

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK) Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2025

Aarre Eerola

Tietomallin seurannan työohje infra-alan yrityksessä



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2025 | 60 sivua

Aarre Eerola

Tietomallin seurannan työohje infra-alan yrityksessä

Opinnäytetyö käsittelee Inframallituksen lopputuotteen eli tarkkeiden virheitä ja syitä mallipohjaisessa rakentamisessa. Tarkkeiden tuottamisen lähtökohtana ovat tarkkeiden tuottamiselle: InfraRyl-in, InfraBIMin, ja yleisten inframallivaatimusten YIV:n ohjeistukset, tilaajan sekä yrityksen omat vaatimukset tarkemittaukselle. Tarkkeiden mittaus ja käsittely vaati 3D-koneohjauksen, ja muiden GNSS-mittalaitteiden ja Infrakitin käytön saumatonta yhteistyötä.

Työssä tutkittiin yleisimpiä yhteydenottoja koneenkuljettajilta 3D-koneohjauksen käytön yhteydessä. Sekä muita havaittuja virheitä tai puutteita tarkkeiden otossa ja tarkkeiden käsittelyssä. Virheistä ja yhteydenotoista koottiin muistia virkistävä ohjeistus tarkkeiden ottoon ja tarkkeiden seurantaan. Ohjeistus tallennetaan kaikkien työntekijöiden saataville yrityksessä.

Oikeaoppinen tarkkeiden otto vähentää työnjohdon, mittaushenkilöiden ja työmaan mallikoordinaattorin työn kuormittavuutta. Työn etenemän seuranta helpottuu, kun tarkkeet ovat oikein ja ajan tasalla. Oikein tehdyt mittaukset vähentävät päästöjä sekä kustannuksia, kun työ saadaan kerralla tehtyä oikein. Mittalaitteiden oikeaoppinen käyttö lisää myös työturvallisuutta, kun työkoneiden läheisyydessä ei tarvita jatkuvasti maanrakennustyöntekijää tai mittaushenkilöä.

Asiasanat:

toteumamalli, inframalli, koneohjaus ja YIV 2019

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Civil Engineer

2025 | 60 pages

Aarre Eerola

Work instructions for a BIM in an infrastructure company

The thesis deals with the errors and causes of the final product of Inframodeling, the targets in model-based construction. The starting point for producing targets is: InfraRyl-, InfraBIM, YIV instructions, the client's and the company's own requirements for target measurement. Measuring and processing targets required seamless cooperation between 3D machine control, other GNSS measuring devices and Infrakit.

The work examined the most common contacts from excavating machine operators in connection with the use of 3D machine control. As well as other observed errors or shortcomings in taking targets and processing targets. From the errors and contacts, a memory-refreshing instruction for taking targets and monitoring targets was compiled. The instruction is stored and made available to all employees in the company.

Correctly taking targets reduces the workload of the supervisor, measurement personnel and the site model coordinator. Monitoring the progress of the work is easier when the targets are correct and up-to-date. Proper measurements reduce emissions and costs when the job is done correctly the first time. Proper use of measuring equipment also increases occupational safety, as there is no need for a construction worker or measuring person to constantly be near the machinery.

Keywords: Actual model, machine control, Inframodel and IYV 2019

Sisältö

Sisällys

1 Johdanto	12
2 Mallipohjainen infrarakentaminen	13
2.1 InfraBIM-nimikkeistö	16
2.2 YIV-ohje	17
2.3 Työkoneautomaatiojärjestelmä ja GNSS-mittalaitteet	20
2.3.1 3D-koneautomaatiojärjestelmä	23
2.3.2 XsitePAD	27
2.4 Infrakit	30
3 Tietomalliseurannan virheet	32
3.1 Koneohjauksen haasteena kohteen suunnitelmien löytyminen näytöltä.	32
3.2 Koneohjaus näyttää väärin.	35
3.3 Xsite Pad GNNS-tikulla tehdyt mittausvirheet	41
3.4 Työnjohdon tai mallikoordinaattorin havaitsemat virheet toteumamittauksissa	42
4 Tietomalliseurannan työohje	46
4.1 Toteumatietojen haku	48
4.2 Viivaintyökalu	51
4.3 Poikkileikkaustyökalu	52
4.4 Tallennetut näkymät	53
4.5 Valokuvat	55
5 Päätelmä	57
Lähdeluettelo	59

Kuvat

Kuva 1. InfraBIM rakennepinnat.	16
Kuva 2. Työkoneella tehtävät toteumamittaukset.	19
Kuva 3. Tukiasemakartta.	21
Kuva 4. VRS eli virtuaalitukiasema.	22
Kuva 5. RTK-GNSS-mittalaite.	22
Kuva 6. Käyttöliittymän näkymän vasen puoli näytöstä.	24
Kuva 7. Käyttöliittymän näkymän oikea puoli näytöstä.	25
Kuva 8. Tieto tallennuksen sisältämästä tiedosta.	26
Kuva 9. Pilviyhteys.	26
Kuva 10. XsitePAD käyttöliittymän näkymän vasen puolisko.	27
Kuva 11. XsitePAD käyttöliittymän näkymän oikea puolisko.	28
Kuva 12. Tiedon välittyminen pilvipalvelun ja laitteiden välillä.	29
Kuva 13. Infrakit:n yhdistelmämalli.	30
Kuva 14. Poikkileikkaus tietomalli rakenteesta.	31
Kuva 15. Listausta työmaista, joille käyttäjällä on oikeudet.	32
Kuva 16. Kohteen malliluettelo.	33
Kuva 17. Koordinaatiston ja korkeusjärjestelmän vaihto.	34
Kuva 18. Tarkastuspisteen koordinaatit.	35
Kuva 19. Kauhan mittojen syöttö.	36
Kuva 20. Kauhan keskipiste on tarkistuspisteellä, puomi sekä kauhan ovat samassa linjassa.	37
Kuva 21. Kauhan asennot kalibroitaessa.	37
Kuva 22. Novatron valikko, näkymä RTK-FIX keltaisella.	38
Kuva 23. Novatronin piirtoalueen liikusäädin alimpana.	39
Kuva 24. Esimerkki oikein mitatusta tarkkeesta.	40
Kuva 25. Mittalaite on vinossa.	41
Kuva 26. Tarkkeen väärä sijainti.	42
Kuva 27. Väärä mittauspiste.	43
Kuva 28. Tarke on väärin koodattu.	44
Kuva 29. Infrakitin poikkileikkaus näkymä.	45

Kuva 30. Kalustolistaus.	46
Kuva 31. Näkymä otetuista tarkkeista.	47
Kuva 32. Listaus kaikista tarkkeista.	48
Kuva 33. Listaus suodatetuista tarkkeista.	49
Kuva 34. Suodatettujen pisteiden näkymä.	49
Kuva 35. Tarkkeen tiedot ja tila.	50
Kuva 36. Näkymä kun viivaintyökalu on käytössä.	51
Kuva 37. Valittu vapaa poikkileikkausnäkymä.	52
Kuva 38. Näkymä valitusta poikkileikkauksesta.	52
Kuva 39. Listaus tallennetuista näkymistä. Vasemmalla on viisi erilaista näkymää.	53
Kuva 40. Tallennettu näkymä liittymäalueen etenemästä.	53
Kuva 41. Luotu näkymä.	54
Kuva 42. Luodun näkymän tuloste.	54
Kuva 43. Kuvien sijainti kartalla.	55
Kuva 44. Valokuvan tiedot -näkymä.	56

Kuviot

Kuvio 1. Mallipohjaisen rakentamisen tiedonhallinta.	14
Kuvio 2. Projektin toteutuksen mallinnuksen päätehtävät.	15
Kuvio 3. Toteumamittausten paikat rakennusosista.	45

Taulukot

Taulukko 1. Vaadittava mittaustarkkuus.	17
---	----

Käytetty sanasto

Industry Foundation Classes (IFC)

Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC määrittelee tietokonesovellusten tiedonsiirron yhteensopivuuden perustan. Käytetään myös siltojen ja taitorakenteiden tiedonsiirrossa.

Inframalli

Inframalli on infrarakenteen tuotemalli. Yhteisesti sovitun inframallin tietomäärittelyn tietyn infrarakenteen ilmentymä. Esim. tietyn tiehankkeen tiedot tallennettuina Inframodel:n mukaisen LandXML-siirtotiedostoon. Huomautus: viime aikoina on ryhdytty rakennusallalla yleisesti käyttämään termiä tietomalli tuotemallin synonyyminä. Infrahankkeessa on päätetty käyttää termiä inframalli infrarakenteen tuotemallista.

