavia sitä varten, jos kaivo ja putki esimerkiksi painuvat maaperässä eri tahtiin. Joustavuus mahdollistaa myös kulmanmuutokset putken ja kaivon välillä. Liitoksen voi tehdä kohtisuoraan kaivon seinään nähden, mutta liitettävä putki voi silti tulla kaivoon tiettyssä kulmassa. (Petrow et al. 2018) EK-järjestelmien liitoksien tiivistykset tehdään standardin SFS-EN 681-1 täyttävillä kumitiivisteillä. Kumitiivisteiden materiaalina voi olla SBR (stryreenibutadieenikumi, styrene-butadiene-rubber), EPDM (eteeni-propeenikumi, ethylene-propylene-diene-monomer) tai NBR (nitrilikumi, nitrile-butadiene-rubber). Tiivistelaaduista yleisin on EPDM -tiiviste. Tiivisteet asennetaan EK-järjestelmän kaivo- ja putkiosiin lähtökohtaisesti jo tehtaalla, mutta liitettäessä muusta materiaalista tehtyjä putkia EK-kaivoihin, käytetään asennuksen yhteydessä poraustiivisteitä, jotka voidaan asentaa esimerkiksi vasta porausliitoksia tehtäessä työmaalla. (SFS-EN 1917 2003; Petrow et al. 2018)

2.3.2 Muovikaivot

Kun vesihuoltoverkostojen isommat kaivot toteutetaan lähtökohtaisesti betonikaivoina, niin pienemmät, halkaisijaltaan 800 mm tai alle kaivot voidaan tehdä muovikaivoina, ainakin HSY:n, HS-Veden ja Lahti Aquan vesihuoltoverkostojen suunnitteluohjeiden (HS-Vesi 2017; Lahti Aqua 2017; HSY 2022) mukaan. Toisin kuin betonikaivoihin, joihin voi liittää minkä tahansa materiaalin putkia, muovikaivoja käytetään lähtökohtaisesti vain silloin, kun kaivoon liittyy muoviputkia. (HS-Vesi 2017; Lahti Aqua 2017; HSY 2022) Suomessa muovikaivot täyttävät standardin SFS 3468 vaatimukset. Standardin mukaan muovikaivojen materiaalina voi olla PEH (korkeatiheysinen polyetyleni, high-density polyethylene), PEM (keskitiheysinen polyetyleni, medium-density polyethylene), PP (polypropeeni, polypropylene) tai PVC (polyvinyylikloridi, polyvinyl chloride). Muovista voidaan tehdä sekä vesihuoltoverkostojen tarkastuskaivoja että sakkapesällisiä hulevesikaivoja. (SFS 3468 1990)

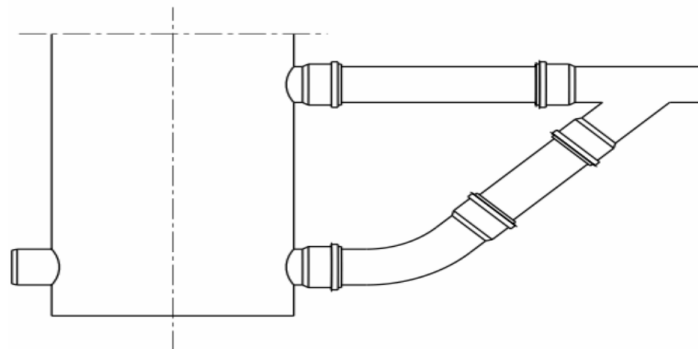
Muovikaivoja myydään suoraan varastossa valmiina olevina paketteina, mutta koska kunnallisissa infrahankkeissa kaivot ovat usein hyvin yksilöllisiä kaivon koon ja liitosten kokojen, materiaalien, suuntien ja korkojen osalta, kaivot tehdään yleensä mittatilaustyönä. Mittatilaustyönä tehtävien kaivojen ulkohalkaisijaksi saa valittua esimerkiksi 400, 560, 670 tai 800 mm, mutta isompiakin muovikaivoja saa tilattua Suomesta. Putkiliitokset muovikaivoon voidaan tehdä esimerkiksi joko työntämällä putki kaivon kylkeen valmiiksi

asennettuun muhviin, tai hitsaamalla putki kiinni kaivon kylkeen tehtyyn liitoskohtaan. (Uponor 2009, 2015)

Muovikaivojen tulee kestää SFS 3143 -standardin mukainen kuormituskoe, jossa kaivon kansistoon ja sitä kautta kaivoa ympäröivään täyttömateriaaliin kohdistetaan 50 kN kuorma. Lisäksi kaivolle tehdään muun muassa alipainekoe, jossa testataan kaivon kykyä vastustaa pohjaveden painetta maahan asennettuna. (SFS 3468 1990) Muovikaivon seinämän tulee siis olla niin paksu, että se kestää edellä mainitut kokeet lommahtamatta. Koska muovikaivon tulee kestää kuormituskokeen 50 kN kuorma, muovikaivot sopivat betonikaivojen tavoin myös liikennöidyille alueille.

2.3.3 Kaivojen virtausominaisuudet ja pohjan muotoilu

Sekä betoni- että muovikaivoissa tarkastuskaivon pohja muotoillaan veden virtausta ohjaavaksi. Erityisesti jäteveden, joka sisältää hulevettä enemmän kiintoainesta kohdalla pohjaan muotoillut virtauskourut ovat tärkeitä, jotta kiintoaines ei aiheuta kaivon kohdalla tukoksia. (SFS 3468 1990; WEF 2009; RIL 2010b, s. 107) Jätevesiverkostoissa suuret pudotukset tai suunnanmuutokset kaivoissa saattavat aiheuttaa kaasujen vapautumista jätevedestä, mikä ei ole toivottua hajun ja kaasujen aiheuttaman korroosio takia (WEF 2009). Jos kaivoon tulevien putkien vesijuoksu on yli 800 mm kaivon vesijuoksua korkeammalla, kaivon ulkopuolelle tulisi tehdä pudotusputki Kuvan 5 mukaisesti. (RIL 2010b, s. 107).



Kuva 5. Kaivon ulkopuolinen pudotusputki, jos tulevan putken vesijuoksu on yli 800 mm korkeudella lähtevän putken vesijuoksusta (InfraRyl 2022).

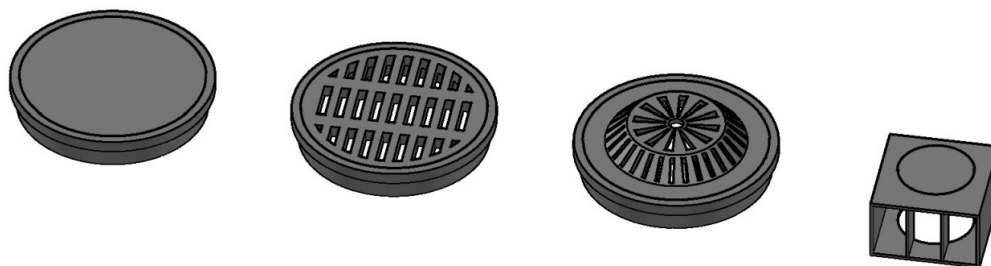
Betonikaivojen kohdalla virtauskourut tehdään kaivon pohjarenkaaseen tehtaalla erillisenä valuna suunnitelmissa esitettyjen liittyvien putkien suuntien mukaisesti. Myös muovikaivojen kohdalla kaivon pohjaosaan voidaan muotoilla suunniteltujen putkiliitosten suuntaiset virtauskourut. (Petrov et al. 2018)

Kaivon sisällä veden virtaukseen vaikuttaa kaivon virtauskourujen lisäksi kaivoon liittyvien putkien suunta. Kaivossa veden virtaussuunnan muutos ei saisi olla yli 90°, eli lähtöputken ja tuloputken välisen kulman ei tulisi olla alle 90°. (WEF 2009) Tämän säännön täyttymiseen pystyy vaikuttamaan lähinnä muussa verkoston suunnittelussa lisäämällä esimerkiksi ylimääräisiä kaivoja väärästä suunnasta tulevan putken suunnan muuttamiseksi tai suunnittelemalla kaivon viereen putkikulmia. Kulmien käyttöä ei kuitenkaan suositella, sillä putkien tulisi olla suorina kaivojen välillä.

Veden virtauksen parantamisen vuoksi kaivoon tulevien ja sieltä lähtevien putkien välillä tulisi olla myös korkeuseroa. Varsinkin jos viemäriin kääntyy kaivon kohdalla, tulevan putken vesijuoksun tulisi olla vähintään 2 cm lähtevän putken vesijuoksua korkeammalla, mikäli se vain on mahdollista. (WEF 2009; RIL 2010b, s. 107)

2.3.4 Kaivojen kansistot

Kaivon kansisto on kaivon maanpinnalla näkyvä osa, joka muun muassa estää kaivoon putoamisen, mutta samalla siinä oleva irrotettava kansiosa mahdollistaa kaivoon pääsyn kaivon tutkimista ja huoltoa vaativissa tehtävissä. Ritiä-, kupu- ja kitakansistojen tarkoitus on päästää myös vettä kannen läpi hulevesiverkostoon. Kaivon kansisto koostuu valurautaisesta, useimmiten pyöreästä kehyksestä ja sen päälle asetettavasta valurautaisesta kannesta. Kansi voi olla umpikansi, ritiäkansi, kupukansi tai kitakansi (Kuva 6).



Kuva 6. Erilaisia valurautakansityyppejä. Vasemmalta oikealle luetteluna: umpikansi, ritiäkansi, kupukansi ja kitakansi.

Kaivon kansisto voi olla kiinni kaivossa teleskoopilla, jolloin kannen korkoa on mahdollista säätää, jos esimerkiksi oikea kadun pinta poikkeaa suunnitelmissa käytetystä pintamallista tai jos suunniteltaessa tiedetään, että kohteen pintaan on tulossa vielä muutoksia. Korkoa voidaan säätää betonikaivojen kohdalla myös korotusrenkailla. Jos kansisto on mahdollista tukea päällysteeseen, voidaan käyttää niin sanottua kelluvaa kansistoa, joka myös sallii kaivolta pienet poikkeamiset suunnitellusta korkeudesta. Suomessa kaivojen kansistot noudattavat standardia SFS-EN 124-1. (RIL 2010b, ss. 106–107; Petrow et al. 2018)

Jätevesiverkoston ja hulevesiverkoston kaivot sijaitsevat usein katualueilla, jolloin kaivojen kansistojen tulee kestää liikennettä. Jos kaivot ovat alueella, jossa liikkuu ajoneuvoja, kansiston kuormituskestävyyden on oltava 400 kN tai toisin sanoen 40 tn. Muuten kuormituskestävyyden on oltava vähintään 250 kN tai 25 tn. Jos kaivoihin kohdistuu alueella erityisen suuria pyöräkuormia, kaivon kansiston kuormituskestävyydeksi voidaan vaatia jopa 900 kN, kuten lentokoneiden kiitoradoilla. (SFS-EN 124 2016) Suunniteltaessa kaivoja suunnittelijan tulee siis tietää, mihin kaivo ollaan asentamassa, jotta kaivoon määrittää kuormituskestävyydeltään ja tyypiltään oikeanlainen kansisto.

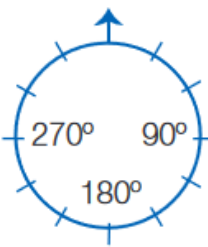
2.3.5 Kaivojen saneeraus

Kaivoihin voi tulla ajan myötä erilaisia vaurioita, joiden kautta ympäristöstä voi päästä vuotovesiä verkostoon tai verkostosta voi päästä vuotovesiä ympäristöön. Vauriot voivat johtua esimerkiksi ympäröivän maaperän liikkeestä tai korroosiosta. Korroosiota aiheuttaa esimerkiksi jätevesiverkostoissa jäteveteen liuenneet rikkivedyt, jotka kaasuuntuaan aiheuttavat kaivon seinämien bakteerien kanssa korroosiota aiheuttavan kerroksen. Betonikaivot ovat muovikaivoja herkempiä rikkivetyjen aiheuttamalle korroosiolle. (Hughes 2009, ss. 2, 23–24) Vaurion tapahduttua kaivoja voidaan kuitenkin vielä saneerata, ja näin estää vuotovesien pääsy verkostoon. Saneerausmenetelmiä ovat muun muassa erilaiset pinnoitukset ja ruiskubetonoinnit, joissa vaurioituneen kaivon koko sisäpinta pinnoitetaan tiiviiksi esimerkiksi betonilla, erilaisilla muovilaaduilla tai lasikuidulla. Pienempiä vuotoja voidaan myös injektoida eli ruiskuttaa vuodon tukkivaa materiaalia suoraan vuotokohtaan. Lisäksi vanhan kaivon sisälle voidaan asentaa kokonaan uusi muovista tai lasikuidusta tehty kaivo. (Walker 2022, s. 78)

Kaivojen huollettavuuteen voi vaikuttaa esimerkiksi sillä, että kaivo suunnitellaan sellaiseen paikkaan, josta sinne on helppo päästä käsiksi. Syviä kaivoja on vaikeampi ja vaarallisempi huoltaa, mutta toisaalta kaivon syvyyteen voi olla suunniteltaessa vaikea vaikuttaa. Halkaisijaltaan suuriin kaivoihin voidaan suunnitella kiinteät tikapuut, jolloin kaivon pohjalle pääsee helpommin. (Hughes 2009, s. 25) Kaivojen huoltotarpeen ennaltaehkäisyksi kaivoja ei tulisi suunnitella ojien tai muiden painanteiden pohjalle, jolloin kaivon kansiston päälle kertyy vettä, joka saattaa vuotaa sitä kautta viemäriin. Kaivon kansistojen sijaintia ei myöskään tulisi suunnitella tie- ja katualueilla auton renkaiden kuluttamiin ajourakohtiin, koska jatkuva epätasainen kuormitus saattaa kuluttaa kansiston tiivisteitä. (WEF 2009, luku 2.9) Korroosion ehkäisemiseksi kaivoille tulee valita sopiva materiaali ja sitä varten tulee tiedostaa kaivossa kulkevan veden ja kaivon ympäristön ominaisuudet.

2.4 Kaivokortit

Koska kunnallisissa verkostohankkeissa suunniteltavat kaivot ovat suunnitelmien mukaisesti mittatilaustyönä tehtäviä yksilöitä, täytyy kaivotoimittajille toimittaa kaivon valmistamista varten tarvittavat tiedot. Nämä tiedot esitetään yleensä suunnittelijan laatimissa kaivokorteissa, jotka toimitetaan usein PDF-tiedostoina kaivotoimittajille. (RIL 2010b, s. 106) Myös nettissä täytettäviä sähköisiä kaivokorttipalveluita on olemassa. Kaivokortti voi näyttää esimerkiksi Kuvan 7 mukaiselta.

Kaivotyyppi	Kaivonumero	Liittymä	Putki-laatu **	Koko/ ulko- halk.	Kork. cm vesi- juoksusta	Kulma astetta	Kaato cm/m
Kpl	Liittymä poisto	Poisto					
Ulkohalk.		Tulo 1					
		Tulo 2					
		Tulo 3					
		Tulo 4					
Korkeus*	Sakkapesä: _____m Vakio ☐ Pallopesä ☐ Ei ☐						
Täyskorkea ☐ Teleskoopilla ☐ Säätoputki 0,75m ☐ _____m							
Kansi: Umpikansi ☐ Ritiläkansi ☐ Muovihattu ☐ RST-hattu ☐							
Lisävarusteet: Vesilukko ☐ Huuhteluputki ☐ Jäätymissuoja ☐ Umpikannen tiiviste ☐							
Lisätietoja:							

Kuva 7. Esimerkki muovikaivotoimittajan täytettävästä kaivokortista. (Pipelife 2022)

Kuvan 7 kaivokorttiesimerkki on muovikaivotoimittajan nettisivuilta, mutta riippumatta kaivotoimittajasta ja kaivon materiaalista, kaivokortit sisältävät aina pitkälti samat kaivotiedot. (Rudus n.d.; Ruskon Betoni n.d. b; Meltex 2022; Pipelife 2022; Uponor 2022) Lähteenä tämän luvun tiedoille on jouduttu käyttämään suurimmaksi osaksi kaivotoimittajan omia nettisivuja ja ohjeita, sillä kaivokorteista ja niiden sisällöstä ei ollut helposti löydettävissä tietoa muusta kirjallisuudesta.

Kuvan 7 tapaan kaivokortin tulisi sisältää tieto kaivon materiaalista, halkaisijasta sekä korkeudesta kaivon kansistosta kaivon pohjaan tai vesijuoksuun, mikäli kaivossa on sakkapesä. Koon lisäksi tärkeitä tietoja ovat tiedot kaivoon liittyvistä putkista. Liitoksista tulisi

kertoa liitoksen suunta ylhäältä päin katsottuna, liitoksen korkeus sekä liitoksen koko ja liittyvän putken laatu. Myös liitoksen kaltevuutta tai kaatoa kysytään kaivotoimittajien kaivokorteissa. (Rudus n.d.; Ruskon Betoni n.d. b; Meltex 2022; Pipelife 2022; Uponor 2022)

Kaivon koon ja liitosten lisäksi kaivokorteissa tulee esittää muut mahdolliset lisätiedot kaivosta. Kaivo tulee numeroida ja kaivon kansiston tyyppi tulee kertoa. Lisäksi kansiston teleskoopista on hyvä mainita kaivokortissa, varsinkin jos teleskooppi on esimerkiksi normaalista poikkeavan kokoinen. Kaivokorttiin on merkittävä, jos kaivoon halutaan sakkapesä ja sakkapesästä tulee ilmoittaa sen koko joko syvyytenä tai tilavuutena. Myös mahdolliset lisävarusteet merkitään kaivokorttiin ja mikäli jollekin erikoisemmalle lisävarusteelle ei ole kaivokortissa omaa kohta, kaivokorteissa on ”lisätietoja” -kohta, mihin voi kirjoittaa kaivotoimittajalle lisätietoja tai tarkennuksia. Lisätietoina voi tarkentaa esimerkiksi putkien liitostyypit ja kaivon lujuusluokan tai ilmoittaa, jos kaivon pohja halutaan jostain syystä muotoilla normaalista poikkeavalla tavalla. Myös Kuvan 5 mukaisen pudotusputkirakenteen voi ilmoittaa lisätiedoissa, mikäli kaivoa suunniteltaessa sellainen rakenne nähdään tarpeelliseksi. (Rudus n.d.; Ruskon Betoni n.d. b; Meltex 2022; Pipelife 2022; Uponor 2022)

3. VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄT JA RAKENNUKSEN TIETOMALLIT INFRARAKENTAMISSESSA JA VERKOSTOSUUNNITTELUSSA

Tässä luvussa kerrotaan infraomaisuudenhallinnasta, verkkotietojärjestelmistä sekä rakennuksen tietomalleista (Building Information Model, BIM). Luvussa 3.1 kerrotaan mitä omaisuudenhallinta tarkoittaa vesihuoltoverkostojen ja niiden kaivojen osalta. Luvussa 3.2 kerrotaan verkkotietojärjestelmistä, jotka auttavat erilaisten infrastruktuuriverkostojen, kuten vesihuolto-, kaukolämpö ja sähköverkostojen hallinnassa. Lisäksi luvussa kerrotaan lyhyesti tietojen keräämisestä verkkotietojärjestelmiin. Luvussa 3.3 kerrotaan rakennuksen tietomalleista yleisesti sekä tarkemmin Suomessa infrarakentamisessa käytetystä Inframodel -tiedonsiirtoformaattista. Luvussa 3.4 kerrotaan vesihuoltoverkostojen kaivoista Inframodel -muotoisissa tietomalleissa ja esimerkiksi siitä, mitä kaivotietoja Inframodel -tiedostot voivat pitää sisällään.

