



Toni Salovaara

## **KAIVANTOJEN RAKENTAMINEN VAIKEISSA OLOSUHTEISSA**

# **KAIVANTOJEN RAKENTAMINEN VAIKEISSA OLOSUHTEISSA**

Toni Salovaara  
Opinnäytetyö  
Lukukausi Kevät 2012  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu



## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, ympäristö- ja yhdyskuntatekniikka

---

Tekijä(t): Toni Salovaara

Opinnäytetyön nimi: Kaivantojen rakentaminen vaikeissa olosuhteissa.

Työn ohjaaja(t): Terttu Sipilä, OAMK

Työn tilaaja: Destia Oy

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 2012

Sivumäärä: 39+1 liite

---

Kaivantojen rakentaminen vaikeissa pohjaolosuhteissa on haastavaa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys siitä, miten kaivannon rakentaminen olisi kannattavinta tehdä kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa. Työssä käytettiin esimerkkityömaana Destia Oy:n Oulun Puolivälinkankaan peruskorjausrakkaa, jossa tehtiin kunnallistekniikan saneeraustöitä vuonna 2011.

Työssä perehdyttiin kaivannon rakentamista koskeviin rakennusalan julkaisuihin. Lisäksi esittelyssä käytettiin apuna esimerkkityömaalla esiin tulleita havaintoja, kuten pohjaveden alentamisella saatuja vaikutuksia työn tehokkuuteen sekä taloudellisuuteen. Näiden tietojen pohjalta pystyttiin vertailemaan kaivantojen tekotapoja keskenään.

Opinnäytetyössä todettiin, että kaivantoa suunniteltaessa on otettava lukuisia asioita huomioon parhaimman työmenetelmän löytämiseksi. Esimerkiksi kuivatus- ja tarkastelutapoja tarkasteltaessa todettiin, että vaikka pohjavedenpinnan alennuksen järjestäminen oli huomattavasti kalliimpaa kuin kaivannosta pumppaaminen, se lisäsi työn tehokkuutta huomattavasti tehden siitä kannattavimman kuivatus- tavan.

---

Asiasanat: Kaivanto, pohjaveden alennus, kaivantotyypit,

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, Municipal Engineering

---

Author(s): Toni Salovaara

Title of thesis: Building excavations in difficult conditions

Supervisor(s): Terttu Sipilä, OAMK, Destia Oy

Term and year when the thesis

was submitted: spring 2012 Pages: 39 + 1 appendice

---

It is challenging to build excavations in difficult conditions. The main target was to clarify, how to build trench in currently prevailing conditions.

Work made use of various construction publications as a source of literature trench construction of the theory of detection, as well as an example of work sites from the empirical observations. Based on this information it was possible to compare the different ways of making the trench with each other.

In this thesis it was found that there are a lot of issues to take care of when making excavations. For example, examining the different ways of drying the excavations, it was noted that although the ground water lowering was far more expensive than pumping from the excavation, it increased the effectiveness of the work considerably, making it the most profitable method of drying.

---

Keywords: Excavation, groundwater lowering, types of excavations

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 KAIVANTOTYYPIT JA KAIVANNON KUIVANAPITO	7
2.1 Luiskatut kaivannot	8
2.2 Tuetut kaivannot	10
2.3 Kaivannon kuivanapito	15
2.3.1 Kaivannosta pumppaaminen	15
2.3.2 Pohjaveden alentaminen	16
3 KAIVANNON TEON TYÖMENETELMÄN VALINTA	20
3.1 Luiskatun kaivannon valinta	20
3.2 Tuetun kaivannon valinta	21
3.3 Kaivuajankohdan valinta	21
3.4 Työturvallisuus	21
3.5 Kaivannon kuivanapitotavan valitseminen	22
4 ESIMERKKIKOHDE OULUN AMPIAISTIEN RAKENTAMINEN	24
5 TYÖMENETELMIEN VERTAILU	33
5.1 Menetelmien Tekninen haastavuus	33
5.2 Menetelmien tehokkuus	34
5.3 kustannukset	34
6 TYÖMENETELMIEN SOVELTUVUUS	36
7 POHDINTA	37
LÄHTEET	39
LIITTEET	40

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä kaivantojen tekoa haastavissa olosuhteissa. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millä tavoin kaivanto olisi kannattavinta toteuttaa niin, että saataisiin huomioitua niin taloudelliset, tekniset kuin työturvallisuuteenkin liittyvät seikat. Lisäksi perehdytään siihen, milloin on taloudellisesti sekä teknisesti kannattavaa vaikeissa pohjaolosuhteissa ryhtyä toimenpiteisiin pohjaveden hallitsemiseksi.

Jotta kaivannon tekoon käytettävistä työmenetelmistä pystyttäisiin valitsemaan kannattavin vaihtoehto, tulee eri menetelmiä vertailla keskenään. Vertailussa tulee ottaa huomioon vertailtavien menetelmien tekninen sopivuus, tehokkuus sekä kustannukset. Lisäksi menetelmän tulee täyttää laatu- ja työturvallisuusvaatimukset.

Työn tilaajana toimii Destia Oy, joka on valtionomistuksessa toimiva infra- ja rakennusalan yritys. Opinnäytetyön esimerkkityömaana toimii Destia Oy:n kesällä 2011 toteuttama Puolivälinkankaan peruskorjausurakka.

## 2 KAIVANTOTYYPIT JA KAIVANNON KUIVANAPITO

Kaivannot voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, tukemattomiin ja tuettuihin kaivantoihin, jotka määritetään kaivannon tuennan perusteella. Tukemattomiin eli luiskattuihin kaivantoihin luetaan kaivannot, joihin ei ole käytetty erillisiä tukirakenteita tarvittavan vakavuuden saavuttamiseksi. Tuetuissa kaivannoissa taasen kaivannon seinämiin käytetään erityyppisiä tukirakenteita, jotka voivat olla tilapäisiä tai pysyviä rakenteita. Yleisesti ottaen tukiseiniä käytetään työnaikais- ta tuentaa varten ja poistetaan lopullisesta rakenteesta. (Pohjarakenteet. 1986, 464.)

Kaivantotyyppin valinnassa on perusta, että kaivanto voidaan toteuttaa teknisesti tyydyttävästi ja turvallisesti, ajalliset sekä taloudelliset näkökulmat huomioon ottaen. Myös työmaata ympäröivä alue asettaa vaatimuksia kaivantotyyppin valintaan. Ympäristötekijät ja tilantarpeen suhde on otettava huomioon, eikä työmaan läheisyydessä olevia rakennuksia ja rakenteita tule jättää huomioimatta. Työtä tehtäessä aiheutuu tärinää, pölyisyyttä sekä melua, jotka kaikki vaikuttavat kaivantotyyppin valintaan. (Pohjarakenteet. 1986, 464.)

Pohjasuhteet ja pohjavesi ovat myös tärkeitä seikkoja kaivantotyyppin valinnassa. Kaivannon pohjasuhteet tulee ottaa huomioon etenkin pohjamaan ja kallionpinnan osalta, mutta myös kaivantoalueen ulkopuolella kun käytetään esimerkiksi ulkopuolista ankkurointia. Kaivettaessa pohjavedenpinnan alapuolella tulee muistaa, että etenkin koheesio- ja välimalajit häiriintyvät helposti. Tällöin kaivannon seinämät murtuvat helpommin ja työn teko vaikeutuu olennaisesti aiheuttaen vaaratilanteita kaivannossa työskenteleville. Koska kaivantojen teko kuivatyönä on teknisesti helpompaa ja kustannuksiltaan edullisempää kuin märkätyö, on varten otettavaa käyttää eri keinoja pohjaveden hallitsemiseksi. Kuitenkin pohjavettä alennettaessa tulee ottaa huomioon hydraulinen murtuminen sekä siitä johtuvat ympäristövaikutukset etenkin koheesiomaa-alueilla. (Pohjarakenteet. 1986, 464.)

Kaivantotyyppien valintaan vaikuttavat myös kaivantoon tulevat rakenteet. Sen syvyys ja erityisvaatimukset, kuten vesitiiviys, asettavat tiettyjä rajoitteita kaivantotyyppien valintaan. (Pohjarakenteet. 1986, 464.)

Työturvallisuus on myös yksi erittäin tärkeä kaivantotyyppien valintaan vaikuttava tekijä. Sortumavaaran ehkäiseminen on tärkein seikka suunniteltaessa kaivantoa. Kokemuksen perusteella jo alle 1,5 m syvä kaivanto sortuessaan voi olla tapaturmariski. Yleisimpiä syitä kaivannoissa tapahtuviin onnettumuksiin ovat

- puutteellinen tuenta
- helposti sortuva maalaji
- luiskien jyrkkyys liian suuri
- kaivannon reunakuormitus liiallinen työkoneilla tai kaivumassoilla
- kaivannon lähellä liiallinen värinä
- pohjaveden aiheuttama luiskan sortuma
- luiskasta tapahtuneen kiven aiheuttama tapaturma työntekijälle
- jäätynneen maan vakavuus arvioitu virheellisesti. (Pohjarakenteet. 1986, 464.)

