

Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutus (AMK)

Sähköaseman maanrakennustöiden kustannukset

Kasperri Kokkonen

Opinnäytetyö, maaliskuu 2022



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2022
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Kasperri Kokkonen

Nimeke
Sähköaseman maanrakennustöiden kustannukset

Toimeksiantaja
TMV Service OY

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia kustannustehokkuutta sähköaseman maanrakennustöissä ja erityisesti 110 kilovoltin -kentän uudelleen rakentamistyössä. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli TMV Service Oy, joka on edelläkävijä Suomen sähköjakeluverkon uudistamisessa ja on urakoinut sähköasemia vuodesta 2012. TMV Servicelle tuli tarve teettää tutkimus siitä, voisiko maanrakennusta tehostaa ja saada kustannustehokkaampia ratkaisuja, joilla myös parantaa tulosta sekä markkina-asemaa. Sähköasemia rakennetaan ja remontoidaan Suomessa vuoteen 2030 mennessä useita satoja.

TMV Servicellä oli toive, että tarkastellaan olennaisesti Alajärven sähköaseman 110 kilovoltin -kentän maanrakennustöitä, sekä muita töitä sähköasematyömaalla. Opinnäytetyössä tutkitaan tuntitöinä ja urakalla tilatun maanrakennusurakan eroja ja kannattavuutta.

Opinnäytetyö jakautuu kolmeen osioon, ensin tutustutaan teoriaan, kuinka maanrakentaminen ja urakointi toimii. Toisessa osiossa käydään läpi 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöitä, sekä perustusten injektioinnin kustannuksia. Kolmannessa osiossa tehdään laskelmat, mikä on kustannustehokkain tapa teettää maanrakennustöitä.

Kieli
suomi

Sivuja 33
Liitteet 3
Liitesivumäärä 3

Asiasanat
maanrakentaminen, sähköasema, kustannustehokkuus



THESIS
March 2022
Degree Programme in Construction engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Kasper Kokkonen

Title
Costs of Substation Earthworks

Commissioned by
TMV Service Oy

Summary

The subject of this thesis was to study the cost-effectiveness of the earthworks, especially the reconstruction of a 110 kV field, of a substation. The thesis was commissioned by TMV Service Oy, a pioneer in the modernization of the Finnish electricity distribution network, which has been contracting substations since 2012. TMV Service found a need to commission a study on how to improve the efficiency of civil engineering and earthwork in order to obtain more cost-effective solutions, and thus improve profit and market position. By 2030, hundreds of power stations in Finland will be built and renovated.

TMV Service had a wish to look substantially at the 110 kV switchyard, as well as other earthworks, at the Alajärvi substation construction site. The thesis examines the differences and profitability of hourly rate and wholly contracted civil engineering contracts.

The thesis is divided into three sections. First, the theory of how civil engineering and contracting works is acquainted with. In the second section, the earthworks of the 110 kV switchyard are reviewed, as well as the profitability of foundation injection. In the third section, calculations are made to determine the most cost-effective way to do the earthworks.

Language
Finnish

Pages 33
Appendices 3
Pages of Appendices 3

Keywords
civil engineering, substation, cost efficiency

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Suomen kantasähköverkko.....	7
2.1	Sähköverkon toiminta	7
2.2	Kantaverkon uusiminen ja kunnostaminen	8
2.3	Tuuli- ja aurinkovoimalat.....	9
2.4	Voimalat ja sähköasemat	10
3	Maanrakennus ja turvallisuus	11
3.1	Maalajien ominaisuudet ja tunnistettavuus.....	11
3.2	Maalajien käyttötarkoitukset	12
3.3	Maarakennuksen mittaukset ja säädökset	14
3.4	110 kilovoltin kytkinkentän maanrakentaminen	15
3.5	Maanrakennusurakointi	18
3.6	Konekuskin ja apumiehen kommunikointi sekä työn sujuvuus	19
4	Maanrakennuksen tarkastukset ja turvallisuusvaatimuksia	20
4.1	Huolelliset maaperätutkimukset.....	20
4.2	Sähköasematyömaan urakointi ja turvallisuus	20
5	Sähköaseman maanrakennustöiden säästöjä.....	21
5.1	Kytinkentän korkoaseman muokkaaminen.....	21
5.2	Kapillaarikatkolla routimattomaksi	22
5.3	Kallion louhinta vai perustusten injektointi.....	23
5.4	Maanrakennustöiden organisoinnin ja työmenetelmien merkitys kustannuksiin.....	25
6	110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennus	25
6.1	Rakennettavan 110 kilovoltin esittely	25
6.2	Kytinkentän työvaiheet ja materiaalit	26
6.3	Tuntitöinä	29
6.4	Urakalla.....	29
6.5	Osaurakalla.....	30
6.6	Kustannustehokkain tapa / säästöt.....	30
7	Pohdinta.....	31
	Lähteet	33

Liitteet

- Liite 1 Alajärven sähköaseman sijoituspiirros
- Liite 2 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöiden kustannukset urakalla
- Liite 3 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöiden kustannukset tuntitöinä

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli TMV Service Oy, joka on sähköverkon rakennusyhtiö koko Suomessa. Opinnäytetyö on kohdistettu maanrakennukseen sähköasemilla ja erityisesti Alajärven sähköaseman 110 kilovoltin kytkinkenttään. TMV Service Oy on TM Voima Oy:n tytäryhtiö, joka on erikoistunut sähköasemien rakentamiseen ja uudistamiseen. Kiristyvän kilpailun ja vaatimusten ansiosta on hyvä tarkastella, onko uusia vaihtoehtoja tai erilaisia työ- ja urakointimenetelmiä, joilla voidaan saada kustannustehokkuutta maanrakentamiseen.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään, mitkä ovat tuntitöinä ja urakalla teetetyn sähköaseman maanrakennusurakan erot ja tutkitaan, kumpi on halvempi sekä kannattavampi. Lisäksi pohditaan, saadaanko kytkinkentän maanrakennekerroksia muuttamalla sama lopputulos aikaan, mutta halvemmalla. Pohditaan myös sitä, saadaanko routiva maa-aines routimattomaksi alle tehtävällä kapilaarikatkolla. Tässä työssä tutkitaan myös, kuinka kallio vaikuttaa kytkinkentän rakentamiseen sekä olisiko perustusten injektointi vai kallion louhinta edullisinta.

Tämän opinnäytetyön aiheajukset on tehty alkuvaiheessa opinnäytetyön ohjaajan, Arto Haarasen, kanssa sekä työnantajan, Jukka Roposen kanssa. Aihe on rajattu sähköasemien maanrakentamiseen ja perustustöihin. Tässä työssä käytetään esimerkkinä Alajärven sähköasematyömaata, ja erityisesti sinne rakennettavan 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöitä. Tässä opinnäytetyössä olisi voinut käsitellä enemmän muuntajien ja pienperustusten urakointia, mutta opinnäytetyön yhtenäisyyden sekä pituuden kannalta päätettiin ne jättää pois tästä työstä.

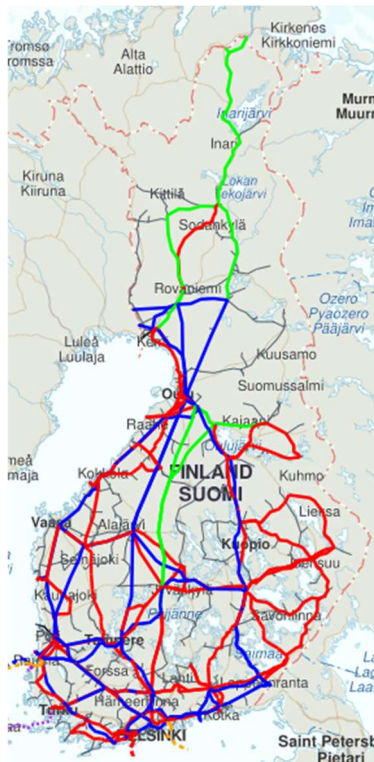
Opinnäytetyössä käsitellään maanrakentamisen määräyksiä ja ohjeistuksia sekä Alajärven sähköaseman tilaajan vaatimuksia. Työn alussa kuvataan eri maalajien ominaisuuksia ja sitä, kuinka niitä käytetään eri rakennekerroksissa. Tässä opinnäytetyössä vertailukohteena oleva tunti vai urakka laskelmat tulevat pohjautumaan Ratu työmenekkeihin ja normaaleihin urakka hinnoitteluihin, sekä tullaan tekemään kustannusrakenne laskelma, miten kustannukset rakentuvat 110 kilovoltin kentän maanrakennuksessa. Työn alussa esitellään Suomen kantaverkkoa ja sähköasemien toimintaa.

2 Suomen kantasähköverkko

2.1 Sähköverkon toiminta

Suomen kantasähköverkko yhdistää tuotantolaitokset, suurimmat kulutuskeskittymät sekä naapurimaista tulevat siirtoverkot toisiinsa. Kantaverkkoon on liittynyt yli 80 paikallista sähkönjakeluyhtiötä, jotka jakavat sähköä kiinteistön omistajille saakka. Kantaverkko toimii käytännössä sähkön tuottajien ja sähkön kuluttajien kauppapaikkana siten että sähkön tuottaja vastaa, myytävän sähkön tuottamisesta kantaverkkoon. Kuluttaja käyttää sähköä, jonka paikallinen sähkön siirto-yhtiö siirtää kantaverkosta kuluttajan sähkömittariin ja sieltä päätelaitteeseen. (Fingrid 2021)

Sähköverkko on elinehto suomalaisille ja huoltovarmuudelle. Kantaverkon omistaa pääosin Fingrid, jonka suurimpia omistajia ovat Suomen valtio ja suomalaiset sijoitusyhtiöt. Suomen kantasähköverkko koostuu 400 kilovoltin, 220 kilovoltin, 110 kilovoltin jännitteistä (kuva 1). Sinisellä kuvattu linja on 400 kilovoltin, vihreällä kuvattu linja on 220 kilovoltin ja punaisella kuvatut linjat ovat 110 kilovoltin linjoja. Kuvasta voidaan huomata, että syrjäisemmille seuduille Suomessa ei tule lainkaan 400 kilovoltin tai 220 kilovoltin voimalinjoja.



Kuva 1. Fingridin omistama Suomen kantasähköverkko (Fingrid 2021).

Fingrid Oyj omistaa Suomen kantaverkon, johon kuuluu 5100 kilometriä 400 kilovoltin voimajohtoa, 1600 kilometriä 220 kilovoltin voimajohtoa, 7600 kilometriä 110 kilovoltin voimajohtoa, 320 kilometriä merikaapeleita sekä 119 sähköasemaa. Sähkön siirto tapahtuu aina mahdollisimman suurella jännitteellä, sillä silloin on pienempi virta ja pienempi siirtohäviö. Rajasiirtoyhteydet ovat kantaverkosta Ruotsiin, Norjaan, Viroon ja Venäjälle. Rajasiirtoyhteyksiä kehitetään edelleen, sillä maiden välillä käydään kauppaa sähköstä. Rajasiirtokapasiteetit Suomesta Ruotsiin on 2300 megawattia ja Ruotsista Suomeen 2700 megawattia, Suomesta Viroon 1016 megawattia ja Virosta Suomeen 1016 megawattia, sekä Suomesta Venäjälle: 320 megawattia ja Venäjältä Suomeen 1300 megawattia. (Fingrid 2022.)

2.2 Kantaverkon uusiminen ja kunnostaminen

Fingrid investoi kantaverkkoon vuosien 2022–2031 välisenä aikana noin 2 miljardia euroa, joka on yli 200 miljoonaa euroa vuosittain. Sähköverkon investoinnin tarve syntyy lisääntyneestä sähkön käytöstä, sähköverkon kehittämisestä, lisääntyneistä tuuli- ja aurinkovoimaloista sekä sähköverkon huoltovarmuuden parantamisesta ja nykyisen verkon uusimisesta. Vihreä energian tuotanto kasvaa Pohjois- maissa ja Euroopassa, jolloin kantaverkko on reagoinut lisäämällä sähkönsiirtokapasiteettia. (Fingrid 2022.)

