



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joonas Muurimäki

Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus -tutkinnon osa

Tutkinnon osan kehittäminen ja sen ylläpito

Opinnäytetyö

Syksy 2022

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Joonas Muurimäki

Työn nimi: Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus -tutkinnon osa

Ohjaaja: Jarkko Piikkilä

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 37

Liitteiden lukumäärä: -

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän – Sedu, Rengonharjun kampuksella koulutetaan Rakennusalan perustutkinnon, maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalaa. Tutkintoon sisältyy valinnaisia, ammatillisia tutkinnon osia 90 osaamispistettä(osp). Maarakennuskoneen 3D-ohjaus -tutkinnon osa (30 osp) on viime aikoina ollut hyvin suosittu ja myös tarpeellinen. Tutkinnon osan koulutuksen tärkeys ja tarve on välittynyt myös TE-toimiston kautta, mistä on tullut kyselyä 3D-ohjaus koulutuksesta. Paikallisilla yrityksillä olisi siis tarvetta tällaiselle osaamiselle.

Kehitystyön tarpeen arviointi alkoi, tutustumalla tutkinnon osan ammattitaitovaatimuksiin, sekä opetuskäytössä oleviin koneisiin, laitteisiin ja oppimisympäristöihin. MRL-kokonaisuudistukseen tutustumalla selvitettiin, onko digitalisoinnin kautta tulossa maarakentamiseen uusia vaatimuksia, kuten esimerkiksi toteutuneen työn sähköiseen arkistointiin. MRL-kokonaisuudistukseen liittyen, haastateltiin Ryhti-hankkeeseen osallistuneita Ilmajoen kunnan rakennusvalvonnan viranomaisia. Arvioinnin kohteena oli myös 3D-koneohjausmallien tekemiseen vaadittava ohjelmisto ja opetushenkilökunnan osaaminen niiden käyttöön.

Sedulla opetuskäytössä olevat 3D-ohjaustekniikkaa sisältävät maarakennuskoneet, ovat 5–10 vuotta vanhoja ja ohjauslaitteet ovat kehittyneet tuossa ajassa paljon. Oppilaitoksen omat harjoitusalueet ovat myös vähentyneet. Kehittämistarve on siis ilmeinen ja opinnäytetyössä annetaan ehdotus kone-, laite- ja aluehankinnoista. Koneohjausmallien laatimiseen ja tarkastamiseen tarvitaan helppokäyttöinen ohjelmisto. Näitä ohjelmistoja on saatavilla oppilaitoskäyttöön edullisesti. Esimerkiksi 3D-Win -ohjelmisto olisi ratkaisu tähän tarpeeseen ja se soveltuisi myös maatalousalan tarpeisiin ja käyttöön.

Opinnäytetyön lopussa annetaan ehdotus tutkinnon osan toteuttamisesta, jonka mukaan opetusmateriaali voidaan laatia. Toteutussuunnitelma esitetään koko laajuudeltaan, eikä siinä oteta kantaa opiskelijan henkilökohtaistamiseen.

¹ Asiasanat: 3D, koulutussuunnittelu, kehittäminen, maarakennuskoneet, mittauslaitteet

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Joonas Muurimäki

Title of thesis: 3D-control of earth construction machinery – unit

Supervisor: Jarkko Piikkilä

Year: 2022

Number of pages: 37

Number of appendices: -

Seinäjoki Joint Municipal Authority for Education – Sedu trains the earth construction machinery operator competence area of the undergraduate degree in construction at the Rengonharju campus. 3D-control of earth construction machinery – unit (30 competence points) has recently been very popular and necessary. There is demand for such competence among local businesses.

The evaluation of the need for development work began by mapping out the vocational competence for the vocational qualification unit, equipment and the learning environments used for teaching. By exploring the Land Use and Building Act -general reform it was examined whether there were new requirements for earth construction through digitalization, such as electronic archiving of completed work. In relation to the general reform, the building supervision authorities of Ilmajoki Municipality, who participated in the Ryhti-project, were interviewed. The evaluation also included the software required to make machine control 3D-models and the expertise of teaching personnel to use them.

The land construction machine with 3D-control used for teaching at the Sedu are 5–10 years old and the control devices have developed a lot in that time. The institution's own practice areas have declined. The need for developments is thus obvious and the thesis provides a proposal for machinery, equipment, and regional purchases. Easy to use software for the preparation and inspection of machine control models is available for educational use at a low cost. For example, 3D-Win software would be suitable for this need and could also be used for agricultural needs.

At the end of the thesis, a proposal was given to implement the part of the degree, according to which the teaching material could be prepared. The implementation plan is presented in its full scope and does not take a position on the personalization of students.

¹ Keywords: 3D, educational, develop, machinery, measurement

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	3
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	10
1.1 Toimeksiantaja	10
1.2 Taustatiedot	10
1.3 Ilmajoen rakennusvalvonnan haastattelu	12
1.4 Tavoite	13
2 RAKENNUSALAN PERUSTUTKINTO	14
2.1 Perusteet	14
2.1.1 Tutkinnon muodostuminen	14
2.1.2 Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisala	14
2.2 Rakennusalan perustutkinto Sedulla	15
2.3 Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisala Sedulla	15
3 MAARAKENNUSKONEIDEN 3D-OHJAUS, 30 OSP	17
3.1 Ammattitaitovaatimukset	17
3.1.1 Ennakointi ja valmistelu	17
3.1.2 Työn toteutus	17
3.1.3 Työvälineet ja -menetelmät	17
3.1.4 Turvallisuus ja ympäristö	18
3.2 Osaamisen arviointi	18
4 KEHITTÄMISEHDOTUS	20
4.1 Tarvittavat koneet ja laitteet	20
4.1.1 Käytössä olevat koneet ja laitteet	20
4.1.2 Hankintatarve	21
4.2 Harjoitusalueen hankintaehdotus	21

4.3	Maarakennuskoneiden ja ohjauslaitteiden hankintaehdotus	22
4.4	Mittalaitteiden hankintaehdotus	23
5	OHJELMISTOT JA HENKILÖKUNNAN KOULUTUS	24
5.1	Tavoite ja peruste	24
5.2	Käytössä olevat ohjelmistot	24
5.2.1	QGIS 3.22.5	24
5.2.2	CADMATIC 2021 GeoXY	25
5.3	Ehdotus hankittavista ohjelmistoista ja käyttökoulutuksesta	26
6	Toteutussuunnitelma	28
6.1	Teoriaopetus	28
6.2	Käytännön harjoitukset	29
7	POHDINTA	31
7.1	Tavoitteet ja niiden tulokset	31
7.2	Havaintoja opinnäytetyön sisällöstä ja oma arviointi	32
7.3	Kehitystyön jatkuminen	34
	LÄHTEET	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Taulukko 1. Osaamisen arviointi (OPH, 2020b).....	19
---	----

Käytetyt termit ja lyhenteet

1D-ohjaus	1D-ohjausjärjestelmä kaivinkoneessa antaa kuljettajalle tietoa tarkasta korkeudesta ja korkeintaan yhdestä kaltevuudesta. (Leica Geosystems (Leica), i.a., s. 34)
2D-ohjaus	2D-ohjausjärjestelmä kaivinkoneessa näyttää kuljettajalle kauhan todellisen asennon suhteessa suunniteltuun korkeuteen ja kaltevuuteen (Leica, i.a., s. 33). Ohjausjärjestelmää tai laserkorkeutta ei tarvitse asettaa uudelleen kallistuksen tai korkeuden muuttuessa suunnitelmassa, kuten 1D-järjestelmässä. 2D-ohjausjärjestelmä on useilla laitevalmistajilla helposti muutettavissa 3D-ohjausjärjestelmäksi lisäämällä koneeseen 3D-käyttöpaneeli ja GNSS-paikannusjärjestelmä.
3D-ohjaus	3D-ohjausjärjestelmä opastaa käyttäjää koneohjausmallien ja GNSS-paikannuksen avulla (Leica, i.a., s. 30). Ohjaamossa olevalta 3D-käyttöpaneelilta nähdään kaivuusuunnitelmat ja sijaintitiedot reaaliajassa.
3D-pistepilvi	3D-pistepilvi on kokoelma kolmiulotteisia pisteitä, jotka saadaan tuotettua 3D-skannauksella, esimerkiksi laserkeilaimella (Geotrim, i.a.-c). Skannauksessa muodostuville pisteille lasketaan tarkat koordinaatit ja kun ne yhdistetään tietokoneella, saadaan pistepilvi.
GNSS	Engl. Global Navigation Satellite System, globaali satelliittinavigointijärjestelmä.
GNSS-vastaanotin	GNSS-vastaanottimet tukevat useita satelliittijärjestelmiä, joita ovat esimerkiksi Yhdysvaltojen GPS, Venäjän GLONASS, Euroopan Galileo, Kiinan BeiDou ja Japanin QZSS (Geotrim, i.a.-b). Laitevalmistajilla on tarjolla myös paikannustarkkuutta sekä toimintavarmuutta lisääviä palveluita.
Koneohjausmalli	Työkoneiden ohjausjärjestelmissä hyödynnettävä malli, joka laaditaan suunnitelma- tai toteutusmalleista. Koneohjausmalli koostuu

piste- viiva- ja pintamaisista aineistoista tai näiden yhdistelmistä (BuildingSmart Finland (bSF), 2021, s. 9).

Midikaivinkone	Kokoluokaltaan 7–12 tonnia painava kaivinkone.
Minikaivinkone	Kokoluokaltaan alle 7 tonnia painava kaivinkone.
Mrkk	Maarakennuskoneenkuljetus
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki.
Ortokuva	Ortokuva tarkoittaa yksittäisistä ilmakuvista tehtyä yhdistelmää, joka vastaa geometrialtaan karttaa (Maanmittauslaitos (MML), i.a.). Ortokuvia käytetään kartoituksessa, ympäristön suunnittelussa ja seurannassa.
Osp	Osaamispiste. Tutkinnon osille on määrätty osaamispisteet. Ne kuvaavat, kuinka kattavaa, vaikeaa ja merkittävää tutkinnon osan osaaminen on suhteessa koko tutkinnon ammattitaitovaatimukseen ja osaamistavoitteisiin (Opetushallitus (OPH), i.a.). Osaamispisteet eivät kuvaa tutkinnon osan opiskeluun tarvittavaa aikaa eivätkä opetuksen määrää.
Robottitakymetri	Takymetri on maanmittauksessa ja rakennustyömailla yleisesti käytössä oleva tarkka mittausväline. Robottitakymetrissa on lisäksi sisäänrakennetut servot, joten sitä voidaan ohjata kauko-ohjauksella. Koneohjauksessa käytetään robottitakymetria, koska ne voidaan asettaa seuraamaan koneessa olevaa heijastinprismaa ja takymetri lähettää määriteltä mittaustietoa koneohjauslaitteelle.
RYTJ	Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä, joka otetaan käyttöön 1.1.2024.
Ryhti-hanke	Hankkeen tarkoituksena on mahdollistaa RYTJ:n vaatimat muutokset.
Sedu	Seinäjoen koulutuskuntayhtymä.