3.1 Omaisuudenhallinta

Kaupungeissa ja kunnissa on paljon yhteiskunnan toiminnan kannalta tärkeää infrastruktuuria, joka vaikuttaa suoraan esimerkiksi ihmisten terveyteen ja elintasoon. Infrastruktuuria ovat esimerkiksi tiet, rautatiet, lentokentät, vesihuoltojärjestelmät, kaasu- ja kaukolämpöverkostot, voimalaitokset, sähköverkko sekä jätehuolto. Infrastruktuurin määrä ja laatu korreloi esimerkiksi maan BKT:n kanssa. (Uddin 2013)

Infrastruktuuriin kuuluvat laitteet ja järjestelmät, kuten tiet ja vesihuoltoverkostot ovat aina jonkun omaisuudenhallinnoijan omaisuutta. Koska infraomaisuuden rakentaminen on usein kallista ja sen on tarkoitus kestää pitkään, on tärkeää, että sen koko elinkaari on suunniteltu tarkasti huomioiden esimerkiksi infraomaisuuden rakentaminen, käyttö, huolto, erilaiset kustannukset sekä käytöstä poisto. Tärkeää on myös pystyä vähentämään infraomaisuuteen liittyviä riskejä ja hyödyntämään erilaisia omaisuuteen liittyviä mahdollisuuksia, mitä varten tarvitaan erilaisia seurantamenetelmiä omaisuudelle. Tätä kaikkea kutsutaan omaisuudenhallinnaksi. (SFS-ISO 55000 2014) Standardin SFS-ISO 55000 mukaan omaisuudenhallinta tasapainottaa omaisuuteen liittyvää taloutta, ympäristöä ja yhteiskuntaa koskevia kustannuksia, palvelun tasoa ja suorituskykyä. Omaisuudenhallinnalla voidaan myös esimerkiksi tehdä omaisuuteen liittyviä tietoon perustuvia sijoituspäätöksiä, tuottaa parempia palveluja ja edistää kestäväää kehitystä. (SFS-ISO 55000 2014)

Vesihuoltoverkostot sijaitsevat pääsääntöisesti maan alla, eikä niiden kuntoa siten pysty normaalissa tilanteessa havainnoimaan samalla tavalla kuin esimerkiksi kaupunkien katujen kuntoa. Vesihuoltoverkoston putkilla ja kaivoilla on suunniteltu käyttöikä, ja vanhetessaan verkoston osat saattavat esimerkiksi ruveta vuotamaan tai ne voivat hajota kokonaan. Kaivojen kohdalla kaivot saattavat iän myötä kulua liikennekuorman vaikutuksesta, eroosiosta tai erilaisten nesteiden tai kaasujen aiheuttamasta korroosiosta. Jos kaivojen ikä ja esimerkiksi materiaali ei ole tiedossa ja kaivoa ei tämän takia huolleta tai vaihdeta ajoissa, voi kaivo romahtaa tai vähintään alkaa päästää merkittäviä määriä vuotoja viemäriverkostoon. (Najafi 2016)

Suomessa osa rakennetuista vesihuoltoverkostoista alkaa olla suunnitellun elinkaarensa päässä. Kuulas kirjoittaa diplomityössään (Kuulas 2020), että vesijohtoverkostoista 25%, jätevesiverkostoista 40% ja hulevesiverkostoista 3,7% tulevat saneerausikänsä vuoteen 2040 mennessä. Rakennetun omaisuuden tila 2021 -raportissa (ROTI 2021) on arvioitu vesijohtoverkoston investointitarpeiden kasvavan 526% ja jätevesiviemäriverkoston investointitarpeiden kasvavan 450% vuosien 2016 – 2018 keskimäärin toteutuneista investoinneista. Saman raportin mukaan vesihuoltoverkostot muodostavat noin 80% vesilaitosten omaisuuden arvosta ja laitosten tulevista investointitarpeista 60% on arvioitu johtuvan verkoston saneerauksesta. Tämän takia on erittäin tärkeää, että kunnilla ja kaupungeilla on käytössä omaisuudenhallintajärjestelmä, jonka avulla on mahdollista seurata vesihuoltoverkoston ja niiden laitteiden kuntoa ja sen perusteella suunnitella tulevia verkoston saneerauksia. Myös vesihuoltolaki määrää vesihuoltolaitoksille selvilläolo- ja tarkkailuvelvollisuuden, joka tarkoittaa sitä, että laitoksen on muun muassa oltava perillä vesihuoltolaitteistonsa kunnosta (Vesihuoltolaki 119/2001 3 luku 15 §).

3.2 Verkkotietojärjestelmät ja tarkemittaukset

Parempaa omaisuudenhallintaa varten tietoa ja malleja kaupunkien ja kuntien infrastruktuurista tallennetaan paikkatietojärjestelmiin (geographic information system, GIS), joihin voidaan tallentaa kaupungin infran sijaintitietoja, sekä muuta tietoa esimerkiksi laitteiden tai järjestelmien iästä. Tätä tallennettua tietoa voidaan sitten analysoida tai siitä voidaan tuottaa erilaisia karttoja graafisen käyttöliittymän avulla. Tietoa paikkatietojärjestelmästä voidaan hyödyntää esimerkiksi kaupunkien tulevaisuuden hankkeissa lähtötietona suunnittelua varten. Tietoa käytetään hyödyksi myös infrastruktuurin ylläpitämisessä ja huollossa valvomalla esimerkiksi infrastruktuurin kuntoa ja ikää. (Grigg 2012)

Vesihuollon verkostoja varten tarkoitettuja paikkatietojärjestelmiä kutsutaan verkkotietojärjestelmiksi. Verkkotietojärjestelmissä voi olla vesihuoltoverkostoista tietoa esimerkiksi

putkien ja kaivojen materiaaleista, halkaisijoista, sijainneista ja korkotiedoista, joista voidaan laskea putken pituus sekä rakennusvuosista ikä. Tämän lisäksi verkkotietojärjestelmään saa tallennettua tietoa putkien ja kaivojen kunnosta, vioista, saneerauksista, tarkastuksista sekä esimerkiksi viemärikuvauksista. Näitä tietoja voidaan tarkastella, muokata ja analysoida karttapohjalla. (Berninger et al. 2018) Koska kaivojen on tarkoitus säilyä maan alla useita vuosikymmeniä, kaivotietojen vienti verkkotietojärjestelmään ja tietojen ylläpito siellä on ajallisesti pisin vaihe kaivokorttiprosessissa ja näin myös erittäin tärkeä osa kaivokorttiprosessia. Verkkotietojärjestelmässä olevat tiedot kaivoista voivat olla myös tärkeitä lähtötietoja tulevissa verkostohankkeissa koko kaivojen elinkaaren ajan (VVY 2021b).

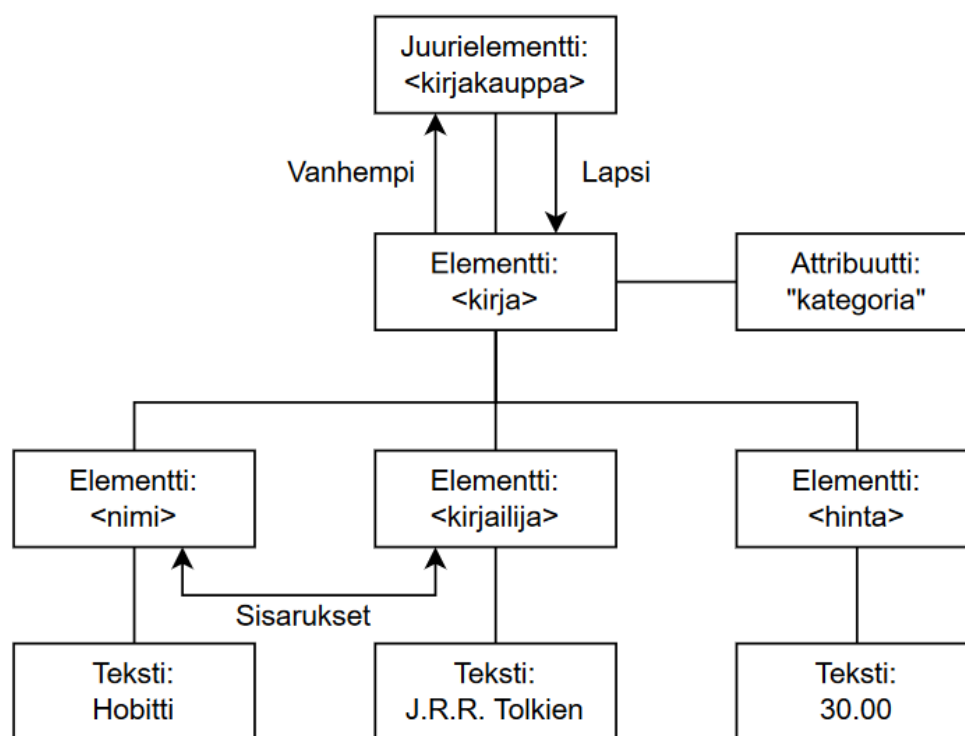
Liikenne- ja viestintäviraston määräyksen verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta (Liikenne- ja viestintävirasto 71/2022 M) mukaan rakennussuunnitelmista tulee toimittaa tilaajalle digitaalisena vähintään tieto, mihin verkkotyyppiin kaivo kuuluu, kaivon x- ja y-koordinaatit, maanalaisen kaivonkannen z-koordinaatti sekä sijaintitarkkuus ja sijainnin määrittelytapa. Rakennussuunnitelmia todenmukaisempaa tietoa saadaan verkkotietojärjestelmiin tarkemittaamalla kaivoja ja muuta verkostoa, eli mittaamalla esimerkiksi vesihuoltolaitteiden toteutuneet sijainnit ja tiedot maastossa. VVY:n julkaiseman Vesihuoltoverkoston mittaus ja dokumentointi -ohjeen (VVY 2021b) mukaan tarkemittaessa vesihuoltoverkoston kaivoista tulisi mitata pohjan keskipisteen koordinaatit (x,y,z) ja paikalle valettujen viemärikaivojen kulmapisteet (x,y,z). Lisäksi tulisi dokumentoida muun muassa kaivon materiaali, halkaisija, tyyppi, lujuusluokka (mikäli se on normaalista poikkeava) ja mahdollinen sisäpuolinen pinnoite. Kaivon sisältä tulisi ottaa myös kuva ja saneerattaessa kaivoa tulisi dokumentoida saneeraustapa. Ylläolevat tarkemittaustiedot voidaan kerätä minkä tahansa vesihuollon verkostohankkeen yhteydessä, eli esimerkiksi rakentaessa kokonaan uutta verkostoa, korjattaessa ja saneerattaessa vanhaa verkostoa tai kokonaan erillisinä mittauksena. (VVY 2021b)

3.3 Rakennuksen tietomallit ja Inframodel

Rakennuksen tietomalleilla tarkoitetaan digitaalista mallia jostain rakennetusta tai rakennettavasta rakennuksesta, jonka tarkoitus on auttaa rakennuksen suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa (SFS-EN ISO 19650-1 2019). Rakennuksen tietomallilla voidaan tarkoittaa myös esimerkiksi putkikaivantoa putkineen, kaivoineen ja kaivannon täytötkerroksineen, eli BIM ei rajoitu pelkästään maanpäällisiin rakennuksiin. Rakennuksen tietomalli sisältää rakenteiden kolmiulotteisen geometrian halutussa koordinaatistossa. Tietomalli voi lisäksi sisältää esimerkiksi tietoa rakenteiden hinnasta, jolloin siitä voi laskea esimerkiksi kustannusarvion hankkeelle (Eastman et al. 2011).

Suomessa buildingSMART Finland on kehittänyt Suomen infrarakentamisen tiedonsiirtotarpeisiin tiedonsiirtoformaatin, Inframodelin (IM), josta vuonna 2022 uusin versio oli IM4 (BuildingSMART Finland 2019). IM4 perustuu maa- ja vesirakentamisalalle kehitettyyn LandXML -tiedostoformaattiin, joka vuorostaan on kehitetty XML-merkintäkielen pohjalta. XML itsessään määrittää minkä tahansa tiedon rakenteen niin, että tietoa voidaan jakaa eri järjestelmien, kuten esimerkiksi kahden tietokoneen välillä (W3C 2022). LandXML on XML-tiedostoformaatti, joka kattaa muun muassa pintamallit, maanalaiset putkiverkostot, mittaustiedot ja mittalinjat. LandXML-tiedostoformaatin tarkoitus on helpottaa suunnittelu- ja rakennusvaiheiden välistä tiedonsiirtoa ja datan arkistointia. (LandXML.org 2022)

XML-tiedostot, ja näin myös IM4-tiedostot koostuvat elementeistä, jotka muodostavat elementtipuun (element tree). Elementtipuussa juurielementille (root element) voidaan antaa sientämällä haluttu määrä lapsia ja tarvittaessa lapsille lisää lapsia ja niin edelleen. (W3Schools 2022) Kuvassa 8 on esitetty esimerkki tällaisesta XML-elementtipuusta.

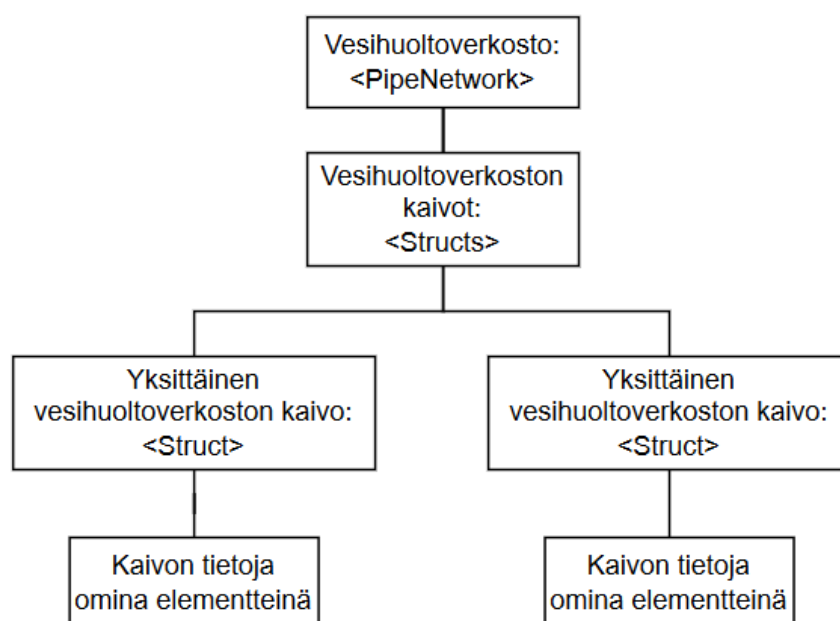


Kuva 8. XML-elementtipuu kuvitteellisesta tilanteesta, jossa J. R. R. Tolkienin kirjallisuusteos *Hobitti* on myynnissä kirjakaupassa. Muokattu lähteestä (W3Schools 2022)

XML-elementit voivat sisältää tekstiä, lapsielementtejä tai molempia ja niillä voi olla attribuutteja, jotka sisältävät lähtökohtaisesti tietoa kyseisestä elementistä. Elementit voivat olla myös tyhjiä. (W3Schools 2022)

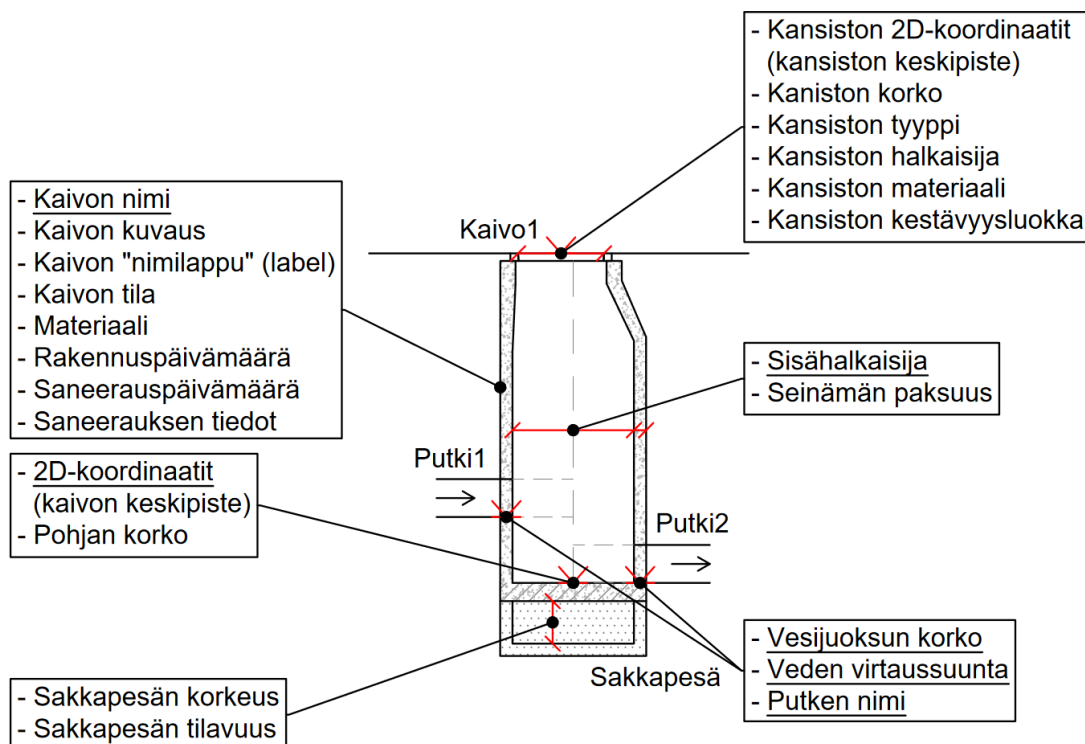
3.4 Kaivotiedot Inframodelissa

IM4:n elementtipuurakenteessa kaivojen tiedot kuuluvat Struct -elementin (structure) alle, joka puolestaan kuuluu kaikki yhden verkoston kaivot sisältävälle Structs -elementille (structures). Structs -elementin kaikkien kaivojen kaivotiedot taas kuuluvat PipeNetwork -elementin alle. PipeNetwork -elementti kertoo, mihin vesihuoltoverkostoon (esimerkiksi hulevesi tai jätevesi) sen alla olevat kaivot kuuluvat. Kuvassa 9 on esitetty tällainen yksinkertainen esimerkki.



Kuva 9. Yksinkertaistettu IM4-elementtipuu, jossa vesihuoltoverkoston alla on kaksi kaivoa.

Structs -elementin alle kuuluvat kaivojen lisäksi myös putkien keskinäiset liitokset ja putkien suut (erikseen sisääntulo ja purkohta), eli vaikka vesihuoltoverkostossa ei olisikaan varsinaista kaivon kaltaista rakennetta näissä kohdissa, ne merkitään IM4:ssä rakenteina. Struct -elementin alla on erikseen omat elementit pyöreille ja suorakulmaisille kaivoille. (BuildingSMART Finland 2020) Kuvassa 10 on esitetty tarkemmin Inframodel 4:n määrittelyn mukaiset kaivotiedot, joita pyöreälle kaivolle voidaan antaa.



Kuva 10. Inframodel 4:n määritelmän mukaiset kaivotiedot, jotka IM4-tiedostossa saa merkittyä pyöreälle kaivolle. IM4-kaivotiedot ovat esitetty tekstilaatikoissa. Pakolliset kaivotiedot ovat alleviivattu. Muokattu lähteestä (BuildingSMART Finland 2019)

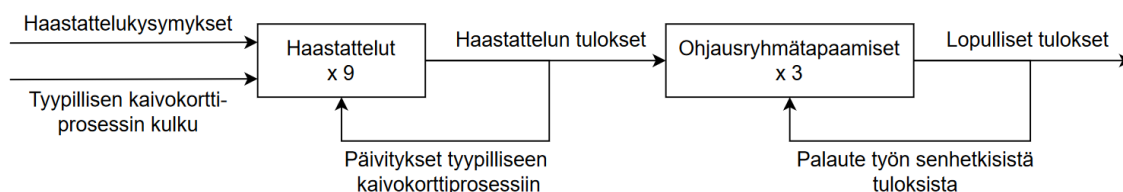
Myös suorakulmaisesta kaivosta voi tallentaa IM4-muotoiseen tiedostoon Kuvan 10 tietoja vastaavia kaivotietoja. Erona pyöreään kaivoon on se, että suorakulmaiselle kaivolle merkataan kaivon halkaisijan sijaan kaivon sivujen pituudet ja suunnat. (BuildingSMART Finland 2020) Jos halutaan kertoa tarkemmin kaivon yläosan toteutuksesta, eli esimerkiksi siitä, onko betonikaivon yläosassa kartiorengas vai muuta kaivoa pienempi kaivorengas maanpintaan saakka, nämä tiedot voidaan kirjata kaivon kuvaukseen. Tällaisen lisätiedon tallentamiseen ei ole kuitenkaan yhtä standardoitua tapaa, eli esimerkiksi kaivotietojen automaattinen syöttö IM4-muotoisesta tiedosta johonkin muuhun ohjelmaan voi olla haastavaa näiden tietojen osalta.

4. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa käydään läpi työssä käytetty aineisto ja sen keräämismenetelmät sekä aineiston analysointiin käytetyt menetelmät. Aineisto kerättiin työn aikana haastatteluista ja kolmesta ohjausryhmätapaamisesta aikavälillä kesäkuu 2022 – joulukuu 2022. Luvussa 4.1 käydään läpi aineiston keräämisen ja käsittelyn prosessi. Luvussa 4.2 käsitellään käytettyjä haastattelumenetelmiä ja luku 4.3 käsittelee haastattelujen analysointiin käytettyjä menetelmiä.

4.1 Aineiston kerääminen ja käsittely

Aineiston kerääminen ja käsittely on esitetty kaaviona Kuvassa 11. Aineiston kerääminen alkoi haastatteluilla, joita oli aluksi yhdeksän kappaletta. Haastattelukysymysten lisäksi haastatteluissa esitettiin haastattelijan oma sen hetkinen näkemys kaivokorttiprosessin kulusta, jota haastateltava sai täydentää tai korjata. Muutokset haastatteluissa esitettyyn kaivokorttiprosessiin päivitettiin aina seuraavaan haastatteluun.



Kuva 11. Kaavio aineiston keräämisestä ja käsittelystä

Haastattelujen jälkeen haastattelutulokset analysoitiin ja tulokset esitettiin ohjausryhmälle ohjausryhmätapaamisissa. Ohjausryhmään kuului haastatteluista organisaatioista Kangasalan Vesi, Riihimäen Vesi, Tampereen vesi, Pipelife, Ruskon Betoni, BuildingSMART Finland sekä VVY. Ohjausryhmään haluttiin mukaan laajasti kaivokorttiprosessin eri osapuolia edustavia organisaatioita. Haastatteluvaiheessa mukana oli myös muita organisaatioita ja myös urakoitsijan edustajaa saatiin haastateltua tässä työssä. Ohjausryhmän haastateltavaa joukkoa pienempi koko mahdollisti sen, että ohjausryhmätapaamisiin osallistuneilla henkilöillä oli paremmin aikaa kommentoida työtä ohjausryhmätapaamisissa. Ohjausryhmiin osallistui samoja henkilöitä kuin haastatteluissakin oli.

Ohjausryhmätapaamisissa esitettiin haastatteluissa esille tulleita tuloksia, sekä diplomi-työn tuloksia ja työstä tehtyjä tiivistelmiä. Ohjausryhmätapaamisten tavoitteena oli, että ohjausryhmän jäsenet kommentoivat työssä siihen mennessä saavutettuja tuloksia ja

ohjasivat työtä vesihuoltoalaa parhaiten palvelevaan suuntaan. Työn tuloksia tarkennettiin ja muokattiin ohjausryhmätapaamisten kommenttien perusteella. Ohjausryhmätapaamisia järjestettiin työn aikana kolme.

4.2 Käytetyt haastattelumenetelmät

Tähän työhön valittiin tiedonkeruumenetelmäksi haastattelu, koska kirjallisuutta tai muuta olemassa olevaa tutkimusta aiheesta ei juuri löytynyt. Haastattelutyypeistä tähän työhön parhaiten soveltuva tyyppi oli teemahaastattelu. Teemahaastattelussa kaikkien haastattelujen kysymykset liittyvät joihinkin etukäteen määriteltyihin teemoihin, mutta haastattelujen aikana on mahdollista esittää tarkentavia jatkokysymyksiä (Tuomi 2018). Vaihtoehtona teemahaastattelulle olisi ollut esimerkiksi strukturoitu haastattelu, jossa kysymysten muotoilu ja järjestys on kaikille haastateltaville samat (Eskola 1998). Teemahaastattelun tarkentavat jatkokysymykset olivat kuitenkin tämän työn kannalta oleellisia, sillä täysin strukturoidussa haastattelussa olisi haastateltavilta helpommin jäänyt jotain tärkeää sanomatta, koska kaivokorttiprosessiin liittyvät kaikkein oleellisimmat kysymykset olisivat saattaneet jäädä kysymättä. Teemahaastattelussa haastateltavilla oli mahdollisuuksia vastata myös varsinaisten kysymysten vierestä, jolloin saatiin laajempi käsitys koko kaivokorttiprosessista ja sen ongelmista. Lisäksi, koska haastateltavilla organisaatioilla oli hyvin erilaisia rooleja kaivokorttiprosessissa, oli työssä tärkeää pystyä muokkaamaan haastatteluja jokaiselle haastateltavalle sopivaksi, mikä ei olisi täysin strukturoidussa haastattelussa onnistunut.

Työssä haastateltiin kolmea vesihuoltolaitosta (Kangasalan Vesi, Riihimäen Vesi ja Tampereen Vesi), kahta konsulttiyritystä (AFRY ja Sweco), kahta kaivotoimittajaa (Pipe-life ja Ruskon Betoni), yhtä urakoitsijaa (Maanrakennus Ahti Virtanen) sekä BuildingSMART Finlandia, joka antoi näkemystä kaivokorttiprosessin tiedonsiirron tietomallipohjaiseksi muuttamisesta sekä yleisesti näkemyksiä kaivokorttiprosessista kokonaisuutena. Myöhemmin ohjausryhmätapaamisen palautteen pohjalta haastateltaviksi valittiin vielä kaksi kaivotoimittajaa lisää (Rudus ja Uponor). Haastateltavat valittiin niin, että kaivokorttiprosessin jokaista osapuolta edusti ainakin yksi haastateltava organisaatio. Näin saatiin mahdollisimman laaja kuva koko kaivokorttiprosessista ja jokaisen osapuolen tarpeista ja ongelmista. Vesihuoltolaitosten kohdalla haastateltavat valittiin, koska haluttiin haastatella eri kokoisia vesihuoltolaitoksia. Haastatteluihin valituista laitoksista isompaa vesihuoltolaitosta edusti Tampereen Vesi (laskutettu vesimäärä palvelualueelta 14 518 000 m³/vuosi) ja pienempiä Kangasalan Vesi (laskutettu vesimäärä palvelualueelta 1 792 000 m³/vuosi) ja Riihimäen Vesi (laskutettu vesimäärä palvelualueelta

2 326 000 m³/vuosi) (VVY 2021a). Kaivotoimittajiksi valittiin Pipelife, Rudus, Ruskon Betoni ja Uponor, koska haastateltavaksi haluttiin sekä muovi- että betonikaivojen valmistajia. Näistä kaivotoimittajista Pipelife ja Uponor valmistavat muovikaivoja ja Rudus ja Ruskon Betoni betonikaivoja.

Jokaisesta haastateltavasta organisaatiosta haastateltiin yhtä tai kahta henkilöä. Haastatellut henkilöt olivat toimineet alalla ja työtehtävissään vähintään vuoden ja monet haastatelluista yli kymmenen vuotta. Näin heillä oli laajasti näkemystä oman organisaationsa tarpeista kaivokorttiprosessissa. Taulukossa 5 ”Haastatellut organisaatiot ja haastateltujen työnimikkeet” on esitetty tarkemmin, montaako henkilöä haastateltiin eri organisaatioista ja mitkä olivat heidän työnimikkeensä kyseisessä organisaatiossa.

Taulukko 5. *Haastatellut organisaatiot ja haastateltujen työnimikkeet*

Haastateltu organisaatio (haastateltavien määrä)		Haastateltavien työnimike
AFRY	(1)	Suunnittelupäällikkö
Kangasalan Vesi	(1)	Verkostoinsinööri
Maanrakennus Ahti Virtanen	(1)	Toimitusjohtaja
Pipelife	(2)	BIM-koordinaattori
		Kaivokoordinaattori
Riihimäen Vesi	(2)	Verkostopäällikkö
		Suunnitteluinsinööri
Ruskon Betoni	(2)	Suunnittelupäällikkö
		Projektivastaava
Sweco	(1)	Osastopäällikkö
Tampereen Vesi	(1)	Verkostojohtaja
BuildingSMART Finland	(1)	Suunnitteluinsinööri
Rudus	(1)	Myyntipäällikkö
Uponor	(1)	Sovelluspäällikkö

Haastateltavilla oli myös kokemusta ja näkemystä esimerkiksi käytössä olevista suunnitteluohjelmista ja tiedonsiirtotavoista, eli haastatteluissa oli mahdollista kysyä myös teknisempiä kysymyksiä liittyen kaivotietojen tiedonsiirtoon.

Haastattelun runko oli jokaiselle haastateltavalle samankaltainen, mutta koska haastateltavat organisaatiot olivat keskenään hyvin erilaisia, itse kysymykset räätälöitiin aina haastattelukohtaisesti haastateltavalle sopivaksi. Haastattelujen tarkoitus oli saada vastauksia tutkimuskysymyksiin, eli haastattelukysymyksillä kartoitettiin kaivokorttiprosessin ongelmia, kaivokorttiprosessissa kulkevia kaivotietoja ja tietojen muotoa sekä parannusehdotuksia muun muassa suunnittelijan toimintatapoihin ja kaivokorttien tarkastukseen. Haastattelukysymyksiä päivitettiin sitä mukaan, kun edellisistä haastatteluista nousi esille uusia tärkeitä asioita. Esimerkiksi ensimmäisessä kaivotoimittajan haastattelussa

tuli ilmi, että kaivokortteja ei välttämättä aina edes toimiteta kaivotoimittajalle, joten seuraavissa haastatteluissa kysyttiin, toimitaanko muuallakin vielä joskus näin. Haastattelujen runko koostui seuraavista teemoista:

- Haastateltavan tausta
- Kaivokorttiprosessin kulku
- Kaivokorttiprosessissa kulkevat kaivotiedot ja tiedonsiirto
- Ongelmat ja tarpeet kaivokorttiprosessissa
- Kehitysideat suunnittelijalle kaivokorttien tarkastukseen

Ensimmäiseksi haastatteluissa selvitettiin lyhyesti haastateltavien työhistoriaa ja kokemusta alalla. Tarkoituksena oli valmistaa haastateltavaa ja haastattelijaa tulvaan haastatteluun ja lisäksi saada tietoa haastateltavasta, jonka pohjalta pystyttiin esittämään jatkokysymyksiä myöhemmin haastattelussa. Tämän jälkeen haastattelija esitti oman näkemyksensä kaivokorttiprosessin kulusta, jonka jälkeen haastateltava täydensi ja korjasi prosessia. Näin haastattelujen jälkeen saatiin koottua kokonaiskuva siitä, miten kaivokorttiprosessi toimii Suomessa, ainakin haastateltujen organisaatioiden henkilöiden näkökulmasta.

Kaivokorttiprosessissa kulkevia kaivotietoja ja tiedonsiirtoa koskevien kysymysten tarkoitus oli kartoittaa, missä muodossa kaivotiedot tällä hetkellä kulkevat kaivokorttiprosessin eri vaiheissa ja missä muodossa kaivotietoja olisi mahdollista siirtää. Tämän teeman kysymyksillä selvitettiin myös, mitä tietoja eri osapuolet kaivoista tarvitsivat ja mitä mahdollista lisätietoa he tuottivat kaivoista. Työssä oli oletuksena, että nykyiset PDF-muotoiset kaivokortit eivät ole kaikkein optimaalisin tapa siirtää kaivotietoja. Yhtenä toimenpide-ehdotuksena oli käyttää PDF-muotoisten kaivokorttien sijaan taulukkomuotoisia kaivokortteja, joten tähän teemaan liittyen jokaisessa haastattelussa kysyttiin myös mielipiteitä taulukkomuotoisista kaivokorteista. Oletuksena oli myös, että tulevaisuudessa vesihuollon verkostot suunnitellaan tietomallipohjaisesti, jolloin myös kaivotiedot siirtyisivät tietomallin mukana kaivokorttiprosessissa. Haastatteluissa kysyttiin siis myös mielipiteitä ja kokemuksia tietomallien kanssa toimimisesta.

Seuraava teeman kysymyksissä kartoitettiin haastateltavien organisaatioiden ongelmia ja tarpeita kaivokorttiprosessiin liittyen. Haastateltavilta kysyttiin yleisesti heidän näkemystään siitä, mitä haasteita ja kehitettävää kaivokorttiprosessissa heidän mielestään olisi. Tarkentavilla kysymyksillä pyrittiin myös erittelemään haasteet haastateltavan organisaation sisällä ja haasteet koko prosessissa. Tässä osiossa kysyttiin myös haastateltavan mielipidettä siitä, miten kaivokorttiprosessia heidän mielestään voisi kehittää.

Viimeinen teema liittyi diplomityössä esitettyyn kaivojen tarkastuslistaan. Kysymyksien tarkoitus oli selvittää asioita, mitä suunnitteluvaiheessa kannattaisi suunniteltavista kaivoista erityisesti tarkastaa, jotta eteenpäin lähetettävien kaivokorttien virheitä saataisiin vähennettyä. Myös muista haastattelun vaiheista saatiin tuloksia kaivotarkastuslistan kehittämistä varten.

Haastattelut kestivät noin puolesta tunnista hieman yli tuntiin. Haastattelut toteutettiin Microsoftin Teams -sovelluksessa ja ne tallennettiin myöhempää tulosten tarkastelua varten. Haastattelutallenteet litteroitiin tekstimuotoiseksi, jotta analysointia varten oli helppompaa palata tutkimaan tiettyjä kohtia haastatteluissa. Työn tuloksen kannalta ei ollut oleellista tutkia haastateltavien reaktioita, joten etänä toteutetut haastattelut eivät olleet ongelma. Haastatteluaineistoa käsiteltiin liitteenä B olevan tietosuojailmoituksen mukaisesti. Haastattelujen tallenteet tallennettiin työn tekemisen ja tarkastamisen ajaksi Tampereen yliopiston OneDriveen, eikä niitä julkaistu minnekään. Tallenteet poistettiin työn valmistuttua OneDrivestä. Haastattelutallenteisiin ei ollut pääsyä muilla kuin työn tekijällä ja kyseisen haastattelun haastattelulla.

4.3 Haastattelutulosten analysointimenetelmät

Tässä työssä haastattelutulosten analyysimenetelmäksi valittiin laadullinen sisällönanalyysi ja tarkemmin teoriaohjaava analyysi. Teoriaohjaava analyysi on aineistolähtöisen ja teorialähtöisen analyysin välimuoto, joka ei suoraan pohjautu mihinkään olemassa olevaan teoriaan, mutta aikaisempi tieto aiheesta voi ohjata analyysiä. Täysin aineistolähtöisessä analyysissä ei saisi nojata mihinkään olemassa olevaan tietoon, kokemukseen tai teoriaan ja täysin teorialähtöinen analyysi taas pohjautuu nimenomaan johonkin tiettyyn teoriaan. (Eskola 1998) Koska työssä tutkittavasta aiheesta ei juuri ollut olemassa aikaisempaa kirjallisuutta tai teoriaa ja toisaalta, koska työn tekijällä oli aiheeseen liittyvää kokemusta ja tietoa, valittiin työssä käytettäväksi analyysimuodoksi teoriaohjaava analyysi. Työssä aineiston tulkintaa ohjasi pitkälti kollegoiden ja työn tekijän kokemus alalta, kuten esimerkiksi työn tekijän aikaisempi tieto kaivokorttiprosessin kulusta, minkä pohjalta koottiin ensimmäisessä haastattelussa esitetty kaivokorttiprosessin kuvaus.

Analyysia varten haastattelutallenteet ensin litteroitiin pdf-muotoiseksi tekstiksi Teams-sovelluksen automaattisella tekstintuottotyökalulla, jonka jälkeen litteroitu teksti luokiteltiin Excel-taulukoksi. Automaattisesti tuotettua tekstiä ei muokattu täysin kielipöydästä oikeaan muotoon, vaan siitä korjattiin vain sellaiset kohdat, joissa virheen takia kyseisen kommentin koko merkitys muuttui. Luokittelussa palattiin alkuperäisiin haastattelutallen-

teisiin, mikäli litteroidussa tekstissä ilmeni epäselvyyksiä. Luokittelun luokat muodostuivat alkuun teorian ohjaamana ja haastatteluaineisto luokiteltiin kahteenkymmeneen luokkaan, jotka pohjautuivat haastattelun rungon teemoihin ja haastattelussa kysytyihin kysymyksiin. Nämä luokat ovat esitetty Taulukossa 6 ”Haastatteluaineiston luokittelun alustavat luokat”.

Taulukko 6. *Haastatteluaineiston luokittelun alustavat luokat*

Tyypillinen kaivokorttiprosessi
Yleiset ongelmat kaivokorttiprosessissa
Usein toistuvat virheet kaivokorteissa
Mitä ongelmia virheellisistä kaivokorteista aiheutuu
Parannusehdotukset ongelmiin
Hyväksi koettuja toimintatapoja kaivokorttiprosessissa
Kaivokorttien sisältö
Mitä kaivotietoja kaivokorteista tulisi lisäksi löytyä
Kaivokorttien tiedostomuoto
Taulukkomuotoiset kaivotiedot
Kaivokorttien käsittely
Kaivokortit tietomalleissa
Hyödyt
Haasteet
Kaivosta suunniteltaessa tarkastettavaa
Muuta haastattelusta
Kaivon valmistusprosessi (kaivotoimittajille)
Kaivotiedot verkkotietojärjestelmässä (verkoston omistajille)
Tarkemmat kaivotiedot
Kaivotietojen hyödyntäminen verkkotietojärjestelmässä (verkoston omistajille)

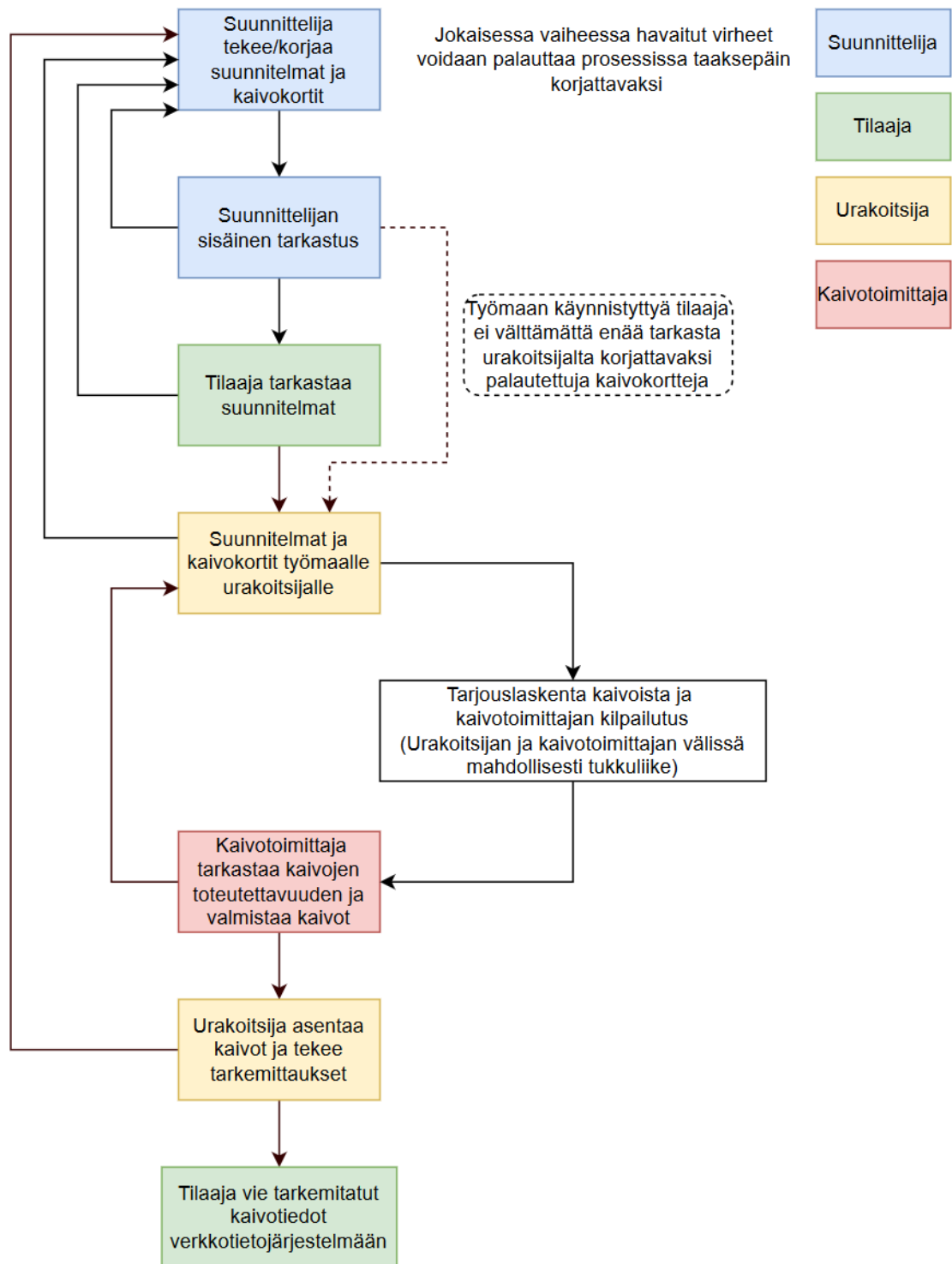
Esimerkiksi ”Yleiset ongelmat kaivokorttiprosessissa” -luokkaan sisällytettiin vastauksia kysymyksiin, jotka käsittelivät ongelmia kaivokorttiprosessissa. Edellä mainittuun luokkaan sisällytettiin kuitenkin myös muissa haastattelun vaiheissa ilmenneitä kaivokorttiprosessin ongelmia. Luokittelun edetessä luokat tiivistyivät ja samankaltaisia luokkia yhdistettiin. Jos jotkut luokat koskivat vain tiettyä kaivokorttiprosessin osapuolta, oli nämä luokat koodattu eri värillä MS Excel-taulukossa analysoinnin helpottamiseksi. Lopullinen luokittelu esitetään tämän työn tuloksissa.

