

Esa Halojoki

TALVITÖIDEN VAIKUTUKSET MAANRAKENNUSURAKASSA

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Esa Halojoki	Insinööri (AMK)	huhtikuu 2021
Opinnäytetyön nimi		40 sivua
Talvitöiden vaikutukset maanrakennusurakassa		1 Liitesivu
Toimeksiantaja		
Jokioisten maanrakennus Oy		
Ohjaaja		
Katja Ahola, Valtteri Perälähti		
Tiivistelmä		
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty Jokioisten maanrakennus Oy:n toimeksiannosta. Työn tarkoituksena oli tarkastella talviolosuhteiden aiheuttamia vaikutuksia Jokioisten maanrakennuksen kahdella eri työmaalla. Tarkastelussa keskityttiin selvittämään talviolosuhteissa suoritetun työn vaikutuksia kustannusrakenteeseen sekä urakoiden aikatauluihin.</p> <p>Teoriaosassa käsiteltiin talven määritelmää sekä talvesta aiheutuneita lisätyövaiheita. Teoria osassa käsiteltiin myös työmenetelmiä, joilla lisääntyneet työvaiheet saatiin suoritettua. Teoriaosaan hankittiin materiaalia ammatillisista kirjallisuuslähteistä sekä välinevalmistajien verkkosivuilta. Käytännön tutkimusta tehtiin työmaaloissa, joissa kerättiin materiaalia kustannusten sekä aikatauluvaikutusten selvittämiseksi.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin selvitettyä talvesta johtuneista lisääntyneistä työvaiheista aiheutuneet vaikutukset urakoiden kustannusrakenteeseen ja aikataulutukseen. Tuloksien perusteella saatiin selvitettyä kerroin, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa urakkatarjouslaskelmissa. Kertoimen ansiosta tulevaisuudessa urakkalaskelmissa on mahdollista varautua talviolosuhteissa toteutettavasta työstä aiheutuviin kustannus ja aikatauluvaikutuksiin.</p>		
Asiasanat		
Talvityö, routa, kustannusvaikutukset, aikatauluvaikutukset		

Author	Degree	Time
Esa Halojoki	Bachelor of Engineering	April 2021
Thesis title The effects of winter work on earthwork contract's		40 pages 1 pages of appendices
Commissioned by Jokioisten maanrakennus Oy		
Supervisor Katja Ahola, Valtteri Perälähti		
<p data-bbox="164 723 300 757">Abstract</p> <p data-bbox="164 797 1449 936">The aim of this thesis was to find out the effects of winter conditions on the timetable and cost of the work. Based on the review of the subject, it was intended to determine the potential coefficient for becoming bid calculations to provide for increasing costs and timeline effects.</p> <p data-bbox="164 981 1465 1193">The theory section has addressed the definition of winter as well as the additional stages of work resulting from winter. The theory section also looked at working methods which increased the stages of work can be performed. For the theory part, the material is sourced from professional literature sources, as well as from the website of equipment manufacturers. Practical research was carried out in site conditions, where material was collected to determine costs as well as scheduling effects.</p> <p data-bbox="164 1238 1449 1417">As a result of the study, the impact on the cost structure and scheduling of the contracts' costs due to the winter was investigated. Based on the results, coefficients that can be used for future work offer calculations were established. The coefficient makes it possible to provide for the cost and scheduling the effects of work carried out in winter conditions in future work.</p>		
<p data-bbox="164 1563 323 1597">Keywords</p> <p data-bbox="164 1641 1145 1675">Work due to winter, frozen ground, effects to schedule and expenses</p>		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn taustat	5
1.1	Työn tavoitteet ja rajaukset	6
1.2	Tutkimusmenetelmät	8
2	AIKATAULUTUS JA KUSTANNUKSET	9
3	TALVITYÖT MAANRAKENNUKSESSA	10
3.1	Laadunvalvonta	11
3.2	Talven määritelmä	11
3.3	Talvityöt ja työmenetelmät	14
3.4	Roudan rikkomisessa käytetyt työvälineet	16
3.5	Roudan sulatuksessa käytetyt menetelmät	17
4	TYÖKOHTEET	19
4.1	Työkohde 1	20
4.2	Käytetyt työmenetelmät työkohteessa 1	21
4.3	Laadunvalvonta työkohteessa 1	24
4.4	Työkohde 2	25
4.5	Käytetyt työmenetelmät työkohteessa 2	26
5	TALVITÖIDEN VAIKUTUKSIEN TARKASTELU	27
5.1	Talvitöistä aiheutuneet aikatauluvaikutukset työkohteittain	29
5.2	Kustannusvaikutukset	29
5.3	Vuokrattavan kaluston hintavertailu	32
6	YHTEENVETO	34

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tarkastella talvitöiden vaikutuksia maanrakennusurakoiden kokonaisuuksiin. Työn tilaajana toimii Jokioisten maanrakennus Oy. Työssä käsiteltävät urakat sisältävät logistiikkahallien perustusten pohjien kaivuun, viemäri- ja salaojajärjestelmien kaivutyön ja asentamisen sekä alapohjien ja piha-alueiden rakennekerrosten rakenteet.

Jokioisten maanrakennuksen oma konekanta on melko pieni ja käsittää pienen kokoluokan koneita, jotka eivät sovellu tarkasteltavina olevien kokoihin urakoihin. Oman konekannan rakenteesta johtuvista syistä yrityksen urakat toteutetaan pääasiallisesti käyttämällä aliurakoitsijoiden kalustoa.

Opinnäytetyössä tarkastellaan taloudellisia sekä aikataulullisia vaikutuksia, joita talviolosuhteissa tehdyistä töistä aiheutuu tarkasteltaviin maanrakennusurakoihin. Työssä tarkastellaan kahta eri työkohdetta, joissa talvityöt ajoittuivat urakoiden eri työvaiheisiin. Tarkastelua suoritetaan perustus- sekä viemärintyvaiheessa olevissa työkohteissa.

Ensimmäinen työkohde oli olosuhteiltaan vaativa, koska pohjarakennusvaiheen aloitus ajoittui talviajalle. Sääolosuhteet olivat kyseisenä ajankohtana haastavat, sillä suojaava lumipeite ei ollut satanut maahan ennen kovien pakkasten alkua. Tämä johti siihen, että maa-aines pääsi routaantumaan vahvasti. Maa-aineksen routaantumisen takia työkohteessa jouduttiin tekemään paljon roudan rikkomis ja sulatustöitä. Olosuhteet aiheuttivat aikataulu- ja kustannusvaikutuksia lisääntyneinä työvaiheina.

Toisessa kohteessa talvesta aiheutuvia lisätöitä tehtiin pihan viemärintyvityön yhteydessä. Putkitustyövaiheisiin kuuluvat kanaalien kaivu, putkien ja kaivojen asennus sekä kanaalin täyttötöyt.

Tarkasteltavissa työkohteissa työn on suorittanut pääosin sama työryhmä, jonka ansiosta kohteiden vertailussa on mahdollista saada tasalaatuinen tulos työsuorituksen toteutuksen osalta.

Tutkittaessa työkohteiden tietoja tutkimusmateriaalina on käytetty kahden logistiikkakeskuksen pohjarakennusurakoista saatua tietoa, joka on kerätty työmaiden suunnitelmista sekä muita dokumentteja hyödyntäen.

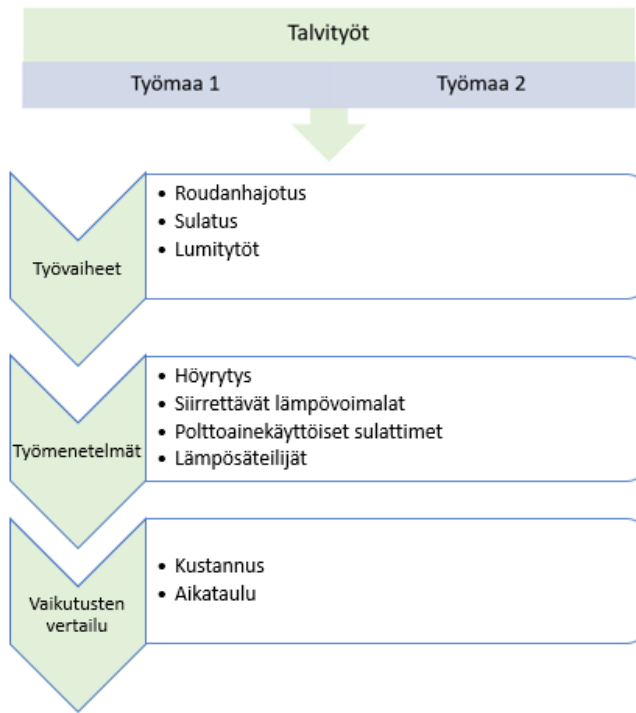
1.1 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tavoitteena on selvittää talvesta aiheutuneiden lisätyövaiheiden vaikutuksia tarkasteltaviin urakoihin. Vaikutustarkastelua tehtiin aikataulutuksen ja kustannusten osalta. Tarkastelua tehtiin seuraavissa työvaiheissa:

- Lumityöt
- Roudan rikkomistyöt
- Roudan sulatustyöt
- Eristystyöt

Näistä työvaiheista aiheutuu maanrakennusurakan aikatauluun sekä kustannusrakenteeseen lisääviä vaikutuksia. Kuvassa 1. on havainnollistettu opinäytetyössä tehdyn tutkimuksen kulku.