Kantaverkon sähköasemista yli puolet kunnostetaan tai tehdään uusiksi vuosien 2022–2031 aikana, kuten kuvasta 2 voidaan nähdä. Suuri syy tähän on myös uusi sähkömarkkinalaki, joka velvoittaa parempaan toimintavarmuuteen koko Suomessa vuoteen 2031 mennessä. Myös kaikki paikalliset sähkönjakeluyhtiöt investoivat sähköverkkoon, sähkön jakeluverkoston uusiminen on koko Suomen laajuista. Kokonaan uusia sähköasemia Fingrid rakennuttaa 41 kappaletta johtuen suuresti, vihreän energian tuotannon kasvun takia. (Fingrid 2022.)

2022-2031 lukuina



Kuva 2. Fingridin omistaman sähköverkon investointimäärä vuosina 2022–2031. (Fingrid 2022).

2.3 Tuuli- ja aurinkovoimalat

Tuulivoimaloita on Suomessa yli 821 kappaletta ja suurin osa niistä sijaitsee Pohjanmaalla. Kaaviosta 1, voidaan nähdä kuinka Fingrid varautuu tuulivoimaan. Tuulivoimalat tuottivat vuonna 2020 sähköä yli 7,8 terawattituntia, joka on vähän alle 10 prosenttia Suomen sähkön kulutuksesta (motiva.fi verkkosivut, 2022). Tuuli- ja aurinkovoimaloilla on tarkoitus tuottaa puhtaampaa ja vähäpäästöisempää energiaa Suomeen ja pohjoismaihin. Olisi hyvä opinnäytetyön aihe tutkia, kuinka paljon vähäpäästöisempi on tuulimylly kuin esimerkiksi vesivoimala. Tuulivoimaloita rakennetaan Suomeen tämän vuoden aikana 1,2 miljardin euron edestä. Tällä hetkellä Suomessa tuulivoimahankkeita on menossa 600 tuulimyllyn rakentamiseksi ja nämä hankkeet ajoittuvat vuoteen 2023 asti. (Tuulivoimalayhdistys. 2021.) Aurinkovoimalat tuottivat Suomessa 0,264 TWh vuonna 2019, joka on noin 0,4 prosenttia Suomen sähköntuotannosta. Aurinkopuistot ovat kasvamassa Suomessa ja koko Euroopassa suuresti kuten tuulivoimakin (Aurinkoteknillinen yhdistys 2021).



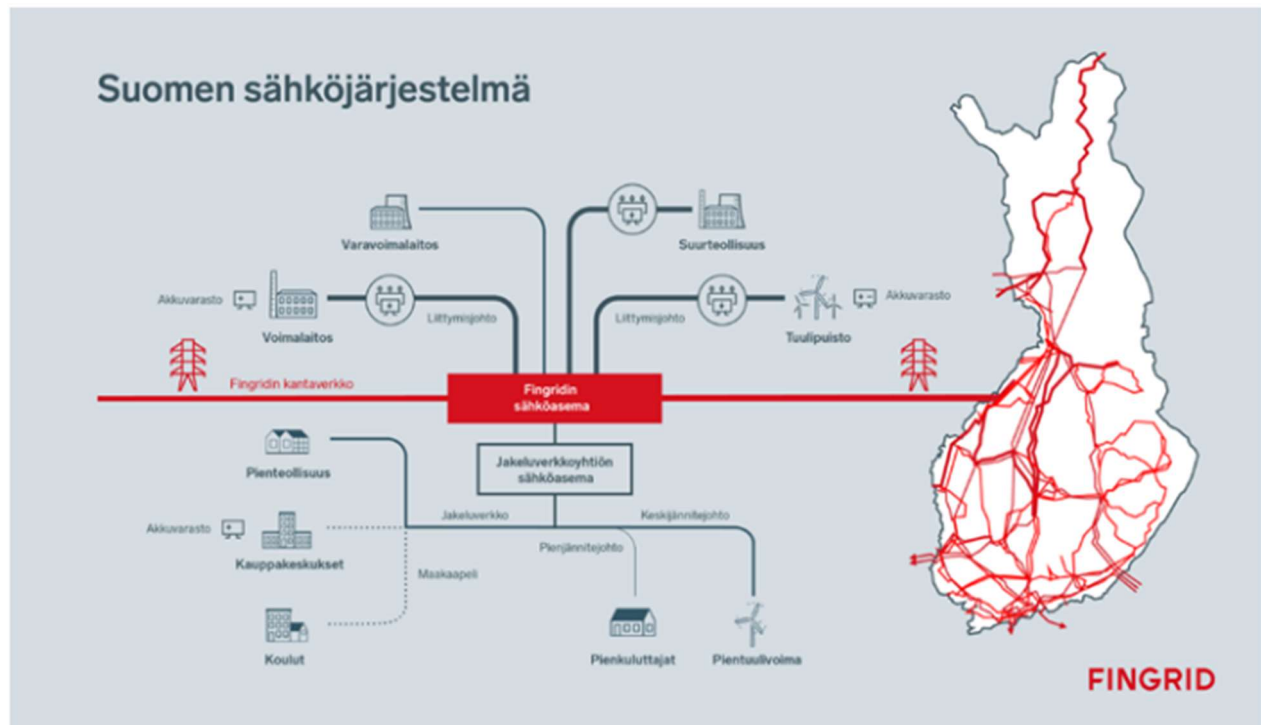
Kaavio 1. Fingridin varautuminen tuulivoimaloiden kasvuun Suomessa. (Fingrid 2021.)

2.4 Voimalat ja sähköasemat

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa käytetty sähkö vuonna 2019 tuotetaan noin 86-prosenttisesti Suomessa, loput ostetaan ulkomailta. Ostomaat ovat Ruotsi, Venäjä, Viro ja Norja. Suomessa tuotettavasta sähköstä tuotetaan ydinvoimalassa noin 48 %, vesivoimalassa 9 %, puupolttoaineilla 12 % ja loput 17 % sähköstä tuotetaan kivihilestä, tuulivoimasta, maakaasusta, turpeesta, aurinkovoimasta ja muusta uusiutuvasta luonnonvarasta tai muusta fossiilisesta aineesta. Noin 14 sähköstä prosenttia ostetaan ulkomailta. (Tilastokeskus 2021.)

Suomessa vesivoimaloita on yli 250 kappaletta, niistä 16 tuottaa yli 60 MW vuosittain (Motiva.fi 14.3.2022). Tuulimyllyjä on yli 800 kappaletta. Ydinvoimaloita on 5 kappaletta, joista Olkiluoto 3 on käyttöön ottovaiheessa. Ydinvoimalan tuotanto on Loviisan voimalassa 530 MW vuosittain, Olkiluoto 3 tuotanto on luvattu olevan 1600 MW vuosittain. (Stuk 2022.)

Fingridin kantaverkon sähköasemia Suomessa on noin 119 kappaletta, ja uusia tehdään noin 5 kappaletta vuodessa. Kantaverkon sähköasemat ovat 400 kilovoltin, 220 kilovoltin, 110 kilovoltin ja 20 kilovoltin jännitteisiä. Sähköasemat ovat voimalinjojen pääte kohtia. Voimalat tuottavat sähköä ja johdattavat sen linjaa pitkin sähköasemalle ja sähköasema jakaa sähkön tarvittaviin paikkoihin. Sähköasemaan voi tuottaa sähköä useampi voimala ja se jaetaan sieltä ympäri valtakuntaa. Kuten kuvasta 3, voidaan nähdä, sähköasema on keskiössä koko sähköverkon toiminnan kannalta. (Fingrid 2022)



Kuva 3. Fingridin omistama Suomen kantaverkko (Fingrid 2021).

3 Maanrakennus ja turvallisuus

3.1 Maalajien ominaisuudet ja tunnistettavuus

Sähköasemalla maanrakentamisessa käytetyt maalajit ovat aina CE hyväksytyjä, hyvän rakentamistavan ja tilaajan laatukriteerien vuoksi. Eri maalajeja käytetään eri tarkoituksiin, kuten murskeella ja sepelillä on hyvin erilaiset ominaisuudet. Maanrakenteilla ja maa aineksella on suuri merkitys painumisen ja routimisen vuoksi, jos perustusten alle ajetaan maata missä on turvepohjaista maata seassa, perustukset painuvat nopeallakin aikataululla.

Savessa on alle 0,002 millimetrin kokoisia rakeita ja savi on hyvin sitkoista maata, savi häiriintyy usein painavien työkoneiden alla. Siltti on 0,002-0,06 millimetrin rakeista, ja painuu helposti työkoneiden alla, silttiä ei käytetä rakentamisessa lähes koskaan. Hiekan raekoot vaihtelevat 0,06-2 millimetrin välillä, hiekka on muovautunut veden vaikutuksesta siksi sen rakeet ovat pyöreitä. Sorassa on 2-60 millimetrin kokoisia rakeita ja yleensä pyöreitä. Moreeni on sekarakeista maata missä on hienoa ainesta sekä isoja kiviä seassa. Moreenia usein jatko jalostetaan seulomalla, jos sitä käytetään rakentamisessa. Murske on kalliosta tai isoista kivistä murskattua kivimaa-ainesta, Mursketta käytetään kantavina kerroksina rakentamisessa. Murskeen tunnistaa helposti

tasalaadusta ja rakeen terävyydestä, rakeiden reunat ovat teräviä. Sepeli on murskattua kiviainesta, joka on helppo tunnistaa, koska se on murskattua ja siinä ei ole hienoainesta seassa olenkaan (Infra RYL 2021).

Maanrakentamisessa päämaalajit ovat, hiekka, sora ja kivet, sekä eri kokoiset murskatut maalaajikkeet, seka- tai tasarakeiset. Hiekassa on 0,06–2 millimetrin kokoisia rakeita, joka on hieman routivaa. Soran rae koot vaihtelevat 2 millimetristä 60 millimetriin. Kivien rae koot vaihtelevat 60 millistä aina suuriin kiviin asti. Tässä sähköasemaprojektissa käytettiin murskeita kantaviin kerroksiin, sekä penkkahiekkaa täyttöihin. Penkkahiekka on monirakeista soraa ja hieman routivaa. (MaaRYL 2010)

3.2 Maalajien käyttötarkoitukset

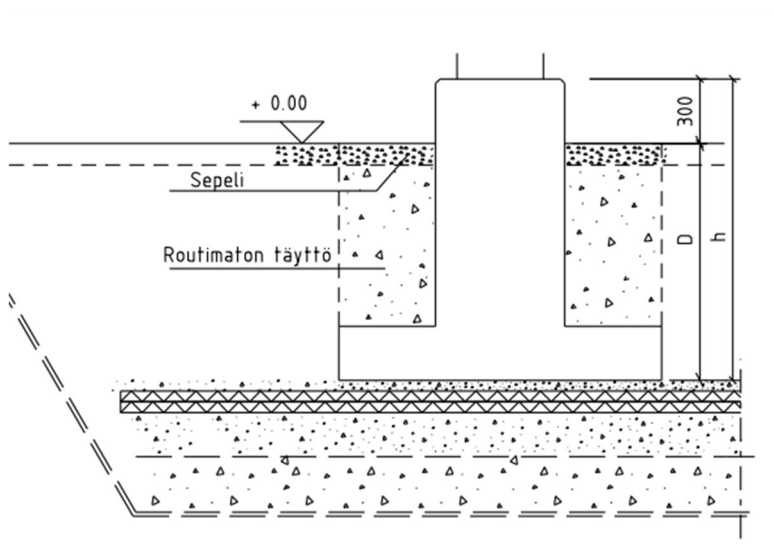
Alajärven sähköaseman, 110 kilovoltin kenttään on käytetty useita eri maalajeja, kuten erilaisia murskeita, sepeli lajikkeita sekä pengertäytettä. Kaaviossa 2 on kerrottu millaisia, eri käytetyt murskeet ja sepelit ovat. Pengertäyte on suunnitelmissa osoitettua maatäytettä tai tiivistämiskelpoista kivennäismaata. Tässä kohteessa pengertäytteenä käytettiin hiekkaista soraa.

