



# Infratuotannon pohjoismaiset koneohjauskokemukset NCC:llä

Joonas Junno

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2020

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Infrarakentaminen

JUNNO JOONAS:  
Infratuotannon pohjoismaiset koneohjauskokemukset NCC:llä

Opinnäytetyö 28 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Huhtikuu 2020

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka koneohjausta on hyödynnetty eri Pohjoismaissa. NCC:llä ei ollut Suomessa varsinaista pilottikohdetta, missä koneohjausta olisi käytetty hyödyntäen sen koko potentiaalia. NCC:n strategian päämääränä oli parantaa kilpailukykyä jatkuvasti kiristyvässä markkinatilanteessa ja tähän etsittiin ratkaisua koneohjauksen käyttöön otolla sen suurilla työmailla. Opinnäytetyössä vertailtiin yleisellä tasolla Suomen, Ruotsin ja Norjan suurimpia infrahankkeiden julkisia tilaajia. Oleellinen osa opinnäytetyötä oli työmaavierailut Norjassa ja Ruotsissa NCC:n työmailla sekä haastattelut sähköpostitse ennen varsinaisia vierailuja.

Ruotsissa ja Norjassa suurimmat julkiset tilaajat ovat paikalliset Liikennevirastot Trafikverket ja Statens vegvesen. Kumpikaan tilaajista ei vaadi koneohjausta käytettävän työmaillaan, mutta Ruotsissa NCC vaatii aliurakoitsijoiltaan sen käyttöä ja Norjassa sen käyttö on myös yleistynyt pienemmilläkin työmailla. Ruotsissa yleisin koneohjausjärjestelmä on Leican johtuen sen parhaasta käyttäjille tarjoamasta etätuesta. Norjassa Novatron on yleisin selkeän käyttöliittymänsä ansiosta. Tilaajat toimittavat rakennussuunnitelmat pääsääntöisesti kaksikulotteisena, jolloin pääurakoitsijalle siirtyy vastuu kolmiulotteisen mallin paikkaansa pitävyydestä, kun lähtötietomalli muunnetaan koneohjausjärjestelmiin sopivaksi. Koneohjauksella on saatu säästöjä muun muassa työn tehokkuuden ja laadun paranemisella.

Koneohjauksella on mahdollista saada kustannussäästöjä työmailla työturvallisuuden ja työn tehokkuuden paranemisella sekä materiaalihukan vähenemisellä. Kustannustehokkain tapa pääurakoitsijalle on siirrettävän tukiaseman hankkiminen ja aliurakoitsijan velvoittaminen toimittamaan koneohjauksella varustetut työkonet työmaalle.

Suomessa on varauduttava käyttämään kaikkia markkinoilla olevia järjestelmiä ja niihin onkin perehdyttävä kunnolla, jotta järjestelmien ominaisuudet tulevat tutuksi myös työnjohdolle. Hinta ei ole merkittävin seikka koneohjausjärjestelmässä, vaan käytännöllisyys ja integraatiomahdollisuus kolmansien osapuolten järjestelmiin on tärkeämpää.

---

Asiasanat: koneohjaus, kilpailukyky, Pohjoismaat

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Infrastructures

JUNNO JOONAS:

Machine Control Experiences on NCC's Infrastructure Production in the Nordics

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 0 pages  
April 2020

---

The purpose of this thesis was to find out how machine controlling has been utilized in the Nordics. NCC had yet to conduct a pilot project in Finland, where machine control had been taken to its full potential. Implementation of machine control was a potential solution to NCC's strategic objective of improved competitiveness in an increasingly competitive market. The largest public contractors in Finland, Sweden and Norway are compared at a general level in this thesis. A major part of this consists of visits to NCC's construction sites in Norway and Sweden. Interviews were conducted via email prior to these visits.

The largest public contractors in Sweden and Norway are local Transport Infrastructure Agencies Trafikverket and Statens vegvesen. Neither of these contractors demand the use of machine control at their construction sites but in Sweden NCC does insist it's subcontractors to use it and in Norway machine control has too become a common sight even in smaller construction sites. The most common machine control system in Sweden is Leica's for it's best remote assistance for the users. In Norway Novatron is the most common thanks to it's uncluttered user interface. The contractors provide construction designs primarily in two-dimensional form but when the initial data model has been converted to fit into machine control system the main contractor takes the responsibility of model's correctness. The use on machine control has led to cost savings with increased productivity and quality of work.

Increased productivity, improved work safety and reduced material waste at construction sites are possible with the use of machine control, leading to cost savings. To procure mobile base station and to obligate subcontractors to deliver machines equipped with machine control is the most cost efficient for the main contractor.

Finland must prepare to use all the different machine control systems and to familiarize with them all in order that foremen get to know the properties of different systems. Price of the machine control system isn't all in all but the practicality and the possibility to integrate with third parties system is more important.

---

Key words: machine control, competitiveness, the Nordics

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KONEOHJAUS POHJOISMAISSA.....	7
2.1	Koneohjaus Suomessa .....	7
2.2	Koneohjaus Norjassa ja Ruotsissa .....	8
3	KONEOHJAUS NCC:LLÄ.....	9
3.1	Koneohjaus Göteborgin satamassa ja NCC:n työmailla Ruotsissa 9	
3.1.1	Kokemuksia eri koneohjausjärjestelmistä .....	10
3.1.2	Koneohjaus ja ruotsalaiset tilaajat.....	13
3.1.3	Koneohjaus säästää aikaa ja rahaa .....	14
3.2	Koneohjaus Norjassa sekä RV36 Slättekås-Årnesin työmaalla ...	14
3.2.1	Koneohjausjärjestelmät Norjassa.....	17
3.2.2	Koneohjausmallit ja norjalaiset tilaajat .....	18
3.2.3	Koneohjauksen risut ja ruusut.....	20
4	TOIMENPIDEOHJE SUOMEN TOIMINTAAN.....	22
4.1	Ruotsalaisten antamat neuvot koneohjausta varten .....	22
4.2	Norjan NCC:n mukaan huomioonotettavat seikat.....	22
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	24
	LÄHTEET.....	27