5. KAIVOKORTTIPROSESSI JA SEN KEHITTÄMISKOhteet

Tähän lukuun on koottu haastattelujen tuloksia kaivokorttiprosessista ja sen ongelmakohdista sekä parannusehdotuksia prosessiin. Tämän luvun parannusehdotukset ovat haastatteluista, mutta niihin on liitetty myös omaa pohdintaa aiheesta. Varsinaiset omat toimenpide-ehdotukset ovat kuitenkin esitetty luvussa 6. Luvussa 5.1 esitetään haastattelujen pohjalta koottu kuvaus tyypillisestä kaivokorttiprosessista. Luvussa 5.2 kerrotaan haastatteluissa ilmenneitä ongelmia ja kehitettäviä asioita luvun 5.1 kaivokorttiprosessiin. Viimeisessä alaluvussa kerrotaan haastatteluissa esille tulleita parannusehdotuksia prosessiin.

5.1 Tyypillinen kaivokorttiprosessi

Alkuperäisen työn tekijän näkemyksen ja haastatteluissa esille tulleiden täydennysten ja korjausten avulla saatiin kuvattua tyypillinen kaivokorttiprosessi (Kuva 12), jonka mukaisesti kaivojen suunnittelu, tilaaminen, toimitus ja lopuksi verkkotietojärjestelmään tallennus yleisesti toimii. Haastatteluissa tuli esille myös mahdollisia tyypillisestä kaivokorttiprosessista poikkeavia toimintatapoja, joista on myös kerrottu lisää tässä luvussa. Työssä esitetty kaivokorttiprosessi kuvaa erityisesti tyypillistä kunnallista infrahankkeen kaivokorttiprosessia. Esimerkiksi teollisuushankkeissa tai yksityisten kiinteistöjen pihojen suunnittelussa ja rakentamisessa toimintatavat saattavat olla erilaisia.



Kuva 12. Kaavio tyypillisen kaivokorttiprosessin kulusta kunnallisessa infrahankkeessa.

Tyypillisessä kaivokorttiprosessissa osapuolina on tilaaja (esimerkiksi kunnan tai kaupungin vesihuoltolaitos), suunnittelija (konsulttiyritys tai vesihuoltolaitoksen työntekijä), urakoitsija ja kaivotoimittaja. Kaivokorttiprosessin alkaa siitä, kun verkoston omistaja (tilaaja) on tilannut suunnittelijalta vesihuollon verkostohankkeen suunnitelmat mukaan lukien kaivokortit suunnitelmien kaivoista. Suunnittelija suunnittelee vesihuoltoverkostot ja

niiden putkien ja kaivojen sijainnit ja korot. Kun suunnittelussa on saavutettu sellainen valmiusaste, jossa verkostojen sijainnit eivät merkittävästi muutu, suunnittelija tekee suunnitteluohjelmalla kaivoista kaivokortit, jotka muutetaan PDF-muotoisiksi. Suunnittelussa ja kaivokortteja tehdessä suunnitelmia tekevä henkilö tarkastaa jatkuvasti kaivojen toteutettavuutta ja kaivokorttien virheitä. Virheet voivat olla esimerkiksi suunnitteluvirheitä, joissa kaivo ei ole toteutettavissa liian lähellä suunniteltujen putkiliitosten takia tai suunnitteluohjelmasta johtuvia virheitä, joissa esimerkiksi kaivon korkotiedot eivät täsmää asemakuvan kanssa. Konsulttiyrityksessä myös joku toinen henkilö tarkastaa kaivokortit ja suunnitelmat ennen niiden lähettämistä eteenpäin. Tarkastuksen jälkeen suunnitelmat ja kaivokortit lähetetään tilaajalle tarkastettavaksi.

Tilaaja tarkastaa muun muassa sen, että suunnitelmat ovat linjassa tilaajan omien suunnitteluohjeiden kanssa, mutta kaivokorttien tarkempaan tarkastamiseen ei yleensä ole aikaa. Yhden haastatellun tilaajan mukaan kaivokorteista ehditään tarkastaa lähinnä kaivon koko ja materiaali. Tarkastamisen jälkeen suunnitelmat palautetaan suunnittelijalle korjattavaksi, jos niistä on löytynyt virheitä. Yleensä pienetkin muutokset suunnitelmissa tarkoittavat, että myös kaivokortteja joudutaan päivittämään. Suunnitelmien päivittäminen ja tarkastaminen toistetaan vaihteleva määrä kertoja riippuen hankkeesta, minkä jälkeen valmiit suunnitelmat hyväksytään ja lähetetään työmaalle urakoitsijalle.

Urakoitsija voi vielä tarkastaa kaivokortteja tai huomata työmaalla paikan päällä syitä, miksi suunnitelmia tai kaivoja ei voida toteuttaa alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Pienet poikkeamat suunnitelmista voidaan toteuttaa työmaalla, mutta isommat suunnitelmien muutostarpeet palautetaan suunnittelijalle. Suunnitelmien saavuttua urakoitsijalle, annetaan tarjouspyyntö kaivotoimittajille, jotka tekevät suunnitelmien pohjalta kustannusarvion. Kun kaivotoimittaja on valittu ja suunnitelmat ja kaivokortit vaikuttavat tässä vaiheessa virheettömiltä, kaivokortit lähetetään kaivotoimittajalle.

Kaivokortit saatuaan kaivotoimittaja muokkaa kaivokorttien kaivotiedot omiin järjestelmiinsä sopiviksi ja vie kaivotiedot järjestelmiin. Tässä kohtaa viimeistään kaivotoimittaja huomaa, jos kaivokortit ovat virheellisiä ja kaivoa ei ole mahdollista toteuttaa. Virheelliset kaivokortit palautetaan tilaajan kautta työmaalle urakoitsijalle, joka voi tehdä tarvittavat muutokset kaivokortteihin joko työmaalla työmaan valvojan luvalla, tai palauttaa kaivot uudelleen suunniteltavaksi suunnittelijalle.

Kun kaivot ovat toteutettavissa, ne valmistetaan kaivotehtaalla ja lähetetään työmaalle asennettavaksi. Asennetut kaivot tarkemmitaan, jonka jälkeen tilaaja lisää tarkemmitatut kaivotiedot verkkotietojärjestelmäänsä, josta niitä voidaan käyttää esimerkiksi lähtötietoina tulevilla verkstohankkeissa.

Edellisissä kappaleissa esitetty tyypillinen kaivokorttiprosessi on ylätasoinen kuvaus koko prosessista. Siitä on siis jätetty kuvaamatta esimerkiksi tarkemmat työvaiheet kaivotehtaalla, kaivokorttien tarkempi suunnittelu ja teko suunnitteluohjelmalla sekä tarkemmittaustietojen vienti verkkotietojärjestelmään. Tyypillisen kaivokorttiprosessin vaiheiden lisäksi haastatteluissa tuli ilmi joitakin poikkeuksia prosessista, jotka olivat kuitenkin niin harvinaisia, että niitä ei prosessin kuvaukseen lisätty. Tällaisia esille tulleita poikkeuksia oli yhden vesihuoltolaitoksen haastattelun mukainen tilanne, jossa joihinkin kaupungin omiin verkostohankkeisiin, joihin ei ulkopuolista urakoitsijaa hankita, ei välttämättä haluta kaivokortteja aluksi suunnittelijalta ollenkaan. Syynä oli se, että kaupungin omat rakentajat saattoivat haluta soveltaa suunnitelmia, jolloin myös kaivokortteja olisi joutunut turhaan tekemään useaan otteeseen. Haastattelujen mukaan aina kaivokortteja ei ole pyydetty senkään takia, että tilaaja ei ole niitä vaatinut. Jos kaivokortteja ei toimiteta kaivotoimittajalle ollenkaan, kaivotoimittaja voi joutua tulkitsemaan kaivotiedot suoraan asemakuvasta.

Urakoitsijan ja yhden vesihuoltolaitoksen haastattelussa sanottiin, että Kuvan 12 kaivokorttiprosessista saatetaan joskus oikoa joitain vaiheita tai prosessi voi muuten olla yksinkertaisempi. Muita haastatteluissa esille tulleita Kuvan 12 kaivokorttiprosessista poikkeavia toimintatapoja oli esimerkiksi se, että kaivotoimittajat saattavat toimittaa työmaalle vielä toteumakaivokortit tarkastettavaksi ennen kaivojen valmistamista, erityisesti epävarmojen kaivojen kohdalla. Tällä kaivotoimittaja varmistuu siitä, että työmaalle päätyvät kaivot ovat varmasti sellaisia, mitä sinne halutaan. Tässä toteumakaivokortilla tarkoitetaan sellaista kaivotoimittajan tekemää kaivokorttia, jossa on suunnittelijan kaivokorttia tarkemmin kaivon toteutuksen aikana käytetyt tiedot, kuten esimerkiksi käytetyt tiivisteet ja kaivorenkaiden korkeudet ja määrät. Kaivokorttiprosessissa kaivotoimittajat saattavat joskus myös joutua valmistamaan kaivot esikopiovaiheen kaivokorteista ja varsinaisia hyväksytyjä kaivokortteja ei ikinä lähetetä kaivotoimittajalle saakka. Esikopiovaiheen kaivokortit tarkoittavat sellaisia kaivokortteja, joita tilaaja ei ole virallisesti vielä hyväksynyt, joten niihin olisi mahdollisesti tulossa vielä muutoksia suunnittelijalta.

5.2 Kaivokorttiprosessin ongelmat ja haasteet

Tässä työssä haastatteluissa esille tulleet ongelmat kaivokorttiprosessissa saatiin jaettua luokkiin Taulukon 7 ”Haastatteluaineiston lopulliset luokat kaivokorttiprosessin ongelmista kahden pääluokan alle jaoteltuna” mukaisesti. Haastattelujen tulokset pystyttiin jakamaan melko selkeästi kahteen pääluokkaan, virheisiin kaivokorteissa sekä kaivokorttiprosessia hidastaviin ja hankaloittaviin tekijöihin.

Taulukko 7. *Haastatteluaineiston lopulliset luokat kaivokorttiprosessin ongelmista kahden pääluokan alle jaoteltuna*

Virheet kaivokorteissa	Kaivokorttiprosessia hidastavat ja hankaloittavat tekijät
Suunnittelijan inhimilliset virheet Ongelmat ohjelmistoissa Kaivokorttien tarkastus	Lähtötietojen puute tai virheellisyys Kaivokortit eivät ole muokattavia Tiedon kulku osapuolten välillä

Alaluokilla saattoi kuitenkin olla erilaisia syy- ja seuraussuhteita myös pääluokkien välillä ja osa luokista saattoi kuulua osittain myös molempiin pääluokkiin. Taulukkoa käsitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa, joissa luku 5.2.1 käsittelee virheet kaivokorteissa -pääluokkaa ja luku 5.2.2 käsittelee ongelmat kaivokorttiprosessissa -pääluokkaa.

5.2.1 Virheet kaivokorteissa

Virheet kaivokorteissa tarkoittavat sitä, että kaivokorttiprosessissa joudutaan palaamaan taaksepäin Kuvan 12 esittämällä tavalla ja korjaamaan näitä virheitä. Yleensä, mitä pidemmälle kaivokorttiprosessissa virheelliset kaivokortit pääsevät, sitä isompia ongelmia prosessissa tulee. Virheiden huomaaminen työmaan alettua voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että työmaalle tilataan vääränlaisia kaivoja, jonka jälkeen työmaa seisoo ja joutuu odottamaan korjattuja kaivokortteja ja uusia kaivoja. Tällaiset virheet ja niiden korjaukset aiheuttavat aina ylimääräistä työtä kaivokorttiprosessin eri osapuolille ja virheiden korjaus lisää myös hankkeen kustannuksia. Näistä syistä on siis koko kaivokorttiprosessin kannalta tärkeää, että virheet kaivokorteissa saadaan minimoitua ja ne saadaan karsittua pois mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Virheet kaivokorteissa voivat johtua inhimillisistä syistä kaivokortteja tehdessä ja tarkastaessa. Suunnittelija ei välttämättä tiedä, minkälaiset kaivot ovat ylipäänsä mahdollista toteuttaa ja tekee näin tietämättään virheellisiä kaivokortteja. Yhden vesilaitoksen haastattelussa ehdotettiin tällaisten virheiden välttämiseksi kaivotoimittajien pitämiä koulutus-tilaisuuksia suunnittelijoille, joilla lisätään tietoisuutta kaivojen toteutettavuudesta. Myös konsulttiyrityksen haastateltava ehdotti uusille suunnittelijoille ohjeita kaivojen suunnitteluun. Virheitä pyritään karsimaan kaivokorttiprosessissa tarkastamalla kaivokortit kaivokorttiprosessin eri vaiheissa, mutta myös tarkastuksessa saattaa osa virheistä jäädä huomaamatta. Jos kaivokortteja on hankkeessa suuri määrä, se myös oletettavasti lisää sekä inhimillisten virheiden mahdollisuutta, että mahdollisuutta sille, että tarkastuksessa virheet jäävät huomaamatta. Kaiken lisäksi kaivokorttien tarkastus on suunnittelijoiden mukaan hidasta ja manuaalista, mikä on jo itsessään ongelma kaivokorttiprosessissa, mutta se myös tarkoittaa sitä, että kaivokorttien tilaajilla ei ole välttämättä aikaa ja

resursseja tarkastaa kaivokortteja. Yhden konsulttiyrityksen mukaan tarkastusta hidastaa myös, jos kaivot ovat nimetty ja numeroitu epäloogisesti. Tarkastaessa aikaa menee siihen, että joutuu etsimään kaivokortissa esitettyä kaivoa asemakuvasta, jossa kaivot eivät ole esimerkiksi kadun mittalinjan mukaisessa kasvavassa numerojärjestyksessä.

Toinen haastattelussa esille tullut syy virheille kaivokorteissa on ongelmat käytettävissä ohjelmistoissa. Esimerkiksi edellisessä kappaleessa mainittuun kaivokorttien tarkastukseen liittyen haastateltavien käyttämät suunnitteluohjelmat eivät tarkasta automaattisesti kaivokorttien oikeellisuutta tai kaivon toteutettavuutta. Edes jonkinlainen automaattinen tarkastustyökalu pienentäisi todennäköisesti prosessissa eteenpäin pääsevien virheellisten kaivokorttien määrää ja nopeuttaisi ihmisen tekemää tarkastustyötä. Lisäksi suunnitteluohjelmat itsessään saattavat tehdä virheitä kaivokortteihin. Yhden konsulttiyrityksen haastattelussa kävi ilmi, että esimerkiksi välillä kaivokortissa lukevat kaivon korkotiedot saattavat poiketa joillain senteillä saman kaivon asemakuvassa olevista korkotiedoista. Tämän takia konsulttiyritys joutuu kiinnittämään erityistä huomiota näihin korkoihin tarkastaessaan kaivokortteja.

5.2.2 Kaivokorttiprosessia hidastavat ja hankaloittavat tekijät

Taulukon 7 ”Haastatteluaineiston lopulliset luokat kaivokorttiprosessin ongelmista kahden pääluokan alle jaoteltuna” pääluokan ”kaivokorttiprosessia hidastavat ja hankaloittavat tekijät” sisältämät haastattelujen tulokset ovat yleisesti kaivokorttiprosessia hidastavia tai hankaloittavia tekijöitä. Yksi konsulttiyritys ja urakoitsija painottivat lähtötietojen tärkeyttä verkostosuunnitteluhankkeissa ja se on myös Taulukon 7 ensimmäinen alaluokka. Vesihuollon verkostot ovat yleensä suurimmaksi osaksi maan alla, joten niiden tarkkaa sijaintia ei ilman kattavaa lähtötietoaineistoa voi tietää, ennen kun rakentamisvaiheessa verkostot ovat kaivettu esiin. Vaikka haastatteluissa tätä asiaa ei erikseen tuonut esille kuin yksi urakoitsija ja suunnittelija, lähtötietojen puute tai niiden virheellisyys heijastuu koko hankkeen vesihuollon suunnitteluun ja siten myös olennaisesti kaivoihin sekä kaivokortteihin. Tästä syystä se on erittäin tärkeää tuoda esille tässä työssä. Jos esimerkiksi vasta rakennustyön alettua huomataan, että lähtötiedoista poikkeavalla tavalla rakennetun vesihuollon takia joudutaan muuttamaan suunnitelmia, joudutaan taas palaamaan vesihuollon suunnittelussa Kuvan 12 mukaisella tavalla prosessissa taaksepäin. Lähtötietojen oikeellisuuteen linkittyä useampi muukin kaivokorttiprosessin ongelma tässä luvussa ja näitä ongelmia ratkomalla myös lähtötiedoista saadaan tulevaisuudessa parempia.

”Tiedon kulku osapuolten välillä” -luokkaan kuuluvat haastattelun tulokset käsittelivät kaivokorttiprosessin kommunikaation puutteesta aiheutuvia ongelmia. Yhtenä pääasiana

esille tuli, että tilaajan tulisi paremmin selvittää kaivokorttiprosessin eri osapuolten tarpeita kaivokortteihin liittyen ja tilata kaivokortit sellaisessa muodossa, joka on kaikille osapuolille mahdollisimman hyvä. Tiilaaja voisi esimerkiksi selvittää, jos kaivotoimittaja saisi syötettyä kaivotiedot nopeammin omiin järjestelmiin taulukkomuodosta ja vaatia suunnittelijaa tuottamaan kaivotiedot tällaisessa muodossa. Kaivotoimittajan haastattelussa tähän liittyen toisena esimerkkinä tuli verkostohanke, jossa kaivotoimittaja olisi halunnut koittaa kaivojen valmistamista suoraan LandXML-muotoisesta verkkotietomallista. Hankkeessa tilaaja ei ollut kuitenkaan osannut tilata suunnittelijalta LandXML-muotoista mallia. Kun tämä kaivotoimittaja kysyi mallia suoraan suunnittelijalta, kaivotoimittajan olisi pitänyt maksaa siitä erikseen suunnittelijalle. Tilaajan tulisi myös miettiä, mitä kaivotietoja he pyytävät itselleen verkkotietojärjestelmään vietäväksi. Molemmat haastattelut betonikaivotoimittajat tuottavat toteumakaivokortit vielä työmaalle tarkastettavaksi jokaisesta heidän valmistamastaan kaivosta, missä näkyy suunnittelijalta tulleita kaivokortteja tarkemmin kaivon rakentamisen tiedot pohjan kourun toteutuksesta käytettyjen kaivorenkaiden kokoon. Tällainen tarkempi kaivotieto ei kuitenkaan haastattelujen perusteella päädy ikinä tilaajalle verkkotietojärjestelmään, vaikka BuildingSMART Finlandin edustajan mukaan myös se tieto olisi erityisen tärkeää saada tallennettua, jotta tieto olisi esimerkiksi käytettävissä tulevien verkostohankkeiden lähtötietona. Kaivon tarkemmat tiedot voivat olla tarpeellisia myös kaivon kunnossapidon kannalta, erityisesti jos kaivossa esiintyy jotain ongelmia.