## **2.1 Luiskatut kaivannot**

Suunniteltaessa luiskattuja kaivantoja tulee kaivannon poikkileikkaus valita siten, että saavutetaan riittävä varmuus luiskien sortumista vastaan. Kaivannon vakavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat

- pohjasuhteet
- pohjavesiolosuhteet
- kuormitukset
- työtavat
- sääolosuhteet
- ajanjakso, jonka kaivanto on auki. (Rakennuskaivanto-ohje. 1989, 20.)

Kaivantojen ollessa vaativia niiden stabiiliteetti tulee aina tarkistaa laskelmin. Matalat kaivannot pyritään ensisijaisesti kaivamaan luiskattuina. Kaivannon tarvitsema tila määräytyy vakavuuslaskelmin. (Rakennuskaivanto-ohje. 1989, 20.)

Kun luiskakaltevuuutta määritetään, kaksi tärkeintä huomioon otettavaa seikkaa ovat kaivannon syvyys sekä maalaji. Esimerkiksi sitkeään saveen 2,0 m:n syvyinen kaivanto pystytään toteuttamaan luiskan kaltevuudella 5:1, kun taas saman syvyiseen hyvin pehmeään saveen joudutaan käyttämään luiskakaltevuu-  
tena 1:3. (Taulukko 1.) (Pohjarakenteet. 1986, 466.)

TAULUKKO 1. Pohjaveden alentamismenetelmien käyttöalue (Rantamäki – Tammirinne 1979, 143)

Suurin kaivussyvyys, m			Luiskan kaltevuus
A Hyvin pehmeä savi $s_u=7 \text{ kN/m}^2$	B Pehmeä savi $s_u=10 \text{ kN/m}^2$	C Sitkeä savi $s_u=20 \text{ kN/m}^2$	
	1,6	2,0	5:1
	1,7	2,5	3:1
	1,9	3,0	2:1
1,7	2,3	3,2	1:1
1,9	2,5	3,7	1:2
2,1	2,7	4,0	1:3

Sama periaate pätee myös erityyppisiin tukemattoman luiskan kaltevuuksiin moreenissa, karkearakeisissa maalajeissa ja karkeissa silttimaalajeissa (Taulukko 2).

TAULUKKO 2. Luiskan kaltevuudet moreenissa, karkearakeisissa maalajeissa ja karkeissa silttimaalajeissa (Rantamäki – Tamminne 1979, 143.)

Maapohja	Kaivannon syvyys <sup>x)</sup>		
	H < 1,2 m	H = 1,2...2,0 m	H > 2,0 m
	Luiskan kaltevuus		
Löyhä ja keskitiivis siltti Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	Pysty-suora	20°...45° riippuen maa-aineksen laadusta ja ominaisuuksista	
Tiivis siltti <sup>xx)</sup> Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni <sup>xx)</sup>	Pysty-suora	>2:1...3:1	>1:1...2:1
Tiivis sora Tiivis moreeni	Pysty-suora	>4:1...5:1	>3:1...4:1

## 2.2 Tuetut kaivannot

Jos kaivannon teko luiskattuna on taloudellisesti kannattamatonta, kaivannon tilavaatimus on liian suuri tai luiskan varmuus on liian pieni kyseisessä maassa, tulee kaivanto tehdä tuettuna. Tukiseinätyypin valintaan vaikuuttavat useat eri tekijät, jotka riippuvat siitä, mitä ominaisuuksia tukiseinäjärjestelmästä vaaditaan. Valintaan vaikuttavia tekijöitä voivat olla tukiseinän kestoikä, syvyys, vesitiiviyys, ympäristö, tukirakenteen käyttö lopullisena rakenteena, työmenetelmät ja tilat sekä pohjasuhteet. (Rakennuskaivanto-ohje. 1989, 28.)

### Puuponttiseinät

Yleisimmin puuponttiseiniä käytetään kaivannon ollessa matala, syvyys voi olla 3-4 m. Nykyään puuponttiseiniä ei juurikaan rakenneta ja syvien kaivantojen tekemiseen käytetään teräspontteja. Puuponttiseinän hyvä puoli on se, että se on vesitiivis. (Pohjarakenteet. 1986, 469.)



Puuponttiseinä muodostuu lankuista, joiden paksuus on yleisimmin 38 - 75 mm, jotka lyödään paineilmavasaralla yksitellen maahan. Jotta lankut painuisivat tiiviisti ponttiin, niihin tehdään viisteet alapäähän. Lankun alapää myös teroitetaan maahan tunkeutumisen helpottamiseksi. (Pohjarakenteet. 1986, 469.)

### **Teräsponttiseinät**

Teräsponttiseinien yleisin tarkoitus on syvien peruskuoppien tukeminen. Teräsponttiseinä on yleisimmin väliaikainen ratkaisu, mutta poikkeustapauksissa ne voivat toimia myös pysyvinä ratkaisuinä. Teräspontteja löytyy useaa eri tyyppiä ja niiden jaottelu pohjautuu taivutusvastukseen ja lankkuprofiilin muotoon seuraavasti:

- litteät eli kevyet lankut
- profiloidut eli raskaat lankut
- erikoislankut
- kulmaprofiilit. (Pohjarakenteet. 1986, 470.)

Teräsponttilankkuja löytyy useita eri kokoja, tyyppiä sekä eri teräslaatuja. Kun käytetään väliaikaisia rakenteita, on mahdollista käyttää teräslankut uudestaan. Käytettäessä lankkuja uudestaan tulee kuitenkin lankut kunnostaa ja huoltaa käytön jälkeen, jotta niiden asentaminen olisi helpompaa ja seinän laatu parempaa. (Pohjarakenteet. 1986, 470.)

Teräslankkujen asentamiseen käytetään yleensä samantyyppistä kalustoa, kuin lyöntipaalujen asentamisessa ja ne saadaan lyömällä syvyyteen, jossa painokairausvastus on luokkaa 400 – 500 pk/m. Käytettäessä apuna lyöntikappaletta on mahdollista lyödä 2 tai 3 profiilia kerrallaan. Jotta lankut saadaan pysymään halutussa suunnassa, ne lyödään ohjauskehysten läpi. Profiilit voidaan lyödä joko yksitellen tai ryhmissä. Kun profiilit lyödään yksitellen, ne lyödään heti täyteen syvyyteen, jolloin ne pyrkivät kallistumaan lyönnin etenemissuuntaan. Tästä syystä on yleensä parempi, että lankut lyödään ryhmissä ensiksi vain siihen syvyyteen, jossa ne pysyvät pystyssä toisessa vaiheessa kaikki lankut täyteen syvyyteen. Jos halutaan helpottaa lankkujen pysymistä pystysuorassa, voidaan käyttää apuna vaijerikivistystä. (Pohjarakenteet. 1986, 470.)

Kun asennetaan teräsponsittiseinä kivistään maastoon on yleistä, että lankut pysähtyvät kiviin. Tällaisissa tilanteissa asentamista voidaan tehdä helpommaksi käyttämällä apunavesihuuhtelua, porausta tai räjäyttämistä. Jos lankun päähän alkaa tulla muodonmuutoksia lyötäessä, ei ole kannattavaa jatkaa lyömistä. (Pohjarakenteet. 1986, 470.)

### **Settiseinät**

Settiseinä on käyttökelpoinen ratkaisu sekä matalia että syviä kaivantoja tehtäessä. Koska settiseinä ei ole vesitiivis, kaivannon kuivanapitämisen takia joudutaan pohjaveden hallitsemista varten käyttämään pohjavedenalennusta. Settiseinä rakennetaan siten, että pystysuoraan maahan lyötyjen teräspalkkien väliin asennetaan vaakasuuntainen lankutus. Yleensä pystysuorat kannattajat ovat valsattua teräsprofiilia, ja ne ovat joko I-profiili tai kaksi yhteenliitettyä [-profiilia. Teräspalkkien välille asennettavaan lankutukseen käytetään yleensä puuhirsiä, mutta setteinä voidaan käyttää myös betonielementtejä, teräslankuja tai ruis-kubetonia. Teräsprofiilit asennetaan 1,0 - 3,0 m:n päähän toisistaan. Ankkurointi tehdään tapauksesta riippuen pystykannattajien kohdalta tai vaihtoehtoisesti käytetään ankkuripalkkia. (Pohjarakenteet. 1986, 471.)