Työkohteet eivät ole suoraan verrannollisia keskenään, sillä työvaiheet eivät olleet samat molemmissa työkohteissa. Tutkimuksessa tarkasteltavana olevissa työkohteissa talviolosuhteet ajoittuivat toisistaan eriäviin työvaiheisiin, minkä ansiosta oli mahdollista tarkastella vaikutuksia urakkakokonaisuuksien eri työvaiheisiin. Työkohteessa yksi vaikutukset kohdistuivat perustustöihin ja kohteessa kaksi tarkastellaan vaikutuksia piha-alueen putkitustyövaiheeseen.



Kuva 1. Opinnäytetyön tutkimuksen kulku

Tarkasteltavissa kohteissa roudansulatuksen työmenetelmät poikkesivat toisistaan, mutta työvaiheet olivat samat ja siten vertailukelpoiset keskenään.

Roudansulatusmenetelminä tässä tutkimuksessa on käytetty

- höyrytystä
- siirrettäviä lämpövoimaloita
- polttoainekäyttöisiä sulattimia
- lämpösäteilijöitä

Vaikutusten vertailu tehtiin kustannusvertailusta ja aikataulun vaikutusten vertailusta.

Yksikkökustannukset ovat samoja, vaikka työtunteja samanarvoisen työn tekemiseen on toisessa työkohteessa kulunut enemmän.

Työn tuloksena oli tarkoitus selvittää yritykselle talvityökerroin, jota voidaan hyödyntää tulevissa urakkalaskelmissa. Kertoimen avulla on mahdollista varautua ennakoivasti kustannus- ja aikatauluvaikutuksiin.

Opinnäytetyö on rajattu siten, että siinä tutkitaan ja tarkastellaan ainoastaan talviolosuhteista aiheutuneita kustannuksia ja aikatauluvaikutuksia urakkaan. Opinnäytetyössä ei tutkita, eikä vertailla sulanmaan aikana suoritettua työtä. Vertailuarvoina käytetään laskennallisia taulukkoarvoja työsaavutuksista, joita vertaillaan työkohteiden toteutuneisiin työsaavutuksiin.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä työssä käytetään empiiristä kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen menetelmien yhdistelmää, jossa tutkimustapana on case-malli. Kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen avulla selvitetään prosentiosuuksiin sekä lukumääriin liittyviä kysymyksiä.

Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää kooltaan riittävää otosta. Tutkimusaineisto kerätään yleensä valmiit vastausvaihtoehdot sisältävillä kysymyslomakkeilla. Kuvaajat ovat usein numeerisia suureita, joilla selvitetään eri asioiden välisiä riippuvuuksia sekä tapahtuneita muutoksia tutkittavissa ilmiöissä. Kvantitatiivinen tutkimus selvittää tutkittavan kohteen nykytilanteen selvittämättä asioiden syitä. (Heikkilä 2014, 16-17.)

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään kokonaisvaltaisesti kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä. Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara toteavat Tutki ja kirjoita -teoksessaan, että tapaustutkimuksessa on tyypillistä kerätä aineistoa käyttämällä eri metodeja, kuten dokumenttien tutkimista sekä osallistuvaa havainnointia (Hirsjärvi ym.2009, 134-135, 161–162, 208.)

Työn teoriaosassa käsitellään talven sekä talvityön määritelmät, työmenetelmiä ja työvälineitä. Teoriaosan tutkimusmateriaalina käytetty aineisto koostuu alan ammattikirjallisuudesta sekä laitevalmistajien julkaisuista.

Opinnäytetyössä käytettiin aineistonkeruumenetelmänä osallistuvaa havainnointia. Aineiston keräyksessä havainnollistaminen on helppo ja yksinkertainen toteuttaa, ja sen avulla pystytään löytämään vastaukset tutkittavista ongelmakohdista. Opinnäytetyössä havainnoinnin keinoina käytetään toteutuneita laskelmia kustannus- ja aikatauluvaikutuksista. Kulurakennetta havainnointiin toteutuneilla kustannuksilla.

2 AIKATAULUTUS JA KUSTANNUKSET

Aikataulu on malli hankkeen toteutuksesta, jonka tehtävänä on löytää realistinen toteutusmalli käytettävissä olevilla tiedoilla. Tässä toteutusmallissa asetetaan hankkeen ja yksittäisten työtehtävien tavoitteet. Realistisesti suunnitellut tavoitteet voidaan mitata aika- ja tuotossidonnaisina.

Aikataulua tehtäessä on huomioitava seuraavat osa-alueet:

Työmenekillä tarkoitetaan työntekijän, työryhmän tai koneen vaatimaa aikaa, jossa saadaan suoritettua yksi suoriteyksikkö. Summaamalla yksittäisten työntekijöiden työmenekit saadaan laskettua työryhmän työmenekki

Työsaavutuksella tarkoitetaan työryhmän suorittamia suoritteita, jotka työryhmä on suorittanut aikayksikössä.

T3-ajalla eli työvuoroajalla määritellään tavoitteellinen työmenekki vaihe- ja viikkoaikatauluja tehdessä sekä laskettaessa tehtävien kestoja tehtäväsuunnitelmissa.

TL3-kerroin on työvaiheen lisäaikakerroin, jolla huomioidaan pieniä erillisiä työvaiheita, huoltoja tai konerikkoja odotusaikoja tms.

T4-aika on kokonaisaika, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit. Kokonaisaikaa käytetään yleisaikataulun laadinnassa sekä arvioitaessa kustannuksia. (Ratu KI-6028: 2015.)

Liitteessä 1. on nähtävissä laskukaavat, joilla edellä mainitut määreet saadaan laskettua.

Aikataulua suunniteltaessa käytetään rakennusvaiheiden normaalikestoja, jotka määritellään ajoitusmallilla. Vaiheina aikataulussa ovat

- maanrakennus
- perustus
- runko
- sisävaihe
- luovutus

Normaalikestot määräytyvät kokonaistyöpanoksista, jotka on määritelty Talo 80 -rakennusosanimikkeistön mukaisesti. Maanrakennusvaihe ei kuitenkaan

sisällä rakenteiden eikä ulkovarusteiden kokonaistyöpanoksia, koska ne sisältyvät sisävalmistustöiden kokonaistyötuntimäärään. Ulkopuolisten rakenteiden kokonaistyöpanos taas sisältyy runkovaiheen kokonaistuntimäärään. Maanrakennuksen normaalikesto saadaan selvitettyä laskennallisesti käyttämällä kaavaa $1,3 \times$ maanrakentamisen kokonaistuntimäärä -7,3. (Ratu KI-6028: 2015.)

Kustannuksia on mahdollista tarkastella erilaajuisina kokonaisuuksina, jolloin kustannukset jaetaan osiin. Koko hanketta arvioidaan kokonaiskustannuksista, jotka koostuvat koko hankkeen eri vaiheiden yhteenlasketuista kustannuksista. Rakennuskustannukset käsittävät työmaalla syntyneet materiaalikustannukset ja rakennuttamisesta aiheutuneet kustannukset. Kustannuksista suurin osa määräytyy suunnitteluvaiheessa ja kustannusten toteutuminen tapahtuu rakennusvaiheessa. (RT 10-11226: 2016.)

Talvikustannukset ovat olosuhderiskien aiheuttamia kustannuksia, joiden aiheuttajina ovat

- työmenekkien lisääntyminen
- muutokset materiaaleissa
- energiatarpeen nousu
- muutokset kaluston tarpeessa
- kasvava rakennusaika

Talvikustannusten määrittämiseksi on tarkasteltava tietoja rakennettavasta kohteesta, hankkeen ajoituksesta ja rakennussuunnitelmista. Materiaalien kustannuksia selvittäessä tulee selvittää hinta sekä menekkierot kesään verrattaessa. (Ratu C8-0377:2010.)

3 TALVITYÖT MAANRAKENNUKSESSA

Talviolosuhteet aiheuttavat haittoja maanrakennuksessa. Haittojen aiheuttajana on sääolosuhteet. Talvesta aiheutuneisiin lisätyövaiheisiin kuuluvat lumi- ja jäätyöt, roudan rikkomis- ja sulatustyöt sekä lämmitystyöt.

Talviolosuhteista aiheutuvia haittoja ovat työsuoritusten hidastuminen, mikä aiheutuu koneiden rikkoutumisesta tai käyttövaikeuksista. Sääolosuhteista aiheutuvia haittoja syntyy kylmästä ilmasta aiheutuvista roudasta ja lumesta. Talviolosuhteiden haittoihin lasketaan myös pimeydestä aiheutuvat haitat.