Edellisessä kappaleessa mainitut toteumakaivokortit liittyvät myös alaluokkaan ”kaivokortit eivät ole muokattavia”, sillä PDF-muotoisia kaivokortteja on hankala muokata ja tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että toteumakaivokortit täytyy tehdä kokonaan uudestaan suunnittelijan kaivokorttien rinnalle. Uudet toteumakaivokortit voivat mahdollisesti myös aiheuttavaa epäselvyyksiä, kun yhtäkkiä kaivokorttiprosessissa kulkeekin kahdet kaivokortit samoista kaivoista. Kaikki kaivotoimittajat eivät kuitenkaan nähneet tätä täysin ylimääräisenä työnä, sillä toteumakaivokortit olivat näillä kaivotoimittajilla samat, minkä perusteella tehtaalla kaivot valmistetaan, eli ne tehtäisiin joka tapauksessa kaivon valmistusta varten. Myös muissa kaivokorttiprosessin vaiheissa on haittaa siitä, että kaivokortit eivät ole muokattavia. Mikäli kaivokortteihin tulee korjattavaa tai päivitettävää, korjattava kaivokortti tarvitsee käytännössä aina tehdä uudestaan. Joissain hankkeissa halutaan lisäksi, että jokaisessa kaivokorttiedoston versiossa on näyttävä aina kaikki hankkeen suunniteltavat kaivot, vaikka muutoksia olisi tullut vain joihinkin kaivoihin.

Haastattelujen mukaan rakennusvaihe on toinen kohta kaivokorttiprosessissa, missä olisi parannettavaa tiedon kulkemisessa osapuolelta toiselle. Yhdellä vesilaitoksella ongelmaksi nähtiin, että työmaalla rakennetut kaivot ja muu vesihuolto ei aina ole siinä

sijainnissa, missä niiden pitäisi vanhojen suunnitelmien mukaan olla, ja toisaalta suunnitellut kaivot ja vesihuolto ei mene sinne, minne ne on suunniteltu. Edellä mainittu liittyy taas lähtötietojen oikeellisuuteen, sillä virheellisten lähtötietojen takia olemassa oleva vesihuolto voi olla eri kohdassa, kun alun perin on luultu ja sen takia suunniteltuja kaivoja ja putkia ei saada laitettua siihen, mihin ne on suunniteltu. Suunnitelmista poikkeavat kaivojen sijainnit saadaan verkkotietojärjestelmään tarkemittattua todellisilla sijaintitiedoilla, mutta yhden konsulttiyrityksen haastattelussa toivottiin, että myös verkostohankkeen aikana suunnittelija saisi urakoitsijalta tietoa, jos suunnitelmista on poikettu. Ainakin tämän konsulttiyrityksen projekteissa tämä tieto on jäänyt usein vain työmaan ja tilaajan välille.

Yksi kaivotoimittajista kertoi ongelmasta, jossa heille tulee välillä esikopiovaiheen kaivokortteja toteutettavaksi. Kun tällaisia kaivoja sitten toimitetaan työmaalle, urakoitsija voi joutua tekemään työmaalla joitain omia ratkaisujansa, joilla saadaan vanhan suunnitelmaversion mukainen kaivo sopimaan uuteen suunnitelmaan. Tällaisia ratkaisuja voi olla esimerkiksi putkien taivutus tai putkikulmien käyttö kaivon vierellä, mikä vaikuttaa esimerkiksi putkilinjan kuvattavuuteen ja puhdistamiseen. Myös nämä työmaalla tehdyt omat ratkaisut aiheuttavat edellisessä kappaleessa mainittuja tilanteita, joissa kaivoja ja putkia rakennetaan suunnitelmista poikkeaviin sijainteihin. Ohjausryhmätapaamisessa pohdittiin, että yksi syy tällaisille vielä työmaallakin pyöriville esikopiokaivokortteille voi olla turhan tiukat aikataulut hankkeella. Turhan tiukat rakennusaikataulut mainittiin ongelmana myös toisen kaivotoimittajan haastattelussa. Liian tiukka rakennusaikataulu voi johtua esimerkiksi siitä, että tilaaja on tilannut hankkeeseen suunnitelmat myöhään, jolloin kaivokortit eivät päädy kaivotoimittajille tarpeeksi ajoissa. Toinen syy voi olla se, että urakoitsija haluaa projektinsa mahdollisimman nopeasti valmiiksi, jolloin myös jää vähemmän aikaa kaivotoimittajien kilpailuttamiselle ja kaivojen valmistamiseen varautumiselle. Kaivotoimittajan puolella säästytäisiin virheiltä ja ylimääräisiltä kustannuksilta, jos kaivotilaukset saataisiin kaivotoimittajan sanoin tarpeeksi ajoissa ja niihin kerettäisiin valmistautua kunnolla. Kaivotoimittajat esimerkiksi saattoivat joskus joutua tekemään kustannusarvionsa keskeneräisistä kaivokorteista tai kokonaan ilman kaivokortteja, jolloin kustannusarvio saattaa poiketa todellisista kustannuksista.

5.3 Haastattelujen parannusehdotukset kaivokorttiprosessiin

Parannusehdotuksina haastatteluista nousi erilaiset koulutukset ja ohjeet. Yksi kaivotoimittajista toivoi, että suunnittelijat olisivat rohkeammin suunnitteluvaiheessa yhteydessä kaivotoimittajaan epäselvissä tilanteissa. Haastateltujen ehdottamien suunnittelijoille suunnattujen koulutusten ja ohjeiden lisäksi yksi konsulttiyritys ja kaivotoimittaja toivoivat

tilaajilta selkeitä ohjeita kaivojen suunnitteluun. Koska tilaajat usein määrittävät esimerkiksi käytettävät kaivokoot, kansistot ja putkien tyypit, olisi hyvä, jos nämä ilmoitettaisiin jo etukäteen selkeästi, ettei keskellä kaivokorttiprosessia eri osapuolten tarvitse alkaa näitä asioita selvittämään. Yhden konsulttiyrityksen haastattelussa toivottiin tilaajalta myös ohjeita kaivojen nimeämiseen, mikä nopeuttaisi muun muassa tarkastusta ja tekisi asemakuvasta selkeämmän, koska kaivot olisi silloin nimetty aina samalla tavalla ja samalla logiikalla. Tällä hetkellä suurimmassa osassa projekteja suunnittelija itse päättää kaivojen nimeämisen.

BuildingSMART Finlandin haastateltava toivoi, että kaivokortteihin saisi mahdollisesti tarkempiakin kaivotietoja esimerkiksi kaivotoimittajan toteumakaivokorteista tilaajan verkkotietojärjestelmään vietäväksi. Tarkemmista kaivon tiedoista ei verkkotietojärjestelmässä nähty mitään haittaa, mutta lähtötietoina tulevissa verkostohankkeissa ne saataisivat olla hyödyksi. Edellä mainitun toteutumista auttaisi se, että kaivokortit olisivat jotenkin muokattavia läpi koko prosessin, mikä tuli myös ohjausryhmätapaamisessa esille. Jos kaivokortit olisivat muokattavia, ei niistä tarvitsisi tehdä useita versioita luomaan sekaannusta kaivokorttiprosessin aikana ja tallennettavaksi arkistoihin.

Viidessä haastattelussa toivottiin myös suoraan, että suunnittelijan puolella voisi tarkistaa kaivojen toteutettavuutta, jotta virheet huomattaisiin aikaisessa vaiheessa kaivoista. Pohdittiin myös sitä, että tämä tarkastus olisi hyvä olla automaattista esimerkiksi suoraan suunnitteluohjelman sisällä. Kaivojen toteutettavuuden tarkastamista käsitellään tarkemmin luvussa 6.1.

Haastatteluissa kaikki kaivotoimittajat olivat sitä mieltä, että heille olisi hyvä lähettää edes jonkinlaiset kaivokortit. Kaivotoimittajien mukaan pelkästä asemakuvasta tarjouslaskennan tekeminen tai kaivojen tekeminen on paljon hitaampaa, kuin kaivokorteista katsominen. Vaikka tässäkin työssä tyypillisessä kaivokorttiprosessissa luvun 5.1 mukaisesti käytetään PDF-muotoisia kaivokortteja, joutuvat kaivotoimittajat vielä silloin tällöin käsittelemään pelkästään asemakuvaa, ja vähintään tästä haluttaisiin kokonaan eroon.

6. EHDOTETUT TOIMENPITEET

Tässä luvussa on ehdotettu kolmea toimenpidettä kaivokorttiprosessin optimoimiseksi. Luvussa 6.1 esitetään kaivojen toteutettavuudesta tarkastettavia asioita, joita suunnittelijat voivat esimerkiksi lisätä käyttämiinsä suunnitteluohjelmiin automaattisesti tarkastettavaksi, jos suunnitteluohjelma mahdollistaa tällaisen. Luvussa 6.2 ehdotetaan taulukkomuotoisten kaivokorttien käyttöönottoa ja tämän luvun alaluvuissa kerrotaan tarkemmin ehdotuksen hyötyjä ja haittoja, sekä annetaan esimerkki tällaisesta taulukkomuotoisesta kaivokorttiesityksestä. 6.3 luvussa ehdotetaan tietomallien käyttämistä kaivotietojen tiedonsiirrossa, mutta tietomallien käyttöönoton ongelmiin ei tässä työssä keskitytä tarkemmin.

6.1 Kaivojen toteutettavuudesta tarkastettavat asiat

Luvussa 5.2.1 kerrottiin virheistä kaivokorteissa, mitkä aiheuttavat kaivokorttiprosessissa erilaisia ongelmia, kuten työmaan seisomista, kunnes virheet on korjattu. Mitä aikaisemmassa vaiheessa virheet havaitaan, sitä vähemmän ongelmia virheistä seuraa, joten parasta olisi karsia virheet jo kaivojen suunnitteluvaiheessa. Jotkut virheistä saattavat päästä koko kaivokorttiprosessin läpi, jolloin vasta kaivotoimittaja huomaa, että kaivoa ei voikaan toteuttaa. Pahimmassa tapauksessa virheen huomaa vasta urakoitsija, joka on saanut työmaalle kaivotoimittajalta vääränlaisen kaivon. Taulukossa 8 on esitetty ehdotus kaivon toteutettavuuteen vaikuttavista asioista, jotka suunnittelijan olisi hyvä tarkastaa ennen kun kaivokortit lähetetään prosessissa eteenpäin tilaajalle. Tarkastettavien asioiden lisäksi taulukossa kerrotaan, mitä virheestä aiheutuu, jos sitä ei tarkastuksessa huomata. Taulukon 8 kaikki kohdat ovat tärkeitä tarkastaa, mutta taulukon yläpäähän on pyritty keräämään sellaisia tarkastettavia virheitä, joita useat haastateltavat olivat tuoneet esille usein toistuvina virheinä kaivokorteissa.

Taulukko 8. *Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata.*

Tarkastettavat virheet kaivokorteissa	Mihin korjaamaton virhe johtaa
Onko kaivo liian pieni liittyville putkille?	Kaivoa ei voida valmistaa.
Ovatko kaivon putkiliitokset liian lähellä toisiaan kaivon reunalla?	Kaivoa ei voida valmistaa.
Onko kaivo liian matala tai liittykö kaivoon putkia liian lähellä maanpintaa?	Kaivon ja putkien vaatimat peittosyvyydet eivät toteudu ja kaivoa ei mahdollisesti voida valmistaa tai asentaa.
Liittyvätkö putket kaivoon veden virtaussuunnan vastaisesti (erityisesti jätevesiviemäreissä)?	Veden virtaus kaivossa häiriintyy ja jätevesikaivoihin saattaa tulla herkemmin tukoksia.
Noudattaako suunniteltu kaivo kaupunkikohtaisia ohjeita?	Riippuu, miltä osin virhe ei noudata ohjeita.
Onko liitokset olemassa olevaan verkostoon merkitty oikein?	Kaivoon tehdään esimerkiksi liitos väärälle putkimateriaalille.
Onko tuloputken vesijuoksun ja kaivon pohjan välillä liikaa pudotusta? (yli 800 mm)	Liian korkea pudotus saattaa aiheuttaa kaivon kulumista ja häiritä veden virtausta kaivossa.
Osuuko liitokset betonikaivossa kaivorenkaiden saumakohtaan?	Kaivoa ei välttämättä voida valmistaa.
Miten isompien kaivojen kohdalla toteutetaan kaivon vienti maanpintaan?	Kaivoa ei toteuteta välttämättä tehtaalla niin, kuin se kannattaisi toteuttaa kyseisessä kohteessa.

Taulukosta 8 ”Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata” esitetyt kaivoista tarkastettavat asiat ovat kerätty haastatteluista ja ohjausryhmätapaamisista. Osa tarkastettavista asioista oli haastattelujen mukaan sellaisia, joita on toistuvasti huomattu virheinä kaivokorteissa ja osa asioista oli haastateltavien omia ehdotuksia kaivoista tarkastettavista asioista. Konsulttiyritykset voivat myös tutkia onko heidän organisaatiossansa mahdollista jotenkin hoitaa listassa esitettyjen asioiden tarkastamista automaattisesti, esimerkiksi jonkun suunnitteluohjelman oheen tehtävän aputyökalun avulla. Vaikka kaikkea tarkastusta ei onnistuisikaan automatisoimaan, pelkästään jonkun listan osan automaattinen tarkastus vähentäisi oletettavasti kaivokorttiprosessissa eteenpäin pääseviä virheitä ja nopeuttaisi itse suunnittelijan tarkastusprosessia.

Ensimmäinen Taulukon 8 ”Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata” toistuva virhe kaivokorteissa on liian pieni kaivo liian suurelle putkelle. Suunnittelijan tulisi tarkastaa, etteivät kaivot olisi ainakaan halkaisijaltaan samankokoisia, saati sitten pienempiä, kuin kaivoon liittyvät putket. Tarkastuksen voisi myös automatisoida vertaamalla kaivojen halkaisijaa kaivoon liittyvien putkien halkaisijoihin, joko suoraan suunnitteluohjelmassa, tai

esimerkiksi taulukossa, jossa esitetään kaivojen ja siihen liittyvien putkien tiedot. Lopullinen kaivon koko riippuu kaivoon liittyvien putkien koon lisäksi putkien määrästä ja kulmista. Jos kaivoon tulee kaksi putkea, joiden välinen kulma on liian pieni, voi kaivon halkaisijaa joutua kasvattamaan myös sen takia.

Taulukon 8 ”Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata” kohta ”Ovatko kaivon putkiliitokset liian lähellä toisiaan kaivon reunalla?” tarkoittaa sitä, että kaivoon on suunniteltu liittyvät putket liian lähekkäin, jolloin tehtaalla kaivoa ei voida valmistaa, koska kaivoon porattavat reiät tulisivat liian lähelle toisiaan, mikä taas saattaa vaikuttaa kaivon kestävyys-teen. Betonikaivoissa valuliitoksiin saatetaan tehdä myös liitoksen vaatimia betonivaluja, jotka vaativat oman tilansa liitoksen reiän ympäriltä, eikä kahta valulaatikkaa voi valaa päällekkäin. Putkiliitokset ovat saatettu myös suunnitella niin, että putket olisivat sisäkkäin. Suunniteltaessa, asemakuvassa ja kaivokorteissa kaivoihin liittyvät putket näytetään usein vain kaksiulotteisina viivoina (RIL 2010b, s. 127), joten suunnittelija ei välttämättä ole tajunnut putken todellista kolmiulotteista tilantarvetta kaivon reunalla.

Taulukon 8 ”Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata” kohta ”Onko kaivo liian matala tai liittykö kaivoon putkia liian lähellä maanpintaa?” tarkoittaa sitä, että liian lähelle maanpintaa suunniteltu putki saattaa osua esimerkiksi kaivon kanteen, kartioon, korotusrenkaiseen tai näiden saumakohtiin, mikä ei ole kaivon toteutettavuuden kannalta sallittua. Jos taas koko kaivo on suunniteltu hyvin matalaksi, voi olla, että matalinkaan kaivorengas ei mahdu suunnitellun pohjan koron ja maanpinnan väliin.

Varsinkin suuremmilla kaupungeilla on omia ohjeita, joissa on määritetty suunniteltavien hulevesi- ja jätevesikaivojen koot, materiaalit sekä muuta kaivoihin liittyvää (HS-Vesi 2017; Lahti Aqua 2017; HSY 2022). Suunnitellessa tulisi huomioida nämä ohjeet, vaikka kaivon voisi toteuttaa muullakin tavalla. Syynä tähän saattaa olla vaikka se, että kaupungissa käytetään lähtökohtaisesti materiaaliltaan ja kooltaan tietynlaisia osia ja näistä poikkeavia osia ei ole heti varaosina saatavilla kaupungin varastoissa. Ohjeissa saattaa olla myös esimerkiksi maininta siitä, että kaivoon tulevien liitosten tulisi olla samansuuntaisia kaivossa virtaavan veden kanssa, erityisesti jätevesiviemärien kohdalla. Tällä pyritään välttymään esimerkiksi kaivoon kerääntyvältä kiintoaineelta, joka saattaa häiritä veden virtausta tai tukkia kaivon kokonaan. Virtaussuuntaa vastaan liittyviä putkiliitoksia tulisi muutenkin välttää, vaikka sitä ei erityisesti kaupungin ohjeissa olisi mainittukaan, ja nämä on hyvä myös suunnittelijan tarkastaa aikaisessa vaiheessa.

Viidentenä kaivoista tarkastettavana asiana haastatteluissa ja ohjausryhmätapaamisissa esille nousi liitokset olemassa oleviin putkiin, ja olemassa olevista putkista erityisesti betonisiin putkiin. Suunnitteluohjelmissa olemassa olevat betoniputket saatetaan mallintaa betonisina, jolloin myös kaivokorttiin saattaa tulla automaattisesti merkintä betoniputkiliitoksesta. Tällaisia liitoksia ei kuitenkaan voida tehdä uudelle betoniputkelle tehtävänä valuliitoksena konsulttiyrityksen haastattelun mukaan. Liitos kaivoon tehdään pienempien rakennettujen betoniputkien osalta muoviputkella poraliitoksena kaivoon, minkä jälkeen muoviputki liitetään kaivon ulkopuolella olemassa olevaan betoniputkeen muovi-betoni-liituskappaleella. Isommille betoniputkille täytyy jättää valmistettaviin kaivoihin raaka-aukko, jotta ne voidaan työmaalla valamalla liittää rakennettuun linjaan. Edellä mainitut asiat on siis tärkeä huomioida kaivokortteja tehdessä ja tarkastaessa, jos suunnitteluohjelma merkitsee liitokset rakennettuihin betoniputkiin automaattisesti uuden betoniliitoksen tavoin.

Taulukon 8 ”Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata” kuudennella rivillä kehoitetaan tarkastamaan, että kaivoon tuleva vesi ei tipu liian korkealta kaivon pohjalle, eli yli 800 mm kaivon vesijuoksusta. Liian korkea pudotus saattaa aiheuttaa esimerkiksi kaivon pohjan kulumista ja veden virtauksen häiriintymistä ja myös kaivon korroosiota.

Seitsemännen rivin kohdalla ”Osuuko liitokset betonikaivossa kaivorenkaiden sauma-kohtaan?” tarkoitetaan betonikaivojen kaivorenkaiden saumakohtia, joihin ei voi liittää putkia. Betonikaivoihin on saatavilla eri korkuisia kaivorenkaita, ja eri kaivorenkaiden kokoja vaihtelemalla saumaan osuvat putkiliitokset voidaan välttää. Kuitenkin erityisesti isojen ja eri koroissa kaivoon liittyvien putkiliitosten kohdalla voi olla, että saumakohta osuu väkisinkin liitoksen kohdalle. Lisäksi työmaalla poraamalla toteutettavien tonttiliitosten kohdalla olisi tärkeä huomioida kaivorenkaiden saumat, sillä siinä kohtaa kaivorenkaiden korkeuksia ei voida enää helposti muuttaa, koska kaivot ovat jo tehty ja toimitettu. Tämän kohdan huomioiminen saattaa kuitenkin olla suunnittelijalle hankalaa, koska suunnittelija ei välttämättä vielä tiedä esimerkiksi sitä, mikä kaivotoimittaja kaivot tulee valmistamaan ja minkä kokoisia kaivorenkaita heillä on käytössä.