Teräsprofiilien asennus tehdään lyömällä ne maahan lyöntipaaluksen tapaan. Joskus profiilit asennetaan poraus- tai paalutustyöputkien sisään. Kun kaivuu aloitetaan, se tehdään jyrkin luiskin ja vaakalankutus asennetaan teräsprofiilien välille. Vaakalankutusta tehtäessä tulee lankutuksen tausta tiivistää ja täyttää huolellisesti. Kaivuu tapahtuu 1-3 settiä kerrallaan, riippuen siitä kuinka hyvin maa pysyy koossa. Jotta lankut ovat tiiviisti maata vasten, ne kiilataan puukiiloilla pystykannattimien kohdalta. Jos halutaan pienentää siirtymiä, lankujen tausta voidaan täyttää betonilla. (Pohjarakenteet. 1986, 471.)

Suunniteltaessa settiseinää tulee ottaa huomioon, että seinän rakentaminen aiheuttaa yleensä painumia ympäristössä. Tulee myös muistaa, että settiseinän rakentamiseen tarvitaan paljon käsityötä. (Pohjarakenteet 1986, 471.)

## **Elementtiseinät**

Elementtiseiniä käytetään yleensä matalahkojen ja kapeiden kaivantojen tuentaan. Normaalisti elementtiseinällä voidaan tukea kaivanto, jonka syvyys on noin 2 - 3 m. Tuettaessa syvempiä kaivantoja on mahdollista käyttää elementtiseiniä päällekkäin. (Pohjarakenteet. 1986, 472.)

Tukiseinäelementit valmistetaan yleensä teräksestä, ja elementtiseinä koostuu seinälevyistä sekä tukitasosta. Tukitasoja voi olla yksi tai useampia ja niitä voidaan säädellä hydraulisesti tilantarpeen mukaan. (Pohjarakenteet. 1986, 472.)

Seinät asennetaan kaivantoon painamalla, jota voidaan helpottaa tekemällä viisteet seinien alaosaan. Tukiseinäelementit eivät paranna kaivannon vakaavuutta kovinkaan paljoa, koska ne eivät tunkeudu kovin syvälle kaivuutasoon verrattuna. Tästä syystä niiden perimmäinen tarkoitus on lisätä työturvallisuutta. (Pohjarakenteet. 1986, 472.)

## **Patoseinät**

Patoseiniä käytetään, kun kaivanto on erittäin syvä ja sen täytyy olla vesitiivis. Patoseinä tehdään valamalla maan sisään betoninen tukiseinä ja sitä käytetään yleensä vain silloin, kun se voidaan jättää maahan osaksi pysyvää rakennetta. Rakenteena patoseinä on muita tukiseinätyyppejä jäykempi ja oikein toteutettuna siitä koituu ympäristölle vähän siirtymiä. Tästä syystä patoseinät ovat käyttökelpoinen ratkaisu työskenneltäessä rakennusten läheisyydessä. Patoseinät jakautuvat kahteen eri tyyppiin, jotka työtavoista johtuen erotellaan paaluseiniin ja kaivantoseiniin. (Pohjarakenteet. 1986, 472.)

## **Paaluseinät**

Paaluseinät koostuvat vieräkkäin maan sisään asennetuista kaivinpaaluista, joiden k/k etäisyys on noin 0,7 kertaa paalun halkaisija. Paaluseinä tehdään siten, että ensimmäiseksi tehdään seinälinja joka kaivetaan ja valetaan joka toinen paalu raudoittamattomana. Tämän jälkeen raudoittamattomien paalujen väliin tehdään raudoitetut paalut, ja nämä yhdessä muodostavat tiiviin ja yhtenäisen paaluseinän. Paalujen teko tapahtuu normaalilla kaivinpaalutekniikalla. Tilanteessa, jossa seinän alaosa liittyy kallioon, käytetään raudoitetun paalun kiinnitykseen kalliotappeja. Kalliotapit porataan ja injektoidaan raudoittaessa

asennettujen porausputkien läpi. Normaalisti paalujen halkaisija on 9,7 - 1,2 m. (Pohjarakenteet. 1986, 473.)

### **Kaivantoseinät**

Kaivantoseinäksi kutsutaan maan sisään valettua teräsbetonipaneleista koostuvaa tukiseinää. Panelit valetaan yksi kerrallaan, ja niiden pituus on 4 - 7 m ja paksuus 0,6 - 1 m. (Pohjarakenteet. 1986, 473.)

Kaivantoseinän kaivamiseen käytetään useimmiten sitä varten suunniteltua kalmarikauhaa, ja kaivuu suoritetaan maanpinnalle valettujen teräsbetonisten ohjauspalkkien läpi. Kuinka syväälle kaivantoseinää pystytään kaivamaan, riippuu pitkälti maalajista sekä ympäristöstä aiheutuvasta paineesta. Jotta kaivanto pysyisi avoinna työaikana, kaivannon seinämät stabiloidaan käyttämällä bentoniittilietettä. Jotta liete pysyisi puhtaana hienoaineksesta, sitä kierrätetään ja puhdistetaan kaivutyön ajan. Kun seinäosa on saatu valmiiksi, kaivantoon asennetaan esivalmistettu raudoituselementti. Kaivantoseinästä saadaan vesitiivis asentamalla ponttien väliin liitoselementti tai valuumuotti. Betonin valu tapahtuu valuputkien kautta kaivannon pohjasta alkaen contractor-valuna. (Pohjarakenteet. 1986, 473.)

Jos seinä liitetään kallioon, se voidaan varmistaa kalliotapein. Ankkurointi tapahtuu ankkurivarausten läpi. Ankkurit on kiinnitetty raudoitukseen. Seinien tuentaan käytettävän lietteen valmistukseen käytetään bentoniittiä ja vettä, jotka sekoitetaan keskenään. Jotta saavutetaan tarvittava ylipaine, tulee lietteen pinnan olla pohjavedenpinnan yläpuolella tai lietteen tilavuuspaino tulee olla riittävän suuri. (Pohjarakenteet. 1986, 473.)

### **Stabiloidut seinät**

Kun halutaan lisätä matalien kaivantojen seinien vakavuutta, voidaan käyttää hyväksi stabilointia. Yleisin stabilointikeino on asentaa kaivannon ympärille kalkkipilareita, joiden asennustiheys riippuu maalajista ja kaivannon syvyydestä. Kalkkipilareilla voidaan myös ehkäistä pohjanousua asettamalla niitä kaivannon

kohdalle. Luiskien stabilointi onnistuu tekemällä luiskan pintaan ruiskubetonikerros. (Pohjarakenteet. 1986, 473.)

## **2.3 Kaivannon kuivanapito**

Kaivanto pyritään pääasiallisesti pitämään kuivana suoraan kaivannosta tai pumppukaivoista pumppaamalla, jotta kaivannossa työskentely olisi mahdollista. Koska Suomessa pohjaveden pinta on normaalisti 1,5 - 3 metrin syvyydessä, joudutaan usein työskentelemään pohjavedenpinnan alapuolella. Tästä syystä pohjavesi pyrkii virtaamaan kaivantoon, jolloin kaivannon kuivanapito tulee tarpeeseen. (Rantamäki –Tammirinne 1979, 141.)

Kun huolehditaan kaivannon oikeanlaisesta kuivatuksesta, työ on teknisesti ja taloudellisesti edukkaampaa. Kuivaan kaivantoon tehtävien perustustöiden teko on helpompaa, eikä perustus pohja turhaan häiriinny. Myös veden aiheuttamilta luiskien eroosioaurioilta säästytään ja hydraulinen murtuminen sekä pohjanousu vähenevät. Kuivatus poistaa myös tukiseiniin kohdistuvaa turhaa vedenpaineen aiheuttamaa painetta ja erityisesti kitkamaiden kaivu- ja kuljetusominaisuudet paranevat. (Rantamäki –Tammirinne 1979, 141.)

Kun kuivatusjärjestelyjä suunnitellaan, tulee muistaa että vaikutukset saattavat olla myös vahingollisia. Kaivannon kuivatus voi aiheuttaa lähiympäristössä maan tilavuuspainon kasvua, mistä aiheutuu maan pystysuoran jännityksen lisääntyminen. Tästä voi syntyä maan painumista, joka on vaarallista ympäristörakenteille. Myös luiskien vakavuus voi laskea, kun pohjavedenpinnan laskiessa nopeasti luiskan kuormitus kasvaa ja maan raepaine ja leikkauslujuus eivät kasva yhtä nopeasti. Pohjaveden pysyvä aleneminen voi myös aiheuttaa kaivojen kuivumista sekä lahoittaa lähiympäristössä sijaitsevia lankkuperusteita. (Rantamäki –Tammirinne 1979, 141.)