Talvihaittojen aiheuttamista lisätöistä aiheutuu myös lisäkustannuksia, jotka ovat seurauksia rakennusajan kasvusta, materiaalien hukasta tai muuttuneista materiaaleista, työmenekin kasvusta, koneiden ja laitteiden muuttuneesta määrästä sekä energiantarpeen kasvusta. (Koskenvesa 1991.) Talviolosuhteet tuottavat haittaa myös töiden tahdistamiseen, koska kaivantaja ei voi jättää aukinaiseksi, sillä avoimien kaivantojen pohjat jäätyvät. Myös koneiden vaihtelevat työsaavutukset vaikuttavat tarvittavan kuljetuskaluston mitoittamiseen. (Kankainen ym. 1989, 51.)

Tiivistystyövaiheeseen talviolosuhteiden olennaisin vaikutus syntyy materiaalissa olevan veden käyttäytymisen muutoksesta. Lämpötilan lasku vaikuttaa veden voiteleviin ominaisuuksiin heikentävästi, minkä seurauksena tiivistystä parantavat ominaisuudet muuttuvat heikentäviksi. Jäätyvä vesi myös turpoaa, jolloin materiaalin huokokset täyttyvät osittain kiinteällä jäällä, jota ei saa poistettua tiivistämällä ennen jään sulamista. (RIL 156: 1995, 147.)

3.1 Laadunvalvonta

Laatukriteeri rakennustuotannossa on työn valmistuminen suunnitelluissa kustannuksissa sekä aikataulussa. Työ on laadukasta, kun se on valmistettu turvallisesti ja määritettyjen laatutavoitteiden mukaisesti. Lopputuloksen on vastattava suunnitteluasiakirjoja, työlle määrättyjä laatuvaatimuksia sekä työstä tehtyä hyväksytyä mallityötä. Laadukkaaseen lopputulokseen päästään hyvää rakennustapaa käyttämällä. (Ratu ki-6029:2017, 11.) Maarakentamisessa laatuvaatimusten täyttyminen varmistetaan työnaikaisilla varmistustoimilla. Laatuvaatimusten toteutumista seurataan työn aikana ja mahdolliset poikkeamat korjataan välittömästi. (Ratu ki-6029:2017, 70.)

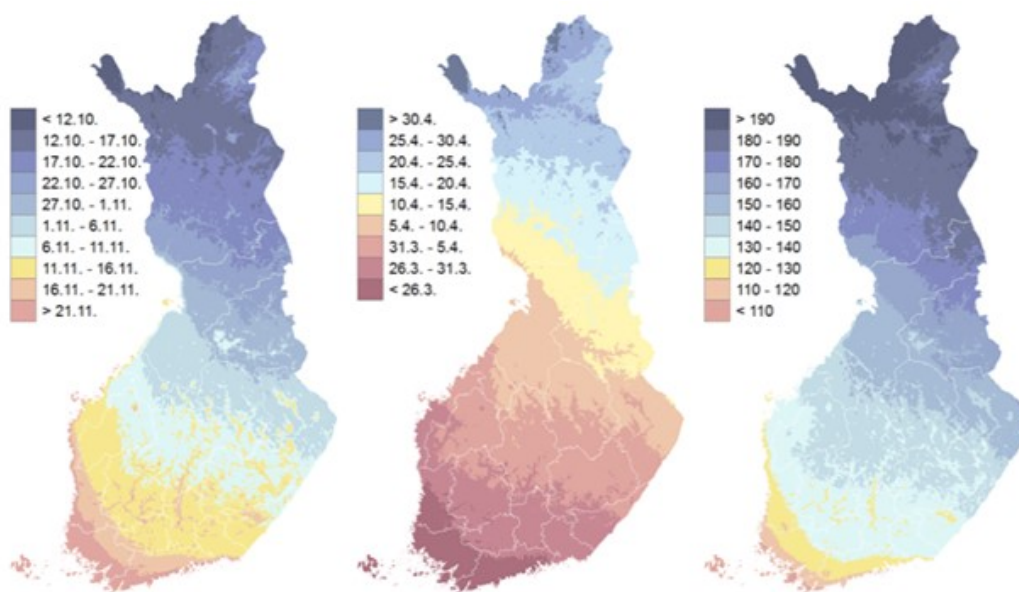
3.2 Talven määritelmä

Terminen talvi alkaa vuorokautisen keskilämpötilan laskiessa pysyvämmiin nollan celsiusasteen alapuolelle, jolloin myös maa alkaa routaantumaan. Nykyään termisten vuodenaikojen vaihtuminen perustuu edellisten viikkojen/kuukausien aikana laskettuun lämpösummaan. Esimerkiksi talvi alkaa seuraa-

vasta päivästä, kun syyskuun alusta laskettujen vuorokauden keskilämpötilojen summa on saavuttanut suurimman arvonsa. Tällöin lämpötilan voidaan katsoa olevan pysyvämmiin nollan alapuolella, vaikka yksittäisinä vuorokausina nolla astetta saatettaisiin ylittääkin. (Ilmatieteen laitos 2021.)

Rakennusalalla talvikaudella tarkoitetaan termisen talven ajanjaksoa. Talvikauden kesto on Etelä-Suomessa keskimäärin 140 vuorokautta. Kun talvikauden lisätään keväällä ja syksyllä ilmenevät satunnaiset kylmät jaksot, saadaan talvityötä vaativaksi ajanjaksoksi lähes puolet vuotuisesta rakennusajasta. (Koskenvesa 1991.)

Kuvassa 2 on havainnollistettu termisen talven ja kevään keskimääräiset alkamisajankohdat sekä talven kesto vuorokausina. Kuvien tiedot ovat keskimääräisiä tilastoja vuosilta 1981-2010. (Ilmatieteen laitos 2021.)



Kuva 2. Termisen talven ja kevään keskimääräinen alkua (Ilmatieteen laitos 2021)

Vasen kartta osoittaa termisen talven keskimääräisen alkamisajankohdan ja keskimäinen kartta osoittaa kevään alkua.

Oikealla olevasta kartasta voidaan nähdä talven kesto vuorokausina

Routa on kylmästä ilmastosta johtuva jokavuotinen ilmiö, joka on haitta- ja vaaratekijä rakenteille sekä rakentamiselle. Joissain olosuhteissa routaa voidaan kuitenkin käyttää myös hyödyksi.

Roudalla tarkoitetaan kovettunutta maakerrosta, joka on syntynyt maa-aineksen sisältämän veden jäätyessä. Maan lämpötilan laskiessa alle 0 °C:n alkaa maassa muodostua routaa. Kyseistä muodostumistapahtumaa kutsutaan routaantumiseksi. Routaantuessa maan geotekniset ominaisuudet muuttuvat ja merkittävin muutos on maan lujuuden kasvu. (Rantamäki ym. 2009.)

Maanrakennustöissä on olennaista tietää routimisen ja roudan sulamisen ajankohdat sekä roudan syvyys. Esimerkiksi maan jäätyminen haitallisen syvälle tapahtuu viiveellä pakkasten alkaessa ja keväällä roudan sulamiseen kuluu aikaa pakkasten loputtua. Roudan haittavaikutuksia aiheutuu työsaavutuksiin roudan ollessa 0,4 m syvyydessä. Tähän kuluu aikaa pakkasten alkamisesta 1-1,5 kuukautta. Keväällä roudan sulaminen kestää normaalisti 0,5-1,5 kuukautta pakkasten loppumisesta.

Roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat maalaji, pakkasmäärä sekä maan pintakasvillisuus ja pinnanmuoto (Kankainen ym. 1989, 19.)

Erilaisia roudan esiintymismuotoja ovat:

- **Rouste eli pintarouta**

Rouste on pystysuorista jääneulasista ja -sälöistä muodostunut routatyyppi. Neulasten ja sälöjen yläpäässä on ohut maakerros. Neulaset ovat alaspäin piteneviä. Maa neulasten alla on sulaa. Roustetta havaitaan syksyisin ensimmäisten pakkasten aikana ennen lumen tuloa sekä keväisin yöpakkasilla. Kuvassa 3. on nähtävissä roustetta. (Rantamäki ym. 2009, 115.)

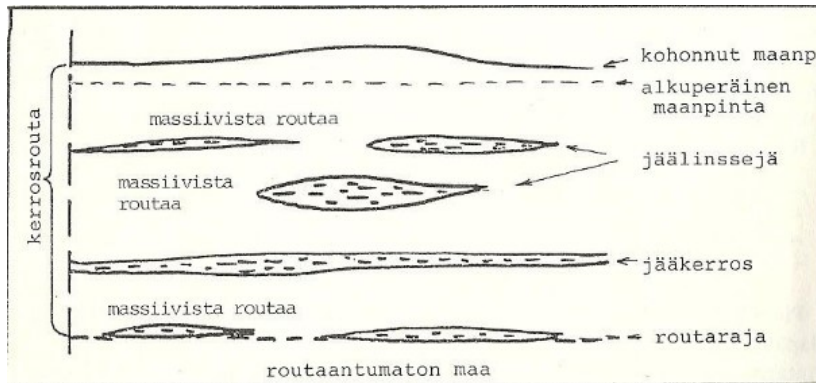


Kuva 3. Rouste eli pintarouta

- **Kerrosrouta**

Kerrosroudassa vaihtelee pääosin vaakasuorat ja paksuudeltaan vaihtelevat jääkerrokset ja linssit. Kerrosten väleissä on massiivisesti routaantuneita tai osittain sulia kerroksia. (Rantamäki ym. 2009, 115-116).