Tämän luvun tarkastustaulukon viimeinen rivi koskee lähinnä isoja kaivoja. Isoissa kaivoissa ei ole välttämättä tarpeellista viedä esimerkiksi halkaisijaltaan 2000 mm kaivorenkasta maanpintaan saakka, vaan kaivon maanpintaan viennin voi toteuttaa pienemmillä kaivorenkailla. Näin työmaalla ei tarvitse turhaan käsitellä isoja kaivorenkaita ja kaivon hinta saadaan pienemmäksi. Suunnittelijan tulisi isojen kaivojen kohdalla tarkastaa, voiko kaivon maanpintaan viennin toteuttaa pienemmillä renkailla, ja lisäksi varmistaa, että tällaiset poikkeusratkaisut ovat selkeästi merkattu kaivokortteihin.

Taulukossa 8 ”Kaivojen toteutuksesta ja toteutettavuudesta tarkastettavat asiat ja virheet, sekä mitä seuraa, jos niitä ei tarkastuksessa huomata” kerrotaan toisessa sarakkeessa mihin korjaamaton virhe johtaa yksinkertaistettuna. Virheet aiheuttavat myös laajempia ongelmia kaivokorttiprosessissa. Esimerkiksi jos kaivoa ei pystytä valmistamaan liian suurien kaivoon liittyvien putkien takia, voi yksinkertaisin ratkaisu olla, että suunnittelija suunnittelee halkaisijaltaan isomman kaivon, johon kaikki liittyvät putket mahtuvat. Suurempi kaivo ei kuitenkaan välttämättä mahdu sille alun perin suunniteltuun tilaan, jos kaivon ovat suunniteltu esimerkiksi ahtaaseen sijaintiin kahden muun vesihuoltolinjan väliin. Tällöin vesihuoltosuunnitelmia joudutaan muuttamaan muutenkin, kuin vain yhden kaivon osalta. Samoin jos kaivoon tulevat putket ovat suunniteltu huonossa kulmassa veden virtaussuunnan kannalta tai putkien välillä on liian vähän tilaa, voidaan joutua suunnittelemaan kokonaan uusia kaivoja tai putkikulmia alkuperäisen kaivon ympärille kääntämään putkien suuntaa. Edellä mainituista toimenpiteistä uudet kaivot aiheuttavat lisää kustannuksia hankkeessa ja putkikulmien käyttö on huono käytäntö putkilinjan tarkastuksien ja huollon kannalta. On siis tärkeää, että Taulukon 8 virheet huomataan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kaivokorttiprosessia, jotta muun vesihuollon sijaintia ei ole ehditty suunnitelmissa lukitsemaan tai jopa jo rakentamaan.

6.2 Kaivotiedot taulukkomuodossa

Tämän työn yksi toimenpide-ehdotuksista on käsitellä kaivotietoja taulukkomuotoisina kaivokortteina PDF-tiedostojen sijaan. Jos oletetaan, että tulevaisuudessa kaivotietojen suunnittelu, siirto ja käsittely toimii kokonaan tietomallipohjaisesti, taulukkomuotoiset kaivokortit toimisivat siirtymävaiheen ratkaisuna kohti tietomalleja. Työssä taulukkomuotoisista kaivokorteista kysyttiin jokaiselta haastateltavalta ja luotua taulukkomuotoista kaivokorttiehdotusta esitettiin ja muokattiin ohjausryhmätapaamisissa. Tässä luvussa esitetään ensin esimerkki, minkälaisia tällaiset taulukkomuotoiset kaivokortit voisivat olla. Sen jälkeen kerrotaan hyödyistä ja haitoista ja viimeisessä alaluvussa on yhteenveto taulukkomuotoisista kaivokorteista.

6.2.1 Taulukkomuotoinen kaivokorttiesimerkki

Ohjausryhmätapaamisissa muotoutui Liitteen A mukainen luonnos siitä, minkälaiselta taulukkomuotoinen kaivokorttitiedosto voisi näyttää. Liitteen A taulukon tiedot ovat käyty kahteen kertaan ohjausryhmän kanssa läpi ja taulukko sisältää kaivosta tietoja, joita ohjausryhmä erityisesti taulukkoon on halunnut ja joita jo nyt löytyy esimerkiksi kaivotoimitajien tarjoamissa kaivokorttipohjissa. Taulukossa näytettävien tietojen pohjana on käy-

tetty näitä kaivotoimittajien tarjoamia kaivokorttipohjia. Liitteen A taulukkomuotoisen kaivokorttiehdotuksen sarakkeet ovat esitetty Taulukossa 9 "Taulukkomuotoisen kaivokorttiesityksen sarakkeet ja niiden selitykset".

Taulukko 9. Taulukkomuotoisen kaivokorttiesityksen sarakkeet ja niiden selitykset

Sarakkeen nimi	Sarakkeen selitys
Nimi	Kaivon nimi. Tämän sarakkeen avulla kaivot voidaan järjestää nimen mukaan tai erotella esimerkiksi hulevesikaivot ja jätevesikaivot, jos hulevesi- ja jätevesikaivot ovat nimetty keskenään eri tavalla.
Kaivotyyppi	Kaivon tyyppi tai käyttötarkoitus. Esim. tarkastuskaivo, sadevesikaivo, purkukaivo jne.
Kohde	Esim. katu tai puistoalue, johon kaivo tulee. Kohteen avulla esim. urakoitsija voi järjestää kaivoja siihen järjestykseen, jossa se haluaa kaivot työmaalle.
Korkeus [mm]	Kaivon korkeus alimman liitosputken vesijuoksusta kaivon kanteen.
Nimellishalkaisija [mm]	Kaivon nimellishalkaisija. Betonikaivoissa nimellishalkaisija on kaivon sisähalkaisija ja muovikaivoissa kaivon ulkohalkaisija.
Kaivon materiaali	Kaivon materiaali (esim. betoni tai muovi), tarvittaessa tarkemmin (maininta esim. kaivon pinnoitteesta)
x, y, z [m]	Kaivon kannen keskikohdan koordinaatit. z tarkoittaa siis myös maanpinnan korkoa kyseisessä kohdassa.
Sakkapesän korkeus ja tilavuus [mm, l]	Suunnittelija voi määrittää näistä joko molemmat tai vain toisen, mikäli esim. hankkeen kaivotoimittaja ei ole tiedossa ja näin käytettävä sakkapesän muoto ei ole selvillä.
Teleskooppi	Tuleeko kaivon kansistolle teleskooppi vai ei
Säätöputken halkaisija	Teleskoopin säätöputken halkaisija
Säätöputken korkeus [mm]	Säätöputken korkeus. Tähän merkitään erityisesti, jos tiedetään, että kaivoon tarvitaan normaalista (800 mm) poikkeava säätöputki.
Lisätietoja teleskoopista	Lisätietoina, jos teleskoopissa käytetään esim. kahta tiivistettä, joka vähentää säätöputken säätömahdollisuutta tiivisteiden välin verran.
Kannen tyyppi	Kaivon kannen tyyppi, eli onko esim. umpi-, ritilä-, kita- tai kupukansi.
Kannen kestävyysluokka [kN]	Kuinka ison kuorman kannen tulee kestää, eli esim. 400 kN tai 200 kN.
Lisätietoja kansistosta	Lisätietoina esimerkiksi kannen paksuus ja onko kansisto kelluva vai ankkuroitu.
Jäätymissuoja	Merkintä, jos kaivoon tarvitaan jäätymissuoja.
Vesilukko	Merkintä, jos kaivoon tarvitaan vesilukko.
Hattu	Merkintä, jos kaivoon tarvitaan hattu.
Muut lisätiedot kaivosta	Muita lisätietoja kaivosta, mitkä eivät sovi edellisiin lisätietosarakkeisiin. Esim. pohjan kourun toteutus.
Lisätiedot putkiliitoksista	Lisätiedot putkiliitoksista ja tarkennus, mitä liitosta lisätieto koskee. Tähän esimerkiksi huomio, jos liitos toteutetaan raakareijällä olemassa olevan putken kanssa, tai jos kaivossa on yhden lähtöyhteen sijaan kaksi lähtöyhdettä.
Liitoksen laatu	Liittyvän putken materiaali ja mahdollisesti tarkemmin putken ominaisuuksista, esim. puristuslujuus.
Liitoksen korkeus [mm]	Liitoksen korkeus alimman liitoksen vesijuoksusta kyseisen liitoksen vesijuoksuun.
Liitoksen suunta [°]	Liitoksen suunta kaivossa. Ensimmäinen lähtevä liitos on 0° ja liitosten suunta lasketaan siitä eteenpäin myötä päivään.
Liitoksen kaltevuus [%]	Liitoksen kaltevuus prosentteina. Luku on positiivinen, jos liitos on kaivoon päin kalteva, eli kaivoon tuleva putki. Luku on negatiivinen, jos liitos on kaivosta poispäin kalteva, eli kaivosta lähtevä putki.

Taulukon 9 "Taulukkomuotoisen kaivokorttiesityksen sarakkeet ja niiden selitykset" kaivon ja liitosten korkeus ilmoitetaan korkeutena kaivon alimman liitoksen vesijuoksusta kaivon kanteen tai toisen liitoksen vesijuoksuun. Syynä tähän on se, että kaivojen sakkapesät saattavat olla eri muotoisia, vaikka niiden tilavuus olisikin sama. Eli jos suunnittelija ei tiedä hankkeessa käytettävää kaivotoimittajaa ja määrittää sakkapesälle tilavuudeksi esimerkiksi 100 L, kaivon liitosten korot riippuisivat siitä, tulisiko sakkapesä olemaan pallon muotoinen vai sylinteri, jos korkeudet laskettaisiin sakkapesän pohjasta.

Liitteen A taulukkomuotoisessa kaivokorttiesityksessä liitokset toimivat niin, että ensin taulukossa merkitään kaivon lähtöyhde, jonka suunta on lähtökohtaisesti 0° ja korkeus yleensä 0 mm. Lähdestä siirrytään kaivon reunaa myötä päivään eteenpäin ja tuloputket ovat numeroitu siinä järjestyksessä. Taulukossa on siis lähtökohtaisesti aina yksi lähtö ja tarvittava määrä tuloja. Jos kaivossa on poikkeuksellisesti esimerkiksi useampia lähtöjä, sen voi tarkentaa Lisätiedot putkiliitoksista -sarakeeseen. Liitoksen Kaato -sarake kertoo myös etumerkillä kyseisen liitoksen suunnan, mutta selkeyden vuoksi erikoisemmat useamman lähdön kaivot ovat hyvä tarkentaa vielä sanallisesti.

Taulukossa 9 "Taulukkomuotoisen kaivokorttiesityksen sarakkeet ja niiden selitykset" ja Liitteen A taulukkomuotoisessa kaivokorttiesityksessä on useita lisätietosarakkeita taulukon eri kohdissa. Näiden tarkoitus on, että suunnittelija tai kaivokorttiprosessin muu osapuoli voi lisätä kaivosta tarkempia tietoja, joita ei välttämättä joka kaivosta tarvita, tai joita ei esimerkiksi vielä suunnitteluvaiheessa yleensä tiedetä. Esimerkiksi, jos suunnittelija ei tiedä tietyn kaivon kohdalla maanpinnan korkeutta tarkkaan, suunnittelija voi merkitä Lisätietoja teleskoopista -sarakeeseen, että teleskoopin tulee olla normaalia suurempi, jotta siinä on työmaalla enemmän säätövaraa. Toisena esimerkkinä suunnittelija ei välttämättä aina tiedä kaivoon liittyvien rakennettujen putkien tarkkaa korkoa tai materiaalia, joten Lisätiedot putkiliitoksista -sarakeeseen voi kirjata ylös, että tarkemmat tiedot tietystä liitoksesta tulee tarkastaa työmaalla. Pohjana nykyisin käytetyissä PDF-kaivokorteissa kaikille kaivon lisätiedoille on vain yksi kohta, mutta taulukkomuotoisessa kaivokorttiesityksessä on ajateltu, että lisätietosarakkeita on hyvä olla enemmän, koska suuri määrä tekstiä yhdessä taulukon solussa on vaikeampi lukea ja käsitellä.

6.2.2 Taulukkomuotoisten kaivokorttien hyödyt

Kukaan tämän työn haastatelluista ei suoraan tyrmännyt ehdotusta taulukkomuotoisista kaivokorteista ja useimmat olivat kiinnostuneita kokeilemaan taulukkomuotoisia kaivokortteja ja näkivät niissä paljon mahdollisia hyötyjä. Taulukkomuotoisissa kaivokorteissa eniten hyötyä näkivät sellaiset organisaatiot, joilla kaivotietojen vienti omiin järjestelmiin

olisi lähitulevaisuudessa, tai jo nyt mahdollista tehdä automaattisesti suoraan tietomaleista tai taulukosta.

Yhtenä ongelmana kaivokorttiprosessissa nähtiin se, että nykyiset PDF-muotoiset kaivokortit eivät ole helposti muokattavia. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun kaivokortit täytyy tehdä käytännössä uudestaan, aina kun niihin tulee jotain päivitystarpeita. Taulukkomuotoisena kaivokortit olisivat helposti muokattavia ja jokainen kaivokorttiprosessin osapuoli pystyisi näitä muokkauksia tekemään. Esimerkiksi kaivotoimittajilta tulevat lisätiedot kaivojen tarkasta toteutuksesta saataisiin lisättyä samaan taulukkoon ilman, että työmaalle tarvitsisi lähettää toteumaversioita samoista kaivokorteista. Tämä tarkoittaisi toki sitä, että erilaiset lisätietokohdat olisi hyvä standardoida jotenkin, sillä pitkän lisätietotekstin lukeminen taulukosta ei välttämättä ole selkeää. Taulukon muokattavuus tarkoittaisi myös sitä, että kaivokorttien ajan tasalla pitäminen olisi todennäköisesti helpompaa. Kattavammat kaivotiedot tarkoittaisivat myös kattavampia lähtötietoja tuleviin verkostohankkeisiin ja saattaisivat myös helpottaa kaivojen saneerausta. Esimerkiksi tiedot joidenkin tiivisteiden laadusta ja iästä voivat olla hyödyllisiä, jos pohditaan esimerkiksi kaivon vuodon syitä.

Taulukon muokattavuus auttaisi jokaista kaivokorttiprosessin osapuolta myös siinä mielessä, että taulukon kaivoja on helpompi järjestellä. Kaivot voidaan järjestää esimerkiksi numerojärjestykseen, mutta helposti myös kaivokoon mukaiseen järjestykseen tai kaivoon liittyvien putkien mukaan. Organisaatiolle mieleisellä tavalla järjestetystä kaivolis-tasta saattaa sitten olla helpommin huomattavissa esimerkiksi mahdolliset poikkeavuudet kaivoissa, jolloin saatetaan helpommin havaita virheet kaivokorteissa. Myös esimerkiksi taulukon automaattinen tarkastus ja muu taulukon muokkaaminen kaivokorttitaulukkoa käsittelevän organisaation omiin tarpeisiin on mahdollista, jos organisaatiossa on taulukon käsittelyä osaavia henkilöitä. Taulukon muokkaamista osaavia henkilöitä löytyy todennäköisesti suurimmasta osasta alan organisaatioita.

Molemmat haastatelluista muovikaivotoimittajista olivat erityisen kiinnostuneita taulukkomuotoisista kaivokorteista, sillä taulukkomuodosta kaivotiedot voitaisiin syöttää suoraan kaivotoimittajan omiin järjestelmiin ja kaivot voitaisiin siis valmistaa suoraan taulukkomuotoisista kaivokorteista. Tällä hetkellä toisella näistä muovikaivotoimittajista kaivotiedot syötetään joka tapauksessa taulukkomuotoon, ennen kuin kaivon valmistus aloitetaan tehtaalla. Taulukkomuotoiset kaivokortit siis poistaisivat yhden välivaiheen kaivokorttiprosessista kaivotoimittajalta. Myös kaivotietojen syöttö tilaajan verkkotietojärjestelmään toimisi automaattisemmin suoraan taulukkomuodosta.

Kaivotoimittajille suurena lisähyötynä taulukkomuotoisista kaivokorteista on myös tarjouslaskennan helpottuminen. Nykyisistä kaivokorteista kustannusarvion laskeminen on hidasta ja vielä hitaampaa on, jos kaivokortteja ei tarjousvaiheessa edes ole kaivotoimittajalle saatavilla. Jonkinlaisen alustavan kaivokorttitaulukon tuottaminen on suunnittelijalle todennäköisesti PDF-kaivokortteja nopeampaa, koska esimerkiksi usean sadan sivun PDF-tiedoston tuottaminen suunnitteluohjelmasta kestää kauemmin, kuin yhden taulukon tuottaminen. Tällöin kaivotoimittajalle saataisiin tarjousvaiheessa taulukkona nopeasti tieto kaivojen määrästä, koosta ja korkeudesta kustannuslaskentaa varten.

Lopuksi vielä yhden konsulttiyrityksen haastattelussa positiivisena kommenttina taulukkomuotoisille kaivotiedoille oli se, että taulukossa kaivotiedot ovat PDF:iä tiiviimmässä muodossa. PDF-muotoiset kaivokortit saattavat hankkeen koosta riippuen olla monen sadan sivun mittaisia, mikä tarkoittaa, että niissä on paljon selattavaa. Taulukossa kaivotiedot vievät korkeussuunnassa paljon vähemmän ruututilaa, eli kaivotietoja tutkiessa ei tarvitse selata monen sadan sivun PDF-tiedostoa ja kaivoja voi paremmin silmäämäärisesti vertailla keskenään, jolloin mahdolliset virheet kaivokorteissa on vielä tässä kohtaa huomattavissa.

6.2.3 Taulukkomuotoisten kaivokorttien ongelmat

Haastatteluissa yhden tilaajan ja kummankaan betonikaivotoimittajan edustajat eivät nähneet ainakaan vielä taulukkomuotoisissa kaivokorteissa hyötyjä omalle organisaatiolleen. Kyseisissä organisaatioissa ei ollut vielä mahdollista esimerkiksi viedä kaivotietoja automaattisesti tietomallista omiin järjestelmiinsä, minkä takia myöskään taulukkomuodosta tämä ei onnistuisi.

Taulukkomuotoisten kaivokorttien selkeimmäksi ongelmaksi haastatteluissa ja ohjausryhmätapaamisissa nousi kaivokorttien visuaalisuuden puuttuminen taulukosta. Perinteisessä Kuvan 7 mukaisessa kaivokortissa näkyy tulo- ja lähtöyhteet ylhäältä päin nuolina, mistä saattaa olla esimerkiksi tarkastaessa helpompi tarkastaa päällekkäisiä tai virtaus suunnan vastaisia liitoksia. Tähän huomiona tuli kuitenkin ohjausryhmässä, että tarkastaessa kaivokortteja, rinnalla on kuitenkin asemakuva, jossa nämä edellä mainitut asiat näkyvät Kuvan 7 mukaisen kaivokortin tavoin. Lisäksi taulukon muokkausta osaavat henkilöt pystyvät varmasti tekemään taulukkolaskentaohjelmaan jonkun kaivojen visuaalisuutta lisäävän työkalun. Yksinkertaisena esimerkkinä tästä, MS Excelissä kaivokorttitaulukosta voi tehdä Kuvan 13 mukaisen kaivokortin, jossa kaivo on kuvattu ylhäältä päin piirakkadiagrammina, jossa sektorien rajat kuvaavat kaivon liitoksen kulmaa ylimmän ollessa lähtevä putki ja liitosten numeroiden kasvaessa myötä päivään. Kuvan 13 kaivo-

korttiin saa myös näkyville kaikki perinteisessäkin kaivokortissa näkyvät kaivotiedot. Kuvan 13 esimerkki on tehty niin, että Excelissä toisella välilehdellä sijaitsevan kuvan mukaisen kaivokortin soluihin haetaan tiedot varsinaisesta kaivokorttitaulukosta, jolloin visuaalinen kaivokortti myös päivittyisi itsestään taulukon päivittyessä.