### **2.3.1 Kaivannosta pumppaaminen**

Kuivanapitomenetelmistä käytetyin ja kustannuksiltaan edullisin on kaivannosta pumppaaminen. Tämä menetelmä valitaan aina, kun pumppaaminen ei vaadi erityistoimenpiteitä. Kaivantomaaperän on oltava hyvin koossapysyvää ja huonosti vettäläpäisevää koheesiomaata tai vaihtoehtoisesti tiivistä moreenia. Kun

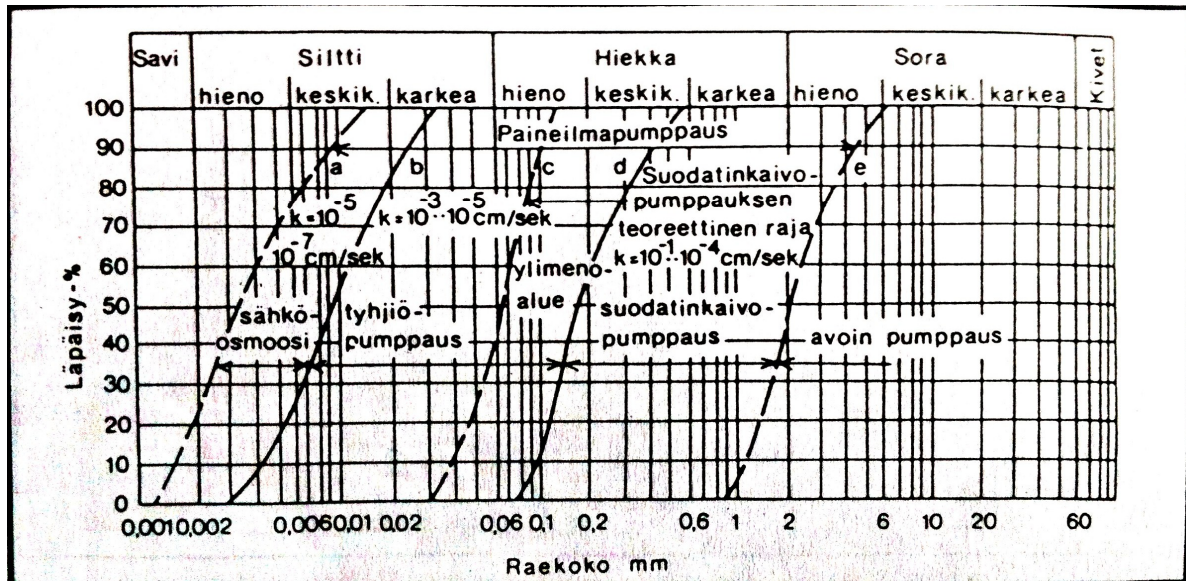
maa on karkearakeista, kaivannon pohjan on oltava vain vähän pohjavedenpinnan alapuolella, jotta kaivannosta pumppaaminen onnistuisi. Tässä tapauksessa omat vaikeutensa tuo pumpattavan veden runsaus. (Rantamäki – Tamminne 1979, 142.)

Kaivannosta pumppaaminen tulisi suorittaa siten, että pumppaaminen tapahtuisi kaivannon nurkkiin tehdyistä pumppukuopista. Pumppukuopat voidaan tehdä puusta, betonista tai teräsrakenteista, joihin vesi johdetaan kaivannon pohjalla kulkevista avo- ja salaojista. Jos maa on hienorakeista, olisi pumppukuopan pohjalla ja tarpeen mukaan myös sivuilla on hyvä olla suodatinkerrokset. Tällä pystytään ehkäisemään virtaavan veden eroosiovaikutuksen aiheuttaman hienoaineksen kulkeutumista pumppukuoppaan. Tämä taas aiheuttaa ympäröivän maan löyhtymistä. Kaivannon pohjalla tapahtuu veden pystysuuntaista virtaamista, minkä löyhdyttävää vaikutusta voidaan hallita kaivannon pohjalle tehtävällä suodatinkerroksella. Suodatinkerros päästää veden läpi. Tämän jälkeen se ohjautuu kaivannon nurkissa sijaitseviin pumppukuoppiin. (Rantamäki – Tamminne 1979, 142.)

### **2.3.2 Pohjaveden alentaminen**

Mikäli kuivatuksen järjestäminen edellä mainituilla tekniikoilla ei ole mahdollista luiskun vakavuuden tai hydraulisen murtumisen takia, alennetaan pohjavedenpintaa erikoiskalustolla ennen kuin kaivuu toteutetaan lopulliseen syvyyteen (Taulukko 3). Pohjaveden alentamiseen käytettävä menetelmä määräytyy pohjasuhteiden vedenläpäisyn sekä vedenpinnan tason mukaan. (Rantamäki – Tamminne 1979, 143.)

TAULUKKO 3. Pohjaveden alentamismenetelmien käyttöalue (Rantamäki – Tammirinne 1979, 143)



Pohjavedenpinnan muoto sekä pumpattavan veden määrä riippuu yleensä ottaen kahdesta tekijästä, maan vedenläpäisevyydestä sekä maan rakeisuudesta. Nämä tekijät ovat suuressa roolissa, kun tarkastellaan menetelmän käyttökelpoisuutta, kannattavuutta sekä alentamistavan valintaa. Pohjavedenalentamisesta saadaan paras hyöty, kun sitä käytetään peruskaivannon kuivanapitoon ja kaivannon maan keskimääräinen veden läpäisevyys on suuruusluokkaa  $10^{-3}$ - $10^{-7}$  m/s. Kolme yleisesti esiintyvää pohjavedenalentamismenetelmää ovat

- suodatinkaivomenetelmä
- tyhjiömenetelmä
- sähköosmoosimentelmä. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 143.)

Suodatinkaivomenetelmässä kaivannossa pohjavesi virtaa suodatinkaivoihin painovoiman avulla. Suodatinkaivoina voidaan käyttää  $\varnothing$  100 - 200 mm siivilä-

putkikaivoja, jotka on asennettu 5 - 15 metrin välein. Toinen vaihtoehto on käyttää  $\varnothing$  40 - 50 mm:n siiviläkärkiputkia, jotka on asennettu 1 - 2 m:n välein. Jotta suodatinkaivojen käyttö olisi mahdollista, tulee maan olla hiekka- ja moreenimaata, missä veden läpäisevyys on  $> 10^{-3}$  m/s. Tällä menetelmällä saavutetaan maksimissaan 3,5 m:n pohjavedenpinnan aleneminen, yhtä kaivoriviä kohden. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 143.)

Siiviläputkien asennetaan maahan tehtyyn reikään käyttäen apuna  $\varnothing$  300 - 800 mm:n työputkia. Työputken ja siiviläputken väli täytetään suodatinhiekalla, ja samalla työputkea vedetään ylös. Kaivorivistössä toimii imuputkisto, johon siiviläputkikaivoihin asennetut  $\varnothing$  50 - 100 mm:n imuputket pumppaavat veden. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 144.)

On mahdollista päästä suureen pohjaveden alentamiskorkeuteen käyttäen vain yhtä suuriläpimittaista suodatinputkikaivoa, jonka pohjalla on painepumppu. Tämä tekniikka toimii hyvin etenkin ahtaissa kaivannoissa. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 144.)

Siiviläkärkiputkien, joiden maahan upottamiseen ei tarvita työputkea, käyttö on erittäin yleistä Suomessa. Käyttäen apuna tehokasta pumppua siiviläkärkiputken alakärjestä suihkutetaan vettä, joka huuhtoo edellään maahan painettaessa reiän, jonka  $\varnothing$  250 - 300 mm. Huuhtelun lähestyessä loppuaan ja veden virtauksen pienentyessä siiviläkärkiputken vierustat täytetään suodatinhiekalla. Hiekkatäytössä tärkeintä on, että noin 1 m:n pituisen siiviläkärjen ympärille saadaan suodattava hiekkakerros. Yksi siiviläkärkiputki pystyy imemään enintään 40 - 50 l/min, maalajista riippuen. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 144.)

Jos maa on hienorakeista, ei yksin painovoima riitä alentamaan pohjavettä, jolloin tyhjiömenetelmän avulla imukärkiin aiheutetaan alipaine, jonka avulla vesi saadaan liikkeelle maaperästä. Tyhjiömenetelmässä pumppaaminen tapahtuu yhdistetyllä vesi- ja tyhjiöpumpulla. Tyhjiömenetelmää käytetään lähinnä siltti- ja moreenimaaperässä, jonka tehokas läpimitta  $d_{10} > 0,004$  mm ja vedenläpäisevyys  $k > 10^{-7}$  m/s. Tällä menetelmällä pohjaveden alenemiseen kuluu aikaa noin viikko. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 146.)