Kerrosroudan rakennetta on havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4. . Kerrosroudan rakenne (Rantamäki ym, 2009,116)

- **Onkalorouta**

Onkalorouta on muokattuun ja löyhään maahan pintakerrosonkaloiden seinämiin syntyvä roudan esiintymismuoto. Onkalorouta syntyy veden ollessa jäätyneenä pieninä neulasina onkaloiden seinämissä. (Rantamäki ym. 2009, 115-116.)

- **Massiivinen routa**

Massiiviseksi roudaksi kutsutaan routakerrosta, joka on kertynyt koko talvikauden aikana. Massiivisen roudan kerroksen kokonaistilavuudessa ei havaita muutoksia.(Rantamäki ym. 2009 115-116.)

3.3 Talvityöt ja työmenetelmät

Talvityöt rakentamisessa on jaoteltu Talo 90 -nimikkeillä neljään ryhmään, joiden sisältämät työtehtävät on eritelty kuvassa 5. (Koskenvesa 1991, 709).

Talven aiheuttamat lisätyöt (Talo 90)	Sisältö
C81 Lumi- ja jäätyöt	lumen luonti, jään poisto ja sulatus erillisenä työnä rakenteilta tai rakennusalueelta sekä lumenajo ja hiekoitus
C82 Roudan rikkominen ja sulatus	erillisenä työnä tehtävä jäätyneen maan rikkominen ja sulatus
C83 Lämpösuojaus	rakennuksen ja rakenteiden lämpösuojaus erillisenä työvaiheena
C84 Lämmitys ja kuivaus	rakennusosien lämmitys ja kuivaus, kuten lämmityslaitteiden hoito ja huolto sekä lämmitysasemien pystytys ja purku

Kuva 5. Talven aiheuttamat lisätyöt (Koskenvesa 1991, 709)

Maarakennusvaiheeseen liittyviä lisätöitä tulee eniten lumi- ja jäätöistä sekä roudan rikkomisesta ja sulatuksesta. Lämmitys- ja kuivauslisätöitä syntyy maarakennusvaiheessa perusmaan sulatuksesta ja sulana pitämisestä sekä lumen ja jään sulatukseen liittyvistä töistä. Lämpösuojaukseen liittyviä työvaiheita maarakennuksessa suoritetaan perustusmonttujen suojausvaiheessa. Valmiit perustusmontut on pidettävä sulana, jotta voidaan suorittaa perustusten valutyöt.

Talvesta aiheutuneisiin lisätöihin sisältyy erillisiä työvaiheita, joita määrätty työntekijät suorittavat esimerkiksi lumi- ja jäätöiden yhteydessä.

3.4 Roudan rikkomisessa käytetyt työvälineet

Iskuvasara on kaivukoneeseen kiinnitettävä hydraulitoiminen lisälaitte, jonka toiminta perustuu toistuvaan teräsmännän edestakaiseen liikkeeseen. Teräsmäntä lyö alastullessaan vaihdettavaan rikutusterään, josta rikutusenergia välittyy rikottavaan materiaaliin. Kuvassa 6. on nähtävissä Suomessa valmistettu Rammer- iskuvasara.



Kuva 6. Iskuvasara (Marakon 2021)

Routapiikki on kaivukoneeseen kauhan tilalle liitettävä lisälaitte, jolla jäätynyt tai muuten kovettunut maa saadaan rikottua. Routapiikillä kovettunut maa-aines revitään kappaleiksi. Piikit on suunniteltu siten, että niistä saadaan optimoitu murto- ja irrotusmomentti. Routapiikeissä on vaihdettavat kynnet, jotka pidentävät laitteen käyttöikä. Kuvassa 7. on esitetty routapiikki, jossa keltainen osa piikin päässä on vaihdettava kynsi. Kynsi on kiinnitetty runkoon pultilla.



Kuva 7. Routapiikki (Engcon 2021)

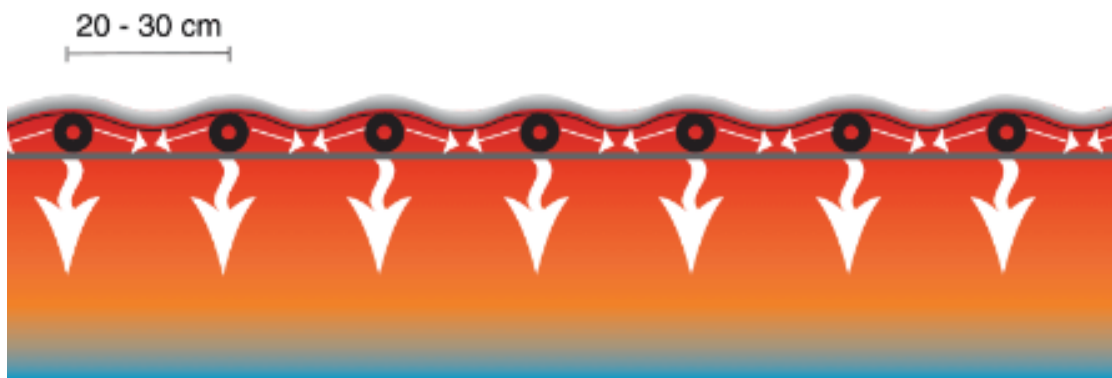
3.5 Roudan sulatuksessa käytetyt menetelmät

Routaa voidaan sulattaa liikuteltavilla lämpövoimaloilla, yksi vaihtoehto on Heatwork. Järjestelmässä on nestekiertoiset putket, jotka levitetään sulatettavalle alueelle. Laitteistossa on suljettu nestekiertojärjestelmä, joka lämmittää maata suoraan. Lämmönsiirron maksimoimiseksi ja lämpöhäviön minimoimiseksi lämpöletkut peitetään eristematoilla. Heatwork-laitteistolla saadaan sulatettua 200m²:n ala 40-80 cm syvyydeltä vuorokaudessa riippuen maaperän ominaisuuksista. Kuvassa 8 on HeatWork-merkkinen siirrettävä lämpövoimala.(HeatWork 2021).



Kuva 8. HeatWor- laitteisto (HeatWork 2021)

Kuvassa 9 on esitetty Heatwork-laitteiston lämmitysletkujen asennuseriaate, lämmön johtuminen sekä lämpöpeitto putkien päällä. Peiton tarkoitus on estää lämpöhäviöitä.



Kuva 9. HeatWork sulatus (HeatWork 2021).

Routamatto levitetään sulatettavalle alueelle, joka on puhdistettu lumesta. Matot on suojattava teräviltä esineiltä eikä mattojen päällä saa kävellä. Matot ovat kooltaan 1X3 m ja niiden sulatusteho on maksimissaan 50 cm/vuorokaudessa. Kuvassa 10 on havainnollistettu routamatto. (Haucon 2021).



Kuva10. Routamatto (Haucon 2021)

Polttoainekäyttöiset roudansulattajat ovat öljyllä ja kaasulla toimivia lämmittimiä. Laitteilla sulatus saadaan aikaan polttoöljyllä tai kaasulla tuotettuun lämpöön, joka johdetaan puhaltimella peltisiä kanavia pitkin sulatettavaan kohteeseen, kuten kuvassa 11.



Kuva 11. Polartherm öljyroudax järjestelmä (Polartherm 2021)

Polttoainekäyttöisten roudansulattajien kanavat ovat 1-2 metrin levyisiä ja tämän ansiosta ne soveltuvat parhaiten kaivantojen sulatukseen. Yhden puhaltimen toiminta-alue on laskennallisesti 13 metriä käytettäessä metrin levyistä kanavistoa. Jos sulatettava alue on pidempi, voidaan puhallin asentaa kanavan molempiin päihin. (Polartherm 2021).

Höyrytys

Höyrytyksessä käytetään siirrettäviä höyrynkehittäjiä, joissa on läpivirtaushöyrykattila. Kehittimessä vesi pumpataan tulipesässä olevaan höyrykierukkaan, joka on lämmitetty öljypolttimella. Kierukassa oleva vesi höyrystyy ja kierukasta höyry johdetaan letkuilla käyttökohteeseen. Höyryn painetta voidaan säätää. Siirrettävä kehitin tuottaa 100- 200° C lämpöistä höyryä 300-580 kiloa tunnissa. Kuvassa 12 on havainnollistettu höyrynkehitin. (Steamrator 2017).



Kuva 12. Siirrettävä höyryn kehitin (Steamrator 2017)

4 TYÖKOHTEET

Tarkasteltavat urakat sisältävät anturoiden pohjien kaivuun, jäte- ja sadevesiviemäri- sekä salaojajärjestelmien kaivamisen ja asentamisen, rakennuspohjien kaivamisen sekä rakennuspohjien ja piha-alueiden täyttötöiden rakennekerrosten osalta. Urakoihin ei kuulu viher- ja istutusalueiden rakentaminen.