Inframodel (IM)

Avoin LandXML-pohjainen tietomäärittely mallipohjaisten infratietojen siirtoon. Inframodel-dokumentaatio kuvaa tietosisällön ja käytännöt, kuinka LandXML-standardia käytetään Suomessa. Inframodel sisältää vain osan LandXML:n tiedoista. Toisaalta LandXML-standardia on laajennettu sen sallimissa puitteissa mm. liittämällä siihen Infra-rakennusosanimikkeistö.

Koneohjauslaite

Työkoneeseen asennettava paikannus-, anturi- ja tietokonejärjestelmä, jonka avulla työkoneenkuljettaja pystyy suorittamaan erityyppisiä mittauksia työkoneella.

Koneohjausmalli

Työkoneiden ohjausjärjestelmissä hyödynnettävä malli, jonka laatii pääsääntöisesti urakoitsija suunnitelma- tai toteutusmalleista. Koneohjausmalli koostuu tyypillisesti piste-, viiva- ja pintamalli aineistoista tai näiden yhdistelmistä.

LandXML

Yleisesti käytetty kansainvälinen maanrakentamisen XML-pohjainen määrittely infra- ja maanmittaustiedolle.

RTK GNSS-mittalaite = GPS-tikku

RTK GNSS-mittalaite on mittahenkilöiden ja työnjohtajien käyttöön suunnattu mittalaite, jonka avulla voidaan suorittaa mittauksia sekä tarkastella koneohjausmalleja ja työmaan taustakarttoja.

Tietomalliselostus

Tietomalliselostus selostaa, miten mallinnus on toteutettu koko hankkeen ajalta. Tärkeää on selostaa erityisesti poikkeamat sekä erityispiirteet, joita ei itse 3D-mallista pystytä havainnoimaan.

Toteumamalli

Toteumamalli on infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteuman.

Toteumamittaus=Tarke

Toteumamittauksella tarkoitetaan työkoneella tehtävän toteutuneen rakenteen, järjestelmän tai taitorakenteen laadunmittausta, jolla osoitetaan tuotteen tai osan kelpoisuus suhteessa suunnitelmiin. Toteumamittauksia koordinoi tuotannon tietomallikoordinaattori ja niitä suorittavat koneenkuljettajat työkoneautomaatiojärjestelmillä varustetuilla maansiirtokoneilla tai työmaan mittaushenkilöstö mittauskalustollaan.

Toteutusmalli

Toteutusmalli on infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa toteutuksen näkökulman, eli rakentamisen tehtävät, resurssit, ajoituksen, jne. Toteutusmalli voi tarkoittaa myös suunnitelmamallista jalostettuja työkoneiden koneohjauksmalleja tai mittauksia varten laadittuja paikalleen mittausmalleja.

RTK

Real Time Kinematic on reaaliaikainen korjausmenetelmä. Verkko on korjaussignaali mittaussovelluksiin, joilla tarkennetaan sijaintietoja.

VRS

Virtuaalitukiasema on paikannuslaitteiston tarkkuutta parantava järjestelmä, joka laskee tunnetun pisteen maastoon, vaikka pistettä ei fyysisesti ole olemassa.

YIV 2019

Yleiset inframallivaatimukset toimivat yleisinä ohjeina ja vaatimuksina yhdessä InfraBIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyjen kanssa.

1 Johdanto

Tarkemittaukset ovat toteutuneen rakenteen tai järjestelmän laadunmittausta, jolla osoitetaan tuotteen tai osan kelpoisuus suhteessa suunnitelmiin. Niitä suorittavat koneenkuljettajat 3D-koneautomaatiojärjestelmillä varustetuilla maansiirtokoneilla tai työmaanmittaushenkilöstö mittauskalustollaan.

Infrakit-ohjelmiston oikeanlainen käyttö auttaa työnjohtoa havaitsemaan virheet tarkemitoissa ja niihin on helppo puuttua hyvissä ajoin. Tällöin vältetään myös kalliilta ja aikaa vieviltä jälkiselvittelyiltä ja korjauksilta. Infrakit-ohjelmisto helpottaa myös työmaakouksissa työn etenemän esittelyä.

Usein maksuerien hyväksymisehtona on tarkemittausten luovutus kyseistä osakokonaisuudesta. Infrakitin avulla tämä voidaan tehdä helposti ilman mittahenkilön apua.

Tässä lopputyössä tutkitaan tietomallin seuranta, jolla todetaan tarkemittausaineiston olevan laadittu ajantasaisesti ja oikeanlaisesti. Sekä kaivinkoneiden 3D-koneohjauksella ja RTK GNSS -mittauslaitteella (GPS-tikuilla) tehtävien mittausten virheitä sekä oikeita tapoja tehdä tarkemittauksia InfraRYLin ohjeen, tilaajan ohjeen sekä yrityksen oman ohjeen mukaisesti. Tämän lisäksi työssä käsitellään tarkkeiden ja työn etenemän seuranta Infrakit-ohjelmistolla. Periaatteet ovat samat kuin muidenkin valmistajien laitteissa. Näytöt ja painikkeet tms. eroavat eri laitetoimittajien laitteissa.

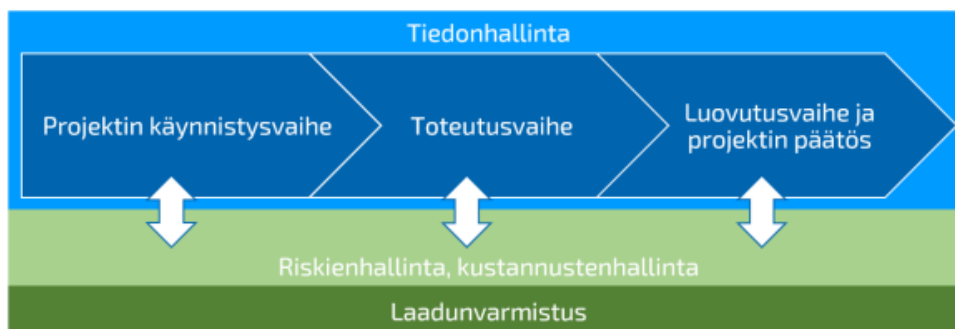
Opinnäytetyön aihe valikoitui työnantajan ehdotuksesta. Opinnäytetyön tilaajana ja toimeksiantaja on Tieluiska Oy. Tämän opinnäytetyön pohjalta tullaan tekemään saman sisältöinen PowerPoint-ohje, joka tallennetaan yrityksen pilveen. Ohjeen laadinta ei kuulu tämän opinnäytetyön sisältöön. Ohjetta voidaan käyttää myös koulutukseen ja perehdytykseen. Ohjetta jaetaan myös yrityksen viestintäsovelluksessa (Piiri), jota jokainen työntekijä voi katsoa omalla älypuhelimellaan. Ohje perustuu Novatron Xsite -pohjaisiin koneohjausjärjestelmiin ja GPS-tikkuihin.

2 Mallipohjainen infrarakentaminen

Osa kansallista ohjeistusta ovat Väyläviraston inframallinnusvaatimukset. Ohjeistuksen perusteita ovat YIV 2019:n mukainen toiminta, mittaustavan huomiointi, oikeaoppinen aineistojen nimeäminen ja viittaaminen, sekä InfraBIM-nimikkeistön käyttö. Tällä varmistetaan aineiston yhteensopivuus ja toimiminen muiden hankkeiden kanssa, sekä tiedon siirtyminen koko elinkaaren ajan. Alan ohjeina käytetään seuraavia: Yleiset inframallivaatimukset YIY 2019, InfraBIM-nimekkeistö, Inframodel-tiedonsiirtoformaatti. (Väylävirasto, 2022, 16)

Mallipohjainen rakentaminen suoritetaan tilaajan suunnitelmien ja vaatimusten mukaisesti. Aloitusvaiheessa sovitaan toimintatavat kohteelle sekä tarkastetaan suunnittelun tuottamat suunnitelma-aineistot. Toteutusvaiheessa seuraan toimintatapojen noudattamista ja päivitetään tarvittaessa suunnitelmia. Hankkeen luovutusvaiheessa tarkistetaan hankkeelle annettujen tavoitteiden toteutuminen ja tarkistetaan luovutusaineisto. Tällä varmistetaan kaikkien osa-alueiden toimintatapojen toteutuminen sekä luovutusaineiston toteutunut laatutaso.

Rakentamishankkeen prosessien vaiheet ja niiden tehtävät ovat kuvattuina kuviossa 1.