Putkikaivantojen pohjaveden alentaminen pystytään yleensä hoitamaan yhdellä suodatinkaivorivillä. Jos kaivanto on syvä, tulee ensin kaivaa pohjaveden pintaan asti ja vasta tämän jälkeen voidaan asentaa pohjaveden alentamisputkisto. Seinien, joihin putket asennetaan, ei tarvitse olla veden pitäviä ja putket voidaan asentaa ulko- tai sisäpuolelle. Imukärjet sijoitellaan usein kehäksi kaivannon ympärille. Jos tavoitellaan suurta pohjaveden alentamiskorkeutta, tulee putkikaivoja asentaa porrastetusti useaan riviin. Talvella tulee pohjaveden alentamiskaluston putkistot suojata jäätymiseltä käyttämällä lämmöneristeitä. (Rantamäki – Tamminne 1979, 146.)

### 3 TYÖMENETELMÄN VALINTA KAIVANTOA TEHTÄESSÄ

Suunniteltaessa kaivannon tekoa vaikeissa olosuhteissa oikean työmenetelmän valinnalla on suuri merkitys. Vaikeina kaivuolosuhteita voivat olla

- erittäin routiva maaperä
- kaivu, joka tapahtuu veden alta
- heikko kantavuus maapohjassa
- kaivettavien maiden vetelyys
- tilanpuute
- riittämätön ulottuvuus kaivukalustolla
- maaperässä kaivua vaikeuttavat esteet. (Rantamäki – Tamminrinne. 1979, 105.)

Jotta löydetään oikea työmenetelmä, on selvitettävä taloudellisin, teknisin ja tehokkain menetelmä. Menetelmän täytyy myös täyttää laatu- ja työturvallisuusvaatimukset. Tällöin ei voi käydä niin, että valittaisiin kustannuksiltaan alhaisempi menetelmä, joka saattaisi vaikuttaa alentavasti työturvallisuuteen tai ei täyttäisi laatuvaatimuksia. Oikea työmenetelmä takaa siis sen, että kaivannossa työskentely on turvallista, kaivannon teko on tehokasta ja kustannukset pysyvät mahdollisimman alhaisina. (Rantamäki – Tamminrinne 1979, 102 – 104.)

#### 3.1 Luiskatun kaivannon valinta

Luiskattu kaivanto on useimmiten luonnollinen ja taloudellisin työmenetelmä. Kuitenkin tulee muistaa, että kaivannon syventyessä kaivu- ja täyttömassoista syntyvät kustannukset kasvavat suuriksi. Luiskattu kaivanto on mahdollinen vaihtoehto myös silloin, kun kaivutyö tehdään pohjavedenpinnan yläpuolella. Kuitenkin kaivanto voidaan tehdä luiskattuna, vaikka sen pohja ulottuisikin hiekan pohjavedenpinnan alapuolelle. Kuitenkin tässä tapauksessa tulee maan olla huonosti vettä läpäisevää ja kiinteää koheesiomaata. (Rantamäki – Tamminrinne 1979, 102 – 104.)

### **3.2 Tuetun kaivannon valinta**

Kun valitaan kaivantotyyppiä tuettu kaivanto on suunnittelussa otettava huomioon

- turvallisuus
- vaurion laajuus tuennan pettäessä
- luotettavuus ja laajuus määritettäessä mitoitusparametrejä
- tarkkuus ja luotettavuus mitoitusmenetelmässä
- kolmannen osapuolen turvallisuus sekä läheisten rakennusten vaurioherkkyys
- vaikeustaso
- kaivannon aukioloajan pituus
- oikea oppinen valvonta
- vaatimukset putkien ja laitteistojen asentamiseen. (Putkikaivanto-ohje. 1992, 29.)

### **3.3 Kaivuajankohdan valinta**

Kaivuajankohta on otettava huomioon työmenetelmää valittaessa. Sään ja vuodenajan vaikutus on selvästi havaittavissa etenkin siltti- ja silttimoreenimaissa. Kun tällainen maa on tekemisissä sateiden ja roudan kanssa, saattaa maa muuttua veteläksi ja juoksevaksi. Tällaisissa olosuhteissa onkin siis järkevää tehdä kaivanto tuettuna. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 103.)

### **3.4 Työturvallisuus**

Työturvallisuudella on suuri merkitys kaivantotyyppiä valittaessa. Suuri työturvallisuusriski ja tapaturmavaara kaivantoa tehtäessä on kaivannon sortuminen. Kaivannon sortumisesta aiheutuu merkittävä tapaturmavaara kaivannossa oleville työntekijöille. Kaivannon sortumia on todettu sattuvan eniten silloin, kun kaivanto on tukematon, jyrkkäluiskainen, syvyydeltään 2 - 5 m ja se on tehty helposti sortuvaan ja tärinälle alttiiseen maahan. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 103.)

Kaivannon tekoa koskien on myös olemassa lainsäädännön luontoisia säädöksiä. Näistä tärkeimmät sisältyvät valtioneuvoston päätöksellä (no 205/2009) annettuihin rakennustyössä noudatettaviin ohjeisiin. (Rantamäki – Tamminen 1979, 103.)

Kaivutyö on tehtävä turvallisesti ottaen huomioon maan geotekniset ominaisuudet, kaivannon syvyys, luiskan kaltevuus ja kuormitus sekä vedestä ja liikenteen tärinästä aiheutuvat vaaratekijät (L 26.3.2009/205).

Jos sortuma saattaa aiheuttaa tapaturman, kaivannon seinämä on tuettava (L 26.3.2009/205).

Luotettavan selvityksen perusteella voidaan kaivannon työturvallisuus toteuttaa luiskaamalla tai porrastamalla kaivanto (L 26.3.2009/205).

Erityisiin toimenpiteisiin sortumisen aiheuttaman tapaturman vaaran välttämiseksi on tarvittaessa ryhdyttävä sateen, kuivumisen tai roudan sulamisen johdosta. Samoin on toimittava, jos kaivetaan eloperäisiä tai hienorakeisia maaleja tai kahta metriä syvempää, kapeaa kaivantoa tai kun kaivannon yhteydessä tai läheisyydessä suoritetaan tärinää aiheuttavaa työtä taikka kun kaivantoon vaikuttaa raskas ajoliikenne. Tehtäessä kaivutyötä rakennuksen tai muun rakennelman alla tai vieressä on ryhdyttävä ennalta riittäviin tukitoimenpiteisiin sortumisen estämiseksi. (L 26.3.2009/205.)

### **3.5 Kaivannon kuivanapitotavan valitseminen**

Kaivannon kuivanapitoon yleensä käytettyjä menetelmiä ovat

- pumppaaminen suoraan kaivannosta
- pumppaaminen suodatinkaivoista
- tyhjiömenetelmän käyttö. (Putkikaivanto-ohje. 1992, 78.)

Suoraan kaivannosta pumppaaminen on yleisimmin käytetty kaivannon kuivanapitotapa. Tämä menetelmä toimii parhaiten silloin, kun maa on karkearakeista tai huonosti vettä läpäisevää koheesio maata. Jos kaivettava maa on hienorakeista kitkamaata, tämä tekniikka soveltuu vain lyhyt kestoiseen kaivutyöhön

ja kun se ei ulota kovin paljoa pohjavedenpinnan alapuolelle. (Putkikaivanto-ohje. 1992, 79.)

Kun kaivannon vakavuus- ja eroosiosyyt eivät mahdollista pumppaamista suoraan kaivannosta, voidaan käyttää suodatinkaivoja. Tämän menetelmän käyttäminen on mahdollista hiekka- ja moreenimaalajeissa. (Putkikaivanto-ohje. 1992, 81.)

Kun painovoima ei yksistään riitä alentamaan pohjaveden pintaa, voidaan käyttää kuivatuksessa tyhjiömenetelmää. Tyhjiömenetelmässä on pohjaveden alennustarpeelle sekä siiviläkärkien sijainnille tehtävä tapauskohtainen suunnittelu. (Putkikaivanto-ohje. 1992, 82.)

Kaivannon kuivanapitojärjestelmän valinta tehdään kaivantoa mitoitettaessa. Syynä tähän on kuivatuksen aiheuttama vaikutus tukiseiniin vaikuttaviin maanjavedenpaineisiin. Jos kuivatus edellyttää pohjavedenpinnan alennusta, tulee tämä todeta havaintoputkista ennen sitä kaivannon tekovaihetta, jota ennen pohjavedenpinnan aleneminen tuli tapahtua. Tällä tavoin tulee myös seurata pohjavedenpintaa, jos halutaan säilyttää pohjaveden taso halutulla tasolla. (Rakennuskaivanto-ohje. 1989, 112.)