Tarkemittaus	Erillisellä mittalaitteella tehtävä rakenteen mittatarkkuuden todentava mittaus, jota ei voi mitata työkoneohjausjärjestelmällä (bSF, 2021, s. 11).
Tietomalli	Tietomallissa esitetään rakennelma ominaisuustietoineen digitaalisessa muodossa. Tämän avulla voidaan hallinnoida rakennelman elinkaarta suunnittelusta toteutukseen sekä kunnossapidon kautta purkamiseen (bSF, 2021, s.11).
Toteumamalli	Toteumamalli kuvaa infrarakenteen tai -järjestelmän sellaisena kuin se on laatuvaatimukset huomioiden toteutettu. Rakennusosan toteumamalli kuvaa yksittäistä rakennepintaa, ja kohteen toteumamalli muodostuu kaikista rakennepinnoista (bSF, 2021, s. 11).
Toteumamittaus	Toteumamittauksella tarkoitetaan työkoneen 3D-ohjauslaitteella tai työmaan mittaushenkilöstön mittauskalustolla suoritettua toteutuneen rakenteen, järjestelmän tai taitorakenteen laadunmittausta, jolla osoitetaan kelpoisuus suhteessa suunnitelmiin (bSF, 2021, s. 11–12).
UAV	Engl. Unmanned Aerial Vehicle, miehittämätön alus.

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu), joka on maakunnallinen ammatillisen koulutuksen järjestäjä (Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu), i.a.-e). Sedulla on päätoimisia opiskelijoita ammatillisessa koulutuksessa yli 5000 ja kokonaisopiskelijavirta on vuodessa yli 10000. Tutkintoja Sedussa tehdään vuosittain noin 2000. Sedu räätälöi joustavat oppimispolut niin nuorille kuin aikuisille urapolun ensimmäisistä askeleista pitkälle tulevaisuuteen (Sedu, i.a.-f).

1.2 Taustatiedot

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) uudistuu ja ehdotus uudesta rakentamislainista on julkaistu (Ympäristöministeriö (YM), 2022). Lakiehdotus sisältää laajan lausuntokierroksen palautteen pohjalta muokatut rakentamisen pykälät.

Rakentamislakiehdotuksella myös kumottaisiin nykyisen maankäyttö- ja rakentamislain rakentamista koskevat pykälät ja muutettaisiin jäljelle jäävän kokonaisuuden nimi alueidenkäyttölainsiksi. Nykyisiin alueidenkäytön pykäliin ei tehtäisi sisällöllisiä muutoksia. Hallituksen esitys on tarkoitus antaa eduskunnalle alkusyksystä ja laki tulisi voimaan 1.1.2024. (YM, 2022)

Uudet alueidenkäytön digitaalisuutta koskevat pykälät on päätetty valmistella osana lakia rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä (RYTJ), jotka on tarkoitus antaa eduskunnalle syksyllä 2022. (YM, 2022)

Rakennetun ympäristön tuottaman arvokkaan tiedon avulla, voimme vaikuttaa muun muassa elinympäristömme toimivuuteen, terveellisuuteen ja energiatehokkuuteen sekä ilmastonmuutokseen (YM, 2022b). Tällä hetkellä tämä tieto on hajallaan, epäyhtenäistä ja hankalasti käytettävissä. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmää (RYTJ) kehitetään ja viedään eteenpäin Ryhti-hankkeella vuosina 2020–2024. Ryhti on yhteinen ponnistus ja hankkeessa ovat mukana kunnat, kiinteistö- ja rakennusalan toimijat, järjestöt, tietojärjestelmätoimittajat, aluehallinto sekä keskeiset ministeriöt ja virastot. Hankkeen kumppaneita ovat mm. Kuntaliitto, Maanmittauslaitos sekä Digi- ja väestötietovirasto, sekä DigiFinland. Uusi RYTJ avautuu käyttäjille, kun rakennetun ympäristön digitalisaatiota koskevat lait tulevat voimaan 1.1.2024.

RYTJ:n myötä rakentamislupa haetaan jatkossa tietomallipohjaisena tai muuten koneluettavassa muodossa.

Uuden rakentamislain luonnoksessa on ehdotettu maankäyttö- ja rakennusasetukseen sisältyvä purkumateriaali- ja rakennusjätteen selvitysvelvoite tarkennuksin nostettavaksi lainsäädäntöä (YM, 2022b, s. 32). Ehdotetaan säädettäväksi, että rakennushankkeeseen ryhtyvän olisi rakentamis- tai purkamislupaa hakiessaan annettava purkumateriaali- ja rakennusjätteselvitys, josta on käytävä ilmi mm. arviot rakennuspaikalta pois kuljetettavien maa- ja kiviaineksen määristä.

Selvitys esitetään ulotettavaksi koskemaan myös maamassoja, sillä niihin liittyy kuljetusten ja varastointiin liittyen merkittäviä ympäristövaikutuksia. Muutos saattaisi kannustaa hankkeeseen ryhtyvää pyrkimään maamassatasapainoon tontilla sekä luoda edellytyksiä kaupungeille koordinoita maamassojen kuljetuksia. Esiityksessä esitetään säädettäväksi asetuksenantovaltuudesta, jonka nojalla voitaisiin antaa tarkempia säännöksiä purkumateriaali- ja rakennusjätteselvityksensisällöstä, laadinnasta ja tietojen ilmoittamisesta. (YM, 2022b, s. 32)

Lakimuutosten tullessa voimaan ja yhteisen tietojärjestelmän myötä tulee siis uusia vaatimuksia myös maarakentamiseen. RYTJ:stä saatavia tietomalleja pystyy hyödyntämään myös maarakennuskoneen 3D-ohjauksen koneohjausmallien laatimisessa. 3D-ohjausjärjestelmistä voidaan kerätä tietoa toteutuneen työn rakennekerroksista ja tehdä alustavia mittauksia ennen tarkemittausta. Lopullisiin rakennusosien toteumamalleihin tarkemittaukset on tehtävä aina erillisellä mittalaitteella, esim. takymetrilla (bSF, 2021, s.11). Kohteen toteumamalli lisää rakennetun ympäristön tietojärjestelmään ja näin järjestelmä pysyy ajan tasalla. Varastoitua tietoa pystyy hyödyntämään rakennuksen elinkaaren tulevaisuudessa vaiheissa, ja sen avulla voi analysoida kohteen nykytilaa (Rakli, i.a).

Vaikka rakentamislain esityksessä on mainittu maamassoihin liittyen vain kuljetukseen ja varastointiin liittyvät ympäristövaikutukset, on myös maarakennuskoneen tehokkaalla ja tarkalla käytöllä suuri merkitys ympäristöön. Kasvaneet kustannukset ja kova kilpailutilanne maarakennusalalla on osoittanut, että yritykset, jotka pysyvät teknologian kehityksessä mukana, pärjäävät paremmin (3D-koppi, 2022). Maarakennuskoneen 3D-ohjauksen avulla koneenkuljettaja saa ajankohtaista tietoa rakennettavasta kohteesta, joten maarakennustyö saadaan tehtyä kerralla oikein. Työn tarkkuuden ja tehokkuuden kasvaessa maarakentamisen kokonaiskustannukset vähenevät ja hiilijalanjälki pienenee. Myös ylimääräiset liikkeet ja yli- tai ali-leikkaaminen kaivamisessa vähenevät (Novatron, i.a.-d). 3D-koneohjausjärjestelmien

tiedonkeruu toteutuneesta työstä (nk. toteumamittaus), mahdollistaa työn seurannan digitaalisesti, joten työn etenemistä voidaan seurata ajankohtaisesti. Alalla on siis kasvava tarve ammattilaisille, jotka hallitsevat maarakennuskoneiden 3D-ohjauksen.

Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalan opiskelijoiden keskuudessa käydään vilkasta keskustelua 3D-ohjauksesta. Tämä on selvä viesti siitä, että kiinnostus on suurta maarakennuskoneen 3D-ohjaus -tutkinnon osan suorittamiselle. Käydyn keskustelun perusteella opiskelijoilla on osittain sellainen käsitys, että 3D-ohjauksella varustettu kaivinkone hoitaisi maarakennustyön automaattisesti, käyttäjän valvonnassa. Totuus on kuitenkin se, että esimerkiksi 3D-ohjausjärjestelmällä varustettu kaivinkone toimii oman käyttötarkoituksensa lisäksi, myös tarkkana mittalaitteena ja järjestelmät on kehitetty maarakennuskoneen kuljettajan avustavaksi työkaluksi (Novatron, i.a.-d). Tästä johtuen, maarakennuskoneen käyttö, suunnitelmien tulkitseminen sekä korkojen ja kaatojen laskeminen tulee hallita myös ilman 3D-ohjausjärjestelmää (Luukkainen, i.a., s. 6).

Maarakennuskoneen 3D-ohjaus -tutkinnon osan käytännön opetuksessa on Sedulla käytössä pääasiassa Hyundai 210LC-kaivinkone, joka on varustettu Leica iCON 3d-koneohjausjärjestelmällä. Tutkinnon osaan liittyvää käytännön harjoittelua on koulutettu aiemmin oppilaitoksen ajoharjoittelukentän maarakennustöissä, joka sijaitsee Sedu Rengonharjun kampuksen läheisyydessä. Ajoharjoittelukenttä on valmistunut ja asfaltoitu syksyllä 2021, sekä siirtynyt pääasiassa ajoneuvojen ja työkoneiden käsittelyharjoitus–käyttöön. Näin ollen, laiteopetukseen käytössä olevat harjoitusalueet ja niissä järjestettävät harjoitukset ovat turhan pienimuotoisia 3D-ohjauskoulutuksen monipuoliseen järjestämiseen oppilaitosympäristössä.

1.3 Ilmajoen rakennusvalvonnan haastattelu

Puolistrukturoitu haastattelu pidettiin 21.6.2022 Ilmajoen rakennusvalvonnan tiloissa ja paikalla oli haastattelijan lisäksi, kaksi rakennusvalvonnan viranomaista. Haastattelun tavoitteena oli saada käytännön tietoa MRL-uudistuksesta, sekä tulevan RYTJ:n vaikutuksesta tietomallinnusvaatimuksiin, rakennuslupa-asioihin sekä maarakentamiseen.