**ERITYISSANASTO**

AutoCAD	3D-pohjainen rakennushankkeissa käytettävä suunnitteluohjelmisto
As-built malli	Toteumamalli
Koneohjaus	Satelliittipaikannukseen perustuva maanrakennuskoneeseen asennettu mittausjärjestelmä, jossa koneen kuljettaja näkee kolmiulotteiset suunnitelmat hyttiinsä asennetusta näytöstä (3D-Koppi Oy n.d)
Maastomalli	Viettosuunnan ja korkeustiedon sisältävä malli, joka kuvaa maanpintaa (Maanmittauslaitos n.d)
ST-urakka	Urakointimuoto, jossa pääurakoitsijan velvollisuuksiin kuuluu hankkeen suunnittelu ja toteutus
Tilaaaja	Rakennushankkeen osapuoli, joka vastaa rahoituksesta ja päättää hankkeen toteuttamisesta (TEPA-termipankki n.d)
Toteumamalli	Täydennetty rakennussuunnitelmamalli, jossa mittamiehen mittaamat toteutuneet rakenteet täyttävät hyväksytyt toleranssit (Liikennevirasto 2017)
VDC	Virtual Design and Construction

## 1 JOHDANTO

Norjassa ja Ruotsissa NCC rakentaa infraa paljon enemmän kuin Suomessa. NCC:llä koneohjausta on käytetty muissa Pohjoismaissa jo useita vuosia, joten tietoa sen tuomista eduista ja haasteista on kertynyt vuosien varrella paljon. Suomessa ei ole kertynyt vastaavanlaista käytännön kokemusta koneohjauksen käytöstä suurissa rakennushankkeissa. Koneohjaus aiheena on kuitenkin suuressa roolissa NCC:n strategiassa, jonka tavoitteena on parantaa kilpailukykyä kehittämällä kustannus- ja laadunhallintaa sekä tuotantotehokkuutta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville, kuinka koneohjausta on hyödynnetty muissa Pohjoismaissa ja miten Suomessa olisi mahdollista soveltaa opittua tietoa. Jo tehtyjen virheiden välttäminen ja onnistuneiden käytäntöjen omaksuminen antaisi sysäyksen eteenpäin koneohjauksen käyttöönotossa.

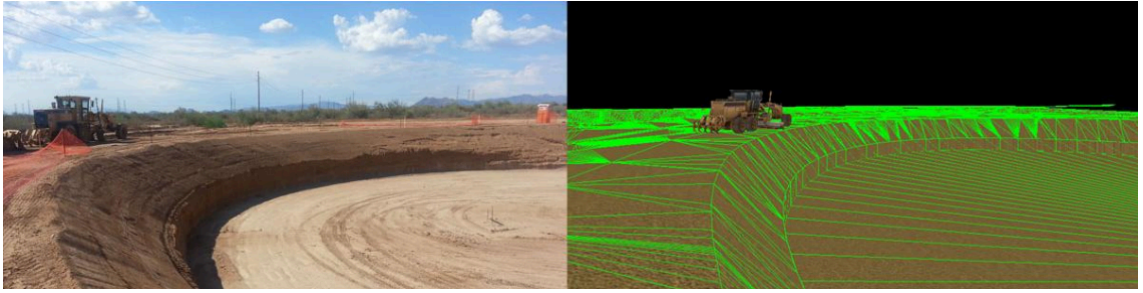
Norjalaisten ja ruotsalaisten koneohjauskokemusten selvittämisen vuoksi opinnäytetyössä on haastateltu ennen työmaavierailuja sähköpostitse Oslossa las-kentakoordinaattori Mikkel Myrvoldia NCC:ltä, mittauspäällikkö Bjørge Trollsåsia Carl C. Fonilta sekä Göteborgissa NCC:n mittauspäällikkö Martin Puumalaista.

## 2 KONEOHJAUS POHJOISMAISSA

### 2.1 Koneohjaus Suomessa

Koneohjauksen käyttö yleistyy jatkuvasti kotimaisessa infrarakentamisessa. Alan suurimmat yritykset käyttävät sitä lähes jokaisella suurella työmaallaan parantaakseen tehokkuuttaan sekä tavoitellakseen säästöjä toiminnassaan. Myös pienemmät koneyritykset ovat investoineet koneohjauslaitteisiin, koska ilman koneohjausta on nykyään vaikeampaa päästä pääurakoitsijalle töihin. Suomen suurimmat julkiset infratilaajat eli Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus sekä kunnat ovat myös hieman varautuen siirtyneet tarjoamaan urakoitsijoille suunnitellut kolmiulotteisessa muodossa perinteisten pdf-tiedostojen sijaan. Tilajaat ovatkin ehkä hieman arkaillen hypänneet kehityksen kelkkaan maarakentamisessa. Talopuolella suunnitelmat sen sijaan ovat olleet jo pidemmän aikaa mahdollista saada 3D-muodossa.

Urakoitsijan työkoneille tarkoitettu koneohjausmalli on pääsääntöisesti urakoitsijan itse jalostama toteutusmalli tilaajan toimittamasta rakennussuunnitelmasta (katso jäljempänä KUVA 1.). Infrarakentamisen mallien on täytettävä tietyt vaatimukset, nämä on listattu valtakunnallisissa ohjeistuksissa mm. Väylän (entinen Liikennevirasto) vuonna 2017 julkaistussa Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeessa sekä Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta buildingSMART Finlandin julkaisemassa Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019:ssä. Urakoitsijan tilaajalle urakan lopuksi toimittama toteutumamalli on luotu osittain koneohjauksella avulla otetuista ja osaksi mittamiehen ottamista tarkkeista, joita yhdistelemällä on luotu malli. Tilaajan on hankkeen loputtua mahdollista muokata toteutumamallista digitaalinen ylläpitomalli kunnossapitoa varten. Tämä helpottaa myös, jos jo lopuneelle hankkeelle on tulevaisuudessa tulossa jatkohanke, jossa on esimerkiksi liityttävä tulevaisuuden hankkeessa hulevesijärjestelmään.