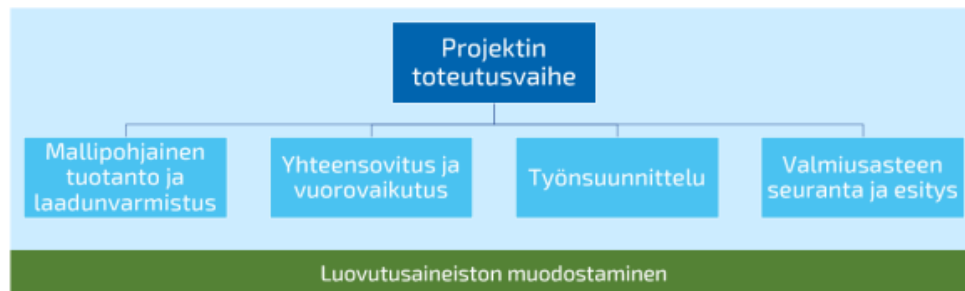
Kuvio 1. Mallipohjaisen rakentamisen tiedonhallinta (Väylävirasto, 2022, 41).

Toteutusaineistoon sisältyvät kaikki toteutusta varten laaditut koneohjausaineistot, paikalleen mittaussaineistot sekä kaikki työtekniset mallinnukset. Vastaanottotarkastuksessa päätoteuttajan toimesta rakentamissuunnitelmat siirtyvät toteutusmalleiksi. Mallin pitää vastata rakentamissuunnitelmamallia ja lisäksi malliin voidaan lisätä myös tuote-, aikataulu- ja kustannustietoja. (Väylävirasto, 2022, 41)

Rakentamisen valmistuttua, tilaajalle luovutetaan toteumamalli. Malli kuvaa Infrarakenteen tai -järjestelmän niin, kuin se on toteutettu huomioiden kohdekohtaiset laatuvaatimukset.

Toteumamalli on päivitetty tai täydennetty rakentamismalli, johon on lisätty tarke- ja toteumamittauksen perusteella tai poikkeamamallin avulla sisältöä, esimerkiksi sijainti ja tuotetietoja. Toteutusmalli voi toimia myös toteumamallina, jos toteutus on toleranssien puitteissa. (Väylävirasto, 2022, 42)

Projektin luovutusaineiston muodostamisen vaiheet ovat kuvattuina kuviossa 2.



Kuvio 2. Projektin toteutuksen mallinnuksen päätehtävät (Väylävirasto, 2022, 43).

Luovutusaineisto muodostuu samalla, kun tarke- ja toteumamittauksia tehdään. Samalla voidaan seurata valmiusastetta. (Väylävirasto, 2022, 46)

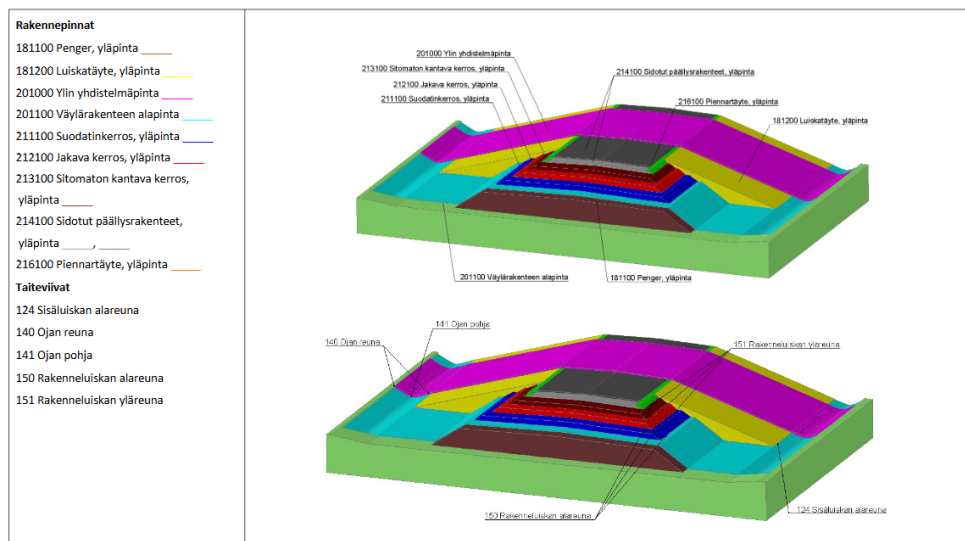
Toteumamallit pitää laatia Väyläviraston ohjeen 32/2022 liitteen 2 mukaisesti sekä YIV-ohjeen luvun 4.4.4 Toteumamalli mukaisesti. (Väylävirasto, 2022, 49) Lisäksi yrityksellä tai tilaajalla voi olla muitakin vaatimuksia toteumamalleille.

2.1 InfraBIM-nimikkeistö

Väylärakenne esitetään rakennepintoina kuvassa 1. Jokaisessa mallinnusvaiheissa käytetään samaa nimeämis- ja numeroimiskäytäntöä. Rakennepintojen määrittely tapahtuu rakenneosien avulla. Infrakohteiden rakennusosat on esitetty Infra 2014 -rakennusosanimikkeistössä. Nimeämisessä ja numeroinnissa käytetään voimassa olevaa nimikkeistöä. Rakennusosat nimetään pääasiallisesti nelinumeroisina. Yläpinta mallinnetaan rakennekerroksista ja penkereistä, alapinta mallinnetaan leikkauksista ja kaivannoista. Taitepisteet numeroidaan ohjeen mukaisesti. Usein käytetään yhdistelmäpintoja, kuten ylin tai alin yhdistelmäpinta, jotka koostuvat useista rakennusosista. (BuildingSMART Finland, 2015, 5)



4.3 Yksiajorataisen tien rakennepinnat ja taiteviivat, 3D (2/3)



Kuva 1. Yksiajorataisen tie InfraBIM-rakennepinnat (BuildingSMART Finland, 2018, 9).

2.2 YIV-ohje

Mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmän käyttöönoton lähtökohtana on, että laadinta on tehty YIV-ohjeen suunnitteluohjeessa kuvatulla tavalla.

Taulukossa 1 on esitetty maarakenteiden mittavaatimukset sekä koneohjaukselle vaaditut tarkkuudet. Vaatimus ei poista InfraRyl-laatuvaatimuksia lopputuotteen osalta. Näihin voidaan sopia muutoksia tai tarkennuksia projektikohtaisesti. (BuildingSMART Finland, 2021, 116)

Rakenneosa	Suurin sallittu yks. sijainnin poikkeama (InfraRYL)	Suurin sallittu yks. korkeuden poikkeama (InfraRYL)	Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava mittaustarkkuus toteutamittauksia varten XY;Z
	mm	mm	mm
Maaleikkaus (201100), maa- tai louhepenger (18100), tie ja rata	-0 / +200	-0 / -100	+ - 100; +-30
Suodatinkerros, tie / rata (211100)	-0 / +150	+ - 40	+ - 100; +-30
Jakavakerros, tie (212100)	-0 / +150	+ - 30	+ - 100; +-30
Kantavakerros, tie (213100)	-0 / +150	+ - 20	+ - 50; +-20
Eristyskerros, yläpinta, rata (212200)	-0 / +100	+0 / -50	+ - 50; +-20
Välikerros yläpinta, rata (212300)	-0 / +50	+0 / -20	+ - 50; +-20

Taulukko 1. Vaadittava mittaustarkkuus (BuildingSMART Finland, 2015, 4).

Työkoneautomaation laitteiston tarkkuuden seuranta ja dokumentointi.

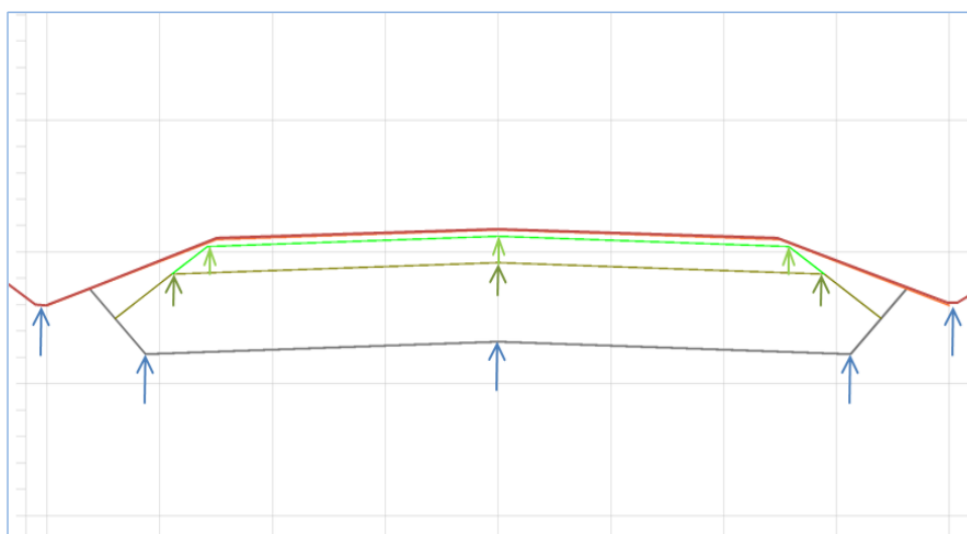
Työkoneohjausjärjestelmän tarkkuus tarkastetaan aina kun työkone saapuu työkohteeseen. Jatkossa tarkastus tehdään viikon välein. Tarkastuksessa käytetään tunnettua pistettä, täkymetriä tai GNSS-mittalaitetta. Mittaus suoritetaan työmaan suunnitelma koordinaatistossa. Mittaus on dokumentoitava (Z, Y ja X, käytetty kone ja varuste).