Päätös työkohteissa käytettävän kaluston määrästä ja kokoluokasta määräytyy yleisesti kohdekohtaisesti. Työkohteen kalusto määritellään pääosin jo urakkalaskennassa, jolloin on mahdollista varautua kalustokustannuksiin. Käytettävät työmenetelmät valitaan työmaalla työnjohdon toimesta. Menetelmien valinta tehdään vallitsevien olosuhteiden perusteella. Menettely mahdollistaa nopean reagoinnin, jos olosuhteisiin tulee muutoksia.

Työssä tarkasteltavat urakat on aikataulutettu pääurakoitsijan aikataulutuksen mukaisesti. Tämän takia omien työvaiheiden sijoittelu optimaalisiin olosuhteisiin ei ole mahdollista. Koska osa työvaiheista on suoritettava talviolosuhteissa, kohdistuu niihin haittoja. Haittaa aiheuttavia tekijöitä kohteissa olivat

- lumi
- routa
- kylmä ilma

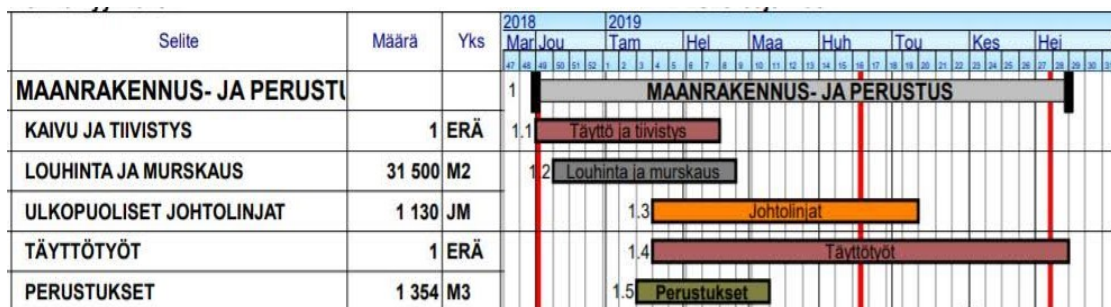
Lumesta seuraa haittaa kaivettavan alueen havainnointiin ja maa-aineksien sekoittumisesta lumen kanssa. Lumisella materiaalilla ei voida suorittaa täyttötyötä, koska sulaaessaan lumi laskee täytökerrosta ja heikentää kantavuutta.

Roudan haittoina on työvaiheiden lisääntyminen sekä kaivamisen hidastuminen, koska koneet eivät voi kaivaa jäistä maata. Esimerkiksi perustuksia ei saa tehdä jäätyneelle alustalle, josta syystä routainen maa on poistettava. Routa on rikottava, jotta kaivaminen voidaan suorittaa.

Jäinen maa ei myöskään kelpaa täyttömateriaaliksi, jolloin se on korvattava uudella materiaalilla. Poistettava maa-aines, joka sisältää jäätyneen maan kimpaleita eli kameja voidaan käyttää täytössä vasta sen sulamisen jälkeen. Jos maa-aines voidaan varastoida työmaalle sulamaan myöhempiä työvaiheita varten.

4.1 Työkohde 1

Tapauksessa 1 tarkastellaan työkohdetta, joka on Järvenpäässä sijaitsevan logistiikkakeskuksen laajennus. Laajennettavan alueen pinta-ala oli 7000 m². Kohteen pohjarakennusvaihe aloitettiin talviaikana marraskuussa 2018. Kohteeseen on kuvan 13 mukaisesti suunniteltu MRU-aikataulu, jonka perusteella työ on toteutettu. Aikatauluote on pääurakoitsijan luomasta aikataulusta.



Kuva 13. MRU aikataulu kohteessa yksi.

Rakennettavan alueen pohjaolosuhteet sisälsivät louhittavaa kalliota, perustäyttöön sopivaa hiekkasoraa sekä poistettavaa moreenia.

Kohteen urakkaan sisältyi rakennettavan rakennuksen perustusten kaivamistyö, vesi- viemäri- ja salaojajärjestelmien kaivu- ja asennustyöt sekä rakennuksen ja piha-alueiden rakenteet.

Kyseisenä talvena pohjarakentamisen olosuhteet olivat vaativat, koska maassa ei ollut pakkasten alkaessa suojaavaa lumipeitettä, joka olisi suojanut maaperää routaantumiselta. Pohjatäyttökerrokseen muodostui puolen metrin paksuinen onkaloroutakerros, joka piti poistaa ennen lattian rakennekerrosten tekoa.

Perustusmonttuja kaivettiin siten, että anturanpohjien avoin aika oli mahdollisimman lyhyt. Valmiit anturapohjat suojattiin levittämällä anturapohjiin Finnfoam-levyt sekä kevytpeitteet, jotta saatiin estettyä pohjan jäätyminen sekä lumen sataminen valmiille anturapohjille. Anturapohjien eristys purettiin anturamuottien valmistusvaiheessa, jolloin anturapohjat olivat alttiina esimerkiksi lumisateelle.

4.2 Käytetyt työmenetelmät työkohteessa 1

Roudan hajotus suoritettiin työkohteessa iskuvasaralla. Iskuvasaraa jouduttiin käyttämään, koska routakerros oli puolen metrin paksuinen, eikä routapiikillä voida hajottaa niin paksua routakerrosta. Tässä työkohteessa routapiikkiä käytettiin alueilla, joissa paksut routakerrokset oli läpäisty vasaroimalla. Vasaroidut ja koukutetut alueet sulatettiin höyryttämällä.

Roudan sulatuksessa käytettiin tässä kohteessa höyryä, joka tuotettiin suuritehoisella höyryautolla. Kuvassa 14 on nähtävissä työkohteessa käytetty kalusto. Höyryauto oli tehokkain väline roudan sulatukseen sen suuresta ja tehokkaasta höyryntuotantokapasiteetista johtuen.



Kuva 14. Höyrytyskalusto

Auton tuottama höyry johdettiin letkuilla sulatettavana olevalle alueelle levitettyihin höyrykampeihin. Höyrykammat on havainnollistettu kuvassa 15 Höyrykampejen tehtävänä on höyryn kohdistaminen sulatettavaan kohteeseen.



Kuva 15. Höyrykammat

Höyrykamat peitettiin pressuilla, jolloin höyryn sulatusteho pystyttiin kohdistamaan suoraan maahan mahdollisimman tehokkaasti. Kuvassa 16 sulatettavalle alueelle on levitetty höyrykamat sekä työstettävä alue on peitetty pressulla. Kuvassa höyrytystyö on aloitettu.



Kuva 16. Höyrytys käynnissä

Työstettävää aluetta höyrytettiin 90-120 minuutin ajan. Kerralla työstettävän alueen koko oli keskimäärin 42m².

Höyrytystä suoritettiin yhden työpäivän aikana keskimäärin yhdeksän tunnin ajan. Höyrytysauton oma vesisäiliö ei ollut riittävän suuri, jotta höyrytykseen käytettävä vesi olisi riittänyt koko päivän kestävään höyrytykseen. Tässä kohteessa veden lisäys hoidettiin säiliöautolla, joka toimitti päivän aikana kaksi säiliöllistä vettä höyryauton tarpeisiin.

Työkohteessa höyrytystä käytettiin myös anturoiden ympärystäyttöjä tehtäessä mahdollisesti sataneen lumen sulatukseen. Sulatukseen käytetyn höyryn tuotantoon käytettiin siirrettävää höyrykonttia, joka ei soveltunut routineen maan sulatukseen tässä kohteessa pienemmän höyryntuotantokapasiteettinsa vuoksi. Lumen sulatukseen sekä pienten alueiden roudan sulatukseen kyseinen kalusto on riittävä.

Höyrytetyltä alueelta poistettiin jäiset maapaakut, eli kamit sekä varmistettiin ettei työstettävälle alueelle jäänyt routaisia alueita. Jos alueen sulatus ei ollut riittävä ja siinä havaittiin jäistä maa-ainesta, suoritettiin höyrytys uudelleen.

Routineen maa-aineksen poiston jälkeen alue tiivistettiin 10 tonnin painoisella valssiyrällä vaatimusten mukaisesti. Tiivistetyn perusmaakerroksen päälle rakennettiin jakava kerros samalle alueelle, jolla oli suoritettu roudan hajotus- ja sulatustyövaiheet.

4.3 Laadunvalvonta työkohteessa 1

Laadun valvontaa suoritettiin työn kuluessa silmämääräisesti työtapatarkkailuna. Tilaajan määräämänä tarkempaa laadunvalvontaa suoritettiin keväällä roudan sulamisen jälkeen suoritetuilla koekuoppien kaivamisella.

Koekuoppien tarkoituksena oli kontrolloida talviaikana tehdyn täyttötöyön laatu, jotta voitiin todeta käytettyjen materiaalien olleen sulia. Samalla varmistuttiin, ettei sulatus- sekä täyttövaiheiden aikana ollut maahan jäänyt jäistä maa-ainesta tai lunta.

Ylimääräinen laadunvalvonta aiheutti vaikutuksia urakan aikatauluun sekä kustannuksiin. Urakkaan kuuluvana laadunvalvontana alueelta otettiin lisäksi painumakokeita heavy loadman -menetelmällä.

Kuvaan 17 on otettu kohteen yksi työselostuksesta kantavuuskokeiden minimiarvot sekä kuvassa 18 on nähtävissä kantavuuskokeiden mittaustulokset.