KUVA 1. Koneohjausmalli (Laulainen 2015)

## 2.2 Koneohjaus Norjassa ja Ruotsissa

Norjassa ja Ruotsissa koneohjaus on otettu käyttöön Suomea aiemmin, näidenkään maiden suurimmat tilaajat eivät kuitenkaan vaadi koneohjattua työmaata. Norjan suurin julkinen tilaaja Statens Vegvesen on luonut vaatimukset mallien laadulle ja sisällölle V770 Modelgrunnlag-oppaassaan (Statens vegvesen n.d). Koneohjausta on käytetty esimerkiksi Skanskan työmaalla rakennettaessa Osloon Bjørvikan tunnelia, jossa kaivettiin 680 000m<sup>3</sup> merenpohjaa pois tunnelin rakennekerrosten alta (Skanska n.d).

Ruotsin suurin tilaaja, Trafikverket, joka valtion viranomaisena vastaa liikenteestä ilmailussa, merenkulussa, tiestöllä sekä rautateillä vaatii koneohjatuilla työmailaan noudattamaan luomaansa ohjetta Öppen BIM-standardia (Trafikverket 2014). Pelkästään vuonna 2017 NCC urakoi Trafikverketille n. 404 miljoonan euron edestä (Trafikverket 2017). NCC on käyttänyt koneohjausta muun muassa työmaallaan valtatie 50:llä Mjölbyistä Motalaan, jossa uutta tietä rakennettiin 28 kilometrin verran. (NCC 2011).



### 3 KONEOHJAUS NCC:LLÄ

#### 3.1 Koneohjaus Göteborgin satamassa ja NCC:n työmailla Ruotsissa

Koneohjaus on ollut Ruotsissa käytössä jo yli 25 vuotta ja se on arkipäiväistynyt lähes jokaisen työmaan käytössä. Koneohjaus on parantanut työn tehokkuutta, mikä osaltaan selittää, miksi koneohjaus on niin tavallinen näky työmailla. NCC:n linjauksena on, että työmailla työskentelevien aliurakoitsijoiden koneiden on oltava varustettu koneohjauksella, kuitenkin urakan tilaaja ei vaadi tällaista pääurakoitsijalta. Aikaisemmin koneen omistajat omistivat hyteissä olevat näytöt ja NCC omisti vastaanottimet ja antennit, mutta nykyään vaatimuksena on, että kone on täysin varusteltu koneohjauksella aliurakoitsijan toimesta. Jos koneen omistaja ei omista järjestelmää, NCC voi vuokrata sen hänelle joksikin aikaa. NCC tekee paljon yhteistyötä AutoCADin kehityksestä vastaavan Autodesk Inc. kanssa. Tämän yhteistyön ansiosta NCC on saanut räätälöidyn työkalupaletin erilaisiin oikopolkuihin, muun muassa oikopolkuja viivojen poistoon mallista ja haun, joka löytää risteävät viivat. (Puumalainen 2017a)

Pääsääntöisesti mittamiehet ottavat valmiista pinnasta tarkkeet, mutta koneidenkuljettajat voivat tehdä saman, jos mittamiehet eivät ehdi sitä tekemään, tällöin kuitenkin menetetään tarkkuutta. Mittaustyönjohtajat tarkistavat kaikki koneiden ottamat tarkkeet. Työmaalla on yksi tai useampi kiinteä mittapiste, joissa koneet käyvät suorittamassa kalibroinnin päivittäin. Toteumamallin, jonka sisältö on piste x,y,z-koordinaatistossa, tarkkuus vaihtelee työmaittain. Sitä ei koota koneohjauksella otetuista tarkkeista, vaan suurin osa datasta tulee mittaustyönjohtajilta. Ajoittain hyödynnetään koneohjauksella otettuja tarkkeita alimmista rakennekerroksista, jos se seuraavan työvaiheen ja aikataulutuksen vuoksi on välttämätöntä. (Puumalainen 2017a).



KUVA 2. Mittamies ottaa takymetrillä tarkkeen esiin kaivetusta kallion pinnasta

### 3.1.1 Kokemuksia eri koneohjausjärjestelmistä

Göteborgin sataman työmaalla yli 90% koneista oli varustettu koneohjauksella. Yleisin järjestelmä koneohjauksella varustetuista työkoneista oli sveitsiläisen Leican. Tämä johtuu Puumalaisen (2017b) mukaan siitä, että Leicalla on paras etä-

tuki, käyttäjän kohdatessa erinäisiä ongelmia järjestelmää käyttäessään. Järjestelmä on luotettava ja hyvin yhteensopiva mittaustyössä käytettävien ohjelmien kanssa. Leicaa käytäviä koneita varten käytetään työkohteesta serveriä, jonka kautta ajetaan mallit koneisiin. Tämän jälkeen koneiden kuljettajat saavat laitteeseensa ilmoituksen, kun uusi tai päivitetty tiedosto on saatavilla. Käytettäessä Leican koneohjausjärjestelmää työkoneiden ja tiedostojen lisääminen ja poistaminen tapahtuu Leican verkkoselainpohjaisella Leica ConX:llä. Jos työmaalle saapuva työkone on jäänyt kuittaamatta ulos edelliseltä työkohteelta, konetta ei voida lisätä uudelle työmaalle ilman Leican etätuen avustusta. Leica myös järjestää vapaaehtoisia käyttöjärjestelmäkoulutuksia kaikille koneenkuljettajille.



KUVA 3. Leican koneohjausjärjestelmä asennettuna kaivinkoneeseen.

Muita koneohjausjärjestelmiä ovat mm. Trimble ja Topcon. Kaikki eri laitevalmistajien järjestelmät käyttävät eri tiedostomuotoja, joten on käytettävä ohjelmaa, joka muuttaa tiedostot käyttökelpoiseen muotoon jokaiseen koneohjausjärjestelmään. Muuntaessa tiedostoja toiseen formaattiin, voidaan aina menettää osa datasta. Koskaan ei ole myöskään täyttä varmuutta, toimiiko tiedosto täysin toisessa järjestelmässä. LandXML on yleisin tiedostomuoto, mutta siitäkin on erilaisia variaatioita ja versioita. (Puumalainen 2017b).