Työkoneohjausjärjestelmän paikkatietoa verrataan mittapisteen koordinaattien arvoihin. Jos taulukossa 1 olevat tarkkuusvaatimukset ylittyvät, pitää koneohjausjärjestelmä kalibroida uudelleen. Tarkastus tehdään tuotannon tietomallikoordinaattorin toimesta yhteistyössä koneenkuljettajan kanssa. Työnjohdon pitää olla tietoinen tarkistuksen tuloksesta tai seurata tarkastusta, sekä varmistaa tarkastus tehdyksi ennen töiden aloitusta. (BuildingSMART Finland, 2021, 122)

Toteumamittausten suoritus työkoneautomaatiojärjestelmällä:

- Toteumamittauksilla varmistetaan rakenteiden laatuvaatimusten mukainen toteutuminen ja tuotetaan tietoa työn etenemisestä.
- Toteumamittaukset tehdään kuvassa 2 esitetyistä rakenneosista, paikannustarkkuus on todettu olevan riittävä verrattuna taulukossa 1. esitettyihin tarkkuusvaatimuksiin rakenneosakohtaisesti.
- Työkoneen kuljettajat perehdytetään neuvomalla työn edetessä. Tarvittaessa tehdään ohje tai kuva koneeseen kuljettajalle toteumamittauskohtien löytämiseksi. Työnjohto ja työkoneautomaation vastuuhenkilöt valvovat tekemistä.
- Toteumamittauksia voidaan tehdä koneautomaatiolla seuraavista paikoista: tien leikkausrakenteista, maapenkereistä, kerrosrakenteista, rakenteeseen tulevista kaivojen, putkistojen asennusalustoista ja täytöistä.
- Mittaukset tehdään kuvassa 2 nuolen mukaisista paikoista vähintään 20 m välein kaikista taitepisteistä. Aluerakentamisessa tarkemittaus

tehdään rakennusosittain 10 m:n ruutuihin. Ennen mittauksia on varmistettava kauhan kalibrointi. GNSS-paikannus hyödyntää tarkkaa paikannusta (vastaanottaa RTK-korjausviestiä ja on RTK-FIX tilassa). Toteumamittauksen rakenteen malli on aktiivinen ja/tai rakenneosan koodi on valittu oikein. Mitattu kohta tallennetaan koneautomaatiojärjestelmään. (BuildingSMART Finland, 2021, 122-123)



Kuva 2. Työkoneella tehtävät toteumamittaukset (BuildingSMART Finland, 2021, 123).

Dokumentointi

Urakoitsijan tulee dokumentoida ja säilöä seuraavat mallipohjaisen laadunvalvonnan raportit ja aineistot: toteutusmallien tarkastusraportit, tuotannossa käytetyt toteutusmallit, työkoneautomaatiojärjestelmien ja GNSS-tukiasemien tarkastusraportit sekä työkoneautomaatiolla tehdyt toteumamittapisteet. (BuildingSMART Finland, 2021, 129)

Toteumamallien tarkastaminen

Kohteen toteutusmallista tehdään rakentamisen jälkeen toteumamalli.

Toteumamallin tekeminen on tärkeää, koska se vastaa tarkimmin toteutunutta rakennetta tai järjestelmää. Toteuman pitää olla laatuvaatimusten mukainen.

Poikkeamat, jotka eivät ole vaaditussa tarkkuudessa, pitää dokumentoida toteumamalliselostukseen. Poikkeamien syyt dokumentoidaan ja tehdään poikkeamaraportti. (BuildingSMART Finland, 2021, 133)

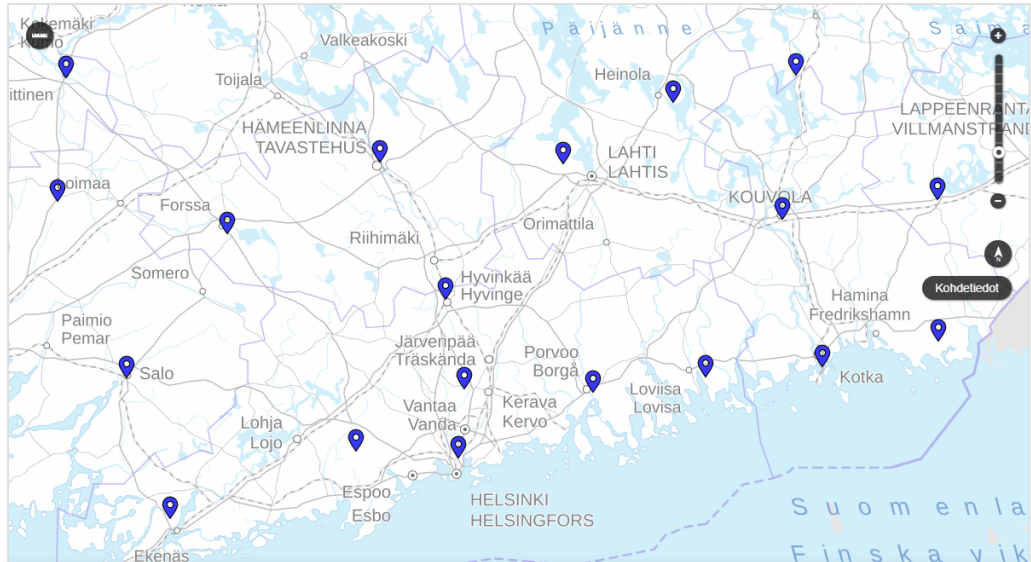
2.3 Työkoneautomaatiojärjestelmä ja GNSS-mittalaitteet

RTK-paikannuspalvelu

RTK GNSS-paikannusta hyödynnetään koneohjauksessa. 3D-koneohjaus vaatii toimiakseen reaaliaikaista, jatkuvaa ja tarkkaa sijaintietoa. GNSS-paikannuksen tarkkuus ilman RTK-korjaussignaalia vaihtelee metreistä useisiin metreihin. VRS-palvelulla luodaan työkoneen tai mittalaitteen viereen virtuaalinen tukiasema. Tukiaseman korjaussignaali tulee internetyhteyden välityksellä koneohjausjärjestelmään tai muuhun mittalaitteeseen. Tällöin päästään senttiluokan tarkkuuteen. (Geotrim, 2025)

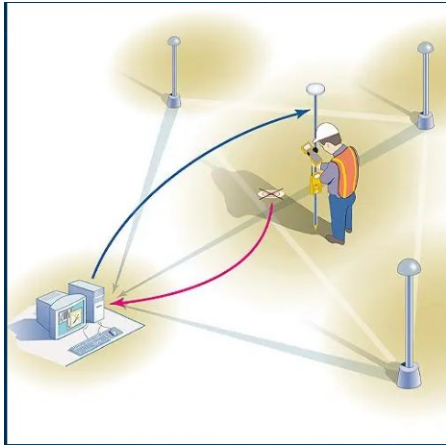
Kuvassa 3 on Kareran korjaussignaalia lähettävien tukiasemien kartta Etelä-Suomessa. Tukiasemat toimivat kaikkien globaalien satelliittipaikannusjärjestelmien kanssa. (Karera, 2025)

Tukiasemakartta



Kuva 3. Tukiasemakartta (Karera, 2025).

Tukiasemat mahdollistavat myös virtuaalitukiaseman VRS:n käytön. Toimintapa on esitetty kuvassa 4. Järjestelmä laskee kaikille käyttäjille virtuaalitukiaseman mittaajan viereen. Virtuaalitukiasema on tunnettu, tarkka piste. On tärkeää, että virtuaalitukiasema etäisyys pysyy pienenä. Tällöin ei tarvita omaa tukiasemaa. (Maankäyttö , 2000)



Kuva 4. VRS eli virtuaalitukiasema (Geotrim, 2025).

RTK GNSS-mittalaite eli GPS-tikku kuva 5. GNSS-mittalaitteen osat ovat: tikku, satelliittivastaanotin ja maastotietokone.