Tiiviystarkkailu

Rakennusalueen rakennekerrosten tiivistystyötä tarkkaillaan lähinnä työtapatarkkailuna. Tällöin tiiviysasteita vastaavien kantavuuskokeiden E_1 tai E_2 arvojen ja niiden suhteiden tulee olla:

	Kantavuus (MN/m²)	E_2/E_1
Jakava kerros	$E_2 \geq 87$	≤ 2.2
Kantava kerros	$E_2 \geq 122$	≤ 2.2
Yleistäyttö	$E_2 \geq 87$	≤ 2.2
Alapohjan alustäyttö (yleensä)	$E_1 \geq 50$	≤ 2.2
Alapohjan alus- täyttö (lattian alta)	$E_2 \geq 126$ $E_1 \geq 60$	≤ 2.1
Perustusten alus- täyttö	$E_1 \geq 60$	≤ 2.2

Kuva 17. Kantavuusarvot.

HEAVY LOADMAN PUDOTUSPAINOKOKEIDEN TULOKSET

Työnumero:		<input type="checkbox"/> pengertäyte
Tilaaaja:	JOKIOISTEN MAARAKENNUS OY	<input type="checkbox"/> lattian alustäyte
Tutkimuskohde:	JÄRVENPÄÄ	<input type="checkbox"/> perustuksen alustäyte
	KOEKUOPPIEN TARKISTUS MITTAUKSET	<input type="checkbox"/> suodatinkerros
Säättilä:	POUTA +1	<input checked="" type="checkbox"/> jakava kerros
Kantavuusvaatimus:		<input type="checkbox"/> kantava kerros
E1	50 MN/m ²	<input type="checkbox"/> arina
E2	MN/m ²	<input type="checkbox"/> antura
E2/E1	< 2.2	<input type="checkbox"/> massanvaihto

Paikka	No	E ₁ (MN/m ²)	E ₂ (MN/m ²)	Suhde E ₂ / E ₁	Huom.	Pvm
1-3/1-C	1	72	101	1,40	+47.80	5.2.2019
1-4/1-C	2	80	114	1,43	+47.80	"

Kuva 18 Mittaustulokset.

Verrattaessa saavutettuja arvoja vähimmäisvaatimukseen voidaan todeta maan tiivistyksen olleen riittävää ja tiiveysarvojen täyttyneen.

Kohteessa otettiin myös rakennuttajan valvojan ylimääräisenä määräämät levykuormituskokeet, jotka liittyivät lattian alusrakenteen kantavuusominaisuuksien varmistukseen. Levykuormituskokeiden vaikutuksia urakkaan ei käsitellä tässä työssä.

4.4 Työkohde 2

Tapauksessa kaksi tarkastelussa on Tuusulassa sijaitseva logistiikkahalli, jossa työskentelyalueen kokonaispinta-ala oli 3000 m². Tässä työkohteessa urakan sisältönä oli perustusten kaivaminen, paalutus, vesi-viemäri- ja sala-ojajärjestelmien kaivu- ja asennustyöt, rakennuspohjan sekä piha-alueiden rakennekerrosten teko.

Perustustyövaihe kohteessa aloitettiin kesäaikana, joten kohteessa säästyttiin talvitöiltä perustustyövaiheessa. Kohteen putkityöt aloitettiin syyskuussa 2020. Putkitustyötä ei suoritettu loppuun yhtäjaksoisesti, sillä sen katsottiin olevan sekundaarinen työvaihe, joka ei tahdita urakkaa.

Aikataulua tahdittamatonta työtä on mahdollista tehdä osa kerrallaan ja jatkaa tahdittavien vaiheiden salliessa. Viemäritöiden alettua työryhmät ohjattiin suo-

rittamaan rakennuksen sokkelin sisä- ja ulkopuolen täyttöjä, jotka ovat rakentamisessa tahdittavia työvaiheita. Viemäritöitä voitiin jatkaa silloin, kun tahditavat työvaiheet sen mahdollistivat.

Putkitusta on tehty osa kerrallaan talviaikana 2020-2021, tämän takia kohteessa on jouduttu tekemään talvesta aiheutuvia lisätöitä tammikuusta 2021 lähtien.

Lisätöinä kohteessa olivat

- roudan rikkominen
- roudan sulatus
- lumityöt

Nämä työvaiheet aiheuttivat lisäkustannuksia ja aikatauluvaikutuksia urakkakokonaisuuteen. Työkohteessa jouduttiin suorittamaan talvesta aiheutuneita lisätöitä piha-alueella sijaitsevien viemäreiden asennuksen yhteydessä. Koska viemäröintityö kohdistuu pienemmälle alueelle kuin kohteessa yksi suoritettujen perustustyöt, oli tässä kohteessa mahdollista käyttää kevyempiä menetelmiä roudan sulatuksessa.

4.5 Käytetyt työmenetelmät työkohteessa 2

Työkohteessa routaantunutta maa-ainesta oli puolen metrin kerros, jonka rikkomiseen käytettiin iskuvasaraa. Routapiikkiä ei tässä kohteessa käytetty roudan hajottamiseen, koska kohteessa suoritettiin putkikaivannon kaivuutöitä. Putkikaivantoja tehtäessä kaivannon täyttömateriaalina käytetään yleisesti uutta materiaalia, koska kohteen maa-aines ei rakeisuudeltaan tai muilta ominaisuuksiltaan ole täyttöön sopivaa materiaalia.

Roudan sulatukseen käytettiin tässä työkohteessa pääasiassa routamattoja. Veeluja sekä siirrettävää lämpövoimalaa käytettiin roudansulatustyön alkuvaiheissa, koska kyseiset menetelmät sulattavat routaa nopeammin verrattuna routamattoihin. Työn edetessä sulatusta oli mahdollista jatkaa käyttämällä pelkkiä routamattoja.

Työtä aloitettaessa on perusteltua käyttää tehokkaampaa sulatuskalustoa, jolloin varsinaisen työvaiheen aloitus ei viivästy. Sulatuksen jatkaminen käyttämällä pelkkiä routamattoja alentaa sulatuksen kustannuksia mutta menettely

ei kuitenkaan vaikuta aikatauluun. Routamatoilla suoritettava sulatustyö onnistuu työn edetessä hyvin, koska varsinaista putken asennusta tehdään kaivoväleittäin. Tämä työtapa mahdollistaa sen, että yksi kaivoväli on sulatettavana toisen ollessa kaivettavana.

5 TALVITÖIDEN VAIKUTUKSIEN TARKASTELU

Aikatauluvaikutusten tarkastelussa on otettu huomioon työkohteissa toteutuneet aikatauluvaikutukset, jotka ovat talvesta aiheutuvista lisätyövaiheista sekä hidastuneesta työsaavutuksesta johtuvia.

Tarkastelussa käytetään vertailuarvona laskennallisia työsaavutuksia, jotka löytyvät taulukosta 1. (Ratu KI-6035: 2020, 27).

Taulukossa 1 esitetyt työsaavutukset ovat sulanmaan olosuhteissa saavutettavia arvoja.

Maankaivu	666 m ³ ktr/tv	1 RAM
Täyttö ja tiivistys	127 m ³ rtr/tv	1 RAM
Putkiasennus	84 jm/tv	2 RAM
– viemäröinti		
– kaivoja (1 kpl/25 jm)		

Taulukko 1. Laskennalliset työsaavutukset (Ratu KI-6035: 2020, 27)

Aikatauluvaikutusten tarkastelua varten on laskettu työkohteissa toteutuneiden työsaavutusten erittely, jonka pohjalta vertailu on suoritettu.

Maankaivun keskimääräisiä työsaavutuksia on tarkasteltu työkohteittain. Toteutuneet työsaavutukset on laskettu käyttämällä keskimääräisesti yhden työvuoron aikana kaivettua pinta-alaa, joka on kerrottu kaivetun alan paksuudella, jolloin tulokseksi saadaan keskimääräinen työvuorosaavutus.

Kohteen yksi työsaavutus.

265m²*0,5m 132,5 m³ktr/tv

Talviolosuhteissa tehdyn työn osuus kokonaisuudesta oli pinta-alaltaan noin 2400 m² jolloin optimiolosuhteissa työn kesto olisi ollut 1,75 työvuoroa. Talviolosuhteiden vaikutuksesta kestoksi voidaan laskea ilman muita haittoja yh-

deksän työvuoroa. Laskennalliseen saavutukseen on lisättävä vielä höyrytyksestä aiheutuneet vaikutukset. Höyrytyksen aiheuttamat vaikutukset olivat yhteensä kolmen työvuoron mittaiset, jolloin saadaan kestoksi noin 12 työvuoroa. Aikatauluun on tästä syystä varattava vähintään kaksi viikkoa lisää aikaa.

Kohteen kaksi työsaavutus.

44m*1,5m*2,5m 73,3 m³ktr/tv

Työkohteissa täytön kerrospaksuuksia laskettiin 30%. Ohuemmasta täyttökerroksesta aiheutuen täytön ja tiivistyksen työsaavutus laski 88,9 m³rtr/tv.