Kiviaines	Lyhenne	Selostus
Murske	M	Murske on murskaamalla valmistettujen kivituoitteiden yhteisnimitys. Tässä rakennusselostuksessa murskeella tarkoitetaan vain kallio- ja soramursketta.
Kalliomurske	KaM	Kalliomurske on louheen murskauksesta saatu murtopintainen kiviaines, jonka rakeisuuden yläraja on määrätty. Kalliomurske ei saa lainkaan sisältää täysin murskautumattomia rakeita.
Sepeli	S	Sepeli on kalliomurskeen lajite, josta hienoimmat rakeet on poistettu. Sepelin rakeisuuden ylä- ja alaraja on määrätty.
Kivituha	KiT	Kivituha on kalliomurskeesta eroteltua, pienimmät raekoot sisältävää kiviainesta (#0...6 mm).
Soramurske	SrM	Soramurske on soran tai kivien murskauksesta saatu murtopintainen kiviaines, jossa #6 mm suuremmista rakeista täysin murskautuneita rakeita on vähintään 30 paino-%. Soramurskeen rakeisuuden yläraja on määrätty.
Sorasepeli	SrS	Sorasepeli on soramurskeen lajite, josta hienoimmat rakeet on poistettu. Sorasepelin rakeisuuden ala- ja yläraja on määrätty.

Kaavio 2, Maanrakennuksessa käytettyjen maamateriaalien selostus (RIL 132-2000.)

Kytkinkentän maanrakentamisessa, perustusten alle laitetaan Kuvan 4, mukaisesti 0/32 millimetrin mursketta noin 300 millimetrin paksuudelta, se tekee pohjasta kantavan sekä painumattoman. 0/32 millimetrin mursketta menee sekä elementtiperustusten, kaapelikanavien että portaaliperustusten alle. 0/32 millimetrin murske antaa maamateriaalina kantavan pohjan painavammalle perustukselle. (TMV Service 2021.)

Perustukset asennettiin 0/16 millimetrin murskeen päälle, jolla saatiin eristeen päällinen hyvin muotoiltua korkoon. Murskeen alla on, 100 millimetrin XPS eriste, joka toimii perustuksen routasuojauksena ja on Fingridin ohjeistuksen mukaan oltava vähintään puristuslujuudeltaan 300 kilopascalia. Kun perustus on asennettu, koko perustuksen kuoppa täytetään routimattomalla maalla, 0/16 millimetrisellä murskeella. Routimatonta maata käytetään perustusten vieressä, ettei routa pääse muuttamaan perustuksen sijaintia. Kytkinkentän lopputäyttö tehdään pengertäytteellä, jonka päälle asennetaan suodatinkangas. Kytkinkentän maisemointiin käytetään 16/32 millimetrin sepeliä, joka asennetaan suodatinkankaan päälle noin 10 senttimetrin kerrokseen. Sepelin käyttötarkoitus on tuoda koko kytkinkenttä alue yhtenäisen näköiseksi, sekä sepeliä on helppo muokata myöhemmin. (Fingrid 2021.)



Kuva 4. TMV Servicen suunnitelma, 14/12 elementtiperustuksen maa ja pohjarakenteista.

Maanrakentamisessa erilaisilla maa-aineilla on merkitystä siihen, kuinka maamateriaali käyttäytyy maassa sekä pakkasen ja sulan maan aikana. Siltti on hyvin routivaa maata ja se liejuuntuu, kun vesi pääsee sen kanssa kosketuksiin, silttiä ei käytetä muualla kuin puutarha rakentamisessa. 0/16 millimetrin murske on hyvä, esimerkiksi pihan tasaukseen tai tarkan koron tekemiseksi. 16/32 millimetrin mursketta käytetään usein kapilaarikatkon tekemiseen rakennuksen alle, 16/32 millimetrin murske ei ole ollenkaan routivaa. 0/16- ja 0/32 millimetrin murskeessa on

hienoa ainesta seassa sekä vähän suurempia kiviä, jonka yhteisvaikutuksesta siitä saadaan kova ja kantava pinta.

(RIL 132-2000, 64-65)

3.3 Maarakennuksen mittaukset ja säädökset

Maapohjan tiiviys mitataan laadun varmistamiseksi, jolla saadaan varmuutta, ettei perustukset rupea painumaan, eli ennalta ehkäistään kalliit korjaustyöt. Maapohjan tiiveys standardit ovat valtakunnalliset, joita noudatetaan. Fingridillä on omat spesifikaatiot, joita noudatetaan tällä Alajärven sähköasematyömaalla. Tiiveysmittauksia on tehty sähköasemalla, muuntajabunkkerin pohjaan, 400 kilovoltin ja 110 kilovoltin kytkinkenttien perustuksien pohjiin, sekä muuntajan raide alustan pohjaan. Mittaukset suoritti Mitta oy, mittaukset on tehty levykuormituskokeena, kuormituslevyn halkaisija oli 300 millimetriä.

Kaavion 3 mukaisesti, 110kv kentän mittaukset on tehty 14.9.2021. Elementtiperustuksien alustäyttöistä mitattiin, onko perustuksen pohjarakenteet riittävän tiiviit sekä kantavat. Perustuksien alustäyttöjen kantavuus arvon vaatimukset on, $E_2 \geq 160 \text{ MN/m}^2$ se on tiiveysluokassa 1, tiiveysaste on ≥ 95 ja kantavuussuhde E_1 / E_2 on $\leq 2,2$. Saadut mittaustulokset oli kantavuusarvoltaan: $E_2 \geq 163 \text{ MN/m}^2$, sekä kantavuussuhteeltaan: E_1 / E_2 oli 1,2. Fingridin maa ja pohjarakennustyöt ohjeistuksessa, sivulla 21–22, on kerrottu kaikkien, Fingridin rakennelmien tiiveysvaatimukset, joita noudatetaan sähköasema työmailla. (Fingrid 2021.)

Tilaaja TMV service Oy
 Työmaa Alajärven Sähköasema
 Koepäivä 14.09.2021
 Tiivistettävä kerros Perustusten Alustäyttö

nro		E_1 [MN/m ²]	E_2 [MN/m ²]	E_2/E_1
1	Perustusten alustäyttö	137	163	1,2

Vaatimukset $E_1 \geq$ MN/m² $E_2/E_1 \leq$ 2,2
 $E_2 \geq$ 160 MN/m²
 (N/m²=Pa)
 Kuormituslevyn halkaisija 300 mm

Kaavio 3. Levykuormituskokeen mittauspöytäkirjan tulos.

Suomen laki kertoo maanvaraisesta perustamisesta, jotta perustukset jotka asennetaan, routi-
 vaan maahan on asennettava routimattomaan syvyyteen tai routasuojattava. Maapohjan jääty-
 minen rakenteiden alla rakennustyön aikana on estettävä työnaikaisella routasuojauksella tai
 jäätyneet pohja on sulatettava luotettavalla tavalla ennen perustusten rakentamista. Routasuo-
 jausten suunnittelussa ja mitoituksessa on otettava huomioon alapohjan ja kellarirakenteiden
 routasuojaustarve ja lämmöneristys (Maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999.)

3.4 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakentaminen

Maanpinnassa oli ohut humus kerros, joka kuorittiin pois. Kallion pintaan on matkaa noin 0,7–
 2,3 metriä valmiista pinnasta. 110 kilovoltin kentän tekniikkaan kuuluvat, salaojat, elementti pe-
 rustukset, portaaliperustukset, kaapelikanavat, sähkösuojaputket, eristykset ja maadoitukset.
 Tässä Alajärven sähköasema kohteessa perustuksia ei tarvinnut paaluttaa sillä perusmaa oli

riittävän kantava. Perusmaan korko oli tällä kytkinkentällä noin +168,00 - +170,20. Portaaliperustuksien perustamiskorko oli +167,50 ja pienperustuksien perustamiskorko oli +168,50. Kytkinkentän valmiinpinnan korko on 169,50. (Fingridin 2021.)

Koko sähköaseman tekniikan asennus aloitettiin salaojien kaivamisesta, salaojat tulivat portaaliin ja perustus linjaan. Salaojien jälkeen tehtiin portaaliperustuksille pohjat, (kuva 5) ne tehdään paikallaan valamalla. Portaaliperustuksen päälle tulee portaali, joka on noin kymmenen metriä leveä ja kaksitoista metriä korkea. Kuten kuvasta 5, voi todeta portaaliperustuksia on kaivettu maahan noin metri, sillä koko kentän korko asema on sen verran korkeammalla kuin perusmaa.



Kuva 5. Alajärven sähköaseman 110kV kentän portaaliperustukset.

Perustusten ja kaapelikanavien aluset eristettiin 100 mm XPS eristeellä, kuvan 7 mukaisesti, eristeelle tehtiin peti jokaisen perustuksen kohtaan ja eriste asennettiin tasatulle ja tärytetylle alustalle. Eristeen päälle asennettiin 50 millimetrin tasauserros 0/16 millimetrin murskeesta kuvan 7 mukaisesti, jokaisen perustuksen kohtaan. Elementtiperustukset asennettiin kuorma-autossa olevalla nostimella paikoilleen, mittamiehen, nostin kuljettajan sekä rakennusmiehen kanssa. Perustuksien alle on asennettu jo kuparijohtimet, jotka liitettiin myöhemmin maadoitusverkkoon kuten kuvassa 6. Perustuksen sijainti saa heittää tilaajan, eli Fingridin spesifikaatioiden mukaan enintään 3 millimetriä. Perustuksien sekä kaapelikanavien asennuksen jälkeen on asennettu 25 millimetrineliön kuparijohtimet maahan. kuparijohdin asennetaan 10 x 10 metrin ruudukoihin koko kytkinkentän alueelle, sekä jokaisen perustuksen alle tuleva J-lenkki liitetään maadoitusverkkoon. Maadoitusverkon jälkeen asennettiin kaikki 110 millimetriä paksut sähköjohtosuojaputket maahan, putket menevät kaapelikanavan aukoista perustuksien viereen. Putken asennuksen jälkeen kaivinkone peittää kenttää sitä mukaan, kun putkia on asennettu.

Kenttä täytetään metrin verran joka kohdasta, täyttömaana voi olla hieman routivaa maata. Kentän pintaan asennetaan suodatinkangas, jonka päälle tulee 10 senttimetriä 16/32 millimetristä mursketta. Sepelöinnin jälkeen maatyöt ovat valmiit koko kytkin kentällä. (Fingridin 2021.)



Kuva 6. Alajärven sähköaseman 110kV kentän virtamuuntajien perustukset.



Kuva 7. Alajärven sähköaseman K9 kaapelikanavien asennus XPS eristeen päälle.

3.5 Maanrakennusurakointi

Maanrakennus urakointia on tehty sähköasemilla monilla eri urakka muodoilla, kuten tavoitehinta-urakalla, kokonaisurakalla tai ihan normaalisti tuntiöinä. Urakkamuodot vaihtelevat usein työn laajuudesta, vaikeustasosta sekä ennakkotiedoista johtuen. Usein suuremmat yritykset haluavat tarjota kokonaisurakkaa maanrakennustöistä mutta pienemmät jopa yhden miehen yritykset, haluavat monesti tuntiöitä.

Maanrakennusurakointi on sähköasemilla ollut monelle yritykselle hieman vierasta toimintaa sekä useat yritykset eivät tiedä kuinka sähköasematyömailla tulisi toimia. Sähköasemalla maanrakennustyöt ovat usein hieman haastavampia kuin vaikkapa valtatie tekeminen, koska ollaan suurien jännitteiden lähetyvillä koko työskentelyn ajan sekä hyvin pienen vahingon tai epähuomion seuraukset voivat olla todella suuret. Esimerkiksi, täällä Alajärven sähköasemalla, jos kaivaa vahingossa väärästä paikasta vahingoittaen tiettyjä kaapeleita, se saattaa aiheuttaa mitattavia sähkökatkoja ympäri Suomen ja vahinkoja koko sähköverkkoon. Myös tästä syystä uusien aliurakoitsijoiden palkkaaminen on hieman haastavampaa sillä heidät pitää todella hyvin

perehdyttää, sekä kouluttaa sähköasemarakentamiseen, ennen kuin voimme antaa luvan, heille työskennellä koko asemalla.