Kuva 5. RTK-GNSS-mittalaite (Novatron, 2024).

2.3.1 3D-koneautomaatiojärjestelmä

Koneautomaatiolaitteiston pääosat on esitetty kuvassa 6. Laser-vastaanotin (valinnainen), kauhan kallistusanturi ja pyöritysanturi (valinnainen), kauhan anturi, pääpuomin anturi, kaivuvarren anturi, runko anturi, näyttö hytissä, antennimastot, paikannusantennit, satelliittivastaanotin ja tietokone. (Novatron, 2021, 3) Laitteistot tukevat myös Galileo, Glonass, GPS ja BeiDou satelliittipaikannusta.



Kuva 6. Koneohjaus laitteiston osat (Novatron, 2021, 3).

Kuljettajan näytön käyttöliittymän kuvat 6 ja 7 (Novatron, 2021, 6,7). Näytön toiminta perustuu kosketusnäyttöteknologiaan.

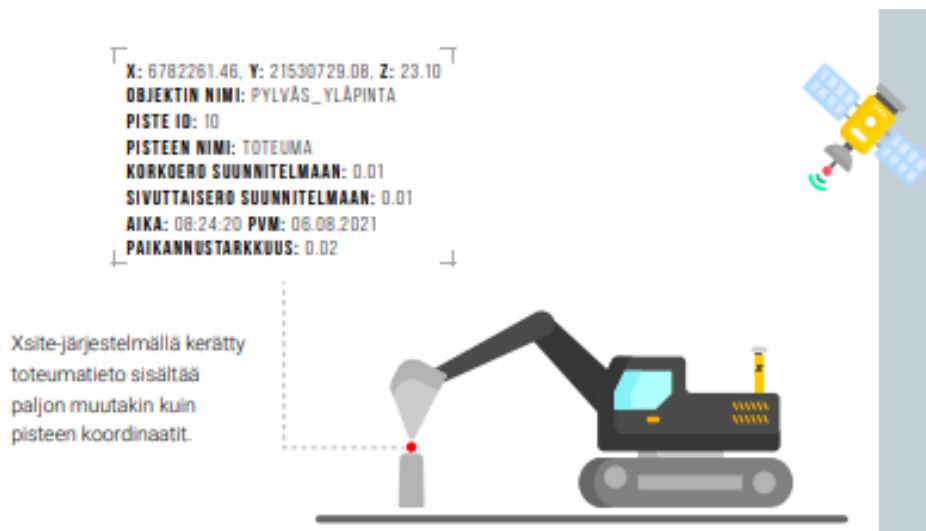


Kuva 6. Käyttöliittymän näkymän vasen puoli näytöstä (Novatron, 2021, 6).



Kuva 7. Käyttöliittymän näkymän oikea puoli näytöstä (Novatron, 2021, 7).

Valmiin työn dokumentoinnin tallennus on yksi koneautomaation hyödyistä. Novatron Xsiteella tallennettu toteumatieto linkittyy aina valittuun rakenteeseen ID-tiedon avulla, suomalaisen YIV-vaatimusten mukaisesti. Tällöin tiedetään, mikä toteumapiste oikeasti on (kuva 8). (sijainti, malli, tarkkeenoton ajankohta yms). (Novatron, 2021, 13)



Kuva 8. Tieto tallennuksen sisältämästä tiedosta (Novatron, 2021, 13).

Yhteys pilvipalveluun varmistaa, että viimeisin suunnitelma on aina saatavilla. Kuva 9. Automaattinen synkronointi varmistaa, että tarketiedot siirtyvät pilveen laadunvarmistusta varten. Lisäksi on mahdollista toteuttaa tiedonjako koneiden välillä saman projektin alla (Novatron, 2021, 14).



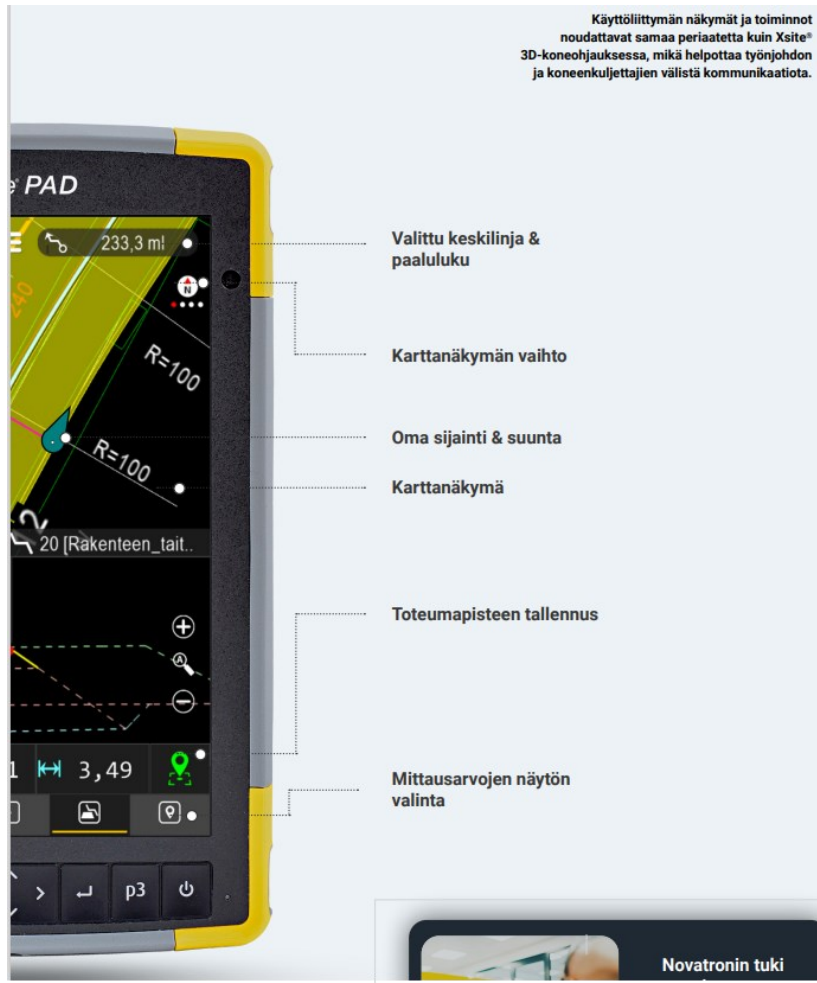
Kuva 9. Pilviyhteys (Novatron, 2021, 14).

2.3.2 XsitePAD

XsitePAD on RTK GNSS-pohjainen mittauslaite työjohdolle. Näkymä ja ominaisuudet ovat samanlaiset kuin koneohjauksen käyttöliittymässä. Käyttöliittymän kuvat 10 ja 11. Toimintoja on mukautettu työjohdon ja mittahenkilöiden käyttöön soveltuvaksi. Tämä helpottaa kommunikointia työjohdon ja koneenkuljettajien välillä. Lisäksi laitteessa on mallityökalu, jolla voidaan luoda yksinkertaisia 3D-malleja (Novatron, 2022, 3-5).

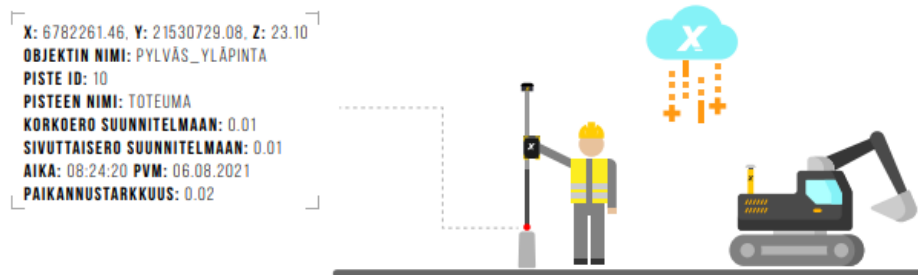


Kuva 10. XsitePAD-käyttöliittymän näkymän vasen puolisko (Novatron, 2022, 4).



Kuva 11. XsitePAD käyttöliittymän näkymän oikea puolisko (Novatron, 2022, 5).

Novatron XsitePAD:llä tallennettu toteumatieto linkittyy aina valittuun rakenteeseen ID-tiedon avulla, suomalaisen YIV-vaatimusten mukaisesti. Tällöin tiedetään, mikä toteumapiste oikeasti on (kuva 12). (Novatron, 2022, 3). Lisäksi tieto linkittyy kaikille työmaalla oleville mittalaitteille pilvipalvelun kautta.



Kuva 12. Tiedon välittyminen pilvipalvelun ja laitteiden välillä (Novatron, 2022, 3).