KUVA 4. Trimble CB460

Koneiden kuljettavat näkevät näytöltään olemassa olevien maanalaisten kaapeleiden ja putkien sijainnit taustalla ja he saavat hälytyksen, jos ovat kaivamassa syvemmälle kuin suunnitelmien mukaan on tarve. Koneiden tehokkuus eli tuntimääräisesti laskettu koneen työhön käyttämä aika ja niiden liikuttama massavolyymi saadaan ulos tarvittaessa esimerkiksi Leican ConX:stä, mikä helpottaa muun muassa urakan jälkilaskentaa. Koneet pystyvät myös itse mittaamaan etäisyyksiä ja ottamaan toteutumia eli toteutuneita valmiiden rakenteiden korkeuksia tai leikattuja syvyyksiä sekä luomaan uusia tiedostoja malliin. Tarkkuus koneen itse ottamille tarkkeille on noin  $\pm 5$  cm. Mittamies voi myös tietokoneeltaan nähdä saman, mitä koneenkuljettaja näkee omalta näytöltään ja konekohtaiset ladatut

suunnitelmapäivitykset. Maantiivistäjissä, joissa on Trimblen järjestelmä laitteet ilmoittavat rakenteen tiiveyden ja niistä saadaan ulos graafinen kartta, josta näkee ylityskerrat jyrätyltä alueelta sekä jyrätyn alueen tiiveysasteen. (Puumalainen 2017b)

Koneohjausjärjestelmät ovat kalliita ja osa koneiden omistajista ei halua ostaa niitä omiin koneisiinsa korkean hinnan ja huonojen päivitysten vuoksi. Useissa viimeaikaisissa päivityksissä on poistettu toimintoja, jotka ovat käytännöllisiä ja auttavat käyttäjää, näitä sitten on korvattu muilla vähemmän hyödyllisillä toimintoilla. Markkinoille on tullut lisää uusia koneohjausjärjestelmiä kuten suomalainen Novatron. Markkina monipuolistuu pääasiassa sen vuoksi, että uusilla kilpailijoilla on kilpailukykyisempi hinta, joka on koneen omistajalle merkittävä asia heidän joutuessaan sijoittamaan omaa rahaansa järjestelmiin. (Puumalainen 2017b).

Leica on koneenomistajille Trimbleen verrattuna noin 10000–15000 euroa kalliimpi. Volvolla on sopimus Trimblen kanssa, joten kyseisen merkin omistajat saavat laitteisiinsa koneohjauksen halvemmallalla. Koneohjausta käytetään myös tunnelirakentamisessa, poraaja pystyy tekemään poraussuunnitelman 3D-mallista. (Puumalainen 2017a).

### **3.1.2 Koneohjaus ja ruotsalaiset tilaajat**

Tilaaajilta suurin osa suunnitelmista tulee kaksiulotteisina, jolloin ne joudutaan työmaalla itse muuntamaan kolmiulotteisiksi. Osa suunnitelma-aineistosta saadaan myös kolmiulotteisina, mutta ne on kuitenkin tarkistettava käsin virheiden varalta, sanoo Puumalainen (2017a). Nopeat ja pienet muutokset suunnitelmiin tehdään työmaalla tilaajan luottaessa suunnitelmien laatuun ja toimivuuteen. Tilaaajalta saatu rakennussuunnitelmamalli vaatii tarkistamista ja uudelleen muokkaamista ennen kuin se on työstettävissä koneohjausmalliksi, sillä malli sisältää paljon epäoleellista dataa, kuten ylimääräisiä kerroksia ja viivoja. NCC vastaa muokatun mallin paikkansa pitävyydestä. Ideaali tilanne olisi se, että suunnittelijalta tullutta mallia voisi käyttää suoraan, mutta malli on tarkistettava ennen kuin se voidaan antaa koneurakoitsijan käytettäväksi.

Jos tilaaja antaa lähtötietomallin, on laskentaohjelmalla mahdollista laskea esimerkiksi massat ja putkimetrit rakenteeseen. Maastomalli on tehtävä jokaisesta eri pinnan tasosta eri koneohjausjärjestelmiin. Massalaskentaa tehdään, jos tilaaja sitä vaatii, tällöin saadaan laskettua toteutuneet määrät muun muassa löytyneille maakiville ja savelle, jotka vaikuttavat kokonaishintaan joko nostavasti tai laskevasti. Kaapeliyhtiöt antavat rakennettavan alueen kaapeleiden sijaintitiedot pääasiassa kaksiulotteisessa muodossa, mutta ajoittain he toimittavat suunnitelma kuvan 3D:nä. (Puumalainen 2017a)

### **3.1.3 Koneohjaus säästää aikaa ja rahaa**

Kun koneiden kuljettajat pystyvät itsenäisesti ottamaan tarkkeita rakennekerroksista, mittamiehen tarve työmaalla vähenee. Tällä on vaikutus myös työtapaturmien ehkäisemisessä, kun mittamiehen ei tarvitse mennä ottamaan tarkkeita syvästä kaivannosta, vaan kaivinkone pystyy tekemään sen kauhallaan. Koneohjausta voi hyödyntää monessa asiassa esimerkiksi laskennassa ja massojen siirtelymäärissä. On mahdollista myös tarkistaa, missä sijainnissa kone on työskennellyt ja kuinka kauan. Koneohjauksella tehostetaan tuotantoa ja konekuskit kykenevät hahmottamaan työskentelykohteensa paremmin, jolloin he voivat hallita massamääriä paremmin ja tarkemmin lopputuloksin. (Puumalainen 2017b)

## **3.2 Koneohjaus Norjassa sekä RV36 Slåttekås-Årnesin työmaalla**

Norjan NCC on käyttänyt koneohjausta noin 20 vuotta. Ensimmäiset järjestelmät tulivat markkinoille tiehöyliin ja kaivinkoneisiin koneohjaus saatiin 15 vuotta sitten. Aluksi järjestelmät olivat käytössä vain suurilla työmailla, mutta myöhemmin järjestelmien hintojen pudotessa, tekniikan kehittyessä ja kilpailevien järjestelmien tullessa markkinoille on koneohjaus yleistynyt pienemmilläkin työmailla. Koneohjauksen tulo kevensi mittaustyönjohtajien työtaakkaa, kun koneenkuljettajat eivät tarvitsekaan enää mittatikkuja työnsä avuksi, vaan näkivät suoraan monitorista tierakenteen suunnan sekä kerrosten paksuuden. (Myrvold 2017a)