Putkiasennuksessa talviolosuhteet laskivat työkohteessa kaksi työsaavutuksen keskimäärin 44 jm/tv.

Vertailtaessa työvuorosaavutuksia voidaan todeta talviaikana suoritettujen työsaavutuksen kohteessa yksi olevan 80% ja kohteessa kaksi 90% alhaisempi kuin optimiolosuhteissa. Täyttötöön osalta työsaavutuksen lasku on tarkasteltavissa kohteissa 30%.Kohteessa kaksi suoritettujen putkiasennuksen työsaavutus on noin 52% vertailuarvosta.

Kohteessa yksi roudan rikkomiseen käytettiin 25 tonnin painoista kaivinkonetta, joka oli varustettu iskuvasaralla sekä 21 tonnin painoista kaivinkonetta, jonka varusteena oli routapiikki. Roudan rikkomisen jälkeen koneeseen vaihdettiin iskuvasaran tilalle kynsikauha, jota käytettiin höyrytyksen jälkeen pienten kaminen poistoon. Edellä mainittu menettely oli aikataulullisesti paras menetelmä, jolla saatiin alueet aikataulutehokkaasti valmiiksi höyrytystä sekä täyttötöitä varten.

Työkohteessa kaksi roudan rikkomisen suoritettiin käyttämällä samaa 25 tonnin painoista kaivinkonetta, joka suoritti rikkomisen jälkeen myös vasaroidun maa-aineksen poiston. Kohteessa ei käytetty kahta kaivinkonetta, koska kyseisessä kohteessa työvaiheena oli putkikanaalin kaivuu.

5.1 Talvitöistä aiheutuneet aikatauluvaikutukset työkohteittain

Taulukoissa 2 ja 3 on eritelty kohteissa suoritettujen talvitöiden aikatauluvaikutukset. Kohteessa kaksi käytetyt sulatusmenetelmät ovat olleet käytössä jatkuvatoimisina ja työvuoromäärät on merkattu siten, että yksi vuorokausi on yksi työvuoro.

Kohde 1		
Aikatauluvaikutukset	Tuntia	Työvuoroa
Roudan koukutus	200	25
Vasarointi	150	18,75
Kamien poisto	260	32,5
Lumityöt	147	18,38
Eristystyöt	40	5
Höyrytys	40	4
Höyrytyksessä työvuoroksi laskettu 10h		
	837	103,63

Taulukko 2. Kohteen yksi aikatauluvaikutukset

Kohde 2		
Aikatauluvaikutukset	Tuntia	Työvuoroa
Vasarointi	15	1,9
Routamatto		20
Lumityöt	46	5,75
Heatwork		5
Veelu		10
		42,63

Taulukko 3. Kohteen kaksi aikatauluvaikutukset

Jatkuvatoimisesta sulatuksesta aiheutuvia työtehtäviä ovat ensiasennus, sulatuskohteiden vaihdot ja sulatuksen jälkeinen poisto. Sulatuksen käynnistäneen työryhmän on mahdollista suorittaa muita työtehtäviä sulatuksen ollessa käynnissä.

5.2 Kustannusvaikutukset

Urakoiden kustannusvaikutusten tarkastelussa otetaan huomioon vain lisääntyneiden työvaiheiden aiheuttamia ja laitteiden vuokraamisesta aiheutuneita kustannuksia sekä kohteessa yksi huomioidaan ylimääräisten laadunvalvontatoimenpiteiden kustannukset. Koska työ suoritetaan aliurakoitsijoiden kalustolla ja työn kustannukset ovat tuntilaskutusperusteisia, ei tarkastelussa huomioida lisääntyneitä kustannuksia, joita aiheutuu esimerkiksi:

- Polttoaineen lisääntyneestä kulutuksesta
- Kaluston huoltokustannuksista

Kustannusrakenteessa käytettiin yhdistettyjä kustannuksia seuraavissa työvaiheissa:

- Koukutus ja vasarointi
 - Kone
 - Routapiikki/iskuvasara
- Höyrytys
 - Höyryauto
 - Lisävesi
- Kamien poisto
 - Lastauskone
 - Kuorma-auto

Taulukoissa 4 ja 5 on eritelty kohteiden talvitöistä aiheutuneet kustannusvaikutukset. Kustannusten määrittelyssä on käytetty kohteiden toteutuneita kustannuksia.

Kohde 1				
Kustannusvaikutusten erittely	Yksikkö	Määrä	Eur/yksikkö	Summa
Roudan koukutus	h	200	78	15600
Vasarointi	h	150	91	13650
Höyrytys	kerta	4	5177	20708
Sula kiviaines	T	7000	7,5	52500
Kamien poisto	h	260	133	34580
Eristystyö	h	40	30	1200
Lumityöt	h	147	68	9996
Ylimääräinen laadunvalvonta	h	6	68	408
Työnjohto	h	260	55	14300
				162942

Taulukko 4. Kustannusvaikutukset kohteessa yksi

Kohde 2				
Kustannusvaikutusten erittely	Yksikkö	Määrä	Eur/yksikkö	Summa
Vasarointi	h	18	91	1638
Routamatto 6 kpl	pv	28	12	336
HeatWork	erä	1	1800	1800
Veelu	pv	10	260	2600
Polttoaine veelulle	l	1000	0,9981	998,1
Lumityö	h	46	68	3128
Kamien poisto	h	4	133	532
Työnjohto	h	120	55	6600
				17632,1

Taulukko 5. Kustannusvaikutukset kohteessa kaksi

Kohteessa yksi höyrytetyn alueen pinta-ala oli kooltaan noin 2400 m². Laskettaessa yhteen menetelmien kustannukset saadaan laskettua käytetyillä työmenetelmillä neliökustannukseksi taulukon 6 mukainen summa

Routatyöt	Eur
Höyrytys	20708
Kamien poisto	34580
Koukutus	15600
Vasarointi	13650
	84538
Työstettävä ala	
2400	35,22

Taulukko 6. Kohteessa yksi käytetyn menetelmän neliökohtainen kustannus.

Laskelma osoittaa työkohteessa käytetyllä menetelmällä suoritettun työn hinnaksi 32,51 euroa neliömetriä kohden.

Taulukossa 7 havainnollistetaan kohteen kaksi kanaalityön metrikohtainen kustannus.

Routatyöt	Eur
Vasarointi	1638
Routamatto	336
HeatWork	1800
Veelu	2600
Polttoaine veelulle	998,1
Kamien poisto	532
	7904,1
kanaalimetrit	
240	32,93

Taulukko 7. Kohteessa kaksi käytetyn menetelmän metrikohtainen kustannus.

Laskelmasta voidaan todeta metrin pituisen kaivannon osan roudan poiston kustannuksen olevan noin 33 euroa kohteessa käytetyllä menetelmällä.

Työkohteen yksi kokonaisurakkasumma oli noin 1,2 miljoonaa euroa. Verrattaessa talvitöistä aiheutuneita kustannuksia urakkasummaan voidaan todeta kustannusten olleen noin 13-14 prosenttia koko urakkasummasta. Urakan tarjouslaskentavaiheessa tämän urakan talvilisäksi oli arvioitu kahdeksan prosenttia. Arvioitu talvilisä ylittyi kuudella prosentilla. Kustannusten nousu aiheutui pääosin odotettua rankemmista sääolosuhteista, joiden vaikutuksesta roudan sulatusmenetelmäksi valittiin höyrytys. Kustannusvaikutus on höyrytystä käytettäessä tarkastelluista menetelmistä suurin. Kustannusten nousu laskee työstä saatavaa katetta. Työkohteessa aiheutuneista kustannusnousuista ainoastaan kiviainesten kustannuksista saatiin hyvitystä.

Kohteen kaksi maarakennustyön kokonaisurakkasumma on noin 2 miljoonaa euroa. Laskettaessa talvitöistä aiheutuneiden kustannusten vaikutusta urakkahintaan, tässä kohteessa saadaan vaikutusten määräksi 1-2 prosenttia kokonaisurakkahinnasta. Tuloksista voidaan havaita rakennettavan kohteen työvaiheiden olevan suuressa merkityksessä kokonaiskustannuksien muodostumista tarkasteltaessa.

5.3 Vuokrattavan kaluston hintavertailu

Tarkasteltaessa vuokrakaluston kustannuksia taulukosta 6 havaitaan kevyempiin menetelmiin käytettyjen laitteiden kustannusten olevan alhaisempia verrattaessa raskaampiin menetelmiin. Eri sulatusmenetelmien kustannuksia on eritelty taulukkoon 8.

Kalusto	Eur/pv
HeatWork	360
Höyryauto	5177
Routamatto/kpl	12
Veelu+polttoaine	261

Taulukko 8. Sulatuskaluston kustannusvertailu

Kustannusvertailuun on laskettu eri menetelmien toteutuneet päiväkohtaiset kustannukset tarkastelluissa työkohteissa. Vertailun perusteella voidaan arvioida kustannuksia tulevissa urakkalaskelmissa, kun suunnitellaan mahdollisia sulatusmenetelmiä.

TULOKSET

Tarkasteltaessa talvitöiden vaikutuksia urakan aikataulutukseen voidaan havaita roudan sulatuksen vaativan huomattavasti työaikaa, eritoten käytettäessä kevyempiä sulatusmenetelmiä, kuten esimerkiksi routamattoja.