2.4 Infrakit

Infrakit on infrateollisuutta varten rakennettu pilviratkaisu, jolla seurataan ja hallitaan reaaliaikaisesti työn edistymistä. Näkymiä ja piirustuksia voidaan kommentoida reaaliajassa sidosryhmien kanssa.

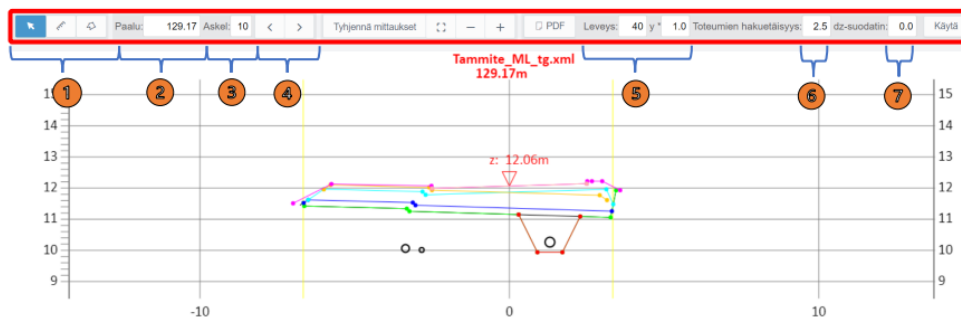
Suunnittelutietojen tarkastelu onnistuu erilaisissa kartta- ja 3D-sovelluksissa useissa eri tiedostomuodoissa. Kuvassa 13 on esitetty yhdistelmämalli.

(Infrakit)



Kuva 13. Infrakit:n yhdistelmämalli (infrakit, 2023, 53).

Infrakit:iin on mahdollista lisätä drone aineistoja kuvina tai pistepilviaineistoina projektiin. Interaktiivisia työkaluja: erilaisia mittaus- poikkileikkaustyökaluja voi käyttää suoraan mallista tai kartasta (kuva 14).



Kuva 14. Poikkileikkaus tietomalli rakenteesta (infrakit, 2023, 33).

Valokuvat ja dokumentit on mahdollista linkittää oikeisiin paikkoihin projektikartalle. Mobiililaitteella otetut valokuvat kohdistuvat GPS-pohjaisesti oikeisiin paikkoihin ja oikeaan malliin.

Toteumatieto on hallittavissa kaikista tietolähteistä yhdellä alustalla. Yhden tai useamman toteumapisteen editointi onnistuu kerralla ja niitä voidaan luoda myös PDF-dokumenteista.

Ohjelmiston avulla voidaan tarkastella mitkä laitteet ovat online tai offline tilassa, mitkä ovat synkronoitu työmaan kanssa, sekä mitä 3D-mallikoneet ovat saaneet aikaiseksi.

Älypuhelinsovelluksella on mahdollista käyttää CAD piirustuksia ja toteumamalleja suoraan työmaalla. Dokumentit voivat olla esimääriteltäjiä malleja rakenteista. (Infrakit)

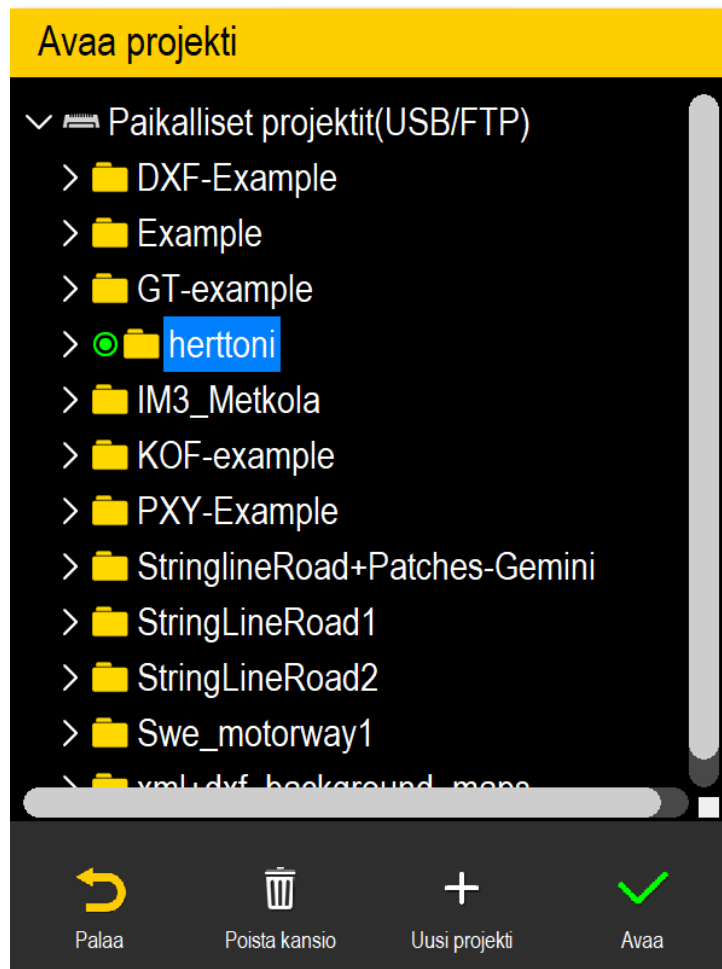
Kuljetuskaluston reaaliaikainen seuranta kartalla on myös mahdollista, sekä tieto siitä, mihin kuormat ovat päätyneet. (Infrakit)

3 Tietomalliseurannan virheet

Suurimmat haasteet koneohjauksen kanssa toimimiselle on monenlaiset virheet. Virheet koostuvat pääasiassa laitteistovioista, laitteiston kalibroinnista sekä virheistä laitteiston käytössä. Näiden lisäksi kyseessä voi olla virhe koneohjausmallissa.

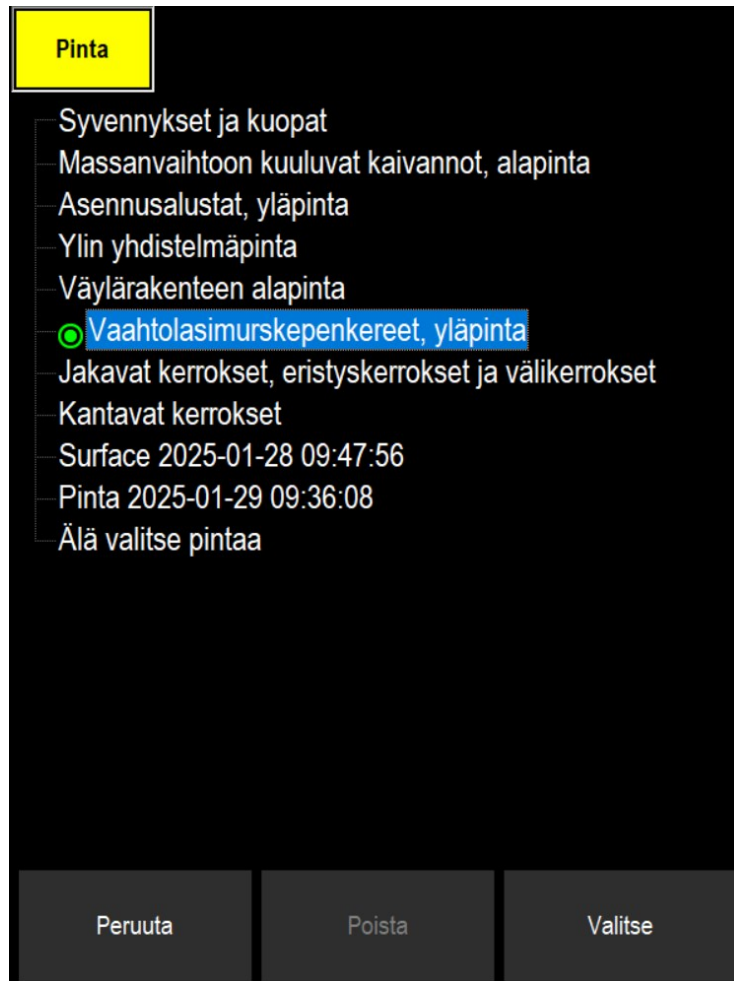
3.1 Koneohjauksen haasteena kohteen suunnitelmien löytyminen näytöltä.

- Väärä työmaa on valittuna. Avaa päävalikosta projektikansio, valitse oikea työmaa ja paina avaa (kuva 15).