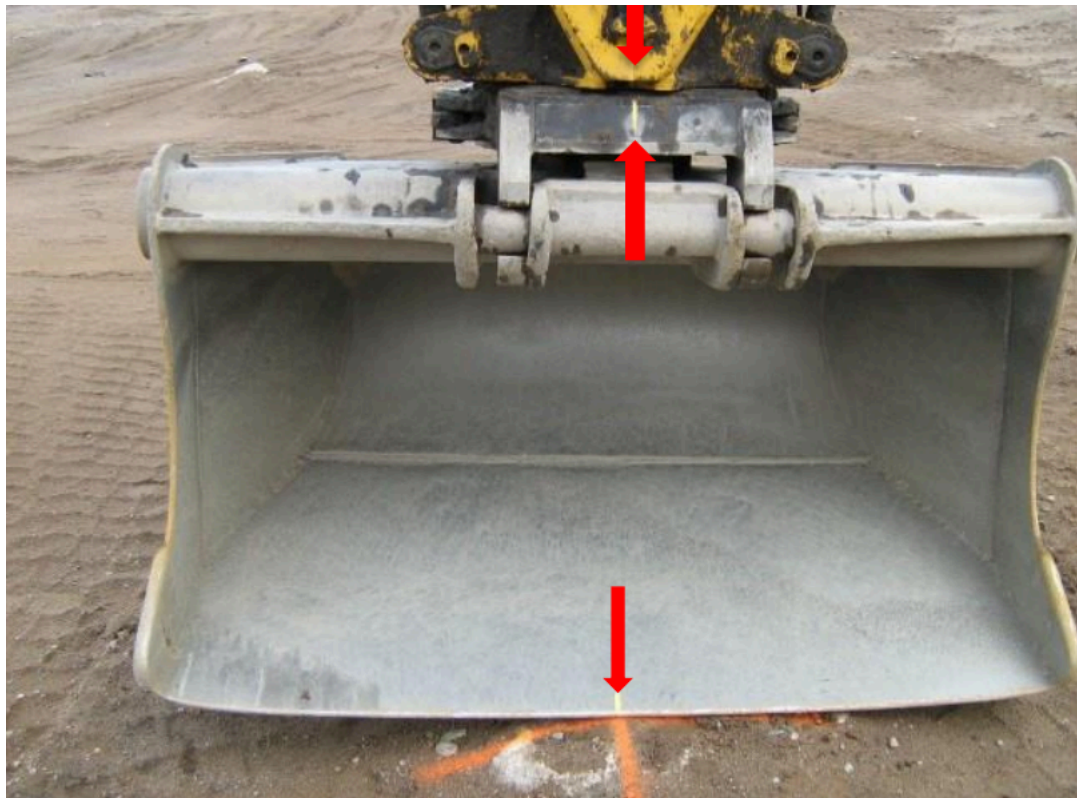


KUVA 5. Novatronin koneohjauksella varustettu kaivinkone

NCC:llä ei ole yhtenäistä politiikkaa koneohjauksen järjestämisestä, vaan jokainen työmaa saa itse valita käytettävän järjestelmänsä itsenäisesti. Hinta ei ole ollut ratkaisevana tekijänä valittaessa järjestelmää, vaan sen mukana tuomilla eduilla ja käytön helppoudella on ollut suurempi merkitys. Ihannetilanteessa kaikissa koneissa on koneohjausjärjestelmä ja ne osallistuvat dokumentointiin työsäännön. Carl C. Fon, joka on NCC:n urakointiin erikoistunut tytäryhtiö, omistaa itse koneohjauslaitteensa sekä järjestää koneenkuljettajille kursseja, joissa perehdytään koneohjauksen käyttöön. (Myrvold 2017a)

Trollsåsin (2017b) mukaan koneenkuljettajat ottavat toteumia ja mittamiehet tarkkeita eri pinnoista. Koneenkuljettajat rakennekerroksista, joissa koneiden mittatarkkuus on riittävä ja mittamiehet enemmän tarkkuutta vaativista kohdista, esimerkiksi hulevesiputkien korkotasosta. Mittamies tarkistaa ottamansa tarkkeet ja koneiden ottamat toteumat joka toinen päivä. Tarkistetuilla tarkkeilla ja toteutumuilla täydennetään toteumamallia, jota myös esitellään kuukausittain järjestettä-

vissä työmaan sisäisissä kokouksissa kaikille työntekijöille, jolloin he näkevät tekemänsä työn laadun. Kokouksen järjestämisen tarkoituksena on parantaa tärkeiden ottamisen laatua ja samalla myös osoittaa työntekijöille heidän tekemänsä työn tärkeys. Koneenkuljettajat kalibroivat päivittäin kauhansa mittapisteellä, jonka sijainti on muuttumaton ja jonka korkeustaso tunnetaan. Lisäksi mittaus-työnjohtajat tekevät satunnaistarkastuksia kaivetuilla alueilla laadunvarmistamiseksi. Jokaisessa työkoneessa on sim-kortti, jolla koneohjausjärjestelmä ottaa puhelinyhteydellä yhteyden satelliittiin. Satelliittiyhteydellä työkone tarkkailee jatkuvasti sijaintiaan työmaalla ja korjaa signaaliaan siirrettävällä työmaakohtaisella tukiasemalla. Koneohjauksen haavoittuvuus tulee kuitenkin ilmi puhelinyhteyksien katvealueilla, jolloin järjestelmä ei saa yhteyttä satelliittiin, lisäksi korkeat rakennukset ja peilit heikentävät signaalin tarkkuutta.