Yleisimpiä maanrakennus urakoita, joita teetätetään alihankkijoilla, on yksikköhintainen kokonaisurakka koko työmaasta, jossa pyritään laittamaan samaan urakkaan kaikki maanrakennustyöt. Jos määrät muuttuvat yksikköhintaisessa urakassa, niitä voi hieman muuttaa ja niille on sovittu sama hinta. Lisätyöt teetätetään tuntitöinä. Jos teetätetään koko aseman kaikki maanrakennustyöt tuntitöinä, pääurakoitsijan pitäisi sitoa enemmän työnjohtoa maanrakentamiseen. Kokonaisurakalla maanrakentamista tekevä yritys, hoitaa itse oman työnjohtamisen ja koneiden tehokkaan työskentelyn.

3.6 Konekuskin ja apumiehen kommunikointi sekä työn sujuvuus

Kaivinkonekuski ja apumies työskentelevät työparina silloin kun siihen on tarvetta. Jos kaivinkonekuski ei pärjää yksin, hänelle tulee apumies työpariksi. Kuski työskentelee työparin kanssa monesti silloin, kun maahan asennetaan tekniikkaa. Työn sujuvuuden kannalta konekuski on paljon tärkeämmässä roolissa kuin apumies. Kaivinkonekuskin ja apumiehen kommunikointi on yleensä hieman hankalaa koska toinen on kopissa ja toinen on kovaäänisen työkoneen vieressä, normaali puhe ääni ei kuulu toiselle tai sitten pitää keskeyttää työ, laskea kierroksia koneesta, avata ovi ja sitten voi taas keskustella. Kommunikointi on tärkeässä roolissa työnsujuvuuden sekä työturvallisuuden kannalta. Pääurakoitsija kiinnittää silloin erityisesti huomiota, työn sujumiseen, kun työmiehet ovat tuntitöissä.

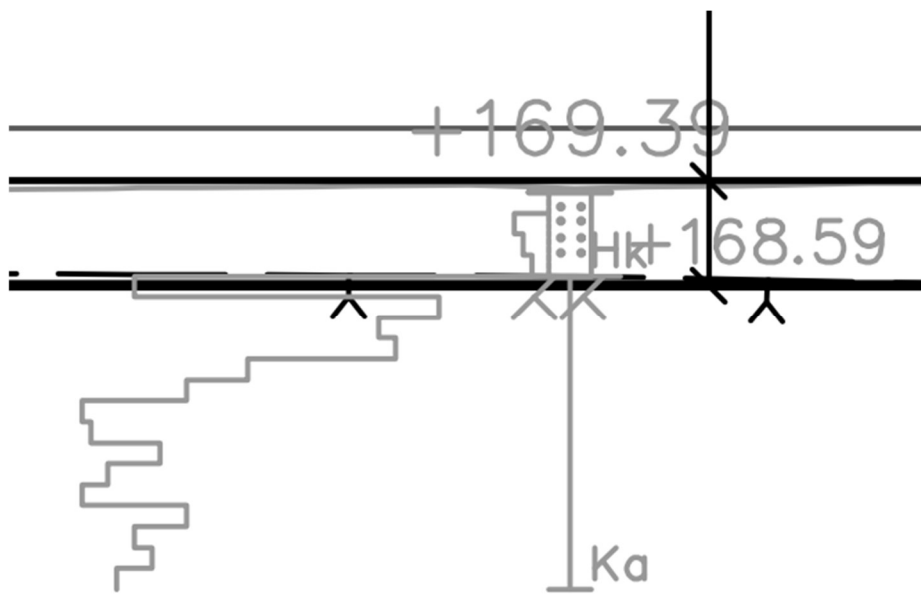
Jos työpari on ollut useamman vuoden keskenään töissä, heillä yleensä kommunikointi toimii paremmin. Kommunikoinnin parantamiseksi olisi hyvä käydä ennen työn aloittamista työvaiheet läpi sekä asennustyyli, jotta kummallakin on sama ajatus työvaiheesta ja asennustyylistä. Kommunikoinnin parantamiseksi puhelinyhteys on hyvä kuskin ja apumiehen välille, vaikeiden putken taivutuksien tai perustuksen asemoinnin aikana. Kommunikointi on paljon helpompaa ja selkeämpää puheyhteyden avulla. Puhelin yhteyteen voi hankkia hyvät, Bluetooth kuulosuojaimet, joissa on mikrofooni, joka poistaa koneiden äänen, eli puhe ääni kuuluu selkeästi. Hyvä kommunikointi yhteys tuo myös työturvallisuutta koska konekuski tietää aina missä apumies liikkuu. Kaivinkonekuskin ja apumiehen hyvä yhteys sekä vuorovaikutus, vaikuttaa merkittävän paljon työsuorituksen nopeuteen.

4 Maanrakennuksen tarkastukset ja turvallisuusvaatimuksia

4.1 Huolelliset maaperätutkimukset

Maaperätutkimukset on tehty urakan tarjousvaiheessa tarkasti, tilaajan eli Fingridin toimesta, tässä Alajärven sähköasema projektissa. Tutkimusten avulla on tehty tarkat työsuunnitelmat, jotka toimivat teknillisesti oikein ja ovat toteutuskelpoiset. Tutkimuksilla saadaan selville kallion yleinen pinta, maakerrostumat sekä maakerrostumien rakeisuus käyrät. Rakeisuuskäyristä tehdään tutkimus, josta saadaan selville maan kantokyky. Maaperätutkimuksen avulla voidaan valita taloudellisesti edullisimmat työtavat- ja menetelmät (sivu 32). Tämän työmaa alueeseen on tehty 36 porakone-, 14 puristinheijari- sekä 54 heijarikairausta, kairauksista on kartta, liitteessä 3. (RIL 98.)

Kaaviossa 4 on esitetty maaperän kantavuutta. Tämä porakairaus on 0,8 metriä syvä ja poraus on lopetettu kalliioon. Tällä porakairauksella on saatu selville kovat tai löyhät maakerrokset sekä kallion pinta. Kairauksilla on saatu tarkka kallion sijainti koko kytkinkentän alueelta.



Kaavio 4. 110 kilovoltin kytkinkentän perustuslinjaan tehty porakairauskoe, reikä 38.

4.2 Sähköasematyömaan urakointi ja turvallisuus

Sähköasemarakentamiseen ajettavat sorat, sepelit ja murskeet on oltava CE hyväksytyttä. Maa- laatuojen varmistaminen tapahtui tässä hankkeessa urakoitsijan toimittamasta raportista. Maa- laadut on oltava tarkasti standardien mukaiset sillä se takaa laadukkaimman lopputuloksen.

Rakeisuus käyrät olisi hyvä tutkia, myös tilaajan toimesta, jolla voidaan varmistaa, urakoitsijan toimittaman raportin oikeellisuus.

(TMV Service 2021.)

Suomessa on paljon erilaisia maanrakennusurakoitsijoita, isoja ja pieniä yrityksiä sekä laadukkaita tai ei niin laadukkaita yrityksiä. Pääurakoitsijana TMV Service Oy ottaa mukaan aliurakoitsijoita, jotka ovat laadukkaita sekä vastuullisia urakoitsijoita. Urakkasopimukset tehdään kirjallisesti, jossa käydään vielä kertaalleen läpi koko maanrakennustyöt, jotka sisältyvät urakkaan. Vastuullisen sekä edullisen, urakoitsijan löytäminen on haastavaa, sillä usein uuden urakoitsijan kanssa yhteistyö vaatii hieman työtapojen muuttamista, koska sähköasematyömailla on tiukat laatu- ja turvallisuusvaatimukset.

Jännitteisellä alueella työskentelyä, tehdään kytkinkentällä, esimerkiksi peruskorjaus kohteissa tai jos kytkinkenttää laajennetaan. Jännitteisellä alueella työskentely tarkoittaa, jotta jännite on työskentelyalueen lähetyvillä. Tähän työhön TMV Service Oy, kouluttaa erikseen työntekijät. Jos töitä tehdään jännitteisellä kytkinkentällä, kaikki työkoneet täytyy olla aina maadoitettu.

Fingrid Oyj:llä on paljon erilaisia turvallisuusvaatimuksia ja monet niistä ovat tiukempia, mitä Suomen laki, sanoo. Tilaajana Fingrid haluaa 0 tapaturmaa vuosittain, heidän työmaillaan ja tavoite on koko ajan lähestymässä. Viime vuosikymmenen aikana, työntekijöiden tapaturmat, ovat laskeneet paljon, johtuen siitä että työturvallisuuteen liittyviä asioita on tiukennettu, sekä valvontaa on lisätty huomattavasti. Fingrid haluaa olla vastuullinen tilaaja.

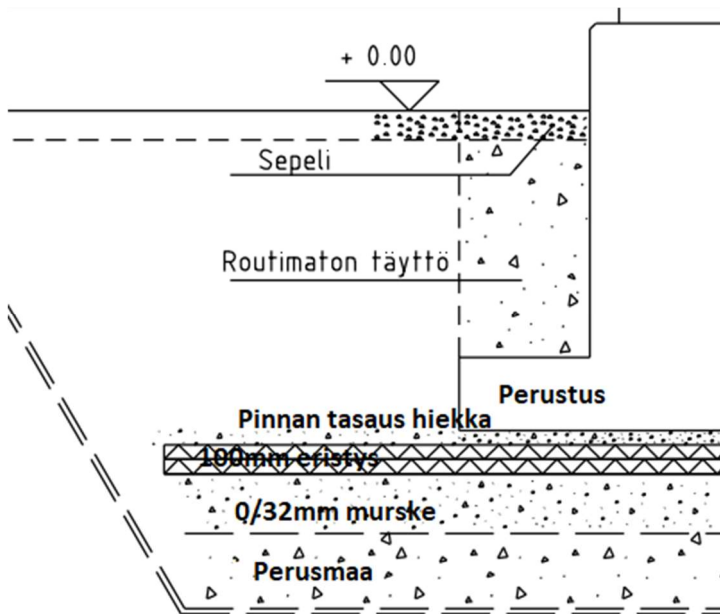
5 Sähköaseman maanrakennustöiden säästöjä

5.1 Kytkinkentän korkoaseman muokkaaminen

Kytkinkentän korkoaseman määrittäminen, tapahtuu tilaajan toimesta ennen urakan laskenta vaihetta. Urakkalaskennassa on jo määritetty tarkat sijainnit laitteille ja perustoille, joka helpottaa urakkalaskentaa. Kytkinkentän korkoaseman muuttaminen onnistuu tapauskohtaisesti, jos sillä saadaan merkittäviä kustannus säästöjä ja nopeutettua aikataulua. Kytkin kentän korkoaseman muokkaaminen voi johtua vaikka, lähellä olevasta kalliosta, jonka seurauksena edullisempaa on ajaa maata ja korottaa kenttää.

5.2 Kapillaarikatkolla routimattomaksi

Kapillaarikatko tehdään rakennettavan perustuksen tai rakennelman alle, mikä estää pohjaveden nousemisen perustukseen. Kapillaarikatkolla pohjaveden nouseminen perustukseen halutaan estää koska se aiheuttaa routimista perustuksessa sekä mahdollisen rakennukseen kosteusvaurioita. Routiminen voidaan estää kapillaarikatkolla tai eristyksellä eli poistamalla vesi tai pakkanen. Kuvassa 8, on esitetty elementtiperustuksen perustamistapa ja routasuojaus.