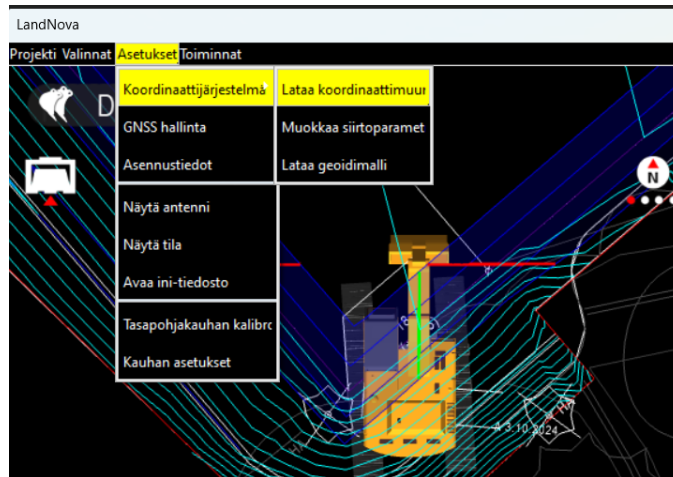
Kuva 15. Listaus työmaista, joille käyttäjällä on oikeudet (Novatron, 2025).

- Näytöllä ei näy mitään, väärä malli on valittuna tai kone on liian kaukana kohteesta. On valittava oikea malli (kuva 16). Välttämättä tässä sijainnissa ei ole muuta mallia, jolloin on myös mahdollista, että kone on mallin ulkopuolella. Tällöin on konetta siirrettävä, jotta malli löytyy.



Kuva 16. Kohteen malliluettelo (Novatron, 2025).

- Väärä koordinaatisto tai korkeusjärjestelmä on valittuna. Avataan valikosta asetukset, lataa koordinaattimuunnos valinnan alta, tulee listaus koordinaatistoista ja lataa geoidimalli. Valinnan alta löytyy listaus korkeusjärjestelmistä (kuva 17). Oikeat tiedot voidaan tarkistaa paperisen piirustuksen nimiöstä tai mittaushenkilöltä.

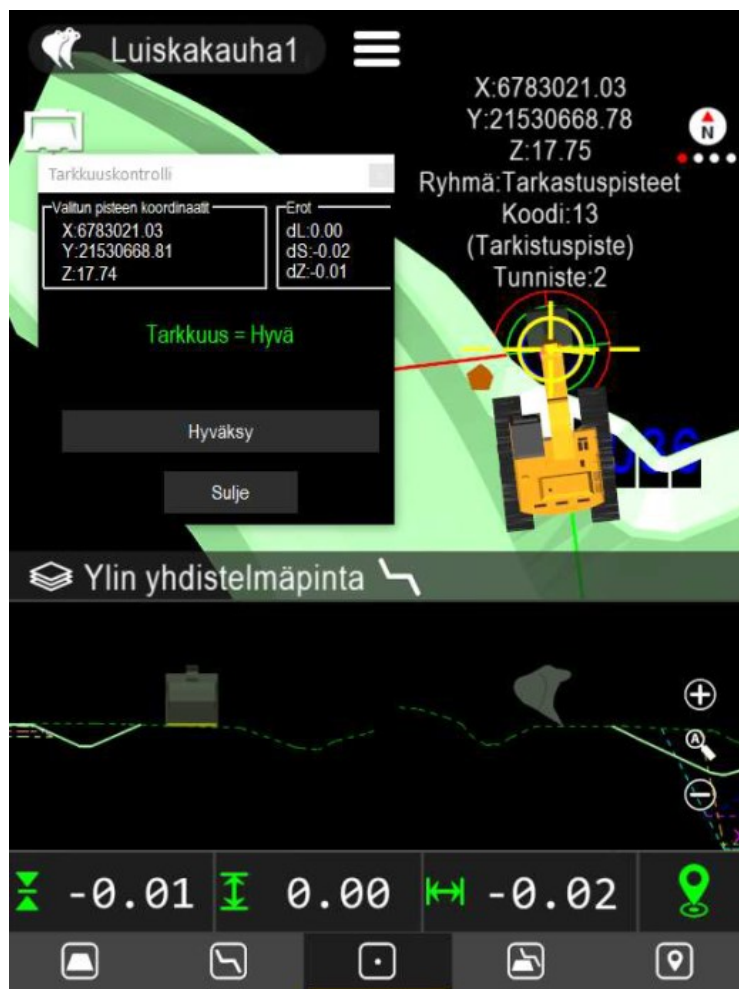


Kuva 17. Koordinaatiston ja korkeusjärjestelmän vaihto (Novatron, 2025).

3.2 Koneohjaus näyttää väärin.

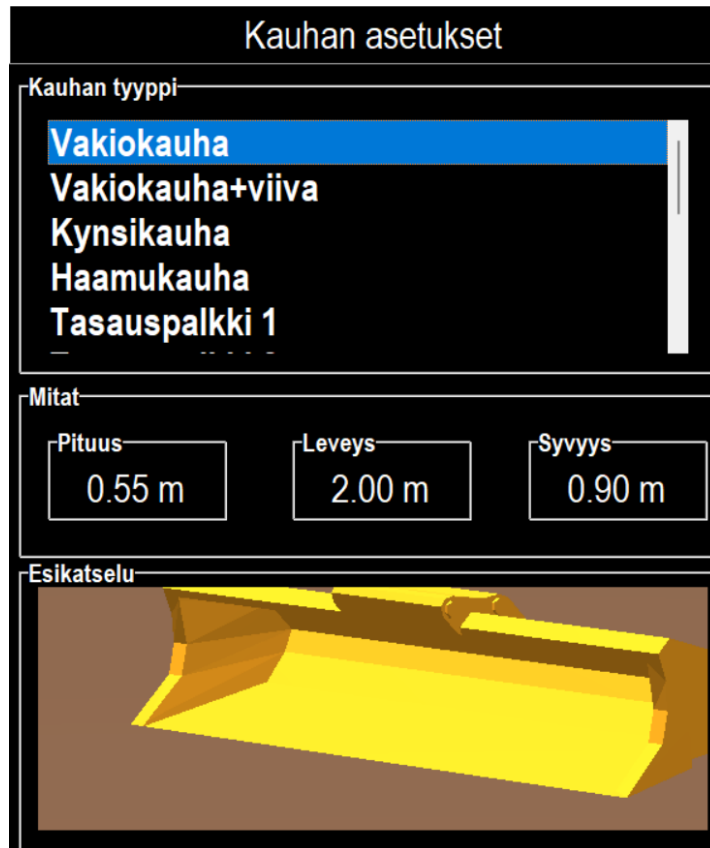
Kuljettajan on ilmoitettava aina työnjohdolle ja mittahenkilölle, kun hän epäilee koneohjauksen näyttävän väärin. Mahdollisia syitä tähän on:

Konetta ei ole tarkastettu tarkastuspisteellä. Jolloin se on tarkastettava. Tarkastus on suoritettava aina työmaalle saavuttaessa ja siitä eteenpäin viikonvälein (Väyläviraston ohje). Yrityksen oma ohje edellyttää kuitenkin tarkastusta päivittäin. Mikäli tarkkuus ei ole vaaditussa toleranssissa, kauha on kalibroitava uudelleen. Tarkastukset pitää aina tallentaa. Vertaa saamaasi listaukseen ovatko numerot samat kuin kuvassa 18.



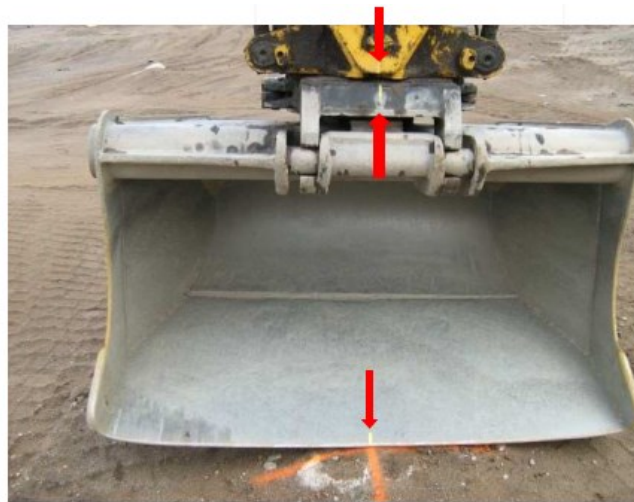
Kuva 18. Tarkastuspisteen koordinaatit (Novatron, 2025).

- Tarkastuspiste on liikkunut tai piste on katveessa. Ilmoita työnjohdolle ja työmaan mittahenkilölle.
- Kauhan mitat ovat väärin tai väärä kauha on valittuna. Mittaa kauhan mitat ja kalibroi kauha (kuva 19).