MRL-kokonaisuudistuksen ja valtakunnallisen RYTJ:n myötä on tulossa tietomallinnusvaatimuksia kaavoituksen osalta, mutta rakennusluvut voi myös jatkossa hakea ilman tietomallia. Ryhti-hankkeen myötä rakennusvalvontaja koulutetaan valmiuteen vastaanottaa rakennuslupaan liittyvät suunnitelmat myös tietomallina. Rakennuslupajärjestelmät pysyvät

kuntakohtaisina, mutta RYTJ:n alaisuudessa rakennuslupien liitteet ja sisältö yhtenäistyvät. Maarakentamisen osalta maarakennuskoneiden 3D-ohjausjärjestelmille ei ole tulossa vaatimuksia lainsäädännöllisesti, mutta rakennuttajien osalta laadulliset vaatimukset voivat yleistyä.

Haastateltavien mielestä maarakentamisen kehitys on hyvänsuuntaista ja laadunvarmistus ja työturvallisuus paranevat 3D-ohjausjärjestelmien myötä. Ryhti-hankkeen rahoittamissa koulutuksissa maarakentaminen on lähinnä vain mainittu ja ympäristövaikutusten näkökulmasta on puhuttu logistisista vaikutuksista. 3D-ohjausjärjestelmien tuomat positiiviset vaikutukset maarakentamisen hiilijalanjälkeen ovat kuitenkin merkittäviä ja hyödyt suurempia kuin mihin itse rakennustyön aikana voi enää vaikuttaa. Haastateltavat olivat myös vahvasti sitä mieltä, että nykyaikainen ja monipuolinen konekanta 3D-ohjausjärjestelmien olisi hyvä kilpailuvaltti koulutuksen järjestäjälle.

1.4 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Maarakennuskoneen 3D-ohjaus -tutkinnon osan laadukasta ja monipuolista koulutusta vastaamaan niin nykyisiä kuin tuleviakin työelämän tarpeita. Opinnäytetyössä laaditaan toteutussuunnitelma siitä, kuinka koulutus järjestetään, sekä ehdotus opetuskäyttöön ja opetustyön tukemiseen hankittavista koneista, laitteista ja harjoitusalueista sekä suunnitteluohjelmista.

Kehittämistyön tavoitteena on myös mahdollistaa tietomallien käsittely ja koneohjausmallien laatiminen opetushenkilöstön työnä, jolloin niitä ei tarvitse teettää ulkopuolisena työnä. Tämä on pidemmän päälle kustannustehokas ratkaisu, joka myös ylläpitää opetushenkilöstön ammattitaitoa. Lisäksi aikaa säästyy ja esimerkiksi asiakastyöt saadaan nopeasti käyntiin myös 3D-ohjauksella varustetuilla maarakennuskoneilla. Tavoitteen pohjalta annetaan ehdotus opetushenkilöstön ammattitaidon ja osaamisen kehittämiseen sekä niiden ylläpitoon.

2 RAKENNUSALAN PERUSTUTKINTO

2.1 Perusteet

Tässä opinnäytetyössä rakennusalan perustutkinnon perusteena käytetään Opetushallituksen (OPH) määräystä OPH-4354-2020. Määräys on tullut voimaan 1.8.2021 alkaen toistaiseksi.

2.1.1 Tutkinnon muodostuminen

Rakennusalan perustutkinnon laajuus on 180 osaamispistettä. Tutkinto muodostuu ammatillisista tutkinnon osista (145 osaamispistettä) ja yhteisistä tutkinnon osista (YTO) (35 osaamispistettä) (OPH, 2020c). Ammatillisissa tutkinnon osissa on 25 osaamispisteen pakollinen tutkinnon osa, osaamisalasta riippuen joko 45 tai 30 osaamispistettä osaamisalan tutkinnon osia sekä 70–90 osaamispistettä valinnaisia tutkinnon osia.

Rakennusalan perustutkinto sisältää neljä osaamisalaa ja neljä tutkintonimikettä:

- talonrakennuksen osaamisala, talonrakentaja
- kivialan osaamisala, kivirakentaja
- maarakennuksen osaamisala, maarakentaja
- maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisala, maarakennuskoneenkuljettaja.

Rakennusalan ammattilaiset vastaavat asuin-, työpaikka- ja vapaa-ajan tilojen ja rakennusten, liikenneverkkojen, erilaisten ympäristörakenteiden sekä vesihuoltoverkon ja energiahuoltoverkon uudisrakentamisesta ja jatkuvasta kunnossapidosta. Rakennusalan ammattilainen toimii usein kansainvälisessä ympäristössä myös kotimaan rakennustyömailla. Nykypäivän rakentajilla täytyy olla valmiudet työskennellä korjausrakennustyömailla. (OPH, 2020c)

2.1.2 Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisala

Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalalla pakollisia ammatillisia tutkinnon osia ovat, rakennustyömaalla toimiminen, 25 osp ja maarakennuskoneiden kuljettajana toimiminen, 30 osp (OPH, 2020c). Yhteisiä tutkinnon osien laajuus on 35 osp, joista on vapaasti valittavissa 11 osp. Näin ollen osaamisalan valinnaisten ammatillisten tutkinnon osien laajuus on 90 osaamispistettä.

Opetushallitus (2020c) kertoo maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalasta ePerusteissa näin:

Maarakennuskoneenkuljettajan osaamisalan suorittanut osaa käyttää ainakin yhtä maarakennuskonetta turvallisesti ohjeita ja määräyksiä noudattaen tavanomaisissa maarakentamisen kohteissa. Hän osaa tehdä tavanomaisiin maarakentamisen kohteisiin sisältyviä yleisimpiä mittaus- ja merkintätöitä sekä osaa käyttää rakennustyömaan perustyövälineitä, oikeita työtapoja ja materiaaleja. (OPH, 2020c)

2.2 Rakennusalan perustutkinto Sedulla

Rakennusalan perustutkinto on mahdollista suorittaa talonrakennuksen, sekä maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalalta (Sedu, 2022, s. 62, 65). Talonrakennuksen osaamisalan koulutusta järjestetään Seinäjoella, Kurikassa, Lapualla ja Ähtärissä (mts. 62). Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalan koulutusta järjestetään Ilmajoella sekä Vaasassa (mts. 65). Sedulle rakennusalan perustutkinnon opiskelijaksi voi hakea yhteishaun lisäksi myös jatkuvan haun sekä TE-palveluiden kautta (Sedu, i.a.-b).

Valinnaisia ammatillisia tutkinnon osia Sedulla on tarjolla monipuolisesti. Talonrakennuksen osaamisalalla valinnaisten ammatillisten tutkinnon osien laajuus on 75 osp ja maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalalla valinnaisia tutkinnon osien laajuus 90 osp.

2.3 Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisala Sedulla

Maarakennuskoneenkuljetuksen (mrkk) osaamisalan koulutusta järjestetään Sedulla, Rengonharjun, Ilmajoentien ja Vaasan kampuksilla. Jatkuvan haun kautta, sekä yhteishaun kautta tulevien ensimmäisen vuoden opiskelijoiden toimipaikkana on Rengonharjun kampus, jossa koulutetaan myös logistiikka- ja metsäalaa (Sedu, i.a.-a). Kampuksella on toimivat ja laajat ulkoalueet niin pienten kuin suurtenkin maarakennuskoneiden turvalliseen käyttöharjoitteluun. Mrkk-opiskelijat hoitavat kampuksella mm. talvikunnossapidon. Kampuksella olevilla simulaattoreilla opiskelijat pääsevät tutustumaan monipuolisesti erilaisiin maarakennuskoneisiin, niiden osiin, ominaisuuksiin sekä toimintaan. Simulaattoriharjoitusten edetessä opiskelijat pääsevät tutustumaan oikeisiin maarakennuskoneisiin. Kampukselta löytyy myös huoltohalli, missä opiskelijat tutustuvat erilaisten harjoitustöiden avulla metallintyöstökoneisiin sekä maarakennuskoneiden huolto- ja korjaustöihin. Rengonharjulla olemme suunnitelleet myös logistiikan kouluttajien kanssa joitain yhteistoimintaharjoituksia, joissa opiskelijat

pääsevät tutustumaan toisen alan opiskelijoihin, toimintatapoihin sekä ryhmätyöskentelyyn. Sopivassa vaiheessa opintoja, mrkk-opiskelijoilla on Rengonharjulla mahdollisuus suorittaa C-ajokortti sekä siihen liittyvä ammattipätevyys (Sedu, i.a.-c). Ammattipätevyys kuuluu valinnaisiin tutkinnon osiin ja se muodostuu kahdesta eri tutkinnon osasta, jotka ovat tutkintomääräysten mukaan valittava yhdessä (OPH, 2020a):

- Maa-ainesten kuljetus maantieliikenteessä, 20 osp
- Kuljetusalan perustason ammattipätevyys, 10 osp

Toisena vuonna opiskelijat siirtyvät Ilmajoentien kampukselle, missä koulutetaan myös maatalousalaa. Ilmajoentien kampuksella opiskelijat pääsevät tekemään yhteistyötä maatalousalan opiskelijoiden kanssa ja harjoitustyöt ovat jo vaativampia kuin ensimmäisenä vuonna (Sedu, i.a.-g). Nämä harjoitustyöt voivat sisältää esimerkiksi metsäautoteiden ja rakennusten pohjatöitä, peltojen perkausta, sekä erilaisia kuljetustehtäviä. Kampuksella on myös huoltohalli, josta löytyy kalustoa metallin työstämiseen sekä hydraulikkaosien huoltamiseen ja korjaamiseen. Huoltoharjoitukset ovat vaativampia kuin ensimmäisenä vuonna, ja ne voivat sisältää esimerkiksi vianetsintää sekä komponenttien vaihtoa koneisiin.

Jatkuvan haun, sekä yhteishaun kautta tulleet kolmannen vuoden opiskelijat, harjoittelevat itsenäistä toimintaa asiakaskohteissa tai Sedun yhteistyökumppaneiden toimipaikoissa, joita ovat esimerkiksi kiviainesmontut. Kohteet voivat sijaita ympäri maakuntaa. Myös talonrakennuksen osaamisalan kanssa tehdään yhteistyötä ja mrkk-opiskelijat tekevät pohjatöitä Sedun talonrakennustyömailla (Sedu, i.a.-g). Kampusten välisellä yhteistyöllä mahdollistetaan osaamisalojen monipuolinen koulutus.

Maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalan koulutus räätälöidään aina henkilökohtaistamisen kautta opiskelijakohtaisesti. Henkilökohtaistaminen korostuu etenkin jatkuvan haun ja TE-palveluiden kautta tulevilla opiskelijoilla, kun koulutuksen toteutuksessa huomioidaan alaan soveltuva aiempi koulutus ja alan osaaminen, sekä niiden vaikutus koulutusajan pituuteen (Sedu, i.a.-d). Jatkuvan haun kautta tuleville opiskelijoille koulutusajaksi onkin arvioitu 1,5 vuotta.