KUVA 6. Kaivinkoneen kauhan kalibrointi tunnetulla mittapisteellä (Novatron 2019)



### 3.2.1 Koneohjausjärjestelmät Norjassa

Hallitseva koneohjausjärjestelmä on suomalainen Novatron, joka löytyy lähes poikkeuksetta jokaisesta kaivinkoneesta. Selitys tähän on käyttöliittymän helppous sekä hyvä etätuki ongelmatilanteissa. Trimble on käytössä tiehöylissä ja puskutraktoreissa. Trimbleltä ei kuitenkaan saa tarvittavaa etätukea kaivinkoneille, mitä Norjassa tarvitaan. Tämän takia on päädytty käyttämään rinnakkain useampaa koneohjausjärjestelmää eri työkonneissa. Tunneliporavaunut, jotka NCC itse omistaa käyttävät Bever Control nimistä koneohjausjärjestelmää. Usean eri järjestelmän käyttö lisää työkuormitusta sekä mittamiehille että mittaus-työnjohtolle. Suunnitelmien muuttuessa päivitykset on vietävä erikseen eri järjestelmiin. Osa päivitykset vietään pilvipalvelun kautta ja osaan manuaalisesti muistitikulla. (Trollsås 2017b)



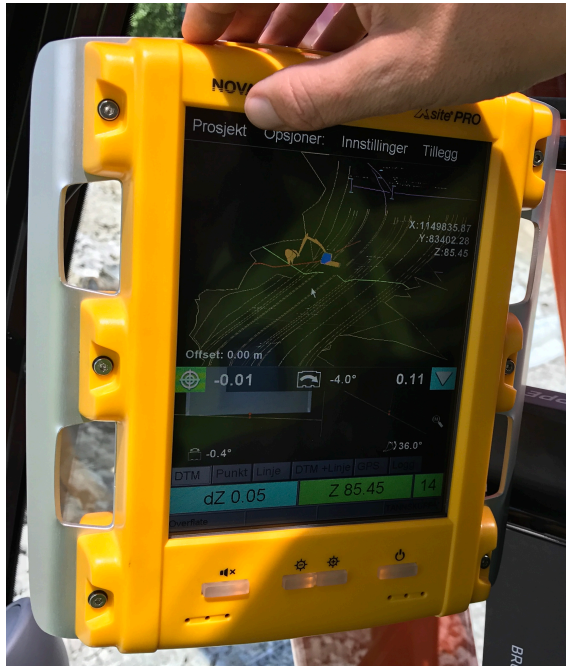
KUVA 7. Tunneliporavaunu

Koneohjauksen asennuksen hinta on noin 300 000 Norjan kruunua eli noin 31 000 €. Kun koneohjausasennuksen purkaa, esimerkiksi järjestelmän vaihdon yhteydessä, yritys saa takaisin noin 8000 € jokaisesta laitteesta Novatronilta. Purjetut laitteet voidaan kuitenkin kierrättää asentamalla ne toiseen työkoneseen. Koneohjauslaitteita ja -järjestelmiä vaihdetaan 3-5 vuoden välein. Vuonna 2015

oli vaihdettava kaikkien koneiden laitteistot, koska koneohjausjärjestelmien prosessorit eivät kyenneet käsittelemään kaikkea laitteiden tuottamaa dataa. (Myrvold 2017a)

### **3.2.2 Koneohjausmallit ja norjalaiset tilaajat**

Norjassa ollaan siirtymässä siihen suuntaan, että tilaajalta saadaan lähtötietomalli kolmiulotteisena. Tämä helpottaa urakoitsijan työskentelyä, koska heidän ei tarvitse itse muuntaa kaksiulotteisesta mallia kolmiulotteiseksi ja ottaa samalla vastuuta mahdollisista huomaamatta jääneistä virheistä. Mallipohjaisissa urakoissa tilaaja ottaa täyden vastuun mallin laadusta ja ajoittain urakoissa tilaaja vaatii itselleen urakan päätteeksi urakoitsijan tuottaman as-built-mallin eli toteutumamallin. Perinteisessä urakkamallissa sopimuksen viimeinen maksuerä perustuu lopulliseen jälkilaskentaan toteutumamallista. Tilaajalla on myös joissakin urakoissa vastuu mallin päivittämisestä. Osassa urakoissa taas urakoitsijalla on tämä vastuu. Vastuun jakautuminen riippuu urakkasopimuksesta. Koneohjauksen hyväksyty mittaustarkkuus on kolme senttimetriä. Tilaajat hyväksyvät tämän mittaustarkkuuden jakavan kerroksen yläpintaan saakka. (Myrvold 2017b).



KUVA 8. Kaivinkoneenkuljettajan näkymä koneohjausmallista

NCC hyödyntää toteumamallia toteutuneiden massamäärien laskennassa urakan päätteeksi. Toteumamallia voidaan hyödyntää myös työmaakoneiden ohjauksessa seuraavassa työvaiheessa. Mittamiehen ottamalla tarkkeilla luodaan toteumamalli myös rakennettaessa vesi-, jäte- tai hulevesilinjoja. Sisältö vaihtelee, koneohjauksella otettu tarke tai muu data on yleensä kolmiulotteinen piste x,y ja z-koordinaatistossa, jota muokataan jälkikäteen kunnan tai muun tilaajan vaatimusten mukaan. (Trollsås 2017a)

Mallin paikkaansa pitävyydestä vastaa sopimuksesta riippuen tilaaja tai urakoitsija, painottaa Myrvold (2017a). Perinteisessä urakointimallissa tilaaja vastaa mallin paikkaansa pitävyydestä. Tästä poiketen ST-urakassa mallista vastaa urakoitsija yhteistyökumppaneineen. Tilaajan toimittamaa mallia on aina muokattava urakointimuodosta riippumatta, jotta se on hyödynnettävissä koneohjausjärjestelmissä. Tilaajat eivät luo sopivia tiedostomuotoja koneohjausjärjestelmää varten, mikä johtuu heidän tietotaidon puutteesta koneohjausjärjestelmien käytöstä ja sopimuksen vaatimuksista. Vaikka tilaaja vastaisi mallin paikkaansa pitävyydestä on mallista karsittava ylimääräistä dataa pois, jotta se toimisi koneohjausjärjestelmissä halutulla tavalla.

Norjan NCC toimittaa dataa myös kahdelle muulle kansalliselle tietopalvelulle, kansalliselle tiestö-pankille eli Nationel Vägdatasille sekä kansalliselle kartta-palvelulle eli Felles kartdata-baselle. Annetut tiedot ovat tarkoitettu tien omistajalle tien ylläpitoon ja autoissa käytettävien GPS:ien toimintaa varten. (Myrvold 2017b).