## 4 ESIMERKKIKOHDE OULUN AMPIAISTIEN RAKENTAMINEN

Opinnäytetyön esimerkkikohteena toimi Destia Oy:n Oulun Puolivälinkankaan peruskorjausurakka, joka alkoi Oulun Puolivälinkankaalla (kuva 1) kesäkuussa 2011 ja päättyi joulukuussa 2011. Kyseisessä urakassa uusittiin

- katurakenteita
- sade- ja jätevesiviemäreita
- vesijohtoa talohaaroinen
- kadun salaojituksia
- vesihuollon runkolinjaa.

Runkolinjan saneeraamisessa jätevesilinjaan uusittiin betoniputket, jotka vaihtuivat linjan loppupäässä muoviputkiksi, kaivot sekä asuinalueen liitokset runkolinjaan. Jätevesilinjassa käytetyt putket olivat Ø 400 mm:n betoniputkea, jotka asennettiin suodatinkankaalla alustetun murskearinnan päälle. Vesijohtolinjan saneerauksessa uusittiin putket, venttiilit, palopostit sekä asuinalueiden liittymät runkolinjaan. Vesijohtolinjan saneerauksessa vanha valurautainen putki vaihtui Ø 200 mm:n PEH-putkeen. Esimerkkikohteesta tehdyt havainnot ovat pääosin runkolinjan saneerauksen osuudelta, jossa esiintyi eniten kaivannon rakentamiseen liittyviä ongelmia.



*KUVA 1. Esimerkkityömaan sijainti (Oulun seudun karttapalvelu. 2011)*

Puolivälinkankaan urakka toimii oivana esimerkkityömaana tarkasteltaessa kaivannon tekoa vaikeissa olosuhteissa jo pelkästään senkin vuoksi, että vaihtelevien olosuhteiden takia työmaalla käytettiin monia erilaisia työtapoja kaivannon toteuttamiseksi. Runkolinjan saneerauksen, josta pääosin tämän työn esimerkit ovat peräisin, tekivät haastavaksi syvä kaivuusyvyys, lähellä sijainneet rakennukset, läjitystilan puute, pohjavedenpinnan korkea taso, maassa kulkevat sähkö- ja puhelinkaapelit sekä vanhojen edelleen käytössä olevien viemäri- ja vesi-johtolinjojen aiheuttamat ongelmat. (Kuva 2.)



*KUVA 2. Työskentelyä rakennusten läheisyydessä*

Kun kaivuussyvyys oli lähes viisi metriä ja kaivanto toteutettiin luiskattuna, välttämättä kaivannon koko kasvoi erittäin suureksi. Kaivannon suuresta koosta johtuen luonnollisesti myös kaivettavan maan määrä kasvoi erittäin suureksi. Tästä syystä putkikaivannon tekoon kului paljon aikaa ja polttoainetta sekä lisäksi maata jouduttiin ajamaan traktoreilla ja kuorma-autoilla läjitysalueille, koska tilaa ei yksinkertaisesti ollut tarpeeksi kaivannon reunoilla.

Tästä aiheutui kahdenlaisia ongelmia. Ensimmäiseksi kaivetulle maalle ei paikotellen ollut riittävästi tilaa. Toisekseen, jos tilaa oli riittävästi, kaivannon reunoilla olevat maakasat aiheuttivat sellaisen maapaineen, että riski luiskan sortumisesta kasvoi merkittävästi. Tehokkuus kärsi myös olennaisesti syviä kaivantoja tehtäessä. Kun kaivannon leveys oli maanpäällä noin 20 m, kaivettavan maan määrä kasvoi todella suureksi.



Urakka-alueella, jossa runkolinja yhdistyi Ampiaistien omakotitaloalueen kunnallistekniikkaan, työskentelyalue oli hyvin ahdas lähellä olevien talojen takia. Tästä syystä jouduttiin turvautumaan suuntaporaukseen (kuva 3).



*KUVA3. Suuntaporauksella asennettuja putkia*

Koska suuntaporaus ei kuitenkaan joka paikassa yrityksistä huolimatta onnistunut, jouduttiin käyttämään apuna niin kutsuttuja kaivuulaatikoita eli elementtiseiniä (kuva 4). Kaivettaessa rakennusten välittömässä läheisyydessä on aina riski, että rakennuksen perustukset häiriintyvät, , minkä vuoksi rakennuksille voi aiheutua erilaisia vaurioita.



*KUVA 4. Elementtiseinien käyttöä ahtaissa paikoissa*

Koko saneerausurakan aikana kaivannon syvyydestä johtuen jouduttiin huolehtimaan oikeanlaisesta kuivatuksesta. Pääosin kuivatus hoidettiin kaivannosta pumppaamalla, johon käytettiin yhtä uppopumppua. Oli hyvin tärkeää, että pumppu oli sijoitettu kaivannossa oikeaan paikkaan ja sille tehty pumppukaivo oli tehty oikein. Toisinaan pumppua ei syystä tai toisesta saatu asennettua edellämainittuja vaatimuksia täyttäen, jolloin seurasi hankaluuksia. Jos esimerkiksi pumppu oli yön aikana hautaunut lietteeseen eikä se näin ollen pystynyt pumpaamaan vettä pois kaivannosta, seuraavana työpäivänä meni turhaa aikaa kaivannon kuivattamiseen ja pumppujen ylös kaivamiseen.

Myös kaivannossa kohonnut vedenpinta söi luiskien reunoja, jolloin maata valui kaivantoon, mikä aiheutti yhä lisää harmia. Erityistä huomiota pumppauksen järjestelyihin tuli kiinnittää silloin, kun oli tiedossa rankkoja sateita. Hyvä keino pumppujen tukkeutumisen estämiseksi oli se, että pumppu laitettiin noin 0,5 m pitkän ja halkaisijaltaan 400 - 600 mm rei'itetyn putken pätkän sisään, joka tämän jälkeen haudattiin suodattavan moreenikerroksen sisään. Lisäksi pintavedet tuli ohjata pois päin kaivannosta, jotteivät kaivannon seinät murtuneet sen aiheuttamasta eroosiovaikutuksesta eikä kaivantoon turhaan kertynyt enempää vettä kuin sinne jo pohjaveden ansiosta kertyi. Hyväksi keinoksi havaittiin pintavesien patoaminen, jolloin ne eivät päässeet kaivantoon vaan virtasivat esimerkiksi lähimpään kaivoon.

Koska pohjavedenpinta oli etenkin runkolinjan saneerauksen loppupäässä korkealla, oli urakassa tarkoitus käyttää pohjaveden alennuskalustoa hyväksi pohjaveden hallitsemiseksi (kuva 5). Omat haasteensa pohjavedenalennuskaluston asennukseen toi erittäin kivinen maaperä, jolloin siiviläkärkiputkien asentaminen maahan vaikeutui olennaisesti. Tavoitteena oli saada putkien kärjet 4-5 metrin syvyyteen, jotta kalustosta saataisiin haluttu hyöty irti. Jos imuputket kuitenkin jäivät liian korkealle, jolloin pohjavedenpintaa ei saatu laskettua haluttuun syvyyteen, ei imuputkista ollut juurikaan hyötyä. Kun kalusto saatiin asennettua oikein eikä putkistossa ilmennyt vuotoja tai muita ongelmia, hyöty oli huomattava ja työn tehokkuus parani. Pohjaveden alennuksessa tuli myös ottaa huomioon sen tuomat riskit läheisille rakennuksille. Kun pohjavettä alennetaan, maanpaine muuttuu maaperässä, mikä saattaa aiheuttaa rakennuksien notkahtamista ja samalla perustusten rikkoutumista. Tästä syystä läheisille rakennuksille tuli tehdä katselmus ennen alennustöiden aloittamista.





*KUVA 5. Pohjaveden alennuskaluston käyttöä*

Maassa kulkevat sähkö-, puhelin- ja datakaapelit oli myös otettava huomioon urakan aikana. Runkolinjan saneerauksessa suurinta päänvaivaa tuotti korkeajännitekaapeli. Korkeajännite kaapeli rikkoutuessaan on hengenvaarallinen ja sen korjaaminen ei ole halpaa. Jotta vaarallisilta tilanteilta säästyttiin, kaapelista otettiin virta pois työskentelyn ajaksi. Kuitenkin kaapelin suojauksesta tuli huolehtia, jotta se olisi käyttökelpoinen myös sen jälkeen kun työ oli valmis. Samoin puhelin- ja datakaapelit tuli suojata työn aikana, koska jokainen rikkoutunut kaapeli toisi turhia lisäkustannuksia.