Aikataulullisesti tehokkain tapa olisi käyttää höyrytystä roudan sulatukseen, koska höyryllä on tarkastelluista menetelmistä paras vuorokautinen sulatus-teho.

Lumitöistä aiheutuvien lisätöiden vaatimien työtuntien määräksi on varattava vähintään kahden viikon työtunteja vastaava määrä. Lumitöihin varattava aika riippuu täysin toteutettavasta työvaiheesta ja työvaiheen laajuudesta, esimerkiksi putkikanaalia varten suoritettava lumityö on huomattavasti pienimuotoisempaa kuin perustustöitä tehtäessä.

Tässä työssä tarkastelluissa urakoissa talvesta johtuvien lisätöiden kustannusvaikutuksista voidaan todeta perustustyövaiheessa olevan kohteen lisäkustannusvaikutuksen olevan noin 13% urakan kokonaiskustannuksista olosuhteiden ollessa vaativat. Putkitustyövaiheessa olevassa työkohteessa, jossa olosuhteet ovat normaalit talviolosuhteet, lisäkustannukset jäävät alle viiteen prosenttiin urakan kokonaiskustannuksista.

Urakkatarkastelun tuloksena voidaan päätellä, että talviolosuhteissa suoritettavalle työlle tulee varata kahdeksasta kymmeneen prosenttia ylimääräisiä kustannuksia. Lisääntyneet ja hidastuneet työvaiheet aiheuttavat aikataulutukseen nostavia vaikutuksia. Kasvaneeseen ajantarpeeseen tulee varautua lisäämällä urakan kokonaiskestoon kohteen mukaan kahdesta neljään työviikkoa lisää työaikaa. Työkohteen ollessa erittäin laaja, tarvittavan lisäajan tarve voi olla jopa pidempi kuin neljä viikkoa.

6 YHTEENVETO

Työssä tarkasteltujen työkohteiden perusteella voidaan todeta, että varsinkin kustannusrakenteeseen vaikuttaa mitkä työvaiheet talviolosuhteissa suoritetaan. Koska esimerkiksi perustustyöt ovat itsessään laaja työvaihe, sen aiheuttamat vaikutukset ovat niin urakan kustannus- kuin aikataulurakenteisiin suuremmat kuin esimerkiksi putkitustyövaiheella. Myös sääolosuhteilla on suuri vaikutus kustannus- ja aikataulurakenteisiin. Jos maaperä ei routaannu talviaikaan, ei talvityövaiheilla ole suurta merkitystä aikataulua, eikä myöskään kustannusvaikutuksia tarkkailtaessa.

Suoritettaessa urakkalaskentaa on kuitenkin varauduttava lisäämällä urakkalaskelmaan kustannuksiin noin 8-9% talvityölisää, jolla pystytään varautumaan mahdollisiin kustannuksiin. Aikatauluun tulisi lisätä keskimäärin kaksikymmentä työvuoroa talven lisätöihin. Tekemällä kustannusvaraus sekä huomiomalla aikatauluvaikutukset, saadaan urakat valmiiksi määräaikaan mennessä ilman suuria kustannusriskejä. Tulee myös huomioida, että kohteessa yksilölliset olosuhteet ovat melko harvinaiset, eikä liian suuren varautumisprosentin käyttö ole järkevää urakkakilpailuissa.

Sulatettaessa suuria alueita kannattaa sulatuskalustona käyttää mahdollisuuksien mukaan höyryä tai Heatwork-laitteita. Edellä mainituilla menetelmillä on hyvät sulatustehot, jonka ansiosta ne ovat myös aikataulua ajatellen tehokkaita. Aikataulun nopeutuminen näkyy kokonaiskonekustannusten laskuna. Routamattojen hyvänä käyttökohteena on putkikaivantojen sulatus, jos matot päästään asentamaan työkohteeseen hyvissä ajoin ennen varsinaisen työn aloitusta .

Jatkotutkimusehdotuksena on tutkia aikataulu- ja kustannusvaikutukset toteutuneina menekkeinä, jos urakat voidaan suorittaa optimaalisissa olosuhteissa. Tarkastelussa voisi myös huomioida vaikutukset, jos käytetään kokonaan omaa kalustoa, jolloin kaikki lisäkustannukset kohdistuvat täysimääräisenä tehtävään urakkaan.

LÄHTEET

Haucon saatavissa: <https://www.haucon.fi/tuotteet/talvisuojaustarvikkeet> [viitattu 28.3.2021].

Heikkilä, T., 2014 Tilastollinen tutkimus. 9.uud.p., Helsinki : Edita Publishing
Heatwork saatavissa: <https://heatwork.com/fi/tuotteet/frostheater/> [viitattu 22.2.2021].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy

Ilmatieteenlaitos saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/talvitalastot> [viitattu 31.3.2021].

Kankainen J, Keränen P, Lähteenmäki J, Salmenkaita S & Tervo M. 1989. Maa- ja vesi-rakennushankkeen ajoitusmalli. Mänttä: Rakentajain Kustannus Oy.

Rantamäki, M, Jääskeläinen, R & Tammirinne, M 2009. Geotekniikka 22. muuttumaton painos. Helsinki: Hakapaino.

Ratu C8-0377. 2010. Rakennustieto. Talvityöt ja -kustannukset.

Ratu KI-6028. 2015. Rakennustieto. Aikataulukirja 2016.

Ratu KI-6029. 2017. Rakennustieto. Rakennustöiden laatu.

Ratu KI-6035. 2020 Rakennustieto. Rakennustöiden menekit 2020.

RIL 156 . 1995. RIL. Maanrakennus.

RK 99. 1991. Rakentajain Kustannus. Talvirakentaminen.

RT 10-11226. 2016. Rakennustieto. Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus.

Steamrator 2017. saatavissa https://www.steamrator.fi/wp-content/uploads/2017/06/Siirrettavat_kehittimet.pdf [viitattu 14.3.2021].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Opinnäytetyön kulku

Kuva 2. Kuvakaappaus Termisen talven ja kevään alku keskimäärin. Ilmatieteenlaitos saatavissa <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/talvitilastot> [viitattu 15.3.2021].

Kuva 3. Rouste eli pintarouta

Kuva 4. Kerrosroudan rakenne. Rantamäki .,ym,116

Kuva 5. Talven aiheuttamat lisätyöt. RK-99, 709

Kuva 6. Kuvakaappaus Rammer iskuvasarasta Marakon. 2021. saatavissa <https://www.marakon.fi/tuote/rammer-excellence-2166e/> [viitattu 4.4.2021].

Kuva 7. Kuvakaappaus routapiikki Oy Engcon Finland. 2021. Saatavissa https://WWW.engcon.com/fi_fi/tyolaitteet/mekaaniset-tyolaitteet/routapiikit.html# [Viitattu 3.2.2021].

Kuva 8. Kuvakaappaus Heatwork laitteisto. Heatwork. 2021. saatavissa <https://heatwork.com/fi/tuotteet/frostheater/> [viitattu 22.2.2021].

Kuva 9. Kuvakaappaus sulatus . Heatwork. 2021 saatavissa <https://heatwork.com/fi/tuotteet/frostheater/> [viitattu 22.2.2021].

Kuva 10. Kuvakaappaus routamatosta. Haucon Oy. 2021. Saatavissa <https://www.haucon.fi/tuotteet/talvisuojaustarvikkeet> [viitattu 6.3.2021].

Kuva 11. Kuvakaappaus Öljyroudax järjestelmä Polartherm. 2021. saatavissa <http://www.polartherm.fi/fi/civ-/tuotteet/rakentaminen---saneeraus/oljyroudax/tuotekuvia.html> [viitattu 4.4.2021].

Kuva 12. MRU aikataulu kohteessa yksi

Kuva 13. Kuvakaappaus Siirrettävä höyryn kehitin. Steamrator.2021 saatavissa <https://www.steamrator.fi/tuotteet/siirrettavat-kehittimet/mhc-700/> [viitattu 4.4.2021].

Kuva 14. Höyrytys kalusto

Kuva 15. Höyrykamat

Kuva 16. Höyrytys käynnissä

Kuva 17. Kantavuusarvot

Kuva 18. Mittaustulokset

Liite 1.

Aikataululaskennan laskukaavat.

Työmenekki = [tth/yks]	$\frac{\text{Työntekijätuntia}}{\text{Suoritemäärä}}$
Työryhmän työmenekki = [tth/yks]	$\sum (\text{Työntekijöiden työmenekki})$
Työsaavutus = [yks/h]	$\frac{1}{\text{Työmenekki [tth/yks]}}$
Työryhmän työsaavutus = [yks/tv]	$\frac{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ tth/tv}}{\text{Työmenekki [tth/yks]}}$
Kokonais- työmenekki = [tth]	$\text{Määrä [yks]} \times \text{Työmenekki [tth/yks]}$
Työn kesto = [h]	$\frac{\text{Kokonais-työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä}}$
Työn kesto = [tv]	$\frac{\text{Kokonais-työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ [h/tv]}}$

(Ratu C8-0377: 2010)