### **3.2.3 Koneohjauksen risut ja ruusut**

Norjassa ei ole tehty kustannusarviointia koneohjauksen tuomista eduista. Koneohjauksen on kuitenkin huomattu parantaneen työn laatua sekä työkoneiden tehokkuutta. Koneohjauksen tuomat kustannussäästöt ovat kuitenkin todettavissa mittaustyönjohtajan vähentyneistä työmaalla vietetyistä työtunneista ja työkoneiden vähentyneistä venttätunneista. Hieman karrikoiden voisi sanoa, että yksi koneohjattu kaivinkone vastaa yhtä mittaustyönjohtajaa työmaalla. Koneenkuljettaja voi tehdä tarkkaa työtä ottaen samanaikaisesti tarkkeita. Etuna on myös se, että työnjohtaja voi ohjata koneenkuljettajan tarvittaessa työmaalla vaihtoehtoisesti useallekin eri rakentamisvaiheessa olevaan kohteeseen. Tällöin hänen on mahdollista nähdä koneeltaan jo tallennetun tiedon olemassa olevista rakenteista kuten putkista ja kaapeleista. (Trollsås 2017a).

Aikaa säästää myös se seikka, että työmaan eri koneet voivat jakaa samaa dataa toisilleen. Data lähetetään työmaakoneista ja ladataan koneohjauksen palvelimelle, josta toteutuneita määriä on mahdollista seurata koneohjausjärjestelmän tietokonesovelluksella. Näin työnjohtajat voivat keskittyä työmaan aikatauluttamiseen sekä työmaalle toimitettavan materiaalin tilaamiseen, kun heidän ei erikseen tarvitse käydä ohjeistamassa yksittäistä koneenkuljettajaa heidän tehtävistä töistä. (Trollsås 2017a).

Siirtymävaihe koneohjaukseen ei ole tapahtunut Norjassa ongelmitta. Vastaavat työnjohtajat eivät olisi halunneet oppia uutta, vaan rakentaa samalla tavalla kuin aina ennenkin. Asennemuutos on tapahtunut pikkuhiljaa, kun vastaavat työnjohtajat ovat huomanneet, kuinka paljon koneohjaus helpottaa heidän omaa työkuorimitustaan. He ovat myös huomanneet, että kun kaikilla työmailla tai edes useam-

malla on sama järjestelmä käytössä, mittaustyönjohtajien työ helpottuu ja nopeutuu. Tällöin tiedostoja ei tarvitse muuttaa usean eri valmistajan käyttämään muotoon. Ongelmana on kuitenkin edelleen se, että vanhemmat koneenkuljettajat eivät ole halukkaita oppimaan koneohjausjärjestelmän käyttöä. Nuorempien ei sen sijaan tarvitse välttämättä edes osallistua järjestettäville kurssituksille, koska he oppivat järjestelmän käytön työtä tehdessään. Työmaalla työskentelee myös koneohjaamattomia koneita, ne tekevät töitä kohteissa, joissa ei ole tarvetta koneohjaukselle esimerkiksi louhintatyön räjäytyksen jälkeen, ne voivat kuormata irti-räjäytettyjä lohkareita kuorma-autojen lavalle. (Trollsås 2017b).

## 4 TOIMENPIDEOHJE SUOMEN TOIMINTAAN

### 4.1 Ruotsalaisten antamat neuvot koneohjausta varten

Martin Puumalainen (2017b), joka toimi Göteborgin satamatyömaalla mittauspäällikkönä, antoi seuraavat neuvot Suomen yksikölle: ”Koneohjausjärjestelmiä on monia ja varautukaa siihen, että joudutte käyttämään niitä kaikkia. En usko, että voitte vaatia koneenomistajia sitoutumaan tiettyyn järjestelmään. Useampi järjestelmä johtaa siihen, että se teettää mittaustyönjohtajilla enemmän töitä, mutta se on joustavampi koneenomistajille. Jokaisella järjestelmällä on hyvät ja huonot puolensa. Mielestäni paras vaihtoehto on se, että kone saapuu työmaalle täysin varusteltuna. Lisäksi olisi suositeltavaa alueittain palkata oma mittaustyönjohtaja, joka johtaisi aliurakointina tekeviä mittaajia.”

### 4.2 Norjan NCC:n mukaan huomioonotettavat seikat

Koneohjausjärjestelmän käyttöönottoon on paneuduttava kunnolla ja on varattava riittävästi aikaa, jotta voidaan perehtyä käyttöönotettavan järjestelmän ominaisuuksiin riittävällä tavalla. Koneidenkuljettajia on opastettava järjestelmän käyttämiseen ja annettava mahdollisuus harjoitella hieman ennen urakkaa. Työnjohdon on vastaavasti seurattava työn laatua jälkikäteen sekä yritettävä saada työntekijät ymmärtämään heidän työnsä merkitys. Tässä tehtävässä on erityisesti kiinnitettävä huomiota toteutumamallin suurelle tärkeydelle. Työnjohdon on yhdessä työntekijöiden kanssa luotava toimivat rutiinit koneohjauksen hallintaan ja laitteiden kalibrointiin. (Myrvold 2017b).

Suomalaisten on valittava laitetoimittaja huolella. Hinnan ei tulisi olla ainoa vaikuttava tekijä koneohjausjärjestelmää valittaessa, vaan tärkeämpää on järjestelmän käytännöllisyys, tiedonsiirtotapa, tiedostojen muoto ja integraatiomahdollisuus kolmansien osapuolten järjestelmiin. Työnjohdolle on järjestettävä tekniikkapäiviä muutaman kerran vuodessa, jotta he oppivat itsekkin käyttämään koneohjausta. Kun työnjohdossa toimivat henkilöt tuntevat käytettävän ohjelmiston,

heidän odotuksensa työn laadusta ja tehokkuudesta ovat realistisemmat. (Trollsås 2017b).