Kohde: Orivedenkatu Nimi: JVK14		Sijainti: x: 12345691,12 y: 1234580,12 Korkeus: 2600		z: 29,4		Halkaisija: 800 Materiaali: Betoni	
		Laatu	Koko	Korkeus	Suunta	Kaato	
	Lähtö	PVC	250	0	0	-0,5	
	Tulo1	PVC	250	10	90	1	
	Tulo2	PVC	315	10	135	1	
	Tulo3	PEH	315	10	180	1	
	Tulo4	PEH	315	10	270	1	
	Tulo5						
		Tulo6					
Kannen tyyppi: Umpi Kannen kestävyys: 40 Lisätietoja: Kaivo lämpöeristettävä (ks. erillinen detaljikuva)		Teleskooppi: x Säätöputken koko: 500		Sakkapesän tilavuus: Jäätymissuoja:		Vesilukko: Hattu:	

Kuva 13. Esimerkki taulukkomuotoisten kaivokorttien visualisoinnista. Kuvan piirakkadiagrammi esittää kaivoa ylhäältä päin ja siinä sektorien rajat esittävät kaivoon liittyviä putkia. Ylin putki on kaivosta lähtevä putki, ja liitosten numerot kasvavat myötä päivään.

Jokainen organisaatio voisi tarvittaessa itse päättää minkälaisen mahdollisen Kuvan 13 tyyllisen visuaalisen kaivokortin he haluavat, sillä kaivotietojen järjestystä on helppo muuttaa itse. Ohjausryhmätapaamisessa toivottiin esimerkiksi, että kaivoa ylhäältä esittävään kuvaan saataisiin putkikoot näkyviin, mikä olisi mahdollista taulukkoon muokata, mikäli kaivokorttiprosessin osapuolet sitä kaipaisivat. Tämän työn tarkoitus oli kuitenkin nimenomaan ehdottaa kaivotietojen esittämistä taulukossa, joten sen tarkemmin Kuvan 13 kaltaiseen visuaaliseen esitykseen ei perehdytty.

Toisena ongelmana taulukkomuotoisissa kaivokorteissa saattaa olla se, että taulukko ei ole tulostettavissa järkevän kokoiselle paperille, koska kaivotiedot leviävät leveyssuunnassa laajalle taulukossa. Tämä saattaa olla esimerkiksi jollekin urakoitsijalle ongelma, jos työmaalle on totuttu vielä tulostamaan kuvat suunnitelmista ja kaivokorteista paperille.

Työssä esille tulleet ongelmat taulukkomuotoisista kaivokorteista olivat kuitenkin pitkälti tottumuskysymyksiä. Yksi kaivotoimittajista sanoi, että he vaan ovat tottuneet viemään

omiin järjestelmiinsä kaivotiedot käsin PDF:istä ja he löytävät luonnostaan tietyt kaivotiedot tietystä kohtaa kaivokortista. Myös edellä mainitun taulukon visualisisuuden puuttumisen ja tulostettavuuden ongelmat voidaan nähdä vain tottumiskysymyksenä.

6.2.4 Taulukkomuotoisten kaivokorttien yhteenveto

Taulukossa 10 on esitetty yhteenvetona taulukkomuotoisten kaivokorttien mahdollisia hyötyjä ja ongelmia. Tässä työssä taulukkomuotoisia kaivokortteja ei päästy testaamaan käytännössä, eli taulukossa esitettävät hyödyt ja ongelmat ovat toistaiseksi vain arvioita. Taulukon sisältö on kuitenkin käyty yhdessä ohjausryhmän kanssa läpi ja taulukon asioita käsiteltiin myös haastatteluissa.

Taulukko 10. *Taulukkomuotoisten kaivokorttien hyödyt ja ongelmat*

Taulukkomuotoisten kaivokorttien hyödyt	Taulukkomuotoisten kaivokorttien ongelmat
Muokattava tiedostomuoto Helposti koneluettavassa muodossa Kaivoja on helppo järjestellä organisaation omien tarpeiden mukaan Huomaa helpommin poikkeavuudet kaivoissa (mahdolliset virheet) Kaivotoimittajalle tarjouslaskenta voisi olla taulukosta nopeampaa Taulukkojen muokkaamiseen löytyy todennäköisesti osaajia lähes joka organisaatiosta Tiedosto olisi PDF:ää tiiviimpi Kaivokorttien ajan tasalla pitäminen mahdollisesti helpompaa	Kaivokorteista puuttuu visuaalisuus PDF:ien käyttöön on totuttu Kaivokorttien tulostaminen ei välttämättä onnistu järkevästi

Taulukosta 10 ”Taulukkomuotoisten kaivokorttien hyödyt ja ongelmat” huomataan, että ongelmia ehdotuksessa ei ainakaan etukäteen nähdä kuin muutama, ja nämäkin ongelmat johtuvat suurimmaksi osaksi siitä, että vanhaan toimintatapaan on totuttu ja uusi toimintatapa jouduttaisiin opettelemaan uudestaan. Taulukkomuotoisten kaivokorttien hyödyt taas vastaisivat moneen luvussa 5.2 esitettyyn kaivokorttiprosessin tämänhetkiseen ongelmaan. Jotta todelliset hyödyt ja ongelmat saataisiin selville, täytyisi taulukkomuotoisia kaivokortteja kuitenkin ensin testata käytännössä.

6.3 Kaivotiedot tietomalleissa

Tietomallipohjaisesti toimiva vesihuoltoverkostojen suunnittelu oli kaikkien haastateltavien mielestä suunta, johon alalla ollaan kulkemassa. Samalla siis myös kaivotiedot kulkisivat tietomallin mukana. Tällä hetkellä vesihuoltoverkostot ja niiden kaivot suunnitel-

laan jo lähtökohtaisesti 3D-mallina, joten olisi vain luonnollista, että myös kaivokorttiprosessin seuraavissa vaiheissa toimittaisiin 3D-tietomalleilla. Tässä työssä todetaan, että tietomallipohjaiseen toimintaan ja kaivotietojen siirtoon tulisi siirtyä lähitulevaisuudessa. Työn sisältöön tietomalleihin siirtymisen käytännöt eivät kuuluneet, eikä työssä siksi oteta kantaa, miten tämän siirtymän tulisi tapahtua. Haastatellut kaivokorttiprosessin osapuolet olivat hyvin erilaisissa vaiheissa tietomallien käyttöönotossa. Osa oli jo testannut tietomalleja omissa järjestelmissään, kun taas osa lähinnä tiedosti, että joskus tulevaisuudessa heidän todennäköisesti kannatta panostaa siihen, että organisaatio voisi toimia pelkkien tietomallien kanssa. Erityisesti haastatellut muovikaivotoimittajat olivat pitkällä tietomallien käyttöönotossa, kun taas betonikaivotoimittajat eivät olleet vielä tehneet isompia toimenpiteitä asian suhteen. Haastatellut suunnittelijat olivat kaikki tuottaneet tietomalleja suunnitelmistansa, mutta nämä tietomallit olivat olleet vain perinteisten suunnitelmien rinnalla, eikä niistä tuotettu suoraan esimerkiksi hankkeen kaivoja. Vaikka tässä työssä ei tarkemmin paneuduttu tietomallien käyttöönottoon, on tässä luvussa esitetty tietomallipohjaisten kaivotietojen hyötyjä ja haittoja. Hyödyt ja haitat perustuvat osin haastatteluissa kysytyihin kaivokorttiprosessin osapuolien kokemuksiin ja näkemyksiin tietomalleista.

6.3.1 Tietomallien hyödyt

Tietomallipohjaisten kaivotietojen ensimmäisenä hyötynä on se, että suunnittelun alkaessa tietomallin saisi suoraan esimerkiksi tilaajan verkkotietojärjestelmästä suunnitteluluohjelmaan 3D-aineistoksi. Tässä säästäisi aikaa verrattuna nykyiseen käytäntöön, jossa lähtötietoaineiston kaksiulotteisista asemakuvista joudutaan ensin käsin mallintamaan suunnittelutiedostoon 3D-malli olemassa olevista rakenteista. Toiseksi tietomallipohjaiset suunnitelmat ovat perinteisiä kaksiulotteisia suunnitelmia visuaalisempia, joka helpottaa esimerkiksi kaivojen tarkastusta, koska mallista näkee helpommin muun muassa kaivon reunalla törmäävät putket tai liian pienen kaivon. Haastatteluissa visuaalisuudesta nähtiin myös hyötyä, kun suunnitelmia oltiin esitelty hankkeiden kolmansille osapuolille, kuten saneerattavan kadun varrella asuville asukkaille.

Tietomallipohjaisista suunnitelmista hyötynä nähtiin myös kaivotietojen muokattavuus ja päivitettävyyys, joka mahdollisesti poistaisi luvussa 5.2 mainitut työmaan esikopiokaivokortit ja kaivokorttiprosessissa kulkevat useat versiot saman kaivon kaivokortista. Mallissa olisi ihanteellisessa tilanteessa aina viimeinen versio suunnitelmista näkyvissä kaikille, koska mallia olisi jokaisen kaivokorttiprosessin osapuolen mahdollista päivittää omalta osaltaan. Koska samaan tietomalliin päätyisi kaikki mahdolliset kaivojen päivitykset ja esimerkiksi tarkemmittaustiedot ja kaivotoimittajien tuottama tarkempi tieto kaivon

toteutuksesta, tämä tarkoittaisi myös sitä, että hankkeen valmistuttua tilaajan verkkotietojärjestelmään päätyisi nykyistä kattavammat kaivotiedot. Tämä taas parantaa esimerkiksi tulevien verkostohankkeiden lähtötietoja suunnittelijan kannalta.

6.3.2 Tietomallien ongelmat

Tietomallipohjaisten kaivotietojen ehkä merkittävimpana ongelmana on se, että tietomallien kanssa toimiminen ei ole mitenkään vakiintunut oikeastaan minkään kaivokorttiprosessin osapuolen kohdalla tai yleisesti alalla. Esimerkiksi vesihuollon laitteiden nimistö ja muut esitystavat eivät ole täysin vakiintuneet, sillä alun perin tietomallien standardointi on tehty väylälähtöisesti, eli vesihuoltoverkostoja enemmän huomiota ovat saaneet esimerkiksi katujen rakenteet. Tietomallien kaivotietojen standardointiin liittyen kaivotoimitajat toivoivat haastatteluissa myös kaivojen vapaiden tekstikenttien standardointia, jotta tietomalli olisi suoraan koneluettava kaivotehtaalla. Tällä hetkellä kaivotietoja menee tietomallissa kaivon vapaisiin tekstikenttiin, ja tämän suhteen ei ole ollut mitään yhteistä käytäntöä siitä, miten nämä vapaat kaivotiedot tulisi esittää. Haastatteluissa tietomalleihin toivottiin myös selkeää tapaa eritellä käytöstä poistuvat rakennetut putket ja käyttöön jäävät rakennetut putket. Ongelmana oli, että esimerkiksi käytöstä poistuvan kaivon kohdalle suunniteltu putki aiheuttaa turhia kysymyksiä ja varmistuksia. Kaivon ja putken törmäyksen näkee helposti tietomallista, mutta sitä, että kaivo on oikeasti poistumassa putken tieltä ei yhden konsulttiyrityksen haastattelun mukaan huomaa tarpeeksi selvästi. Huomiona kuitenkin, että Inframodel 4 spesifikaation ja Kuva 10:n mukaan nämä tiedot kaivon tilasta voidaan merkitä kaivolle. Voi kuitenkin olla, että käytännössä tämä ei vain ole tarpeeksi selvä tapa, tai IM4-tiedostoja käsittelevät henkilöt eivät välttämättä tiedä, mistä tätä tietoa pitäisi etsiä tai miten sen saa näkyviin.

Tietomalleihin siirtymiseen on BuildingSMART Finlandin haastateltavan mukaan erilaisia asenteita ja ennakkoluuloja vesihuoltoalalla, eikä organisaatioilla ole välttämättä vielä tarvittavaa osaamista tietomallien käyttöön ja hyödyntämiseen. Uudet toimintatavat vaativat opettelua ja saattavat vaatia osittain vanhojen opittujen käytäntöjen muuttamista. Myös tilaajapuolen ohjeet eivät ole tällä hetkellä tarpeeksi konkreettisia, mahdollisesti sen takia, että tilaaja ei täysin tiedä, mitä tietomallilta haluaa. Liian laajat ohjeet eivät auta muita kaivokorttiprosessin osapuolia, vaan saattavat päinvastoin aiheuttaa turhaa työtä.

Tietomallien tuottamisessa suunnittelupuolella oli yhden konsulttiyrityksen haastattelun perusteella ollut joskus ongelmaa siinä, että Inframodel-muotoista aineistoa ei ole välttämättä saatu oikeanlaisena suunnitteluohjelmasta ulos suunnitteluohjelmista riippuvista

syistä. Toisen haastattelun konsulttiyrityksen mukaan itse vesihuoltoverkostojen tietomallien tuotto on sujunut hyvin, mutta ongelmia on ollut kaivojen asennusalustojen ja kaivojen täyttökerrosten mallintamisessa, mitkä eivät välttämättä tule automaattisesti malliin oikein.

Viimeisenä tärkeänä ratkottavana ongelmana tietomallipohjaisissa suunnitelmissa on työmaan ongelmat. Haastattelun urakoitsijan mukaan virheelliset lähtötiedot ovat tietomallipohjaisessa rakentamisessa huomioitava. Jos oletetaan, että tietomallien avulla voitaisiin suoraan rakentaa suunniteltu vesihuoltoverkosto koneohjatuilla työkoneilla, lähtötietoaineiston sijainneista poikkeavat olemassa olevat rakenteet voivat olla isompi ongelma automaattisesti työskentelevälle koneelle, joka ei osaa improvisoida törmätesään ristiriitaiseen tietoon lähtötiedon ja todellisuuden välillä. Haastattelussa sanottiin, että kokonaisen mallin rinnalle tarvitaan siis myös riisuttu malli, josta esimerkiksi nämä virheelliset lähtötiedot on poistettu kokonaan. Urakoitsijan haastattelussa mainittiin myös, että virheellisten lähtötietojen korjaaminen malliin on hitaampaa, kuin esimerkiksi työmaalla olevaan tulostettuun asemakuvaan merkintöjen tekeminen.

6.3.3 Yhteenveto kaivotiedoista tietomalleissa ja taulukkomuotoiset kaivokortit siirtymävaiheena tietomalleihin siirryttäessä

Edellisistä luvuista huomataan, että vaikka tietomallipohjaisista kaivotiedoista on hyötyä, niiden kanssa toimimisessa on vielä paljon kehitettävää, ennen kun tietomalleihin siirrytään alalla kokonaan. Hyödyt ja ongelmat on koottu Taulukkoon 11.

Taulukko 11. *Tietomallipohjaisten kaivotietojen hyödyt ja ongelmat*

Hyödyt	Ongelmat
Tietomallin saisi lähtötietona suoraan suunnitteluohjelmaan Visuaalinen tapa käsitellä vesihuoltoverkostoja Kaivotiedot samassa muokattavassa muodossa lähes koko kaivokorttiprosessin ajan. Verkkotietojärjestelmään kattavammat tiedot.	Uusien toimintatapojen opettelu, opitut käytännöt ja asenteet. Nimistö ja muut esitystavat eivät ole täysin vakiintuneet. Tilaaapuolen ohjeet tietomalleihin eivät ole tarpeeksi konkreettisia Kaivojen asennusalustojen ja täyttöjen mallinnus hankalaa Virheellisten lähtötietojen aiheuttamat ongelmat. Ohjelmisto-ongelmat

Taulukon 11 ”Tietomallipohjaisten kaivotietojen hyödyt ja ongelmat” hyödyt vastaavat hyvin luvun 5.2 ongelmiin kaivokorttiprosessissa ja tuovat jollain tavalla ratkaisuja jokaiseen Taulukon 7 ”Haastatteluaineiston lopulliset luokat kaivokorttiprosessin ongelmista

kahden pääluokan alle jaoteltuna” kaivokorttiprosessia hidastavaan ja hankaloittavaan tekijään. Esimerkiksi muokattava tiedostomuoto mahdollistaisi kattavammat verkkotietojärjestelmään päätyvät kaivotiedot, mikä taas parantaisi tulevien verkostohankkeiden lähtötietoja. Myös tiedon kulku kaivokorttiprosessin osapuolten välillä oletettavasti helpottuisi tietomalleja käyttäessä, sillä käytössä olisi koko ajan vain yksi tiedosto, mikä selkeyttäisi prosessia.

Taulukossa 11 ”Tietomallipohjaisten kaivotietojen hyödyt ja ongelmat” luetellut ongelmat kaipaavat lisää tutkimusta ja työtä jokaisen kaivokorttiprosessin osapuolen osalta, jotta tietomallit saataisiin tehokkaasti käyttöön alalla. Tämän työn laajuus ei riitä kehittämään tarkempia ratkaisuja tietomallien käyttöönottoon tai niiden ongelmiin. Yhtenä ratkaisuna voidaan kuitenkin nähdä luvussa 6.2 esitetyt taulukkomuotoiset kaivokortit. Taulukkomuotoisten kaivokorttien ei ole tarkoitus olla kilpaileva ratkaisu tietomallipohjaisen suunnittelun ja kaivokorttiprosessin kanssa, vaan eräänlainen siirtymävaihe, josta siirtyminen tietomalleihin olisi mahdollisesti helpompaa. Taulukkojen tuottaminen ja käsitteleminen olisi oletettavasti tietomalleja helpompaa ja siihen löytyy tällä hetkellä enemmän osaamista. Lisäksi jos organisaatiot kehittävät toimintaansa niin, että esimerkiksi taulukkomuotoisia kaivotietoja voi syöttää suoraan heidän omiin järjestelmiinsä, se voidaan nähdä myös askeleena kohti tietomallien hyödyntämistä, sillä myös tietomalleista kaivotiedot ovat saatavissa taulukoina.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli haastatella kaivokorttiprosessin eri osapuolia ja kartoittaa osapuolten ongelmia ja tarpeita kaivokorttiprosessiin liittyen. Lisäksi työn aikana päätettiin myös työn tekijän olemassa olevan näkemyksen ja haastattelujen pohjalta kuvata tyypillinen kaivokorttiprosessi suomalaisessa kunnallisessa infrahankkeessa. Haastatteluissa selvinneihin ongelmiin oli tarkoitus ehdottaa toimenpiteitä, jotka muun muassa sujuvoittaisivat kaivokorttien tarkastusta, vähentäisivät virheellisiä kaivokortteja ja vähentäisivät matkan varrelle jäävää tietoa kaivoista. Työssä esitettiin myös kaivokorttiprosessin suunnittelijoille tarkastuslista, jonka tarkoitus oli auttaa huomaamaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa virheellisesti suunnitellut kaivot.

Työssä esitetty yleinen kaivokorttiprosessi alkaa suunnitteluvaiheesta, jossa suunnittelija luo PDF-muotoiset kaivokortit ja lähettää ne sisäisen tarkastuksen kautta tilaajalle. Tilaaja lähettää kaivokortit eteenpäin urakoitsijalle työmaalle, joka taas valitsee kaivotoimittajan, joka valmistaa kaivot PDF-muotoisten kaivokorttien perusteella. Valittu kaivotoimittaja lähettää valmistetut kaivot työmaalle urakoitsijalle, joka asentaa kaivot ja tarkemittaa asennetut kaivot ja muun vesihuollon. Tarkemittauksen tulokset lähetetään tilaajalle, joka tallentaa tiedot verkkotietojärjestelmäänsä. Prosessin joka vaiheessa kaivokortteja saatetaan palauttaa prosessissa taaksepäin korjattavaksi, jos niissä havaitaan virheitä. Yleensä viimeistään kaivotoimittajat huomaavat, jos kaivoa ei pystyäkään toteuttamaan suunnitelmien mukaisesti.