3 MAARAKENNUSKONEIDEN 3D-OHJAUS, 30 OSP

3.1 Ammattitaitovaatimukset

Tutkinnon osan ammattitaitovaatimukset ja osaamisen arviointi esitetään seuraavissa kohdissa suoraan Opetushallituksen määräysten mukaisesti (OPH, 2020b).

3.1.1 Ennakointi ja valmistelu

Opetushallituksen (2020b) määräysten mukaan opiskelijan tulee osata seuraavat ennakointiin ja valmisteluun liittyvät asiat suoritettuaan tutkinnon osan:

- suunnitella työnsä ohjeiden ja ohjekirjojen mukaan (7287)
- laskea työ- ja materiaalimenekkejä (7286)
- lukea maarakentamisen piirustuksia (7285)
- määrittää työkohteen sijainnin ja korkeustasot piirustuksista (7284)
- perusasiat koneohjausjärjestelmistä ja koneviestinlaitteista (7283)
- perusasiat laitteiden rekistereiden ja muistien käytöstä (7282)
- perusasiat laitteiden kalibroinnista sekä tavanomaisten toimintahäiriöiden syistä (7281)
- toimia asetettujen laatutavoitteiden mukaisesti (8539)
- etsiä työohjeista ja käyttöturvallisuustiedoista tarvittavat tiedot (8628)

3.1.2 Työn toteutus

Opetushallituksen (2020b) määräysten mukaan opiskelijan tulee osata seuraavat työn toteutukseen liittyvät asiat suoritettuaan tutkinnon osan:

- käyttää maarakennuskoneiden konemittalaitteita tavanomaisissa maarakennusalan töissä (7280)
- käyttää konemittalaitteella varustettua maarakennuskonetta tavanomaisessa maarakentamisen työssä (7279)
- esitellä ja arvioida suullisesti omaa työtään ja oman työnsä laatua (8592)
- noudattaa työaikoja (8651)

3.1.3 Työvälineet ja -menetelmät

Opetushallituksen (2020b) määräysten mukaan opiskelijan tulee osata seuraavat työvälineisiin ja -menetelmiin liittyvät asiat suoritettuaan tutkinnon osan:

- tehdä konemittalaitteiden kalibrointeja, päivittäisiä tarkastuksia ja pienimuotoisia huoltotöitä (7278)
- laittaa maarakennuskoneen konemittalaitteet käyttökuntoon (7277)
- tehdä päivittäiset tarkastukset maarakennuskoneelle (8027)

- tehdä maarakennuskoneen ennakoivaa huoltoa (8026)
- käyttää ja vaihtaa maarakennuskoneeseen liitetyjä lisälaitteita (7276)
- käyttää huolto- ja asennustöiden vaatimia tavallisia työkaluja (7275)
- varmistaa työvälineiden ja materiaalien turvallisuuden (8543)

3.1.4 Turvallisuus ja ympäristö

Opetushallituksen (2020b) määräysten mukaan opiskelijan tulee osata seuraavat turvallisuuden ja ympäristöön liittyvät asiat suoritettuaan tutkinnon osan:

- käyttää henkilökohtaisia suojaimia (8644)
- työskennellä turvallisesti yhteisellä työmaalla huomioiden muut työntekijät (8615)
- toimia tulipalon sattuessa ja toteuttaa alkusammutusta (8614)
- auttaa hätätilanteissa sekä onnettomuuden ja sairaskohtauksen sattuessa (8613)
- havaita ja tunnistaa työhönsä liittyvät vaarat (8612)
- työskennellä ergonomisesti (8611)
- työskennellä energiaa, vettä ja materiaaleja tuhlaamatta (8610)
- lajitella ja uusiokäyttää työssään syntyviä materiaaleja ja jätteitä (8609)
- vähentää haitallisia päästöjä ilmaan, veteen ja maaperään (8608)
- ajaa taloudellisesti (7309)
- varmistaa ennen työn aloitusta, että omaa työssä tarvittavat luvat ja pätevyudet (8641)
- varmistaa ennen työtehtävän aloitusta, että töiden aloittaminen on turvallista (8640)

3.2 Osaamisen arviointi

Osaamisen arviointiin käytetään OPH:n (2020b) määrittelemiä kriteereitä. Kriteerit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Osaamisen arviointi (OPH, 2020b).

Opiskelija	
Tyydyttävä 1	<ul style="list-style-type: none"> • toteuttaa työn ohjeiden mukaisesti • toimii yhteistyökykyisesti • tarvitsee joissakin tilanteissa lisäohjeita • hyödyntää työssä tarvittavaa perustietoa • muuttaa toimintaansa saamansa palautteen mukaisesti
Tyydyttävä 2	<ul style="list-style-type: none"> • toteuttaa työn oma-aloitteisesti ja ohjeiden mukaisesti • toimii yhteistyökykyisesti ja vuorovaikutteisesti • tarvitsee vain harvoissa tilanteissa lisäohjeita • hyödyntää työssä tarvittavaa tietoa tarkoituksenmukaisesti • muuttaa toimintaansa saamansa palautteen ja omien havaintojen mukaisesti
Hyvä 3	<ul style="list-style-type: none"> • toteuttaa työkokonaisuuden itsenäisesti • toimii yhteistyökykyisesti ja aloitteellisesti vuorovaikutustilanteissa • selviytyy tavanomaisista ongelmanratkaisutilanteista • hyödyntää työssä tarvittavaa tietoa monipuolisesti • arvioi suoriutumistaan realistisesti
Hyvä 4	<ul style="list-style-type: none"> • suunnittelee ja toteuttaa työkokonaisuuden itsenäisesti • toimii yhteistyökykyisesti ja rakentavasti vuorovaikutustilanteissa • selviytyy ongelmanratkaisutilanteista hyödyntäen monipuolisia ratkaisutapoja • soveltaa työssä tarvittavaa tietoa monipuolisesti ja perustellusti • arvioi suoriutumistaan realistisesti sekä tunnistaa vahvuuksiaan ja kehittämisen kohteitaan
Kiitettävä 5	<ul style="list-style-type: none"> • suunnittelee ja toteuttaa työkokonaisuuden itsenäisesti ottaen huomioon muut toimijat • toimii yhteistyökykyisesti ja rakentavasti haastavissakin vuorovaikutustilanteissa • soveltaa työssä tarvittavaa tietoa ongelmanratkaisutilanteissa monipuolisesti ja kriittisesti • esittää työhön ja toimintaympäristöön liittyviä perusteltuja kehittämissuhteita • arvioi suoriutumistaan realistisesti ja esittää perusteltuja ratkaisuja osaamisensa kehittämiseen • ymmärtää oman työnsä merkityksen osana laajempaa kokonaisuutta

4 KEHITTÄMISEHDOTUS

4.1 Tarvittavat koneet ja laitteet

Tutkinnon osan monipuolisen opetuksen kannalta, tulisi 3D-ohjausjärjestelmällä varustettuja koneita olla opetuskäytössä enemmän kuin yksi. Vaikka laitteiden toimintaperiaatteet ovat samankaltaisia, käyttöliittymissä voi olla huomattavia eroja. Tällä tavalla opiskelija näkisi kuinka kone/laite-yhdistelmät eroavat toisistaan. Näin opiskelijalla olisi tulevissa työkohteissa valmius hankkia työn tehokkaaseen toteuttamiseen tarvittavat tiedot, kone- ja laitetypin mukaan. Nämä koneet voisivat olla myös eri konetyyppejä, esimerkiksi kaivinkone sekä pyöräkuormaaja 3D-ohjauksella. Opastavan 3D-ohjauksen lisäksi, opetuskäytössä tulisi olla 3D-ohjauksella varustettu kone, jolla opiskelijat pääsisivät tutustumaan 3D-ohjausjärjestelmien automatiikkaan. Erilaisten kauhojen tai muiden lisälaitteiden avulla pystyisi antamaan kalibrointikoulutusta.

Kattavaan ja monipuoliseen opetuskokonaisuuteen päästäisiin seuraavilla kone/laite-yhdistelmillä:

- Iso kaivinkone, jossa 3D-ohjaus ja GNSS-paikannusjärjestelmä.
- Mini- tai midikaivinkone, jossa 3D-ohjaus GNSS-paikannusjärjestelmällä, sekä hydraulikkaa ohjaavaa automatiikkaa.
- Pyöräkuormaaja, jossa 3D-ohjaus GNSS-paikannusjärjestelmällä, sekä hydraulikkaa ohjaavaa automatiikkaa.
- Tiehöylä, jossa 1D-, 2D- ja 3D-koneohjaus tasolaser-, robottitakymetrivastaanottimella ja GNSS-paikannusjärjestelmällä.

4.1.1 Käytössä olevat koneet ja laitteet

Sedulla on opetuskäytössä monipuolinen maarakennuskonekanta, joista kahteen koneeseen on asennettu 3D-ohjauslaitteita. Pyöräkuormaajien vaakalaitteet ovat myös koneohjauslaitteita ja näitä on asennettu

Hyundai 210LC -kaivinkone on varustettu Leican valmistamalla iCON 3D-ohjauslaitteella, jossa iCON gps 80 GNSS-vastaanotin. Tähän kaivinkoneeseen asennettu 3D-ohjauslaite on käyttäjää opastava, eikä sisällä automatiikkaa. Kaivinkoneen toimintapaino on noin 22 000

kg, joten se soveltuu kokonsa puolesta huonosti piharakentamiseen ja suurin osa asiakas- töistä on juuri siihen liittyviä. Tämän tyyppinen kone soveltuu hyvin pohjarakentamiseen ja työkohteisiin, joissa koneelta vaaditaan vahvaa suorituskykyä.

Opetuskäytössä on myös Laser-Grader-tiehöylä, joka on varustettu Trimble CB430 -ohjaus- järjestelmällä. Järjestelmässä on vastaanottimet tasolaserille sekä robottitakymetrille. Järjes- telmä olisi mahdollista päivittää 3D-käyttöön hankkimalla siihen GNSS-paikannusjärjestelmä.