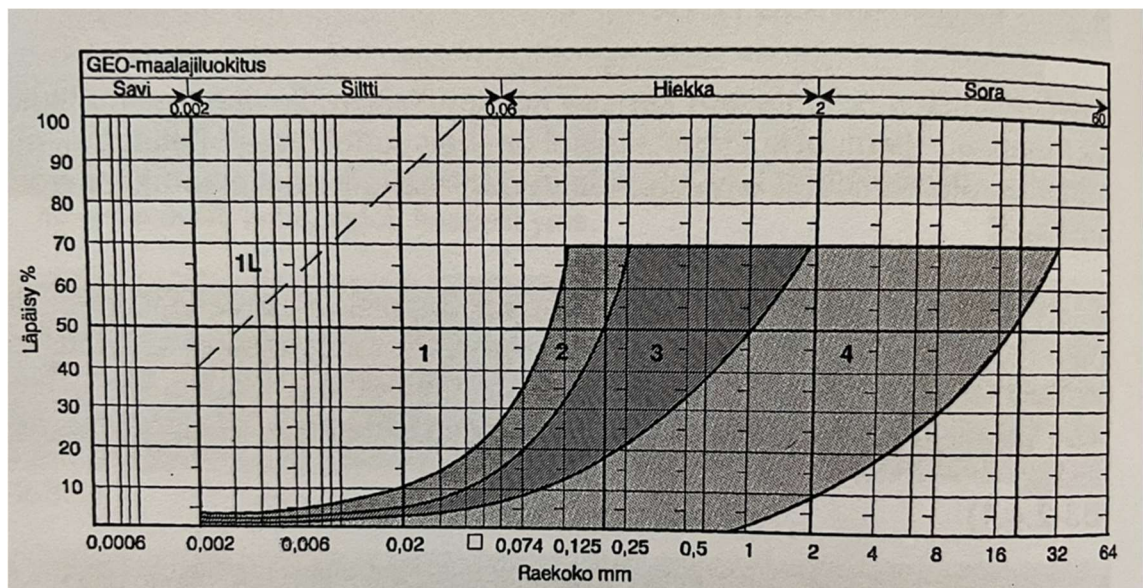
Kuva 8. Fingridin perustuselementin leikkaukkuva. (Fingrid 2021.)

Routiminen syntyy, kun kapillaarisesti nouseva vesi, nousee pohjavedestä ylöspäin ja törmää pakkaseen. Pakkanen jäädyttää veden ja vesi jää paikalleen. Maa on routivaa, jos alle 0,02 millimetrin rakeita on 3 painoprosenttia 2 millimetriä pienempien rakeiden määrästä. Maan sisällä vesi jäätyy korkoon, mihin pakkanen on päässyt, jolloin kapillaarinen vesivirta jatkuu maan sisältä jäälinsin luokse ja jäälinski laajenee entisestään. Keväällä maan sulassa jää linsin sulamisen aikana jää laajenee aiheuttaen maaperässä liikettä eli routanousuja maan pinnalla. Kun jäälinski on sulanut kokonaan, maahan jää pehmeä kohta, jolloin maa painuu siitä kohti maan päältä. Jäälinsin sulaminen aiheuttaa suuret voimat maassa. Routiminen maassa tarvitsee vettä ja pakkasta mutta jos toinen saadaan estettyä, niin routimista ei tapahdu. (RIL 126-2020.)

Tässä käsitellään, kuinka perustus perustetaan maahan ilman eristystä ja kuinka kapillaarikatko tehdään routasuojaksi. Kapillaarikatko täytyy tehdä pakkasrajan tuntumaan tai alapuolelle ettei vesi pääse jäätymään sen alapuolelle. Routan syvyyden alaraja tällä Alajärven työmaalla on n. 2,2 metriä (ympäristö.fi). Kapillaarikatkon yläpuolinen täyttö täytetään routimattomilla mailla. Tällä routasuojauksella säästyy eristeen hankkimisesta, mutta joutuu kaivamaan

syvemmälle, sillä kapillaarikatko täytyy saada pakkasrajan tuntumaan. Tällaisen testiperustuksen voisi tehdä seuraavalle työmaalle ja tutkia kuinka routivaa voi olla kapillaarikatkon yläpuolinen täyttö ja kuinka perustuksen vierellä oleva routiva maa, alkaa vaikuttamaan perustuksen sijaintiin. Kapillaarikatkon tekemisestä saa säästöjä, koska ei tarvitse ostaa routaeristettä.

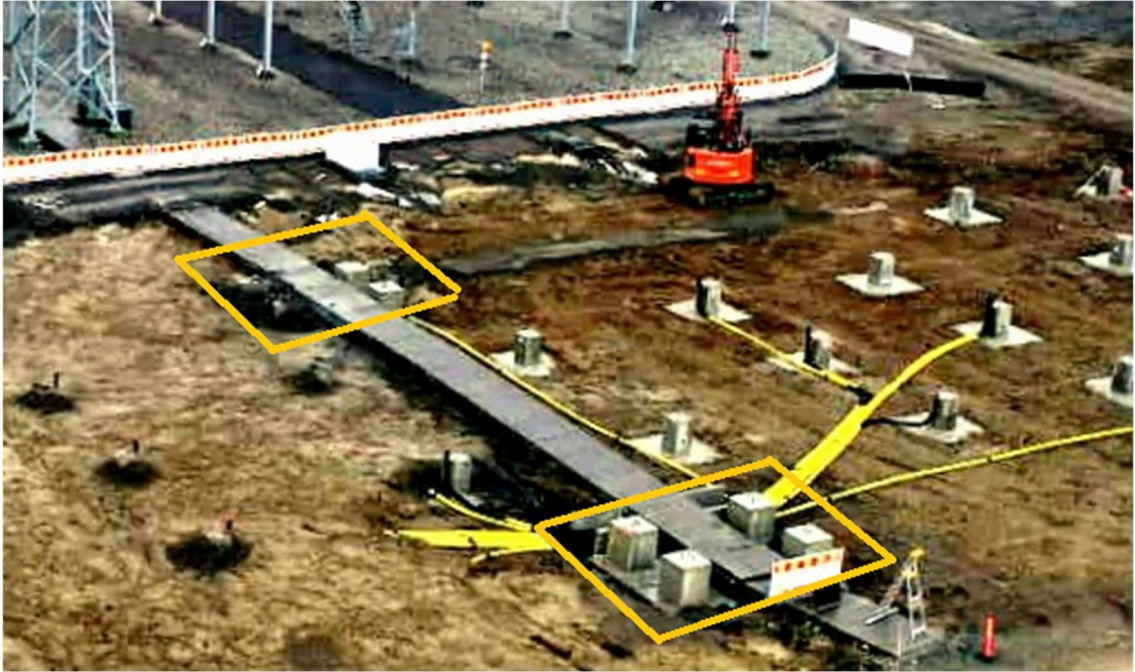
Routimattomat maat ovat sellaisia, joissa kapillaarista ilmiötä ei tapahdu. Semmoisia maalajeja on karkearakeisemmat maalajit. Kuva 9 on arviointi siitä, kuinka routivaa maaperä on rakeisuuden perusteella. Kuvassa on esitetty, että rakeisuuskäyrät 2, 3 ja 4 on todennäköisesti routimattomia. (RIL 121-2004.)



Kuva 9. Maalajien rakeisuuskäyrät (RIL 121-2004, 36).

5.3 Kallion louhinta vai perustusten injektointi

Tässä kappaleessa, on tarkoitus käsitellä, kumpi on edullisempaa, kallion louhinta vai perustuksen teko kallioon kiinni. Kallion louhinta on usein hyvin kallista työtä, jota yritetään välttää, perustuksia tehdään usein injektioimalla kallioon tämmöisissä kohdissa. Tällä Alajärven sähköasemaprojektin 400 kilovoltin kytkinkentän laajennus alueella oli kohta, jossa kallion pinta tuli perustamissyvyydestä noin metrin ylöspäin. Nämä perustukset, jotka ovat kuvassa 10, injektointiin kiinni kallioon, jolla vältettiin kallion louhiminen. Haastavaa tässä työssä oli se, että kuvassa näkyvä kaapelikanava oli käytössä, josta menee ohjausjohdot koko 400 kilovoltin kytkinkenttään.



Kuva 10. Alajärven sähköaseman 400 kV kytkinkentän itäpuolen laajennus.

Injektointi massa on nestemäistä ainetta, joka kuivuuksaan kovettuu kuten betoni. Injektointi massaa käytettiin, kallioankkuroiden kiinnittämiseen. Perustuksien kallioankkuroinnit tehdään siten että, kallioon porataan reikä, se puhdistetaan paineilmailla ja reikä täytetään injektointimassalla, jonka jälkeen sinne työnnettiin terästanko. Terästanko jähmettyy kiinni parin vuorokauden aikana, jolloin siihen tehdään perustuksen valumuotti ympärille. Kun muotti on valmis ja raudoitettu, perustus valetaan. Tällä toimenpiteellä säästettiin kallion louhinta.

Kalliota olisi täytynyt louhia, näiden perustuksien kohdalta, noin 62 kuutiota, jotta perustukset olisi voitu valaa, normaaliin perustamissyvyyteen. Tämä louhinta ja louheen irrottaminen sekä sen pois vienti, olisi maksanut Ratu menekkien mukaan noin 4340 euroa (Sivu 26). Kun nyt perustukset valettiin kallion päälle, lisää työtä tuli ainoastaan injektoinnista. Reikiä porattiin yhteensä 20 kpl jotka oli päivässä porattu sekä puhdistettu. Injektointi sekä terästen asennus hoitui samana päivänä. Näin ollen injektointi maksoi tarvikkeineen (injektointimassa 600€ + teräset 220 € + työ 45 € x 8 h = 360 €) yhteensä 1180 euroa. Eli yhteensä säästettiin noin 3160 euroa. Tässä laskelmassa otettiin huomioon muotin teko kallion päälle, joka on hieman haasteellisempää kuin tasaisen sepeli patjan päälle. Mutta myös muottia tarvitsi tehdä noin 25 neliometriä vähemmän koska, perustuksista tuli sen verran pienemmät. Tässä laskelmassa nämä kumosi toisensa. Pienemmässä muotissa on myös paljon vähemmän terästä sekä betonia meni useita kuutioita vähemmän. (Mittaviiva Oy 2020.)

5.4 Maanrakennustöiden organisoinnin ja työmenetelmien merkitys kustannuksiin

Maanrakennustöiden organisoinnilla, aikataulutuksella, työmenetelmillä sekä työjärjestyksellä on suuri rooli siinä, kuinka työt edistyvät, kuinka laadukkaaseen lopputulokseen päästään ja kuinka paljon työ maksaa. Maanrakennustöiden teettäminen alkaa urakoitsijan kilpailuttamisella, jotka tarjoavat urakat pääurakoitsijalle. Kilpailuttamisessa täytyy olla tarkkana, että mitä urakoitsijat tarjoavat ja että kaikki työt kuuluvat urakkaan. Yleensä pyritään siihen, että aliurakoitsijalla ei tarvitse teettää lisätöitä, sillä se kasvattaa aina kokonaiskustannuksia. Maanrakennustöiden organisoinnissa on iso merkitys, siinä tekeekö urakoitsija töitä urakalla vai tuntitöinä. Jos urakoitsija on urakalla töissä, heillä on työnjohdollinen vastuu työstä, mutta jos urakoitsija on tuntitöinä, pääurakoitsijalla on vastuu työn tehokkuudesta.

Organisoinnissa keskitytään siihen, että kaivinkone tekee mahdollisimman vähän turhia siirtoja. Esimerkiksi jos kaivinkone on kaivamassa perustuksille kuoppia, kuskin kannattaa miettiä mitä muuta se voi tehdä siltä samalta sijalta, että sen ei tarvitse siirtää konetta. Sama pätee myös isommassa mittakaavassa, jos ollaan tekemässä esimerkiksi Alajärven työmaan 110 kilovoltin kentän pintamaan pois ajoa kannatta ajaa koko kentän pintamaat pois kerralla ennen kuin kaivinkone siirtyy eri työhön. Organisoinnin päätavoite on, että työt tulisi tehtyä mahdollisimman nopeasti, mahdollisimman pienellä kapasiteetilla sekä saada mahdollisimman hyvä lopputulos aikaan.

Työmenetelmillä on myös suora yhteys hankkeen kustannuksiin. Työmenetelmät ja työtavat ovat hyvin vakiintuneita, pitkään samalla alalla toimivassa yrityksessä. Kuitenkin jokaisella työmaalla on uusia työntekijöitä, joita opetetaan työskentelemään yrityksen tavoin. Tämä vie työaikaa opettamiseen. Työmenetelmiin on vaikutusta sillä, tehdäänkö työtä talvella vai kesällä sekä myös sillä että onko työntekijä, kuinka motivoitunut tekemään työtä.