Koko runkolinjan saneerauksen ajan kaivannon reunassa kulki vanha edelleen käytössä oleva vesijohto- ja jätevesirunkolinja. Jo käyttöikänsä päässä olleet putket aiheuttivat päänvaivaa ja pahimmillaan pysäyttivät koko saneerausurakan tyystin. Esimerkiksi vanha vesijohto rikkoutuessaan täytti kaivannon het-

kessä vedestä, jolloin työn jatkaminen oli mahdotonta ennen vuodon korjaamista ja kaivannon kuivaksi pumppaamista. Vuotoja ilmeni yleensä siksi, että vanha vesijohto oli paikoitellen valmiiksi rikki tai hyvin hauras ja pysyi koossa ainoastaan maan paineen avulla. Kun maa kaivettiin pois vesijohdon ympäriltä, putkessa oleva veden paine aiheutti reiän putkeen ja alkoi vuotamaan.

Jos taas vanha jätevesiviemäri alkoi vuotaa, tulviva liete aiheutti ongelmia sekä työteknisesti että hygieenisesti. Jos haitallisia jätevedessä olevia bakteereja, kuten koli-bakteeri, olisi päässyt vanhaan tai uuteen vesijohtolinjaan, olisivat seuraamukset voineet olla kohtalokkaat. Tästä syystä uuden vesijohdon päättä pyrittiin pitämään maan päällä urakan aikana, jottei se pääsisi kosketuksiin jätevesien kanssa. Kun vesijohdon rikkoutuminen ei ottanut loppuakseen ja pahimmillaan se vaati paikkaamista kolme kertaa päivässä, jouduttiin kehittämään ratkaisuja vuotojen loppumiseksi. Tässä tapauksessa paras ratkaisu oli kierrättää vesi muuta reittiä siihen asti, kunnes uusi linja olisi valmis.

Myös koneenkuljettajien oikeat työtavat vaikuttivat oleellisesti työn tehokkuuteen. Koska maat olivat paikoitellen erittäin helposti häiriintyviä, oli tärkeää, että koneenkuljettajat pyrkivät aiheuttamaan mahdollisimman vähän tärinää liikuttaessaan koneita kaivannon läheisyydessä. Koneenkuljettajien tuli kiinnittää erityistä huomiota myös kaivutyylisiin, sillä koneen liiallisella voimankäytöllä luiskien hydraulista murtumista oli erittäin vaikeaa hallita, mikä taas vaikutti suoraan työn tehoon, turvallisuuteen ja taloudellisuuteen.

Työskenneltäessä helposti häiriintyvän maan kanssa, oli hyvin tärkeää, että luiskien hydraulista murtumista sekä virtaavan veden aiheuttamaa eroosiovaikutusta pystyttiin estämään tukemalla luiskia moreenin avulla. Jotta vältettiin maan turhaa häiritsemistä, oli tärkeää että moreenikasat olivat koneenkuljettajalle helposti saatavilla. Jos kone joutui hakemaan moreenia kauempaa, liikkumisesta aiheutunut tärinä sekä kaivannossa kokoajan virtaava pohjavesi alkoivat aiheuttaa merkittäviä ongelmia. Myös maan turha häiritseminen aiheutti sen, että moreenia kului huomattavasti enemmän, jolloin kustannukset kasvoivat. Onneksi moreenin hintakuluissa kuitenkin pystyttiin säästämään siten, että sitä ajettiin toiselta lähellä sijaitsevalta Destian työmaalta. Siellä moreenia oli käytetty tila-

päisen kiertotien pohjarakenteena, minkä jälkeen se olisi jouduttu ajamaan tarpeettomana pois työmaalta.

Kaivantoon asennettavat uudet kalusteet, kuten putket ja kaivot, tuli sijoittaa kaivannon läheisyyteen siten, ettei niitä kaivantoon siirrettäessä maa häiriintyisi turhaan. Tämä onnistui siten, että tietyille matkalle asennettavat putket ja kaivot siirrettiin jo ennen kaivannon kaivamista oikealle paikalle. Tällöin kaivinkoneenkuljettajan oli helpompi nostella kalusteita kaivantoon eikä maa häiriintynyt turhaan. Tästä syystä työmaalla oli ennakoitava tulevaa ja osattava sijoittaa ja kulloinkin tarvittavat materiaalit paikkoihin, joista ne olivat helposti saatavilla.

## 5 TYÖMENETELMIEN VERTAILU

Jotta pystyttäisiin valitsemaan kulloinkin vallitseviin olosuhteisiin sopivin kaivannon tekovaihtoehto, tulee eri työmenetelmiä vertailla keskenään. Tässä työssä käytetään vertailussa tekniikoita, joita käytettiin esimerkkihankkeessa. Tämä siitä syystä, jotta pystyttäisiin hyödyntämään tosi elämässä tehtyjä havaintoja vertailussa. Tekniikoita vertaillaan ottaen huomioon työmenetelmän tekninen haastavuus, tehokkuus ja kustannukset.

### 5.1 Menetelmien tekninen haastavuus

#### **Luiskattu ja tuettu kaivanto**

Luiskattu kaivanto on yleensä ottaen helpoin tapa rakentaa kaivanto, koska se ei vaadi erillistä tuentaa. Esimerkkityömaalla havaittiin kuitenkin, että luiskatun kaivannon tekeminen vaikeutui oleellisesti, kun kaivuussyvyys oli syvimmillään noin 4,5 m. Koska kaivannon luiskaus pyrittiin tekemään kaltevuudella 1:3, kaivannon maan päällinen leveys oli yli 25 m, jolloin kaivuumassat kasvoivat suu-riksi. Kaivetut massat eivät mahtuneet kaivannon reunoille, jolloin ne jouduttiin läjittämään erikseen määrätyille läjitysalueille. Tämä vaikeutti kaivannon teon teknistä suunnittelua oleellisesti.

Kun käytetään tuettua kaivantotyyppiä, tuo sekin omat tekniset haasteensa kaivannon rakentamiseen. Oikean tuennan valitseminen ja asentaminen lisäävät kyseisen työmenetelmän haastavuutta oleellisesti. Lisäksi tukien asentaminen vaatii yleensä erikoisosaamista ja –kalustoa.

#### **Kaivannon kuivatusmenetelmät**

Esimerkkityömaalla käytetyistä kuivatusmenetelmistä, pohjaveden alentaminen ja kaivannosta pumppaaminen, teknisesti selvästi haastavampi oli pohjaveden alentaminen. Kaivannosta pumppaamiseen tarvittava kalusto on huomattavasti yksinkertaisempi, eikä sen asentamiseen tarvittu erikoisosaamista tai –kalustoa. Lisäksi pohjaveden alennuskaluston ylläpitäminen ja toimintakyvyn takaaminen aiheutti huomattavasti enemmän töitä kuin kaivannosta pumppaaminen.

## **5.2 Menetelmien tehokkuus**

### **Luiskattu ja tuettu kaivanto**

Luiskattua kaivantoa tehtäessä havaittiin, että kaivannon teko pysyi tehokkaana, kun kaivannon syvyys oli alle 3 m. Kun kaivanto oli yli 4 m syvä, suuret kaivuumassat ja niiden läjittäminen huononsivat tehokkuutta huomattavasti. Näin kävi etenkin silloin, kun läjitykseen käytetty kuljetuskalusto ei ehtinyt tarpeeksi nopeasti hakemaan koneen kaivamia massoja, jolloin kone joutui odottamaan ja keskeyttämään työn tekeminen siksi aikaa. Tehokkuutta yritettiin parantaa suurentamalla koneen kokoa, mutta tällöin myös koneen aiheuttama tärinä kasvoi edesauttaen luiskan hydraulisia murtumisia.

### **Kaivannon kuivatusmenetelmät**

Tehokkuudeltaan kaivannosta pumppaaminen oli paras vaihtoehto urakka-alueella, jossa pohjaveden pinta ei ollut häiritsevän korkealla. Tällöin veden tulo saatiin pidettyä hallussa eikä työn tehokkuus huonontunut oleellisesti. Kuitenkin paikoissa, jossa pohjaveden pinta oli alle 2 m, havaittiin, ettei pelkkä kaivannosta pumppaaminen enää riittänyt.

Esimerkkityömaalla saatujen kokemusten perusteella onnistunut pohjaveden alennus paransi huomattavasti tehokkuutta. Hyvänä esimerkkinä tehokkuuden parantumisesta voidaan pitää jätevesirunkolinjan saneerauksessa saatuja kokemuksia. Ilman pohjaveden alennusta saatiin päivän aikana asennettua n. 6-10 m valmista runkolinjaa, kun samassa ajassa pohjaveden alennuksen kanssa saatiin valmiiksi jopa yli 20 m.