4.1.2 Hankintatarve

Opetuskäyttöön tarvittavien koneiden ja niihin asennettavien laitteiden hankintatarpeesta olemme keskustelleet mrkk-opettajien kanssa useissa palavereissa. Keskustelussa on nous- sut esiin koneiden hankintahinta, ja vaihtoehtoisesti on mietitty vuokrausta sekä leasing-tyyp- pisiä ratkaisuja. Vuokrauksessa olisi se hyvä puoli, että opetuksessa tarvittavat kone- ja lai- teyhdistelmät olisivat aina uusinta tekniikkaa ja käyttökunnossa sekä saatavilla tutkinnon osan koulutuksen aikana. Vuokralaitteiden valmistajan pystyisi myös valitsemaan tapauskoh- taisesti ja työelämän tarpeiden mukaan. Yksi vaihtoehto olisi myös se, että anturoitaisiin use- ampia koneita ja vuokrattaisiin tai hankittaisiin vain yksi 3D-ohjauslaite. Tässä vaihtoehdossa 3D-ohjauslaitteen valmistaja määräytyisi anturivalmistajan mukaan ja laiteasennuksesta pys- tyisi tekemään monipuolisemmin käytännön harjoituksia. Näistä vaihtoehdoista ei ole tehty vielä laskelmia, joten niitä ei esitetä tässä opinnäytetyössä.

Opetustyön tukemiseen tarvittaisiin lisäksi uusia mittalaitteita. Esimerkiksi tiehöylän koneoh- jauksessa robottitakymetri olisi tarpeellinen ja laitetta pystyisi hyödyntää myös toteumamit- tauksissa. Maastomerkinnot saisi tehtyä nopeasti GNSS-sauvalla ja pienemmille alueille myös takymetrilla.

4.2 Harjoitusalueen hankintaehdotus

Maarakennuskoneen tyyppi ja koko sekä harjoitusalueiden ominaisuudet ovat riippuvaisia toi- sistaan. Oppimisen kannalta on tärkeää, että päästään riittävään määrään toistoja harjoituk- sissa. Oppilaitosympäristössä laaja-alaisten maa-alueiden varaaminen ainoastaan maara- kentamisen harjoituskäyttöön on hankalaa, eikä se ole kestävää kehitystä. Harjoitusalueiden tehokkaaseen hyödyntämiseen päästään niiden yhteiskäytöstä sopimalla. Sopimuksessa

tulee ottaa huomioon erityisesti käyttöajankohdat, harjoituksissa käytettävien tarvikkeiden varastointi, sekä alueen palauttaminen alkuperäiseen kuntoon. Opetusmateriaalin laatimisen kannalta, on oltava vähintään yksi kiinteä harjoitusalue, josta koneohjausmallit, piirustukset, työohjeet sekä muut materiaalit voisi suunnitella etukäteen. Kiinteälle harjoitusalueelle on myös helppo järjestää tarvittavat yhteydet koneviestintälaitteiden käytännön harjoittelua varten.

Sedu, Ilmajoen kampuksella on noin 1 800m² kokoinen alue, missä maatalouden opiskelijat tekevät syksyisin ajoharjoituksia traktoreilla. Tämä alue voisi soveltua yhteiskäyttöön. Alueen yhteiskäyttö tarkoittaisi kuitenkin sitä, että maarakennuskoneen 3D-ohjaus tutkinnon osan käytännön harjoittelua pystyisi suorittamaan ainoastaan kevätaikaan. Tästä syystä alueen maa-aines pitäisi tutkia ja tarvittaessa vaihtaa routimattomaksi.

Edellä mainitun alueen käytöstä tulee tehdä yhteiskäyttösopimus. Tämä harjoitusalue on aktiivisessa käytössä aina syksyisin, kun ensimmäisen vuoden opiskelijat aloittavat opiskelun. Aluetta olisi mahdollisuus käyttää aina keväisin maarakennuskoneen 3D-ohjaus -tutkinnon osan käytännön harjoituksiin. Alueelle pitäisi suunnitella useita erilaisia 3D-pintamalleja koneohjaukseen, joilla päästäisiin mahdollisimman monipuoliseen harjoitteluun. 3D-pintamallien suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota tarvittaviin maa-ainesmääriin, että ne olisivat suunnitellun samansuuruisia. Näin maa-ainesta ei tarvitse kuljettaa alueelle tai alueelta pois harjoitusten aikana. Tällä tavalla harjoitukset saadaan suoritettua tehokkaasti ja keskittyen 3D-ohjauslaitteiden käyttöön. Myös erilaisia tarvikkeita, esimerkiksi putkia ja eristeitä tulee sisällyttää rakenteisiin. Tarvikkeet kannattaa miettiä sellaisiksi, että ne kestävät toistuvaa koneellista käsittelyä.

4.3 Maarakennuskoneiden ja ohjauslaitteiden hankintaehdotus

Useimpiin oppimisympäristöihin soveltuisi pienempi mini-/midikaivinkone, joka varustettaisiin 3D-ohjausjärjestelmällä. Tämän kokoluokan kaivinkoneella onnistuisi maarakennustyöt niin oppilaitoksen harjoitusalueella, kuin asiakastyökohteissa. Opetuksen kannalta kone/laitteyhdistelmä olisi hyvä olla mahdollisimman monipuolisesti varusteltu, että laitteen eri ominaisuuksia pystyisi kattavasti opettamaan myös käytännössä.

Toisena koneena voisi olla pyöräkuormaaja 3D-ohjauksella, jossa automatiikalla kallistuva ja itsetasaava kauha sekä vaakalaite. Tämän tyyppisellä koneella pystyy harjoittelemaan

pyöräkuormaajan ja puskutraktorin käyttöä. Kone soveltuisi myös muuhun harjoitteluun, esimerkiksi talvikunnossapitoon.

Oppilaitoksella opetuskäytössä olevassa Laser-Grader-tiehöylässä on Trimble CB430 -ohjauslaite, joka on mahdollista varustaa GNSS-paikannusjärjestelmällä. Tällä tavalla sen saisi helposti 3D-käyttöön.

4.4 Mittalaitteiden hankintaehdotus

Asiakastyökohteiden ja oppilaitoksen rakennustyömaiden maastokartoitukseen sekä harjoitustöiden nopeaan tarkastamiseen tarvittaisiin laserkeilauslaite. Tähän tarkoitukseen sopisi erittäin hyvin maanmittaukseen ja kartoitukseen tarkoitettu UAV-kopteri eli drone. Laitteen tuottamasta datasta saadaan luotua mittatarkat ortokuvat, 3D-pistepilvet ja digitaaliset maastomallit maanmittaustasoisella tarkkuudella (Geotrim, i.a. -a). Luotuja dokumentteja hyödynnettäisiin harjoitustöiden tarkastamiseen, sekä massalaskentaan ja sen opetukseen. Harjoitustöiden tarkastamisessa tietoja voisi verrata 3D-ohjauslaitteen keräämään dataan sekä koneohjausmalliin. Tällä tavalla 3D-ohjauslaitteen tarkkuuden pystyisi esittämään opiskelijoille ja luottamus laitteisiin sekä omaan työhön kasvaisi. Vertailupisteiden määrä riippuu ainoastaan käytössä olevan tietokoneen laskentatehosta ja kartoituksessa kerätystä aineistosta.

Maastomerkitsemiseen tarvittaisiin GNSS-sauva tai robottitakymetri integroidulla GNSS-kojeella. Näiden laitteiden avulla työkohteiden merkitseminen sekä yksittäisten pistetietojen kerääminen onnistuisi helposti. Robottitakymetria pystyisi hyödyntämään myös tiehöylän 3D-ohjauksessa. Joissakin maarakennuskoneissa 3D-ohjainlaitteen kalibrointi voidaan tehdä ulkoista mittalaitetta, esimerkiksi takymetria, käyttäen. Mittalaitteiden hankintojen yhteydessä voisi miettiä mittalaitteiden koulutuksen kehittämistä. Laitteet ovat nykyään yleisiä, ja osaamista tarvitaan.

5 OHJELMISTOT JA HENKILÖKUNNAN KOULUTUS

5.1 Tavoite ja peruste

Maarakennuskoneen 3D-ohjaus tutkinnon osan kouluttaminen vaatii kouluttajalta maarakennamisen asiantuntijuuden lisäksi, hyvää maarakennuskoneen ja niissä käytettävien koneohjausjärjestelmien käytön osaamista. Aluekartoituksissa ja tarkemittauksissa käytettäviä mittalaitteita tulee osata käyttää sujuvasti. Maarakennuksessa tarvittava tietomallinnusosaaminen, aina avoimista rajapinnoista koneohjausmalliin tulisi hallita kokonaisvaltaisesti.

Tavoitteena on, että opetushenkilöstö tekisi itse koneohjaukseen tarvittavat pintamallit alusta loppuun. Tämä ylläpitää henkilöstön osaamista ja tukee osaltaan koulutuksen laatua.

5.2 Käytössä olevat ohjelmistot

Oppilaitoksen tietokoneille on ladattavissa mm. seuraavat ohjelmistot:

- QGIS 3.22.5, paikkatietojen käsittelyyn ja hallintaan
- Cadmatic 2021 GeoXY, mallintamiseen ja massalaskentaan

5.2.1 QGIS 3.22.5

QGIS on avoimen lähdekoodin maantieteellinen tietojärjestelmä (QGIS, 2022, luku 2). Hanke on saanut alkunsa 2002 ja ohjelmiston kehittäjät ovat työskennelleet kovasti saadakseen GIS-ohjelmiston (joka on perinteisesti kallis oma ohjelmisto) kaikkien saataville. QGIS toimii tällä hetkellä useimmilla Unix-alustoilla, Windowsissa ja macOS:ssä. QGIS on kehitetty Qt-toolkit:illa (<https://www.qt.io>) ja C++:lla. Tämä tarkoittaa, että QGIS tuntuu näppärältä ja sillä on miellyttävä, helppokäyttöinen graafinen käyttöliittymä (GUI).

QGIS:n tavoitteena on olla käyttäjäystävällinen paikkatietojärjestelmä, joka tarjoaa yhteisiä toimintoja ja ominaisuuksia. Projektin alkuperäisenä tavoitteena oli tarjota GIS-tietojen katseluohjelma. QGIS on saavuttanut kehityksensä pisteen, jossa sitä käytetään päivittäisiin GIS-tietojen katselutarpeisiin, tiedonkeruuseen, edistyneeseen GIS-analyysiin ja esityksiin kehittyneiden karttojen, kartastojen ja raporttien muodossa. QGIS tukee runsaasti rasteri- ja vektoritietomuotoja, ja uusi muototuki on helppo lisätä laajennusarkkitehtuurin avulla. (QGIS, 2022, luku 2)

QGIS julkaistaan GNU General Public License (GPL) -lisenssillä. QGIS:n kehittäminen tällä lisenssillä tarkoittaa, että voit tarkistaa ja muokata lähdekoodia, ja taakaa, että sinulla, onnellisella käyttäjällämme, on aina pääsy GIS-ohjelmaan, joka on ilmainen ja jota voidaan muokata vapaasti. (QGIS, 2022, luku 2)

QGIS on käyttäjälle ilmainen, mutta käyttäjä voi halutessaan tehdä lahjoituksen tai liittyä tukijäseneksi (QGIS, i.a.). Ohjelmisto käytetään maailmanlaajuisesti ja se soveltuu moniin eri käyttötarkoituksiin. Ohjelmiston lukuisten ominaisuuksien lisäksi siihen on lisäksi tarjolla useita laajennusosia, joita ovat luoneet sovelluksen kehittäjät sekä käyttäjät.