6 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennus

6.1 Rakennettavan 110 kilovoltin esittely

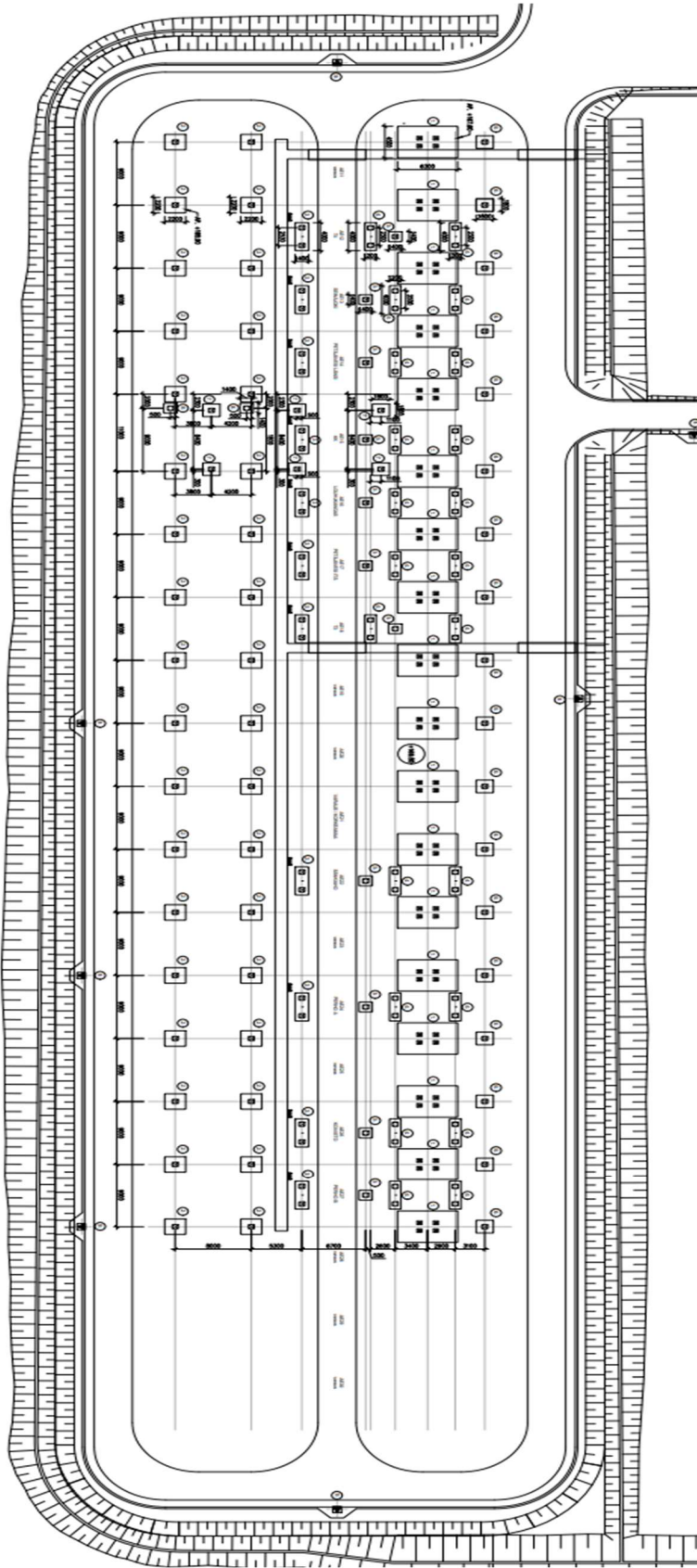
Tässä kappaleessa on tarkoitus selvittää tulevien urakkalaskelmien työmaa. Kuvassa 11 näkyy oranssilla piirretty alue, johon tulee kuvan 13 mukainen kytkinkenttä. Vanha kytkinkenttä on punaisella piirretyt alueen sisäpuolella, joka puretaan pois uuden kentän valmistuttua. Lähes koko kuva on työmaa aluetta. Uuden kentän mitat ovat 212 x 60 metriä.



Kuva 11. Alajärven sähköasematyömaan alue kartta.

6.2 Kytkinkentän työvaiheet ja materiaalit

110 kilovoltin kytkinkentän maarakennustyöt, alkaa pintamaan poistolla ja maan leikkauksella oikeaan korkoon. Tässä Alajärven kytkinkentässä leikattiin maata noin 0,5–1,0 metriä. Maat ajettiin 400 kilovoltin kytkinkentän täyttöihin. Maiden pois ajon jälkeen portaaliperustusten kohdat louhitaan ja louhos ajetaan pois. Salaojalinjat asennetaan perustus riveihin, jonka jälkeen tehdään pohjat portaaleille. Portaalien rakentamisen jälkeen, täytyy tehdä pohjat perustuselementeille ja kaapelikanaville, joita tuli yli 150 kpl tälle kentälle. Perustuksien ja kaapelikanavien alle asennetaan routasuojaus ja perustukset asennetaan nostimella, tasaushiekan päälle. Kun kaikki perustukset ovat paikallaan, kupari verkko sekä kaikki kaapelinsuojaputket asennettu maahan. Koko kenttä täytetään penkkahiekalla. Täytön jälkeen, maanpintaan tulee suodatin kangas ja sen päälle 100 millimetriä paksu kerros, 16/32 millimetristä mursketta. (TMV Service Oy. 2021)



Kuva 12, Rakennettava 110 kilovoltin kytkinkentän perustus-suunnitelma.

Maanrakentamisen työ määrät, joita käytetty, tunti- ja urakkalaskelmissa:	Määrä	Yksikkö
Pintamaan pois ajo	13110	m3 rtr
Salaoja kaivuu ja asennus 1,5 m syvälle	570	m
Portaalien murskepeti yhteensä	148	m3 rtr
Elementti perustusten murskepeti 112 kpl	819	m3 rtr
Kaapelikanavan murskepeti	220	m3 rtr
Eristys työ = 3463 m2, kaapelikanaville ja elementtiperustuksille	3463	m2
Asennushiekan asennus	173	m3 rtr
Elementtiperustuksien ja kaapelikanavien asentaminen	155	kpl
Cu25 mm kuparin asennus ruudukkoon	2320	m
Kaapelinsuojaputkien asennus	750	m
Perustuksien ja kaapelikanavien reunatäyttö yhteensä	400	m3 rtr
Kentän lopputäyttö pengertäytyteellä	11620	m3 rtr
Tiealueen täyttö	302	m3 rtr
Suodatinkankaan asennus koko kentän alueelle	13110	m2
Tie alueiden tasaus	302	m3 rtr
Koko kentän alueelle 100 millimetrin sepeli kerros suodatinkankaan päälle	1009	m3 rtr

Taulukko 1, Määrälaskelma maanrakennustöistä.

Materiaali	Määrä	Yksikkö	Loppuhinta
Portaaliperustukset	18	kpl	237 600 €
Elementtiperustukset	112	kpl	114 240 €
Kaapelikanavat	43	kpl	46 440 €
Eriste 100 mm XPS	3463	m2	54 368 €
Kuparit Cu 25	2320	m	9 512 €
Salaojaputket 110 mm	570	m	1 986 €
Salaojakaivot 20 kpl	20	kpl	1 000 €
Kaapelinsuojaputket	750	m	4 175 €
Suodatinkangas	13 110	m2	12 586 €

Taulukko 2, Kytäkentän maanrakentamisen tarvikkeet, määrät ja kustannukset.

Perustuksien hinnat TMV Service Oy:n hinnastosta. Muiden materiaalien hinnat Taloon.com tai K Raudan verkkosivuilta.

Yhteensä kaikki tarvikkeet = 481 907 €

6.3 Tuntitöinä

Laskelma löytyy liitteenä 3

Taulukossa olevat työmenekit on laskettu ROK 2020, sekä Ratu menekit 2020 kirjoista. Työmenekit ovat keskiarvoja, joita on sovellettu, työn haastavuuden mukaan. Kustannuslaskennassa on otettu huomioon kaikki maanrakennustyöt mitä menee kentän tekemiseen. Sorien ostoon kuuluu materiaalin toimitus työmaalle. Kumpaankin laskelmaan sisältyy maa materiaalit. Vertailun yhtenäisyyden kannalta on otettu huomioon, että määrät ovat samoja kummassakin laskennassa. Maamateriaaleissa on käytetty kertoimia 1,5–1,65 ja hinnasto on € /tonni. Sorien hinnat: Multalan sora.fi/hinnasto 7.2.2022

Koko kytkinkentän tarvikkeet kustantaa: 481 907 € ja työt: 387 707 €

Yhteishinta on: 869 614 €

Tuntitöitä tehtäessä tarvikkeiden osuus on: 55,42 % koko kentän osuudesta. Urakkahinta on tuntitöihin verrattuna 74 157 € eli 19,1 % kalliimpi.

6.4 Urakalla

Laskelma löytyy liitteenä 2

Tässä laskelmassa on käytetty samoja määriä kuin tuntityö taulukossa ja hintana on käytetty TMV Service Oy:n aliurakoitsijoiden tarjouksia. Urakkalaskelma on laskettu yksikköhintoja käytäen. Huomioi että urakkahintaan kuuluu myös sorat, joiden yhteishinta on 95 769 €

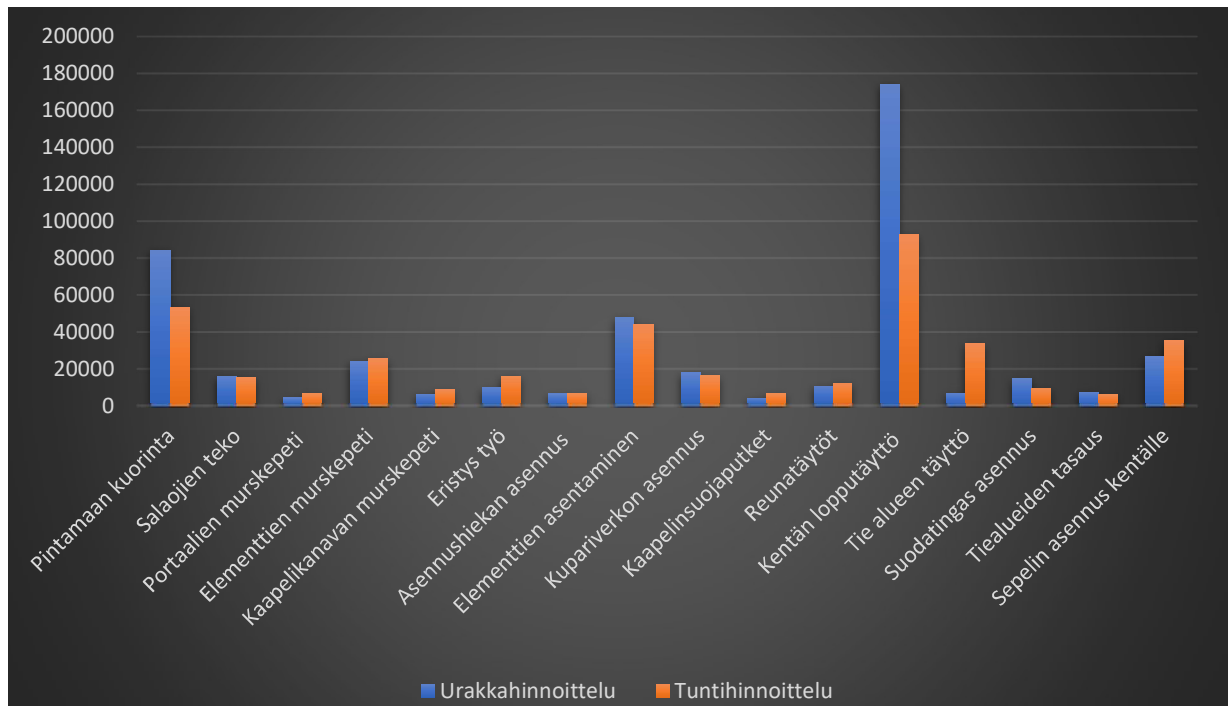
Koko kytkinkenttään tarvikkeet kustantaa: 481 907 € ja työt: 461 864 €

Yhteishinta on: 943 771 €

Eli urakalla tehtäessä tarvikkeiden osuus on 51,1% koko kentän osuudesta. Urakkahinta on tuntitöihin verrattuna 74 157 € eli 19,1 % kalliimpi.

6.5 Osaurakalla

Vertailtaessa tunti ja urakka laskelmia, huomaa että työkokonaisuuksien hinta erot ovat suuria. Isoin ero on maamateriaalien pois ajamisessa ja kytkinkentän täytössä. Ylivoimaisesti edullisin olisi tehdä tuntiöinä, maan leikkaus ja maiden pois ajaminen sekä kytkinkentän loppu täyttö. Loput työt olisi järkevin antaa urakalla urakoitsijalle.