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Koneohjaus on tullut jäädäkseen myös suomalaiseen infrarakentamiseen. On vaikeata perustella hyviä syitä koneohjauksen käyttöönoton hylkäämiselle. Ruotsalaisten ja norjalaisten omakohtaisista kokemuksista kannattaa ottaa oppia. Koneohjauksella on mahdollista parantaa tehokkuutta sen säästäessä koneiden aikaa mittamiehen odottamiselta, ylikaivamiselta sekä turhilta CO<sub>2</sub>-päästöiltä kuljetellessa maamassoja edestakaisin työmaalla. Lisäksi koneohjaus mahdollistaa koneenkuljettajien entistä paremman itseohjautuvuuden työmaalla. Kustannussäästöjä tulee ensisijaisesti mittamiehen työmäärän vähenemisellä työmaalla sekä eri työvaiheiden nopeutumisella. Myös työturvallisuus paranee, kun esimerkiksi mittamiehen tai perämiehen ei tarvitse mennä tarkistamaan onko kaivinkone leikannut maata riittävän syvälle vai ei.

Koneohjauslaitteita ei ole syytä omistaa itse pääurakoitsijan projektinjohtomallissa urakoinnissa. Järkevämpi ratkaisu on vaatia aliurakoitsijoita toimittamaan täysin varustellut työkoneet työmaalle ja hankkia itse siirrettävä tukiasema signaalien korjaamista varten. Projektinjohtourakoitsijan on osattava perusasiat koneohjauksesta sekä koulutettava henkilökuntaansa tarvittavissa määrin. Lisäksi koulutuspäiviä on syytä pitää aika ajoin, jotta opitut asiat säilyvät muistissa. Työnjohdolle olisi syytä hankkia työmaatabletti esimerkiksi Novatronilta, jonka avulla on mahdollista tarkastella työmaan toimintaa tabletilta käsin. Tabletilla työnjohdon on itsekin mahdollista ottaa tarkkeita työmaalla, mikä entisestään vähentää mittamiehen tarvetta.





KUVA 9. Siirrettävä tukiasema merikontissa ja antenni

Tulevaisuudessa koneohjausjärjestelmät integroituvat entistä kiinteämmin työkooneisiin, jolloin laitteiden tarkkuus paranee. Laitteiden tarkkuuden parantuessa koneidenkuljettajat pystyvät toimimaan entistä itsenäisemmin. Koneiden tuottama

datan määrä kasvaa tarkkuuden parantuessa, mikä taas helpottaa urakan jälkilaskentaa. Datan määrän lisääntyminen helpottaa seuraavan urakan laskentavaiheessa arvioimaan tarkemmin, esimerkiksi siihen tarvittavien koneiden määrää, niiden tehokkuutta ja sitä kautta massatasapainon löytämistä. Tulevaisuudessa on myös mahdollista VDC:n avulla tarkastella kaupunkialueella rakennettaessa tai saneeratessa putkien törmäyskohtia sovitettaessa uutta ja vanhaa päällekkäin. Koneohjauksen avulla tuotettu tarkempi dokumentointi auttaa myös tilaajia hankkeen loputtua sen digitaalisessa ylläpidossa ja sitä kautta edesauttaa hankkeen elinkaariajattelun toteutumista.

## LÄHTEET

3D-KOPPI Oy. n.d. 3D-koneohjaus. Luettu 14.4.2020  
<https://www.3dkoppi.fi/3d-koneohjaus/>

Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä. 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019. Luettu 2.4.2020  
[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV\\_p%C3%A4ivitystiedosto\\_FINAL-hyv%C3%A4ksytyversio\\_20190502.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_FINAL-hyv%C3%A4ksytyversio_20190502.pdf)

Laulainen, V-V. 2015. Tietomallikoordinaattorin tehtävät 3D-ohjatulla infratyömaalla. Luettu 25.4  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88143/tietomal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Liikennevirasto. 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Luettu 3.4.2020  
[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)

Maanmittauslaitos. n.d. Korkeusmallit. Luettu 14.4.2020  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>

Myrvold, M. Laskentakoordinaattori. 2017a. Sähköposti 20.6.2017

Myrvold, M. Laskentakoordinaattori. 2017b. Haastattelu 27.6.2017

NCC. 2011. Virtuellt teknik förenklar bygget av Riksväg 50. Luettu 14.4.2020  
<https://news.cision.com/se/ncc/r/virtuellt-teknik-forenklar-bygget-av-riksvag-50,c9141678>

Novatron. 2019. Mallipohjaisen rakennustyömaan mittausohje. Luettu 26.4.2020  
<https://novatron.fi/wp-content/uploads/2019/06/Mallipohjaisen-rakennusty%C3%B6maan-mittausohje-v1.1.pdf>

Puumalainen, M. Mittauspäällikkö. 2017a. Sähköposti 17.5.2017

Puumalainen, M. Mittauspäällikkö. 2017b. Haastattelu 26.6.2017

Skanska. n.d. BIM – Building Quality. Luettu 12.4.2020  
[https://group.skanska.com/494aba/siteassets/about-us/building-information-modeling/benefits-of-bim/skanska\\_bim\\_building\\_quality.pdf](https://group.skanska.com/494aba/siteassets/about-us/building-information-modeling/benefits-of-bim/skanska_bim_building_quality.pdf)

TEPA-termipankki. n.d. Luettu 14.4.2020  
<http://www.tsk.fi/tepa/fi/haku/tilaaja>

Trafikverket. 2014. Öppen BIM-standard. Luettu 2.4.2020  
[https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10366/RelatedFiles/2014\\_090\\_oppen\\_bim\\_standard.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10366/RelatedFiles/2014_090_oppen_bim_standard.pdf)

Trafikverket. 2017. Trafikverket's purchasing volume, investment and maintenance Roads, 2015-2017. Luettu 28.3.2020

[https://www.trafikverket.se/contentassets/1daace3d26744bfbad331a4c3bd34d86/purchasing\\_volume\\_road\\_2015\\_17.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/1daace3d26744bfbad331a4c3bd34d86/purchasing_volume_road_2015_17.pdf)

Trollsås, B. Mittauspällikkö. 2017a. Sähköposti 20.6.2017

Trollsås, B. Mittauspällikkö. 2017b. Haastattelu 27.6.2017

Statens vegvesen. n.d. Håndbok V770 Modellgrunnlag. Luettu 2.4.2020

<https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/Modellbaserte+vegprosjekter/handbok-v770-modellgrunnlag>