Tämän ohjelmiston käyttöön liittyen, Sedun henkilökunnalle ei ole järjestetty koulutusta. Opin näytetyön tekijälle ohjelmiston käyttöä on esitelty korkeakouluopintojen aikana, mittaus tekniikan opintojaksolla. Esittelyssä käsiteltiin asemapiirroksen laatimista ja ohjelmiston esitteli mitausinsinööri Seinäjoen Energia Oy:stä.

5.2.2 CADMATIC 2021 GeoXY

CADMATIC GeoXY:n käyttöopas löytyy myCADMATIC-sivustolta. Käyttöoppaan lukeminen vaatii sivustolle rekisteröitymisen. Käyttöoppaassa GeoXY:n sovelluksen perusteissa kerrotaan seuraavasti:

- Ohjelmistoa käytetään pääsääntöisesti mittapisteiden käsittelyyn CAD-muotoisissa karttapohjissa (Cadmatic, 2022). Tuetut tiedostoformaatit ovat DRW, DWG ja DXF. Monipuolisten asetusten avulla käyttäjä voi ohjata pistemerkintöjen esitystapoja sekä koordinaatiston käsittelyä. Käytettävissä on maanmittauskoordinaatisto, jossa Y on vaaka-akseli ja X on pystyakseli tai CAD-koordinaatisto, jossa X on vaaka-akseli ja Y on pystyakseli.
- On tärkeää, että CAD-muotoinen karttapohja on piirretty siten, että siinä esiintyvät asiat ovat todellisuutta vastaavassa koordinaatistossa ja todellisen kokoisina (Cadmatic, 2022). Sovelluksen toimintojen avulla kuvaa voidaan helposti muokata niin, että se täyttää edelliset kriteerit.
- Sovelluksen toimintojen avulla voidaan merkitä koordinaattipisteitä karttapohjaan ja näistä pistemerkinnöistä tuottaa siirtotiedosto maanmittauslaitetta varten, jonka avulla merkityt pisteet saadaan merkittyä maastoon (Cadmatic, 2022). Vastaavasti maanmittauslaitteella mitatut maaston koordinaattitietojen pistemerkinnät voidaan tuoda karttapohjaan.

- Maanmittauslaitteella mitattujen tai karttapohjaan itse tehtyjen pistemerkintöjen avulla voidaan generoida kolmiopintaverkko maaston muodoista (maastomalli) (Cadmatic, 2022). Generoidun maastomallin avulla saadaan tuotettua leikkauksia haluttuista kohdista ja siihen voidaan lisätä myös korkeuskäyrät. Vertaamalla generoitua maastomallia haluttuun korkotasoon tai toiseen pintamalliin, saadaan tuotettua tilavuustietoja, joista voidaan erotella kaivujen ja täyttöjen määrät.

5.3 Ehdotus hankittavista ohjelmistoista ja käyttökoulutuksesta

Seuraavat ohjelmistot ovat tarpeellisia koneohjausmallien ja opetusmateriaalin suunnitteluun, sekä massalaskentaan:

- LandNova 14.2, koneohjauslaitteen työpöytäsimulaattori.
- 3D-Win – ohjelmisto koneohjausmallien tekoon, massalaskentaan, sekä maastomallien ja suunnitelmien tarkastamiseen ja viimeistelyyn.

Landnova 14.2 työpöytäsimulaattori on maksuton ja sillä voi harjoitella Novatronin Xsite PRO LandNova-koneohjausjärjestelmän käyttöä.

LandNova -simulaattoria voit hyödyntää esim. mallien tarkastelussa, laadunvarmistuksessa, järjestelmän käytön opiskelussa tai kuljettajien perehdytyksissä (Novatron, i.a. -c).

3D-ohjauslaitevalmistajilla on koneohjausmallien tekoon suunniteltuja ohjelmistoja. Näistä esimerkkinä Novatronin 3D-Win -ohjelmisto, josta kerrotaan näin:

3D-Win on kotimainen mittaus- ja suunnitelmatiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu ohjelmisto, joka voidaan asentaa yksittäisiin tietokoneisiin tai mihin tahansa Windows-verkkoon. Monipuolisten tarkastus-, editointi- ja laskentaominaisuuksiensa vuoksi 3D-Win soveltuu monen ammattiryhmän työkaluksi. Ohjelmisto sisältää myös laajan formaatinmuunninvalikoiman aineistojen sisäänlukuun ja uloskirjoitukseen. Olet sitten kartoittaja, mittauspäällikkö, paikkatietoinsinööri tai infran suunnittelija, niin 3D-Win on sinun monitoimisuusvälineesi aineistojen käsittelyyn. (Novatron, i.a., -b)

3D-Win -ohjelmisto on helppokäyttöinen ja se ei vaadi tietokoneelta suurta laskentatehoa (V. Reponen, henkilökohtainen tiedonanto, 12.8.2022). Ohjelmistosta on saatavilla oppilaitoskäyttöön tarkoitettu ohjelmistolisenssi, jonka hinta on 200 euroa/käyttöoikeus ja vuosittainen ylläpitomaksu 20 euroa/käyttöoikeus. Yli kymmenen käyttöoikeuden hankintahintaan sisältyy

8 tunnin mittainen, ohjelmiston käyttökoulutus henkilökunnalle. Koulutuksen sisältö määräytyy käyttötarpeen mukaan. 3D-Win -ohjelmistoa pystyy hyödyntämään myös maatalouden koneohjausmallien suunnittelussa.

Ohjelmalla voidaan hakea WMTS- ja WMS-verkkopalveluita rasterikarttojen osalta. Voit hakea taustakartaksi maastokartan Maanmittauslaitoksen tarjoamasta palvelusta, mikä löytyy valmiiksi lisättynä WMST-hakuun. Samoin WMS-selaukseen löytyy kapsi-karttapalvelut esimerkkinä. WMTS on WMS-selaukseen verrattuna palvelimelle huomattavasti kevyempi, koska se jakaa vain valmiita karttaruutuja. Ohjelmalla voidaan lukea myös vektoripohjaisia aineistoja WFS-palveluista. (Novatron, i.a.-a, s. 45)

6 TOTEUTUSSUUNNITELMA

Tutkinnon osan opetus alkaa teoriapainotteisena. Kun opetetaan digitaalisiin järjestelmiin ja tietomalleihin perustuvaa tutkinnon osaa on tärkeää, että teoriaopetus tapahtuu pääsääntöisesti tietotekniikan avulla. RT-kortistosta löytyy opetuksessa tarvittavia tietoja, niin työsuunnitteluun, materiaalilaskentaan, laatutavoitteisiin ja turvallisuusasioihin. Käytännön opetuksessa käytettävät koneet ja laitteet, tulee olla nykyaikaisia.

Opetuksessa tarvittavat dokumentit:

- Ratu 0441 Maankaivu. Menekit ja menetelmät.
- Ratu 0442 Kaivantojen rakenteellinen tuenta. Menekit ja menetelmät.
- Ratu 0445 Täyttö. Menekit ja menetelmät.
- Ratu KI-6032 Raturva – rakennustöiden ja -koneiden turvallisuusohjeet.
- Laitevalmistajien käyttöoppaat ja mittaushjeet.
- Maarakentamisen piirustuksia sähköisessä muodossa (PDF, DWG).

Opetuskäytössä tarvittavat sovellukset:

- Adobe Acrobat Reader, CADMATIC GeoXY tai 3D-Win maarakentamisen piirustusten lukemiseen ja mittaamiseen mittatyökalulla.
- Excel, yksinkertaiseen työ- ja materiaalimenekkien laskentaan.
- 3D-ohjauksen laitevalmistajan simulaatiosovellus.
- 3D-Win, massalaskentaan ja koneohjausmallien tarkasteluun, sekä suunnitteluun.

6.1 Teoriaopetus

Maarakentamisen piirustukset kannattaa pitää suurimmalta osin sähköisessä muodossa ja opettaa piirustuksien analysointi sekä mittaustekniikat työ- ja materiaalilaskentaa varten, eri sovelluksia käyttäen. Opetuskäyttöön tulevien maarakennuspiirustusten tulee olla mahdollisimman yksinkertaisia, selkeitä ja sisällöltään sekä piirrosmerkeiltään monipuolisia. Käytännön kannalta piirustukset sekä piirustuksissa olevat sijaintitiedot ja korkeustasot pitää olla todellisia. Tämä tarkoittaa sitä, että piirustuksia tulisi olla useita erilaisia ja nämä kannattaisi laatia harjoituskentän tulevista pintamalleista, joilla tehdään myöhemmin käytännön harjoitteita. Pintamallien kaivuutyöstä laaditaan kirjalliset työohjeet, joiden avulla opiskelija pystyy suorittamaan työn, itsenäisesti ja turvallisesti, vaadittujen laatuvaatimusten mukaan.

Koneohjausjärjestelmien ja laitteiden perusasioiden opetuksen tukena on hyvä olla vähintään yhden laitevalmistajan tietokonepohjainen simulaatiosovellus, jolla harjoitella perusasioita koneohjausjärjestelmän käytössä. Näin ollen teoriaopetus tapahtuu pääasiassa ATK-luokassa.

Opetuksessa käsiteltäviä asioita, joilla opiskelijalle annetaan valmiudet suunnitella ja toteuttaa harjoitustyöt omatoimisesti:

- aloitustyöt
- työturvallisuus
- ympäristöasiat
- luvat ja pätevyydet
- RATU-kortit
- laatuvaatimukset
- työn tehokkuus
- tiedonhaku
- konetyypit ja -valmistajat
- lisälaitteet ja -varusteet
- konemittalaitteet ja niiden valmistajat
- koneohjauksessa käytettävät tiedostoformaattit
- huoltotyöt, kalibrointi
- maarakentamisen piirustukset ja piirrosmerkit
- massalaskenta
- työvaiheet, aloitus, työ, lopetus
- vaaratilanteet, riskien hallinta
- lopetustyöt

6.2 Käytännön harjoitukset

Ensimmäinen käytännön harjoitus voidaan tehdä opiskelijan valmiuksien mukaan ohjatusti. Aloitetaan perehdytyksellä, jonka jälkeen laaditaan työsuunnitelma. Perehdytyksessä sovi-
taan työmaahan tutustumisen lisäksi myös toteutumamittausten keräämisestä. Opiskelijan tu-
lee etsiä oikeat käyttöohjeet kone- ja laitevalmistajan mukaan. Suunnitelma voidaan tehdä
kirjallisena tai suullisesti, ja siinä kiinnitetään erityistä huomiota turvallisuuteen ja toteutuksen
kannalta oikeaan työjärjestykseen. Aikataulusta tehdään arvio kohteen ominaisuuksien, mas-
salaskennan ja käytettävän maarakennuskoneen perusteella. Työn alkaessa

kone/laiteyhdistelmälle tehdään asianmukaiset tarkastukset ja mittalaitteen käyttöönotto, sekä tarvittaessa lisälaitteen kalibrointi.