Taulukko 3. Kytkinkentän maanrakentamisen kustannusvertailu urakalla ja tuntiöinä tehtynä.

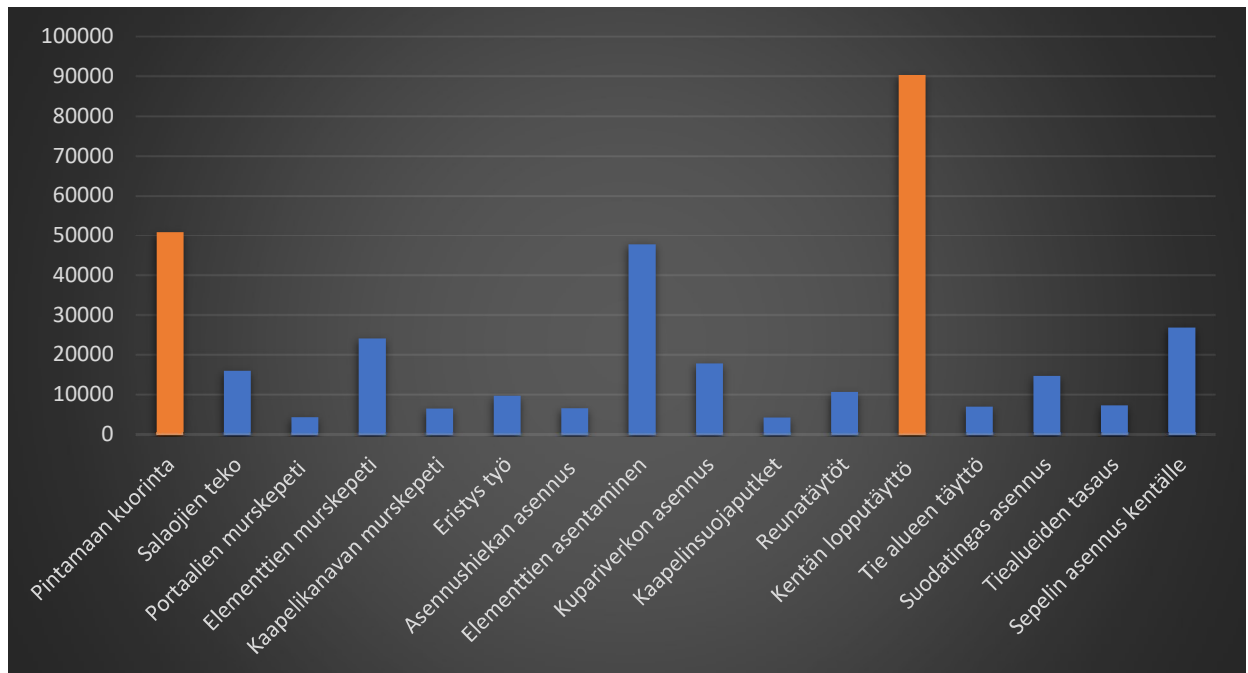
6.6 Kustannustehokkain tapa / säästöt

Kustannus rakenne 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöissä menee siten että noin 50-60€ % koko kentän hinnasta on tarvikkeita tai maita ja loput 40 % on kone- tai käsityötä. Eli suurin rahavirta menee materiaaleihin, joista saa ehkä pienimmällä työllä, suurimmat säästöt. Kun materiaalit, kilpailutetaan ja mahdollisimman paljon tilataan suoraan tehtailta tavaraa, eikä väliskäsiä kautta.

Maanrakennustyön osuuden säästöt voi olla merkittävät, johtuen urakkamuodosta. Riippuu siitä, tehdäänkö maanrakennustyöt tuntiöinä vai urakalla. Jos urakoitsija tulee tuntiöinä työmaalle, on pääurakoitsijan opastettava kaivinkonetta jonkin verran, ettei menisi paljon hukkatunteja. Eli työn johtoa tarvitaan sitoa enemmän silloin työmaatoimintaan, tämä on otettu huomioon laskelmassa. Urakalla tekevä aliurakoitsija hoitaa itse oman työn johtamisen ja organisoinnin. Urakasopimuksessa on sovittu, töistä ja laatu kriteereistä, silloin urakoitsija itse huolehtii, kuinka he tekevät työn, kunhan se tehdään turvallisesti, aikataulussaan ja laadukkaasti, Silloin

pääurakoitsijan ei tarvitse niin paljon sitoa työnjohtoa maanrakennustöihin. Jokainen urakoitsija, joka tekee urakalla töitä, laskee itselleen katteen työn päälle.

Ratu menekkien eli tunti-laskutus urakakan sekä TMV Service:n urakkahintoihin perustuen kustannustehokkain tapa on teettää kytkinkentän maanrakennustyöt, kun maan leikkaus ja täyttötyöt teetätetään tunti-inä taulukon 4 mukaisesti. Loput työt kannattaa teettää aliurakoitsijalla urakalla. Näin osittain tunti-inä teetätettynä, säästö olisi: 117 296 €.



Taulukko 4. Kytinkentän maanrakentamisen kustannukset osurakalla. Oranssi tunti-inä ja sininen urakalla.

7 Pohdinta

Maanrakentamisesta minulla on aiemmin kokemusta muutaman vuoden ajalta lapiomiehen roolista ja sähköasemalla olen työskennellyt 2020 ja 2021 -kesät. Kun sain opinnäytetyön aiheen, en ollut aikaisemmin laskenut, tarkempia kustannuksia maanrakentamisesta. En ollut myöskään, niin tietoinen, tarkemmista lainsäädännöistä ja muista maanrakentamiseen liittyvistä aseuksista. Aikaa on mennyt hurjasti tiedon hankkimiseen ja analysoimiseen. Opinnäytetyön aiheen rajaus oli haastava tehdä. Toimeksiantaja antoi aluksi aiheen tehdä opinnäytetyö 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöistä. Esittelin työtäni toimeksiantajalle ja he kehottivat tutki- maan myös maanrakentamisen kustannuksia. Näin aihe laajeni kustannuslaskennan puolelle ja mukaan tuli kustannusrakenne taulukko, mistä nähdään, kuinka kustannukset rakentuvat eri osa alueissa.

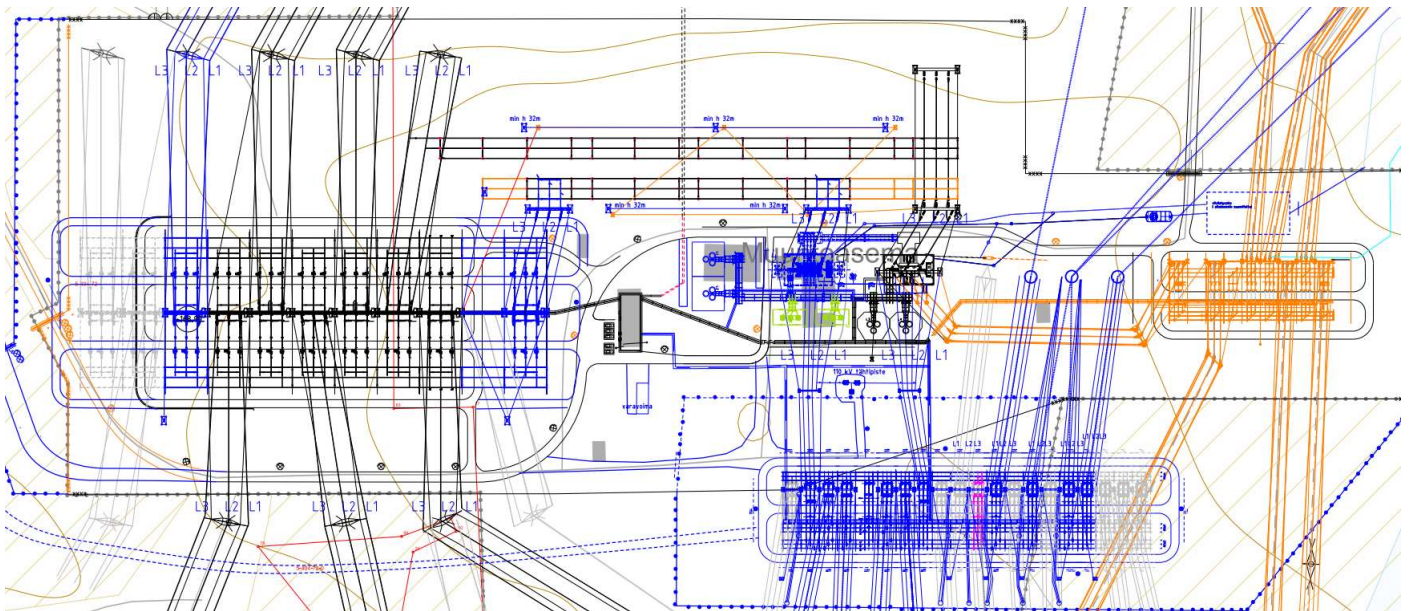
Tein vertailun, tuntitöiden ja urakalla, tehtävien maanrakennusurakan eroista, sekä kustannuksista. Urakalla ja tuntitöinä teetetettyjen töiden erot ovat suuret ja sen aihe alueen tutkimiseen uppoutui aikaa. Urakalla vai tuntitöinä, mietitään joka projektissa, kummin kannattaisi tehdä. Nyökkisääntönä toimii ”se mitä ei osata, ei keretä tekemään tai on muutenkin halpa teetättää, annetaan urakalla pois” eli jos on riittävästi osaamista ja resursseja kannattaa lähtökohtaisesti itse urakoida työt tai teetättää tuntitöinä. Kannattaako maanrakennustöitä teetättää urakoitsijalla tuntitöinä vai urakalla, tulon siihen tulokseen, että kannattaa teetättää kummallakin. Kuten aikaisemmissa kappaleissa on jo sanottu niistä missä säästää eniten kannattaa teetättää tuntitöinä ja loput urakalla.

Urakointi muoto riippuu myös siitä mihin pääurakoitsija haluaa pistää eniten omia resursseja. Jos pääurakoitsija haluaa pysyä vain tietyn asian asiantuntijana, muut työt kannattaa teetättää aliurakoitsijoilla. Myös riippuu siitä, onko pääurakoitsijalla resursseja, teetättää kaikki työt tuntitöinä vai onko järkevämpi ostaa isompi urakoitsija, joka tekee kokonaan maanrakennus osa alueen urakalla. Jos haluaa pikkuhiljaa laajentaa toimintaa ja ottaa maanrakennuksen toimialue omaan haltuun se vaatii, maanrakennus osa-alueelle ammattitaitoisen henkilökunnan sekä yritykseltä kykyä laajentua, sillä se kasvattaa organisaatiota useilla koneilla ja useilla työntekijöillä.