Työn haastatteluista selville saadut ongelmat ja näihin liittyvät tarpeet jaettiin kahteen pääluokkaan, virheisiin itse kaivokorteissa sekä kaivokorttiprosessia hidastaviin ja hankaloittaviin tekijöihin. Virheet kaivokorteissa saattavat haastattelujen perusteella aiheuttaa suunnittelijan inhimillisistä virheistä tai huolimattomuudesta ja samoin myös kaivokorttien tarkastajan virheistä, jos suunnittelijan virheitä ei ole huomattu. Osa virheistä kaivokorteista saattaa johtua myös suunnitteluohjelmista ja automaattisten kaivojen tarkastustyökalujen puutteesta. Virheet kaivokorteissa voivat aiheuttaa ensinnäkin sen, että kaivoa ei voida valmistaa, jolloin kaivo täytyy suunnitella uudestaan ja kaivokortti täytyy korjata. Jos taas hanke on edennyt jo rakennusvaiheeseen, esimerkiksi kaivon kokoa ei välttämättä voi enää kasvattaa, jolloin koko verkostoa voidaan joutua muokkaamaan ja suunnittelemaan uudestaan. Tämä taas aiheuttaa työmaalla viivästyksiä ja ylimääräisiä kustannuksia.

Toisessa pääluokassa kaivokorttiprosessia oleellisia hidastavia ja hankaloittavia tekijöitä olivat lähtötietojen puute tai virheellisyys. Lähtötietojen puute tai virheellisyys saattaa aiheuttaa sen, että kaivokortteja ei lähtökohtaisesti pysty suunnittelemaan oikein, ennen kuin työmaalla on nähty, miten esimerkiksi olemassa oleva vesihuolto on toteutettu. Toisena ongelmana tuli ilmi, että kaivokortit eivät ole helposti muokattavassa muodossa. Tämä johtaa siihen, että kaivokorteista on tehtävä aina uusi versio, kun niihin tulee päivitettävää tai korjattavaa ja lisäksi osa prosessin aikana tulevasta kaivotiedosta voi jäädä prosessin varrelle, koska uusi kaivotieto tallennetaan omaan tiedostoonsa, joka ei lopulta päädy tilaajalle. Lisäksi koko prosessissa tiedostettiin haasteltavien mukaan yleisiä ongelmia tiedon kulussa osapuolien välillä.

Yhtenä ratkaisuna kaivokorttiprosessin ongelmiin, ja erityisesti prosessin alkupään virheiden karsimiseen laadittiin työn tavoitteenakin ollut tarkastuslista kaivojen toteuttavuudesta. Tarkastettavat asiat saatiin muun muassa haastatteluista, kun kysyttiin kaivokorteissa usein toistuvia virheitä ja syitä, miksi suunniteltuja kaivoja ei voidakaan toteuttaa. Tarkastuslistan tarkoitus on vähentää tilanteita, joissa huomataan vasta kaivokorttiprosessin loppupäässä, että kaivo ei olekaan toteutettavissa ja joudutaan suunnittelemaan kaivo uudestaan.

Toisena ratkaisuna kaivokorttiprosessin ongelmiin ehdotettiin kaivotietojen esittämistä taulukkomuodossa PDF-muotoisten kaivokorttien sijaan. Taulukkomuoto toisi ratkaisuja useampaan prosessin ongelmaan, kuten kaivojen tarkastukseen ja sitä kautta virheiden määrään, sillä taulukosta näkisi tarkastaessa helpommin esimerkiksi toisistaan merkittävästi poikkeavat kaivot. Taulukkomuoto toisi ratkaisun myös siihen ongelmaan, että kaivokortit eivät ole tällä hetkellä muokattavia. Taulukkoon on helppo lisätä sarakkeita ja rivejä ja niitä voi järjestellä ja muokata kunkin kaivokorttiprosessin osapuolen omia tarpeita varten. Taulukkomuodosta kaivotiedot olisi myös mahdollista syöttää suoraan esimerkiksi kaivotoimittajien järjestelmiin tai verkkotietojärjestelmiin, mikäli vain taulukossa oleva data standardoidaan helposti koneluettavaan muotoon. Ongelmana taulukkomuotoisissa kaivokorteissa nähtiin lähinnä vain se, että taulukossa kaivokortti ei ole niin visuaalinen, kuin se tällä hetkellä on PDF-muotoisissa korteissa ja tämä saattaa vaatia totuttelua. Taulukkomuotoisten kaivokorttien toimivuutta ei päästy koittamaan tässä työssä käytännössä, joten niitä täytyy vielä testata ennen niiden käyttöönottoa vesihuoltoalalla.

Työssä todettiin myös, että siirtyminen tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja tiedonsiirtoon toisi ratkaisuja moniin kaivokorttiprosessin ongelmaan. Osalla haastatteluista oli kuitenkin hyvin vähän kokemusta tietomallien käytöstä vesihuollon verkostohankkeissa

ja tämän työn laajuus ei riittänyt ottamaan kantaa tietomallien käyttöönottoon kaivotietojen osalta. Lopputuloksena kuitenkin todettiin, että tietomallipohjaiseen kaivotietojen käyttöön tulisi siirtyä joskus lähitulevaisuudessa ja tähän siirtymään työssä ehdotetut taulukkomuotoiset kaivokortit voisivat toimia siirtymävaiheena.

LÄHTEET

Berninger, K., Tuija Laaksi, T., Paatela, H., Virta, S., Rautiainen, J., Virtanen, R., Tynkynen, O., Piila, N., Dubovik, M. ja Vahala, R. (2018) Tulevaisuuden kestävä vesihuolto – ennakkointi, ohjaus ja järjestäminen. Valtioneuvoston kanslia.

BuildingSMART Finland (2019) Inframodel käyttöohje 3.0.

BuildingSMART Finland (2020) Finnish Inframodel 4 application specification for LandXML v1.2 Version 4. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infra/inframodel/index.html> (Viitattu: 9.1.2023).

Eastman, C.M., Teicholz, P., Sacks, R. ja Liston, K. (2011) BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.

Eskola, J. (1998) Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino.

Grigg, N.S. (2012) Water, wastewater, and stormwater infrastructure management. CRC Press.

HS-Vesi (2017) HS-Veden verkostosuunnittelukäytännöt aluerakennuskohteissa. Versio 16.2.2017.

HSY (2022) HSY:n vesihuoltoverkostojen suunnittelukäytännöt vol. 5.

Hughes, J.B. (2009) Manhole Inspection and Rehabilitation. American Society of Civil Engineers.

InfraRyl (2022) 31000 Vesihuollon järjestelmät.

Kuulas, A. (2020) Vesihuollon investointitarpeet vuoteen 2040. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

Lahti Aqua (2017) Suunnitteluohje, Verkostosuunnittelun käytännöt Lahti Aqua -Konsernissa. Versio 3.

LandXML.org (2022) LandXML.org kotisivut. Saatavissa: <http://landxml.org/> (Viitattu: 9.1.2023).

Liikenne- ja viestintävirasto 71/2022 M (2020) Määräys verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta.

Liikennevirasto (2013) Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu.

Mays, L.W. (2001) Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill.

Meltex (2022) Meltex kaivokortti. Saatavissa: <https://www.meltex.fi/fi/palvelut/dokumentit/kaivokortti> (Viitattu: 9.1.2023).

Najafi, M. (2016) Pipeline infrastructure renewal and asset management. McGraw-Hill Professional.

Petrow, S., Heikkinen, M., Forsman, J. ja Pirinen, M. (2018) Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät -suunnittelu ja toteutus. Betonteollisuus ry.

Pipelife (2022) Täytettävä kaivokorttilomake. Saatavissa: <https://www.pipelife.fi/tuotteet-ja-ratkaisut/kaivoratkaisut/mittatilauskaivot.html> (Viitattu: 9.1.2023).

RIL (2010a) Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. 1, Perusteet ja toiminnallisuus. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL (2010b) Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. 2, Mitoitus ja suunnittelu. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

ROTI 2021 (2021) Rakennetun omaisuuden tila 2021.

Rudus (ei pvm.) Kaivolaskuri. Saatavissa: <https://www.rudus.fi/laskurit/kaivolaskuri/kaivolaskuri> (Viitattu: 9.1.2023).

Ruskon Betoni (n.d. a) Ladattavat aineistot - EK-kaivo-osat. Saatavissa: <https://www.rbinfra.fi/suunnittelijoille/> (Viitattu: 9.1.2023).

Ruskon Betoni (n.d. b) Suunnittelijoille ja työmaille. Saatavissa: <https://www.rbinfra.fi/suunnittelijoille/> (Viitattu: 9.1.2023).

SFS 3468 (1990) Muoviputket. Maahan asennettavat muovikaivot. Laatuvaatimukset.

SFS 7035 (2014) Betonirenkailta (betoniset hulevesi- ja viemärikaivot) eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot.

SFS-EN 124 (2016) Hulevesi- ja viemärikaivojen kansistot ajoneuvo- ja jalankulkualueille. Osa 1: Määritelmät, luokitus, yleissuunnittelu, suoritusvaatimukset ja testimenetelmät.

SFS-EN 1917 (2003) Betoniset hulevesi- ja viemärikaivot, raudoitetut, raudoittamattomat ja teräskuiduilla vahvistetut.

SFS-EN ISO 19650-1 (2019) Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM). Information management using building information modelling. Part 1: Concepts and principles (ISO 19650-1:2018).

SFS-ISO 55000 (2014) Omaisuudenhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit.

SKTY (2021) Isojen betoniputkien ja -kaivojen normit 2021. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY.

Tuomi, J. (2018) Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi.

Uddin, W. (2013) Public infrastructure asset management. McGraw Hill Education.

Uponor (2009) Uponor yhdyskunta- ja ympäristötekniikka, Uponor-kaivojärjestelmät.

Uponor (2015) Uponor-kaivot yhdyskuntatekniikkaan ja talonrakentamiseen.

Uponor (2022) Täytettävä kaivokortti. Saatavissa: <https://www.uponor.com/fi-fi/infra/tuotejarjestelmat/yhdyskuntatekniset-kaivot> (Viitattu: 9.1.2023).

Vesihuoltolaki 119/2001 3 luku 15 §. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#a29.12.2022-1259> (Viitattu: 9.1.2023).

VVY (2021a) Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2021.

VVY (2021b) Vesihuoltoverkoston mittaus ja dokumentointi.

W3C (2022) XML Essentials - W3C. Saatavissa: <https://www.w3.org/standards/xml/core> (Viitattu: 3.6.2022).

W3Schools (2022) XML Tutorial. Saatavissa: <https://www.w3schools.com/xml/default.asp> (Viitattu: 3.6.2022).

Walker, B. (2022) Sustainable Design of Pipelines : Guidelines for Achieving Advanced Functionality. American Society of Civil Engineers.

WEF (2009) Wastewater collection systems management MOP 7. McGraw-Hill.

LIITE A: TAULUKKOMUOTOISET KAIVOKORTIT -ESIMERKKI

- Solu jätetään tyhjäksi, jos kaivossa ei ole kyseistä rakennetta - Kaivon korkeus on korkeus alimman liitoksen vesijuoksusta kaivon kanteen (sakkapesää ei lasketa mukaan) - Putkiliitoksen korkeus on korkeus alimman liitoksen vesijuoksusta kyseisen putkiliitoksen vesijuoksuun (ei mahdollisen sakkapesän pohjalta) - Putkiliitoksen kulma lasketaan myötöpäivään lähtöputkesta. Lähtöputken kulma on lähtökohtaisesti 0 - Putken kaltevuus on negatiivinen, jos putki viettää kaivosta pois ja positiivinen, jos se viettää kaivoon																
Nimi	Kaivotyyppi [tarkastuskaivo, sadevesikaivo, jne]	Kohde	Korkeus [mm]	Nimellishalkaisija [mm]	Kaivon materiaali	x	y	z	Sakkapesän korkeus [mm]	Sakkapesän tilavuus [l]	Teleskooppi [x/tyhjä]	Säätöputken halkaisija [mm]	Säätöputken korkeus [mm]	Lisätietoja teleskoopista	Kannen tyyppi [umpi/ritilä/kita/kupu/muu]	Kannen kestävyysluokka [kN]
HVK1	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2600	800	Betoni	12345691,12	1234580,12	29,4	600	300	x	500			Ritilä	40
HVK2	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2500	800	Betoni	12345692,12	1234581,12	29,4	600	300	x	500			Ritilä	40
HVK3	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2400	800	Betoni	12345693,12	1234582,12	29,4	600	300	x	500			Kita	40
HVK4	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2300	800	Betoni	12345694,12	1234583,12	29,4	600	300	x	500			Ritilä	40
JVK1	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2300	560	Muovi	12345678,12	1234567,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK10	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	3000	1200	Betoni	12345687,12	1234576,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK11	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2900	800	Betoni	12345688,12	1234577,12	29,4	0						Umpi	40
JVK12	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2800	800	Betoni	12345689,12	1234578,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK13	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2700	560	Muovi	12345690,12	1234579,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK18	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	2200	1000	Betoni	12345695,12	1234584,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK19	Purkukaivo	nsinöörinkatu	2100	800	Betoni	12345696,12	1234585,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK2	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2400	800	Betoni	12345679,12	1234568,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK20	Purkukaivo	nsinöörinkatu	2000	800	Betoni	12345697,12	1234586,12	29,4	0		x	500	1000		Umpi	40
JVK21	Purkukaivo	nsinöörinkatu	1900	800	Betoni	12345698,12	1234587,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK22	Purkukaivo	nsinöörinkatu	1800	800	Betoni	12345699,12	1234588,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK23	Purkukaivo	nsinöörinkatu	1700	800	Betoni	12345700,12	1234589,12	29,4	0		x	500			Umpi	20
JVK24	Purkukaivo	nsinöörinkatu	500	800	Betoni	12345701,12	1234590,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK25	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1550	800	Betoni	12345702,12	1234591,12	30	0						Umpi	40
JVK26	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1560	800	Betoni	12345703,12	1234592,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK27	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1570	2000	Betoni	12345704,12	1234593,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK28	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1580	800	Betoni	12345705,12	1234594,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK29	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1590	800	Betoni	12345706,12	1234595,12	25,2	0		x	500			Umpi	40
JVK3	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2500	800	Betoni	12345680,12	1234569,12	29,4	0		x	500	1000	2 tiivistettä	Umpi	40
JVK30	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1600	560	Muovi	12345707,12	1234596,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK31	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1610	800	Betoni	12345708,12	1234597,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK32	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1620	800	Betoni	12345709,12	1234598,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK33	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1630	800	Betoni	12345710,12	1234599,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK34	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1640	800	Betoni	12345711,12	1234600,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK35	Tarkastuskaivo	nsinöörinkatu	1650	800	Betoni	12345712,12	1234601,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK4	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2600	800	Betoni	12345681,12	1234570,12	29,4	0		x	500	1000	2 tiivistettä	Umpi	40
JVK5	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2700	800	Betoni	12345682,12	1234571,12	29,4	0		x	500	1000	2 tiivistettä	Umpi	40
JVK6	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2800	800	Betoni	12345683,12	1234572,12	0	0		x	500	1000	2 tiivistettä	Umpi	40
JVK7	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	2900	800	Betoni	12345684,12	1234573,12	29,4	0		x	500	1000	2 tiivistettä	Umpi	40
JVK8	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	3000	800	Betoni	12345685,12	1234574,12	29,4	0		x	500			Umpi	40
JVK9	Tarkastuskaivo	Orivedenkatu	3100	800	Betoni	12345686,12	1234575,12	29,4	0		x	500			Umpi	40

Lisätietoja kansistosta	Jäätymissuoja [x/tyhjä]	Vesilukko [x/tyhjä]	Hattu [x/tyhjä]	Muut lisätiedot kaivosta	Lisätiedot putkiliitoksista	Lähtö laatu	Lähtö koko [mm]	Lähtö korkeus [mm]	Lähtö suunta [°]	Lähtö kaltevuus [%]
Kaivossa on kaksi lähtevää putkea (lähtö ja tulo 1)						PVC	250	0	0	-0,5
		x				PVC	250	0	0	-2
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
					Tulo 1 liitos olemassa olevaan putkeen raakareiällä	PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
	x					PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
x						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
Kaivo lämpöeristettävä (ks. Erillinen detaljikuva)						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-1
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	315	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
x						PVC	250	0	0	-0,5
						PVC	250	0	0	-0,5
Lukittava	*Tulo 1 materiaali tarkastettava työmaalla					PVC	250	0	0	-0,5
Kelluva						PVC	250	0	0	-0,5
x						PVC	250	0	0	-0,5

Tulo1 laatu	Tulo1 koko [mm]	Tulo1 korkeus [mm]	Tulo1 suunta [°]	Tulo1 kaltevuus[%]	Tulo2 laatu	Tulo2 koko [mm]	Tulo2 korkeus [mm]	Tulo2 suunta [°]	Tulo2 kaltevuus[%]
PVC	250	10	30	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	20	-1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	90	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	89	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	20	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	70	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	60	0,5	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	50	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	100	40	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	88	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	87	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	30	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	86	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	85	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	84	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	83	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	500	82	0	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	81	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	80	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	79	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	78	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	77	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	40	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	76	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	230	75	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	74	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	73	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	72	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	71	1	PVC	315	10	170	1
PVC	250	10	50	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	60	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	70	1	PVC	315	10	180	1
*	250	10	80	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	90	1	PVC	315	10	180	1
PVC	250	10	80	1	PVC	315	10	180	1

LIITE B: TIETOSUOJAILMOITUS

Rekisterin nimi	Diplomityö; VERKOSTOSUUNNITTELUN KAIVOKORTTIPROSESSIN OPTIMOINTI
Päiväys	10.05.2022
Rekisterinpitäjä(t)	Eemeli Pesonen, Puhelin: 0503029781 Sähköposti: eemeli.pesonen@tuni.fi
Muut henkilötietoja käsittelevät henkilöt	-
Ohjaaja tai oppilaitoksen yhteyshenkilö	Marja Palmroth, marja.palmroth@tuni.fi Annina Takala, annina.takala@tuni.fi
Henkilötietojen käsittelytarkoitus ja käsittelyperuste	Henkilötietojasi käytetään diplomityössä ja niiden avulla vastataan tutkimuskysymyksiin. Tarkoituksena on selvittää henkilön ja henkilön organisaation ongelmia, tarpeita ja toiveita verkostosuunnittelun kaivokorttiprosessissa. Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Henkilötietojen käsittelyperusteena on: a) suostumus. Suostumuksen voi peruuttaa milloin tahansa ilmoittamalla tästä rekisterinpitäjälle. Suostumuksen peruuttaminen ei vaikuta ennen suostumuksen peruuttamista suoritettujen käsittelyjen lainmukaisuuteen. TAI b) yleisen edun mukainen tieteellinen tutkimus [ks. ohje] Opinnäytetutkimuksen ohjaajalla voi olla pääsy aineistoon opinnäytetyön ohjaamista ja tarkastamista varten. Tällöin rekisterinpitäjänä on Tampereen Yliopisto ja käsittelyperusteena yleisen edun mukainen opetustehtävä.
Henkilötietojen säilytysaika	Aineisto arkistoidaan Tampereen yliopiston OneDriveen työn tekemisen ajaksi. Vain työn tekijällä ja haastattelulla on pääsy haastatteluaineistoon ja henkilötietoja käsitellään ainoastaan niin kauan kuin on tarpeellista työn hyväksymistä varten.
Rekisterin tietosisältö ja tietolähteet	Kuvaus rekisterissä käsiteltävistä henkilötietotyypeistä: - Nimitiedot - Asema organisaatiossa - Ääni Tiedot kerätään tutkittavilta itseltään.

Rekisteröidyn oikeudet	Tietosuojalainsäädännön mukaisesti sinulle kuuluu oikeus saada pääsy tietoihin, oikaista tietoja, oikeus tietojen poistamiseen (oikeus tulla unohdetuksi), rajoittaa tietojen käsittelyä ja vastustaa henkilötietojen käsittelyä. Jos haluat käyttää jotain oikeuttasi, ota yhteys rekisterinpitäjään.
Oikeus valittaa viranomaiselle	Sinulla on oikeus tehdä valitus henkilötietojen käsittelyä valvovalle viranomaiselle, jos epäilet henkilötietojasi käsiteltävän vastoin tietosuojalainsäädäntöä: tietosuoja.fi, puh: 0295666700, sähköposti: tietosuoja@om.fi
Henkilötietojen vastaanottajat	Henkilötietojasi ei luovuteta ulkopuolisille.
Rekisterin suojauksen periaatteet	Digitaalinen aineisto suojataan käyttäjätunnuksella ja salasanalla tai kaksivaiheisella käyttäjän tunnistuksella (MFA).