Varsinkin suuremmilla työmailla on nykyään tavallista, että suunnitelmiin tulee työn aikaisia muutoksia. Riippuen siitä, tehdäänkö harjoitus oppilaitoksen harjoituskentällä vai asiakastyökohteessa, voidaan suunnitelmia muuttaa kesken harjoituksen. Koneviestintälaitteita käytetään harjoituksen aikana päivitettyjen suunnitelmien hakemiseen, sekä toteumamittaustietojen lähettämiseen. Aikataulua ja siinä pysymistä arvioidaan suunnitelmien muuttuessa, sekä työn edetessä.

Jos kone/laiteyhdistelmä sisältää hydraulikkaa ohjaavaa automatiikkaa, voidaan tämä ominaisuus kytkeä pois päältä tarvittaessa. Tutkinnon osan toteutuksen aikana arvioidaan, missä vaiheessa harjoituksia automatiikka kannattaa ottaa käyttöön. On kuitenkin tärkeää, että automatiikkaan pääsee tutustumaan.

Vaikka 3D-ohjainlaitteen komponentit ovat suunniteltu kestäviksi ja suorituskykyisiksi, voi niissä varsinkin väärinkäytettynä tai ikääntyessään ilmetä käytön aikana monenlaisia ongelmia. Rikkomatta konetta tai laitetta, voidaan joitain laiteongelmia järjestää harjoituksiin ja harjoitella niihin liittyvää vianetsintää.

Käytännön harjoitteita voidaan suunnitella tarpeen mukaan myös opiskelijan työharjoittelupaikalle. Opiskelijan työnantajan, sekä työpaikkaohjaajan kanssa sovitaan käytännön järjestelyistä. Aikataulun mahdollistaessa, olisi tärkeää saada järjestettyä edellä mainittuja muuttujia työntekoon.

7 POHDINTA

7.1 Tavoitteet ja niiden tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus -tutkinnon osan koulutusta Sedulla. Tutkinnon osan kehittämisen tärkeyttä arvioin työelämän tarpeisiin ja MRL-kokonaisuudistukseen tutustumalla. MRL-kokonaisuudistuksessa uuden rakentamislain ehdotus on jo julkaistu, ja ehdotuksella kumotaan nykyinen maankäyttö- ja rakentamislaki. Tällä vaalikaudella maankäyttöön liittyviin pykäliin ei tehdä muutoksia, mutta lakiin lisätään alueidenkäytön digitaalisuutta koskevat pykälät ja kokonaisuuden nimi muutetaan alueidenkäyttölaiksi. Alueidenkäyttölaista annetaan ehdotus syksyllä 2022, ja laki astunee voimaan yhdessä rakentamislain kanssa 1.1.2024. Uudistuksen tavoitteena on edistää mm. rakentamisen digitalisaatiota ja vähähiilisyttä.

Lakiuudistukseen liittyen haastattelin Ryhti-hankkeeseen osallistuneita Ilmajoen kunnan rakennusvalvonnan viranomaisia. Ryhti-hankkeessa rakennusvalvontoja koulutetaan tulevan RYTJ:n käyttöönottoon sekä edistetään valmiutta ottaa vastaan tietomallipohjaisia rakennuslupahakemuksia. Lakiuudistukset, digitalisaation lisääntyminen, hiilijalanjäljen pienentäminen ja rakennuttajien vaatimukset lisäävät maarakennusurakoitsijoiden painetta siirtyä 3D-ohjauslaitteiden käyttöön.

Rakennusalan perustutkinnon perusteisiin, arvoperustaan, maarakennuskoneenkuljetuksen osaamisalan sisältöön ja maarakennuskoneiden 3D-ohjaus -tutkinnon osan ammattitaitovaatimuksiin tutustuin perusteellisesti. Tutkinnon osan ammattitaitovaatimusten mukaiseen, oppilaitosympäristössä tapahtuvaan opetukseen/koulutukseen tarvitaan ajanmukaisia maarakennuskoneita 3D-ohjauslaitteineen. Oppilaiden suorittamien harjoitusten tarkastamiseen tarvitaan myös tarkoitukseen sopivia mittalaitteita. Koneohjausmallien laatiminen opetushenkilöstön työnä lisää joustavuutta, ylläpitää ammattitaitoa ja on kustannustehokasta. Arvioinnin kohteena olivat koulutuskäytössä olevat koneet, laitteet, harjoitusalueet ja mittalaitteet sekä koneohjausmallien laatimisessa käytettävät sovellukset.

Kehittämistyön aikana tutustuin oppilaitoksen maarakennuskoneisiin ja niissä oleviin koneohjauslaitteisiin. Opetuskäytössä olevat koneohjauslaitteet olivat täysin toimintakykyisiä mutta vaikeakäyttöisempiä verrattuna nykyään saatavilla oleviin laitteisiin, joten niiden oppiminen

voi olla hankalampaa. Opetuskäytössä olevassa pienessä tiehöylässä on 2D-ohjauslaite automatiikalla, ja lisävarusteilla koneen saisi helposti 3D-käyttöön. Tiehöylän automatiikan ohjaus tapahtuu tällä hetkellä tasolaserilla tai korkeuden mittaamiseen käytettävällä ultraäänianturilla. Ohjauslaitteen päivittäminen 3D-käyttöön vaatisi paikannuslaitteen. 3D-paikannuksen pystyy toteuttamaan GNSS- tai takymetriohjauksella. Oppilaitoksen 3D-ohjauslaitteella varustettu kaivinkone on jatkuvassa opetuskäytössä, mutta kone on liian suuri oppilaitoksen harjoittelukentälle ja harjoitusten kannalta toistojen määrä jää pieneksi. Tällä hetkellä koneella tehdään erilaisia asiakastöitä, sekä vesirakentamiseen liittyviä töitä, mutta 3D-ominaisuuksien käyttö rajoittuu ohjauslaitteella luotuihin 3D-malleihin. Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus – tutkinnon osan koulutusta ajatellen, tämän kaivinkoneen ja siihen liitetyn 3D-ohjauslaitteen koulutusta pystyy kehittämään mittalaite- ja sovellushankinnoilla. Vaihtuvista työkohteista pitäisi saada laserkeilausaineistoa lähtötietoihin ja tämä onnistuisi esimerkiksi UAV-kopterilla. Kopterilla olisi helppo tarkistaa myös toteutuneet työt ja sitä voisi tarvittaessa hyödyntää myös muuhun käyttöön, esim. ilmakuvaukseen. Koneohjausmallien suunnitteluun soveltuvalla 3D-Win-ohjelmistolla saadaan yhdistettyä eri aineistoja ja tehtyä niihin liittyviä tarkastuksia ja massalaskentaa. Hankintaehdotukset löytyvät luvuista 4 ja 5.

Lisäksi tavoitteena oli antaa ehdotus tutkinnon osan toteutuksesta. Toteutussuunnitelmaan tein listauksen opetuksessa tarvittavista dokumenteista ja sovelluksista, sekä ehdotuksen teoria- ja käytännön opetuksen järjestelyistä.

7.2 Havainnot opinnäytetyön sisällöstä ja oma arviointi

MRL-kokonaisuudistuksen vaikutukset maarakentamiseen ovat tällä hetkellä hyvin pieniä, mutta opinnäytetyöhön liittyen pidin uudistuksen tarkastelua tärkeänä. Tulevaisuudessa kun alueidenkäyttölakia uudistetaan, voi myös maarakentamiseen tulla uusia vaatimuksia. Vaatimukset liittyvät varmasti, samalla tavalla kuin rakentamislaisissa, vähähiilisyyteen sekä digitalisuuden lisäämiseen, jota 3D-ohjauslaitteet vahvasti edustavat. Uudistuksen vaikutusmäärään nähden tekstiä aiheesta on paljon, koska siihen liittyy useita käynnissä olevia hankkeita ja asioita. Vaikka olen opintojeni yhteydessä tutustunut MRL:n, oli uudistukseen tutustuminen hyvää kertausta ja uutta asiaa opin paljon.

Aloitin opetustyön Sedulla 1/2021, omien opintojeni ohella. Opettajan työhön perehdytyksessä tuntui, että itselle uusia opeteltavia asioita on todella paljon. Yksi näistä asioista on

ollut rakennusalan perustutkinnon, sekä maarakennuskoneen osaamisalan perusteisiin tutustuminen. Vaikka opettajakokemukseni on vielä varsin lyhyt, ovat perusteet muuttuneet tänä aikana jo kolmeen kertaan. Opinnäytetyötä aloittaessani maarakennuskoneiden 3D-ohjaus – tutkinnon osan laajuus oli 30 osp, kuten myös 1.8.2022 voimaan tulleessa tutkinnon perusteissa. Tutkinnon osan ammattitaitovaatimusten ja osaamisen arvioinnin sisältö ei ole muuttunut näissä perusteissa, joten opinnäytetyön sisältöä voi soveltaa molempiin. Edellisissä perusteissa kyseisen tutkinnon osan laajuus oli 15 osp, ja myös ammattitaitovaatimukset sekä osaamisen arviointi eroavat nykyisistä, joten opinnäytetyön sisältöä voi soveltaa tarvittavilta osin siirtymäaikojen päättymisiin saakka. Tämän opinnäytetyön aikana olen tutustunut tutkinnon perusteisiin syvällisemmin ja oppinut tulkitsemaan uusia asioita niiden sisällöstä, kuten esimerkiksi siirtymäajoista. Tulevaisuudessa uudet perusteet on myös helpompi sisäistää ja on helpompaa tehdä tarvittavat muutokset esimerkiksi tämän tutkinnon osan koulutuksen sisältöön ja arviointiin.