## **5.3 Kustannukset**

### **Luiskattu ja tuettu kaivanto**

Kustannuksiltaan luiskatun kaivannon toteuttaminen oli huomattavasti huokeampi vaihtoehto kuin tuetun kaivannon toteuttaminen. Vaikka kaivanto oli erittäin syvä, väliaikaisten tukirakennelmien asentaminen, vuokraaminen sekä poisottaminen olisivat tulleet kalliimmaksi kuin luiskatun kaivannon.



### **Kaivannon kuivatusmenetelmät**

Kustannuksiltaan selvästi alhaisempi kuivatusmenetelmä oli kaivannosta pumppaaminen. Tämä johtui luonnollisesti siitä, että pohjaveden alennuskaluston vuokrahinta sekä asentaminen on huomattavasti kalliimpi verrattuna kaivannosta pumppaamiseen. Kustannuksia ei pystytä muutenkaan täysin vertaamaan keskenään, koska yksistään pohjaveden alentaminen ei riittänyt kaivannon kuivana pittoon vaan sen lisäksi jouduttiin myös käyttämään apuna kaivannosta pumppaamista. Työmaalla havaittiin kuitenkin, että pohjaveden alennuksen avulla saatu tehostuminen teki siitä kustannuksiltaanakin kannattavimman ratkaisun.

## 6 TYÖMENETELMIEN SOVELTUVUUS VALLITSEVIIN OLOSUHTEISIIN

Kun valitaan eri työmenetelmistä oikeaa vaihtoehtoa halutaan ensisijaisesti valita kustannuksiltaan huokein vaihtoehto. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, sillä esimerkiksi vallitsevat olosuhteet voivat asettaa rajoitteita työmenetelmän valintaan. Tästä syystä kaivantoa suunniteltaessa tulee myös ottaa selvää, soveltuuko valittu tekniikka käytettäväksi valitussa kohteessa. (Rantamäki – Tammirinne 1979, 105.)

Kaivantoa tehtäessä tilan puute tuo aina omat rajoituksensa työmenetelmän valintaan (Rantamäki – Tammirinne 1979, 105). Vaikka esimerkikohteessakin olisi haluttu tehdä kaivanto luiskattuna ja läjittää massat kaivannon reunoille,, havaittiin, ettei se paikoitellen yksinkertaisesti ollut mahdollista. Tästä syystä jouduttiin keksimään uusia ratkaisuja, jotka soveltuivat käytettäväksi olosuhteiden rajaamissa puitteissa.

Myös maaperän laatu tuo omat haasteensa työmenetelmän valintaan (Pohjarakenteet 1986, 466). Esimerkkikohteessa oli suunniteltu käytettävän suuntaporausta, kun vesijohto linja jouduttiin viemään ahtaan paikan läpi rakennuksien välistä. Kuitenkin erittäin kivinen maaperä esti osaltaan suuntaporauksen, jolloin suunnitelmiin jouduttiin keksimään vaihtoehtoinen menetelmä. Samoin kivinen maaperä aiheutti ongelmia pohjaveden alentamiskaluston asentamisessa, eikä imukärkiä saatu paikoitellen haluttuun syvyyteen.

Kaivettavan maan kosteus on myös rajoittava tekijä työmenetelmää valittaessa (Rantamäki –Tammirinne 1979, 141). Esimerkkikohteessa pohjavedenpinnan ollessa korkealla kaivannosta pumppaaminen ei yksin soveltunut kaivannon kuivatukseen. Tästä syystä pohjavettä jouduttiin alentamaan, jotta töitä pystyttiin jatkamaan huomattavasti paremmalla tehokkuudella.

## 7 POHDINTA

Tehtäessä kaivantoa vaikeissa olosuhteissa ei oikean työmenetelmän löytäminen ole koskaan yksioikoista. Jokainen tilanne on erilainen ja valintaan vaikuttavia muuttujia on aina paljon. Osa tilanteista pystytään ottamaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa, mutta suunnitelmia joudutaan muuttamaan rakennusvaiheessa esimerkiksi silloin, kun valittu työmenetelmä osoittautuu mahdottomaksi toteuttaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli siis selvittää, millä tavoin kaivannon tekeminen olisi kulloinkin kannattavinta. Vertailtaessa eri tekniikoita käytettiin apuna esimerkkityömaan Oulun Puolivälinkankaan urakan aikana saatuja kokemuksia. Teoriaosuudessa käsiteltiin myös muita kaivantotyyppisiä sekä kaivannon kuivapitomenetelmiä, joista saatiin tarpeellista tietoa kaivannon tekotavan valitsemiseen.

Suunniteltaessa kaivantoa on tärkeää ottaa huomioon paikka, johon kaivanto tehdään, sekä selvittää, kuinka syvä siitä tulee sekä millaiset pohjaolosuhteet alueella vallitsevat. Esimerkkikohteessa kaivanto jouduttiin tekemään paikoitellen lähelle rakennuksia ja säilytettävää puistoaluetta, jolloin jouduttiin järjestämään erillinen läjitysalue ja kuljetuskalusto kaivumaille.

Kaivannon kuivatusta suunniteltaessa ei yksin riitä, että valintaperusteena käytetään pelkästään kuivatusmenetelmän vaatimia kustannuksia. Vaikka valittu työmenetelmä olisikin ylläpitokustannuksiltaan huokein, se ei siltikään ole välttämättä paras vaihtoehto, kun tarkastellaan kokonaisuutta. Esimerkkikohteessa havaittiin, että pohjaveden alennuksella aikaan saatu tehokkuuden parantuminen teki kaivannon teon halvemmaksi kuin saman työn teko ilman pohjaveden alennusta.

Kaivannon tekoon vaikuttaa oleellisesti myös se, onko kyseessä uudisrakennus- vai saneerausurakka. Kun tehdään uudisrakennuskohteeseen kaivantoa, ei tarvitse ottaa huomioon vanhoja rakenteita työmenetelmien valinnassa. Esimerkkikohteessa havaittiin, että vanhojen viemäri- ja vesijohtolinjojen läheisyy-

dessä työskenneltäessä oli työskenneltävä varoen, jotta säästyttiin turhilta putkien rikkoutumisilta.

Pohjuttukimuksien tekeminen on myös erittäin tärkeä seikka kaivannon rakentamista suunniteltaessa. Esimerkiksi erittäin kivinen maaperä voi aiheuttaa hankaluuksia kaivannon tekemisessä. Esimerkkityömaalla pohjavedenpintaa alennettaessa pohjaveden alennuskaluston imukärkeä ei saatu sijoitettua parhaisiin mahdollisiin kohtiin, sillä kivisen maaperän takia ne jäivät paikoitellen halutun tason yläpuolelle. Kivinen maaperä aiheutti ongelmia myös suuntaporauksen kanssa.

Myös koneenkuljettajan työtavat vaikuttavat oleellisesti työn tulokseen. Työskenneltäessä helposti häiriintyvien maitten kanssa havaittiin, että turhaa tärinän tuottamista tulisi välttää.

Kaivantojen tekeminen on haastavaa, kun olosuhteet ovat vaikeat. Kuitenkin olosuhteisiin voidaan mukautua paremmin, kun osataan valita oikea työmenetelmä oikeaan tilanteeseen. Destialle Oy:lle tämä opinnäytetyö antaa teorian ja kokemusten perusteella saatua tietoa, jota voidaan käyttää apuna tulevilla urakoilla.

## LÄHTEET

L 26.3.2009/205. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta.

Oulun seudun karttapalvelu. 2011. Saatavissa: <http://kartta.ouka.fi>. Hakupäivä 15.4.2012.

Pohjarakenteet. 1986. RIL 166. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Putkikaivanto-ohje. 1992. RIL 194. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Rakennuskaivanto-ohje. 1989. RIL 181. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Rantamäki, Markku – Tamminne, Markku 1979. Pohjarakennus. Helsinki: Ota-tieto.

## **LIITTEET**

Liite 1. Lähtötietomuistio

## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Toni Salovaara \_\_\_\_\_

Tilaja Destia Oy \_\_\_\_\_

Tilajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Terhi Talvio \_\_\_\_\_

Työn nimi Kaivantojen rakentaminen vaikeissa olosuhteissa \_\_\_\_\_

Työn kuvaus Opinnäytetyö, jossa tehdään selvitys, miten kaivanto on kannattavaa tehdä vaikeissa olosuhteissa. \_\_\_\_\_

Työn tavoitteet Tehdä selvitys oikean työmenetelmän valinnasta kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa. \_\_\_\_\_

Tavoiteaikataulu Kevät 2012 \_\_\_\_\_

Päiväys ja allekirjoitukset \_\_\_\_\_