Lähteet

- Aurinkoteknillinen yhdistys Ry. 2021. Aurinkoenergia. <https://sary.fi/yhdistys/missio-visio.20.11.2021>
- Fingrid. 2021. Fingridin omistama Suomen kantasähköverkko. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/suomen-sahkojarjestelma/>.
- Fingrid. 2022. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031. <https://www.fingrid.fi/sivut/ajankohtaista/tiedotteet/2021/kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2022-2031-on-julkaistu/>. 16.2.2022
- Fingrid. 2019. Sähköasemien maa ja pohjarakentamistyöt - S22201L5. Työohje. 20.11.2021.
- Fingrid. 2021. Alajärven muuntoasema maarakennussuunnitelma. Työselostus AJOMA002. 15.12.2021.
- Maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999.
- Mittaviiva Oy. 2019. Rakennustöiden menekit 2020. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Motiva. 2021. Tuulivoima. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/tuulivoima_suomessa.19.1.2022
- Multalan sora. 2021. Hinnasto. <http://www.multalansora.fi/hinnasto/>. 25.1.2022
- Mäkelä, H. & Hoikkala, S. Pihojen pohja- ja päällysrakenteet, Tampere 1994. Rakennustieto Oy.
- Remes, M. 2019. Varautuminen tuulivoimaloiden kasvuun suomessa. <https://www.fingridlehti.fi/tuulivoima-verkon-suunnittelijat/>. Luettu 1.3.2022
- Rakennusliitto. Urakkahinnoittelu 2020. Talon rakennusalan urakkahinnoittelu 2019-2020. <https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2019/08/Talonrakennusalan-urakkahinnoittelu-2019-2020.pdf>. 3.3.2022
- Mittaviiva Oy. 2020. ROK 2020 rakennusosien kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Rakennustieto Oy. Infra RYL 2008. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.
- Rakennustieto Oy. Maa Ryl 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Stuk. 2022. Ydinvoimalaitokset. <https://www.stuk.fi/aiheet/ydinvoimalaitokset/suomen-ydinvoimalaitokset.14.2.2022>.
- RIL 98. 1976. Maa- ja kalliorakennus. Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- RIL 126-2020. 2021. Rakenus- ja tonttialueen kuivatus. Suomen rakennusinsinöörien liitto
- RIL 121-2004. 2004. Pohjarakennusohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- RIL 132-2000. 2000. Talonrakennuksen maanrakenteet. Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- Tilastokeskus. 2020. Sähköntuotannon energialähteet taulukko. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0002.htm. 19.1.2022
- TMV Service Oy. 2021. Alajärvi laadunvarmistusraportti.
- Tuulivoimala yhdistys. 2021. Tuulivoimalatilasto. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimahanke.14.12.2021>

Liite 1. Alajärven sähköaseman sijoituspiirustus



Liite 2. 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöiden kustannukset urakalla

Alajärven sähköaseman 110 kV kytkinkentän maanrakennustöiden kustannuslaskenta urakalla

Työn kuvaus:	Määrä	Yksikkö	Yksikkö hinta	Koko työn kustannukset	Huomioitavat asiat	Prosentti osuus kokonais hinnasta
Pintamaan kuorinta ja maan leikkaus sekä pois ajo alle 1 km = 13110 m3rtr.	13110	m3 ktr	6,4	84428	Pintamaa poisto, sisältää kuljetuksen	18,3 %
Salaojan kaivuu, alustäyttö, tiivistys, asennus ja ohjeen mukainen täyttö	570	metriä	28	15960	Alustäytön teko sekä putken asennus	3,5 %
Portaalien murskepeti	148	m3 rtr	29	4351	Sisältää 300 millimetrin murskepedin teon ja tiivistyksen.	0,9 %
Elementti perustusten murskepeti 112 kpl	819	m3 rtr	29	24079	Sisältää 300 millimetrin murskepedin teon ja tiivistyksen.	5,2 %
Kaapelikanavan murskepeti	220	m3 rtr	29	6468	Sisältää 300 millimetrin murskepedin teon ja tiivistyksen.	1,4 %
Eristys työ = 3474 m2, kaapelikanaville ja elementtiperustoille	3463	m2	3	9696	100 mm XPS eristys, eristeiden soortoon apuna käytetty pyöräkonetta.	2,1 %
Asennushiekan asennus = 173 m3 rtr	173	m3 rtr	38	6539	0/16 mm murske levitetä eristeen päälle, perustuksen alusen kohtaan.	1,4 %
Elementtiperustuksien ja kaapelikanavien asentaminen 155 kappaletta	155	kpl	308	47740	Elementtien asentaminen välivarastosta paikalleen	10,3 %
Cu25 mm kuparin asennus ruudukkoon 2320 metriä + liitokset	2320	metriä	8	17864	Cu25 mm kuparijohtimen asennus maahan	3,9 %
Kaapelinsuojaputkien asennus 750 metriä	750	metriä	6	4200	110 mm kaapelinsuojaputken asennus valmiiseen pintaan	0,9 %
Perustuksien ja kaapelikanavien reunatäyttö yhteensä 400 m3 rtr	400	m3 rtr	27	10640	Kuorma auto kuljettaa maan kaivinkoneen viereen.	2,3 %
Kentän lopputäyttö pengertäytteellä = 11 620 m3 rtr	11620,6	m3 rtr	14,98	174077	Kenttä täytetään pengerrhiekkalla 1m joka kohdasta.	37,7 %
Kentän tie alueiden 50 cm kantava kerros = 3024 m2	302,4	m3 rtr	23,1	6985	Suodatinkankaan päälle 50 cm 0/63 mm mursketta	1,5 %
Suodatinkankaan asennus koko kentän alueelle = 11 984 m2	13110	m2	1,12	14683	Alue on tyhjä muista tarvikkeista, mihin asennetaan kangas	3,2 %
Kentän tie alueiden 100 millimetrin murske = 3024 m2	302,4	m3 rtr	24,22	7324	Murskeen päälle 50 mm 0/16 mm mursketta	1,6 %
Koko kentän alueelle 100 millimetrin sepeli kerros suodatinkankaan päälle = 100 m3 rtr	1008,6	m3 rtr	26,6	26829	Suodatinkankaan päälle 100 mm sepeliä, levitys kaivinkoneella, työmies tekee lopputasauksen	5,8 %
Tarjous sisältää kaikki käytettävät maat			Yhteensä	461864	€ alv 0%	

Liite 3. 110 kilovoltin kytkinkentän maanrakennustöiden kustannukset tuntitoina

Alajärven sähköseman 110 kv kytkinkentän maanrakennustöiden kustannuskanta tuntitoina. Sisältien sorat toimitettuna työmaalle

Työn kuvaus:	Määrä	Yksikkö	Työ menekki	Työmenekin yksikkö	TL3 Kerroin	Työhön kulunut aika	Aika	Työn hinta/h	Maan hinta	tonni/m3 rtr Kerroin	Koko työn kustannukset	Huomioitavat asiat	Käytetty työryhmä	Prosentti osuus kokonais hinnasta
Pintamaan kuorinta	13110	m3 ktr	0,017	h/ m3 ktr	1,1	251	h	95			23853	Pintamaa poisto -1 m, helppo kaivuista maata	1 kaivinkone ja kuski	6,2 %
Pintamaan pots ajo, alle 1 km 13110 m3 ktr,	1092,5	Kuormaa	0,294	h/ kuorma	0,8	257	h	105			26980	Pintamaat kuljetettiin n.500m, täyttömaaksi	1 dumpperi ja kuski	7,0 %
Salaja kaivu 570 metriä, n.0,8 metriä syvälle	570	m3 ktr	0,039	tth/m3 ktr	1,1	25	h	95			2335	Kaivettu maa ja läjitetty kaivannon viereen, täyttö tapahtuu samalla maalla.	Kaivinkone yli 25 tonnin	0,6 %
Salajan alustäyttö, tiivistys ja asennus	570	metriä	0,14	tth/m	1,0	80	h	140			8193	Alustäytön teko sekä putken asennus	Kaivinkone ja rakennustyömies tiivistykseen kanssa	2,1 %
Salajan peittäminen	570	m3 rtr	0,028	tth/m3 rtr	1,1	18	h	140			2458	Sisältää 300 mm salajasepelin ja suojaheikan	Kaivinkone ja yksi rakennustyömies	0,6 %
Portaalin murskepeiti	148	m3 rtr	0,088	kone-h/m3 rtr	1,3	17	h	140	7,50	1,65	4207	Sisältää 300 millimetrin murskepedin teon ja tiivistyksen	Kaivinkone ja yksi rakennustyömies	1,1 %
Elementti perustusten murskepeiti 112 kpl	819	m3 rtr	0,088	kone-h/m3 rtr	1,3	94	h	140	7,50	1,65	23282	Sisältää 300 millimetrin murskepedin teon ja tiivistyksen	Kaivinkone ja yksi rakennustyömies	6,0 %
Kaapelikanavan murskepeiti	220	m3 rtr	0,088	h/m3 rtr	1,3	25	h	140	7,50	1,65	6254	Sisältää 300 millimetrin murskepedin teon ja tiivistyksen	Kaivinkone ja yksi rakennustyömies	1,6 %
Eristys työ = 3463 m2, kaapelikanaville ja elementiperustuksille	3463	m2	0,098	m2	0,9	305	h	45			13745	100 mm XPS eristys, eristeiden soortoon apuna käytetty pyöräkonetta.	Rakennustyömies	3,5 %
Asennushiekan asennus	173	m3 rtr	0,088	m2	1,0	15	h	140	7,50	1,60	4212	0/16 mm murske levitetään eristeen päälle, johon perustus asennetaan	Kaivinkone ja rakennustyömies	1,1 %
Elementti perustuksien ja kaapelikanavien asentaminen 155 kappaletta	155	kpl	1,120	tth/kpl	1,0	174	h	240			41664	Elementtien asentaminen välivarastosta paikalleen	Nosturiauto + kuski, 2 rakennustyömiestä, mittamies	10,7 %
Cu25 mm kuparin asennus ruudukkoon 2320 metriä + liittokset	2320	metriä	0,133	tth/m	1,0	309	h	45			13885	Cu25 mm kuparijohtimen asennus maahan	Rakennustyömies	3,6 %
Kaapelinsuojaputkien asennus 750 metriä	750	metriä	0,140	tth/m	0,9	95	h	45			4253	110 mm kaapelinsuojaputken asennus valmiiseen pintaan	Rakennustyömies	1,1 %
Perustuksien ja kaapelikanavien reunatäyttö yhteensä 400 m3 rtr	400	m3 rtr	0,081	tth/m3 rtr	1,1	36	h	140	7,50	1,60	9802	Kuorma auto kuljettaa maan kaivinkoneen viereen.	Kaivinkone ja rakennustyömies	2,5 %
Kentän lopputäyttö pengertäytteenä	10411	m3 rtr	0,031	tth/m3 rtr	0,9	289	h	140	3,20	1,50	90376	Kenttä täytetään pengerhiekalla 0,9 m joka kohdasta.	Kaivinkone ja rakennustyömies	23,3 %
Kentän tie alueiden 50 cm kantava kerros = 3024 m2	1512	m3 rtr	0,088	tth/m3 rtr	1,0	133	h	95	7,50	1,65	31380	Suodatinkankaan päälle 50 cm 0/56 mm mursketta	Kaivinkone ja rakennustyömies	8,1 %
Suodatinkankaan asennus koko kentän alueelle = 13 110 m2	13110	m2	0,006	tth/m2	1,1	81	h	45			3634	Työmenekissä otettu huomioon että kohde on uudiskohde ja kaikkiin perustuksien kohtaan täytyy tehdä reikä.	Rakennustyömies, rullien siirron apuna pyöräkone	0,9 %
Kentän tie alueiden 100 millimetrin murske = 3024 m2	3024	m2	640,0	m2/tv	1,0	5	tv	140	7,50	1,60	7106	Kantavan kerroksen päälle 50 mm 0/16 mm mursketta	Kaivinkone ja rakennustyömies	1,8 %
Koko kentän alueelle 100 millimetrin sepeli kerros suodatinkankaan päälle = 1000 m3 rtr	10086	m2	640,0	m2/tv	1,0	16	tv	140	10,00	1,50	32780	Suodatinkankaan päälle 100 mm sepellä, levitys kaivinkoneella, työmies tekee lopputasauksen. Yhteensä n. 1000 m3 ktr	Kaivinkone ja rakennustyömies	8,5 %
Työmiesten majoitus	2	kpl	1400,000	€/kk		2800		1			2800	Työmiesten majoitus 2 kuukaudelle	Arvioitu	0,7 %
Työmiesten päivärahat	96	kpl	61,600	€		5914		1			5914	Työmiesten päivärahat 2 kuukaudelta	Arvioitu	1,9 %
Kilometrikorvaukset	5500	km	0,630	€		3465		1			3465	Työmiesten kilometrikorvaukset, työmatkoista	Arvioitu	0,9 %
Työn johtaja	250	h				250	h	55			19250	Pääurakoitsijan työnjohtaja sekä valvoja	Arvioitu	5,0 %
Pyöräkoneen käyttö tavaroiden siirtelyyn	1	kk	1,400	kk		1	kk	4200			5880	Suodatinkankaan päälle 100 mm sepellä, levitys kaivinkoneella, työmies tekee lopputasauksen	Arvioitu	1,9 %
Hinnot ovat Rakennustöiden menekit 2020. Niitä on sovellettu sähkösemanrakentamiseen.											Yhteensä	387707,07	€ alv 0%	100