Kun Sedulta tarjottiin minulle mahdollisuutta tämän tutkinnon osan kehittämiseen, otin työn innolla vastaan edellisessä työpaikassa saamani kokemuksen pohjalta. Tutkinnon osan kehittämiseen ja toteutussuunnitelmassa ehdottamaani sisältöön olen saanut ideoita edellisestä ammatistani. Minulla on noin 15 vuoden kokemus tunnelilouhinnasta ja siihen liittyvistä töistä, kuten kalliorakentamisesta. Viimeiset kymmenen vuotta urallani tein pääasiassa poraustyötä ja laitteet, joilla työskentelin, edustivat yleensä uusinta tekniikkaa ja sisälsivät koneohjausta. Urani aikana nämä laitteet kehittyivät todella paljon ja innostukseni sekä mielenkiintoni niitä kohtaan kasvoivat jatkuvasti. Ajatuksiani aiheesta voi lukea konepörssin haastattelusta 4.1.2012 (Kuusjärvi, 2012). Tavoitteeni oli saada kaikki laitteiden ominaisuudet laajaan hyötykäyttöön, ja näissä asioissa opastin myös kollegoitani.

Tunnelijumbon koneohjaus sisältää niin paljon automatiikkaa, että siitä voisi kertoa toisen opinnäytetyön verran, joten pidättäydyn tässä vertauksessa koneohjausmalleihin sekä koneen paikannukseen. Esimerkiksi tunneliporauksessa käytettävässä Sandvik DT1131i -tunnelijumbossa on älykäs iDATA-ohjausjärjestelmä, johon tehdään tarvittavat porauslinjat ja -profiilit iSure-tunnelisuunnitteluohjelmistolla (Sandvik, i.a.). Koska satelliittipaikannus ei toimi maanalaisissa tiloissa, koneen paikannus suoritettiin robottitakymetrin ja etukäteen määriteltyjen mittapisteiden avulla, joita kutsuttiin runkolinjaksi. Tässä opinnäytetyössä käsittelin myös satelliittipaikannusta ja siltä osin työn laadusta voi huomata, ettei minulla ole käytännön kokemusta asiasta. Paikannusjärjestelmistä opin työn aikana kuitenkin paljon, ja tiedän nyt

suunnilleen, mistä ja minkälaista koulutusta aiheeseen on saatavilla. Toteutussuunnitelman käytännön harjoituksista antamani ehdotukset tulevat suoraan omista kokemuksistani kone-ohjaukseen, ja pidän vianetsintätaitoja yhtä tärkeänä kuin muutakin osaamista.

Hankintaehdotukset olen pyrkinyt perustelemaan hyvin ja niistä saadaan toivottavasti hyvä keskustelu aikaiseksi työn esittelyn jälkeen. Hankintojen pääasiallisena tarkoituksena on kuitenkin, että pystyisimme järjestämään laadukasta ajanmukaista koulutusta ja samanaikaisesti pitää yllä omaa ammattitaitoa nopeasti kehittyvällä ja yleistyvällä osaamisalalla. Hankintoja arvioitaessa, tarvitaan kuitenkin useamman henkilön näkemys asiaan ja miettiä vastuunjako osaamisen kehittämisen, sekä opetuksen toteuttamisessa.

7.3 Kehitystyön jatkuminen

Opinnäytetyön hankintaehdotusten pohjalta, voidaan tehdä tarvittavat tarjouskilpailut hankinnoista. Tarjouskilpailuissa on syytä esittää tässä opinnäytetyössä suunniteltu koulutuskokonaisuus ja selvittää mahdollisuudet kehitysyhteistyöstä. Esimerkiksi leasing-tyyppisillä ratkaisuilla laitteet pysyisivät kehityksessä mukana ja nykyaikaisina. Tasa-arvon vuoksi, laitevalmistajilta voisi tiedustella myös kiinnostusta opetuksen yhteydessä tapahtuviin tuote-esittelyihin. Yhteistyö laitevalmistajien kanssa on tärkeää myös siksi, että heiltä opetushenkilöstö saa uusimmat tiedot alan kehityksestä ja tarvittaessa käyttökoulutuksen laitteisiin.

Mittalaitehankinnoissa kannattaa ottaa huomioon laitteiden soveltuvuus koulutukseen. Ajatuksena olisi kehittää myös tähän liittyvää koulutusta. Mittalaitetekoulutuksen tärkeys korostuu 3D-ohjauslaitteiden yleistyessä ja kysyntää on varmasti niin nyt, kuin tulevaisuudessakin.

Opinnäytetyön toteutussuunnitelman pohjalta aloitan opetusmateriaalin laatimisen, jonka pääpainona pidän tämänhetkisiä opetuskäytössä olevia laitteita. Tavoitteena olisi saada tutkinnon osan koulutus nopeasti käyntiin myös minun toimestani. Hankintaehdotusten pohjalta voi laatia jo alustavaa opetusmateriaalia, jotta materiaali olisi valmiina heti hankintojen toteutuksessa.

LÄHTEET

- 3D-Koppi. (2022). *3D-Koneohjaus*. <https://www.3dkoppi.fi/3d-koneohjaus/>
- BuildingSmart Finland (bSF). (4.10.2021). *Yleiset inframallivaatimukset*. <https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2>
- Cadmatic. (2022). *CADMATiC GeoXY*. <https://my.cadmatic.com/hc/fi/articles/115001545649-CADMATiC-GeoXY>
- Geotrim. (i.a.-a). *Geodrone 6*. <https://geotrim.fi/tuotteet/uas/geodrone/>
- Geotrim. (i.a.-b). *GNSS-vastaanottimet (SP): Merenmittaus / Tarkkuusnavigointi*. <https://geotrim.fi/tuotteet/gnss/merenmittaus-ja-tarkkuusnavigointi/>
- Geotrim. (i.a.-c). *Pistepilvi tutuksi*. <https://3d-malli.fi/pistepilvi-tutuksi/>
- Kuusjärvi, J. (4.1.2012) *Kalliorakennus poraa metrotunnelia tarkasti ja tehokkaasti*. Konepörssi. <https://koneporssi.com/tyokoneet-2/kalliorakennus-poraa-metrotunnelia-tarkasti-ja-tehokkaasti/>
- Leica Geosystems. (i.a.) *Älykkäät ratkaisut -esite*. https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/machine%20control/intelligent_solutions_brochure.ashx?la=fi-fi&hash=4713A458A3075E903385D375ECF7EE41
- Luukkainen, J. (i.a.) *Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus*. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEwi1he-Gxolf6AhXO6CoKHUqvA5gQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Faoe.fi%2Fapi%2Fdownload%2Fmaarakennuskoneiden3dohjaus-1588925179722.pdf&usq=AOv-Vaw3xffwYrkRHDXuctqL1G-3s>
- Maanmittauslaitos (MML). (i.a.). *Maanmittauslaitoksen ortokuva*. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/ortokuva>
- Novatron. (i.a.-a). *3D-Win perusohje, versio 6.7*. <https://3d-system.fi/download/155>
- Novatron. (i.a.-b). *3D-Win perusohjelma*. <https://3d-system.fi/ohjelmisto/>
- Novatron. (i.a.-c). *Landnova-simulaattori 14.2 pikaohje v1.1*. https://novatron.fi/tiedostot/landnova-simulaattori_14-2_pikaohje_v1-1-pdf/
- Novatron. (i.a.-d). *Mitä on koneohjaus?* <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

- Opetushallitus (OPH). (i.a.) *Tutkintojen perusteet*. <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/tutkintojen-perusteet>
- Opetushallitus (OPH). (14.12.2020a). *Liite 2 Tietoa opiskelun ja ammatissa toimimisen edellytyksistä (pätevyudet ja luvat, korttikoulutukset)*. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/amatillinenperustutkinto/6902593/tekstikappale/7457067>
- Opetushallitus (OPH). (14.12.2020b). *Maarakennuskoneiden 3D -ohjaus, 30 osp*. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/amatillinenperustutkinto/6902593/tutkinnonosat/6909097>
- Opetushallitus (OPH). (14.12.2020c). *Rakennusalan perustutkinnon peruste*. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/amatillinen/6902593/tiedot>
- QGIS. (i.a.). *QGIS – Suosituin avoimen lähdekoodin työpöytä GIS-ohjelmisto*. <https://qgis.org/fi/site/about/index.html>
- QGIS. (1.4.2022) *QGIS User Guide*. https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/user_manual/preamble/foreword.html
- Rakli. (i.a.). *Rakennetun ympäristön elinkaari*. <https://www.rakli.fi/rakentamisen-laatu-ja-tuotavuus/rakennetun-ympariston-elinkaari/>
- Sandvik. (i.a.) *DT1131i tunnelijumbo*. <https://www.rocktechnology.sandvik.fi/laitteet/maalaiset-poraus-ja-pultituslaitteet/tunnelijumbot/dt1131i-tunnelijumbo/>
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-a). *Opiskele Rengonharjulla*. <https://www.sedu.fi/fi/Kampukset/Rengonharju/Opiskele-Rengonharjulla>
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-b). *Perustutkinnot*. <https://www.sedu.fi/fi/Hakijalle/Perustutkinnot>
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-c). *Rakennusalan perustutkinto, maarakennuskoneenkuljettaja*. <https://www.sedu.fi/koulutushaku/koulutus/Rakennusalan-perustutkinto-maarakennuskoneenkuljettaja//8761>
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-d). *Rakennusalan perustutkinto, maarakennuskoneenkuljetus*. https://koulutushaku.sedu.fi/long_course/rakennusalan-perustutkinto-maarakennuskoneenkuljetus/
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-e). *Seinäjoen koulutuskuntayhtymä*. <https://www.sedu.fi/fi/Tietoa-Sedusta/Seinajoen-koulutuskuntayhtyma>
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-f). *Tietoa Sedusta*. <https://www.sedu.fi/fi/Tietoa-Sedusta>

Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (i.a.-g). *Yrittäjät tarvitsevat yhä monialaisempia taitoja: Opiskelijoiden osaaminen monipuolistuu kampusten ja alojen välisellä yhteistyöllä.* <https://www.sedu.fi/fi/Kampukset/Rengonharju/Uutisia-maarakennus>

Seinäjoen koulutuskuntayhtymä (Sedu). (2022). *Sedu – Hakijan opas 2022.* https://is-suu.com/sedufi/docs/sedu_hakijan_opas_2022_web

Ympäristöministeriö (YM). (11.4.2022a). *Ehdotus uudeksi rakentamislainsiksi julkaistu, kuulemistilaisuus 13.4.2022.* <https://mrluudistus.fi/uutiset/ehdotus-uudeksi-rakentamislainsiksi-julkaistu-kuulemistilaisuus-13-4-2022/>

Ympäristöministeriö (YM). (2022b). *Luonnos hallituksen esityksestä rakentamislainsiksi.* <https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2022/04/Luonnos-hallituksen-esityksesta-rakentamislainsiksi.pdf>

Ympäristöministeriö (YM). (2022c). *Ryhti-hanke.* <https://ym.fi/ryhti>