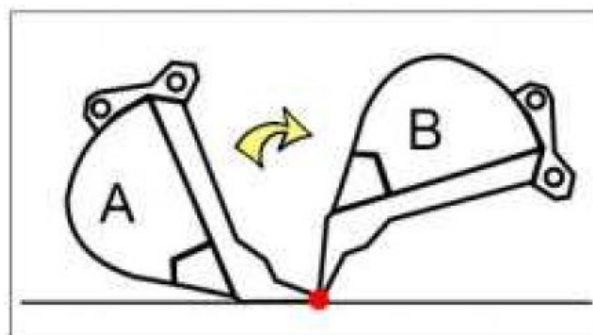
Kuva 19. Kauhan mittojen syöttö (Novatron, 2025).

- Kauhojen kalibrointi tehdään aina työmaalle saavuttaessa, jatkossa 1kk:n välein ja kauhaa kuluttavassa työssä kalibrointi on tehtävä useammin. Huulilevyn kulumaa pitää seurata. Kalibrointi tehdään aina kauhan korjauksen jälkeen. Kaikki kauhat, routapiikki ja lisälaitteet kalibroidaan samalla kertaa ja. Kauhan keskikohtaan kannattaa tehdä rälläkällä pieni viilto, tällöin on helpompi asettaa kauha tunnetulle pisteelle. Pyörittäjällä varustetussa koneessa on varmistettava, että kauha on puomiston suuntainen (kuva 20).



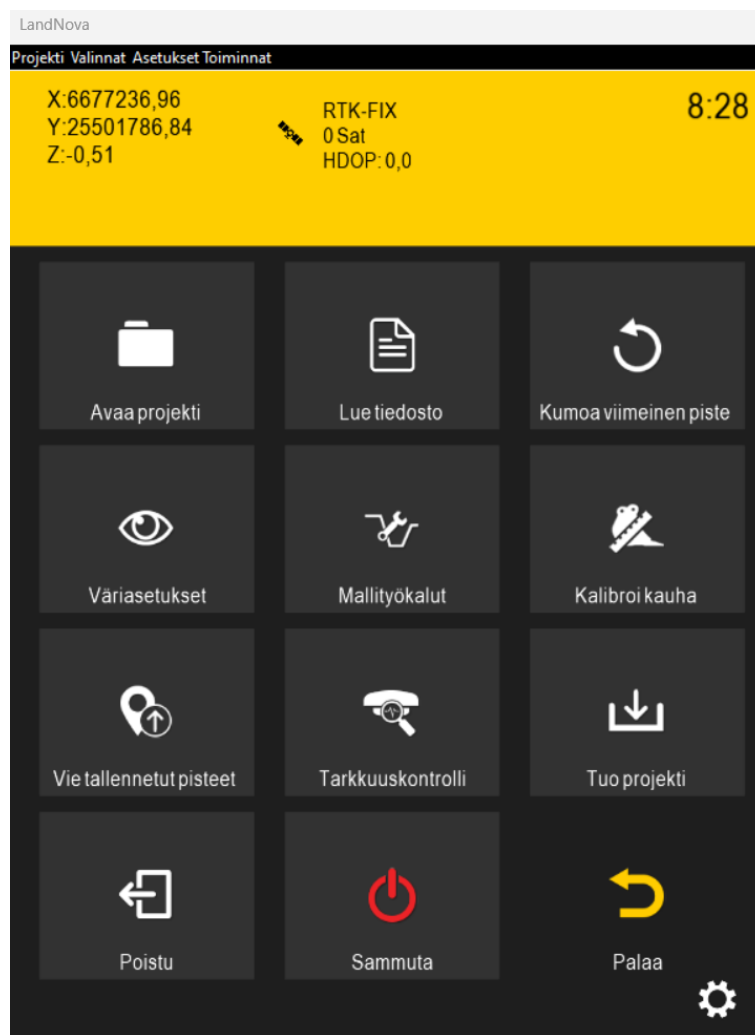
Kuva 20. Kauhan keskipiste on tarkistuspisteellä, puomi sekä kauhan ovat samassa linjassa (Novatron, 12).

Kauha on hyvä tarkistaa useamassa eri asennossa (kuva 21).



Kuva 21. Kauhan asennot kalibroitaessa (Novatro, 2022).

- Vika laitteistossa. Katso ovatko kaikki osat tallella ja, ettei roikkuvia johtoja tms. näy. (ilkivalta tai jonkin muun ulkoiseen vaurion aiheuttama). Käynnistä mittalaite uudelleen. Yhteydenotto työmaan mittahenkilöön, sekä tarvittaessa Novatronin tukeen.
- GPS-häirintä, katvealue tai laitteisto toimii huonosti. Kone on siirrettävä eri kohtaan työmaalla. Tarkistettava onko korjaussignaali kunnossa? Kun näytössä keltaisella pohjalla lukee RTK-FIX, korjaussignaali on ok. Tällöin voidaan jatkaa työskentelyä (kuva 22).



Kuva 22. Novatron valikko, näkymä RTK-FIX keltaisella (Novatron, 2025).

Piirtoalue on valittu liian isoksi. Liukusäätimellä valitaan alue mahdollisimman pieneksi, kuitenkin niin, että koko työmaa mahtuu valitulle alueelle (pois lukien pitkät tielinjat.) Kuvassa 23 piirtoalueeksi on valittu 1,9 km.

Paikannus	Koneohjaus	Mitat	Tiedoston tuonti	Tiedon loggaus	Kieli
Koodilista	Käyttöliittymä	LibConverter asetukset	Pilvi	SULJE	

Koordinaattijärjestelmä

- Pohjoinen-Itä
- Pohjoinen-länsi

Automaattinen XY-valinta

- Automaattinen (GNSS sijainti)
- Älä käänä
- Käänä

GT-tiedoston tasojen käsittelylogiikka

- T1 kenttä (pintatunnus) määrittää tason
- T3 kenttä (ominaisuuskoodi) määrittää tason
- Tiedoston nimi määrittää tason
- Lisää mitattavat pisteet linjan taitepisteisiin

PXY-tiedoston tasojen käsittelylogiikka

- Ominaisuuskoodi määrittää tason
- Tiedoston nimi määrittää tason

KOF-tiedoston tasojen käsittelylogiikka

- Ominaisuuskoodi määrittää tason
- Tiedoston nimi määrittää tason

Piirtoalue. Pienempi arvo = parempi suorituskyky

1,9 km

10m 10km

Kuva 23. Novatronin piirtoalueen liukusäädin alimpana (Novatron, 2025).

- Tarke on mitattu väärin. Katso kohta 3.3. Kuvassa 24 tarke on mitattu oikein. Punainen täppä kauhan vasemmassa laidassa on tarkkeen ottopaikka.

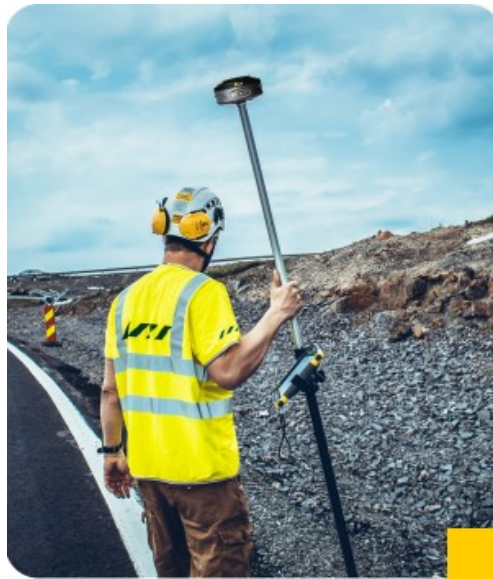


Kuva 24. Esimerkki oikein mitatusta tarkkeesta (Novatron, 2025).

3.3 Xsite Pad GNSS-tikulla tehdyt mittausvirheet

Mittausvirheet voivat johtua seuraavista syistä:

- On mitattu laitteella, vaikka se ei ole RTK-FIX-tilassa. Katso sivu 37.
- Antennin korkeusasema on määritetty väärin.
- GPS-tikku on ollut mitattaessa vinossa (jos kallistuskorjaus ei ole käytössä) (kuva 25).



Kuva 25. Mittalaite on vinossa (Novatron, 2022, 2).

- GPS-häirintä tai katvealue. Kts kohta 3.1.2 s. 37.
- Tarke on mitattu väärin. Kts kohta 3.1.2 s. 39.

3.4 Työnjohdon tai mallikoordinaattorin havaitsemat virheet toteutamittauksissa

Virheet voivat johtua seuraavista syistä:

- Kts kohta 3.1.1 sivu 34.
- Tarke on mitattu väärästä paikasta (kauha on asemoitu väärin koron ja sijainnin suhteen). Kuvassa 26 ylempi punainen täppä näyttää tarkkeen ottoapaikan.



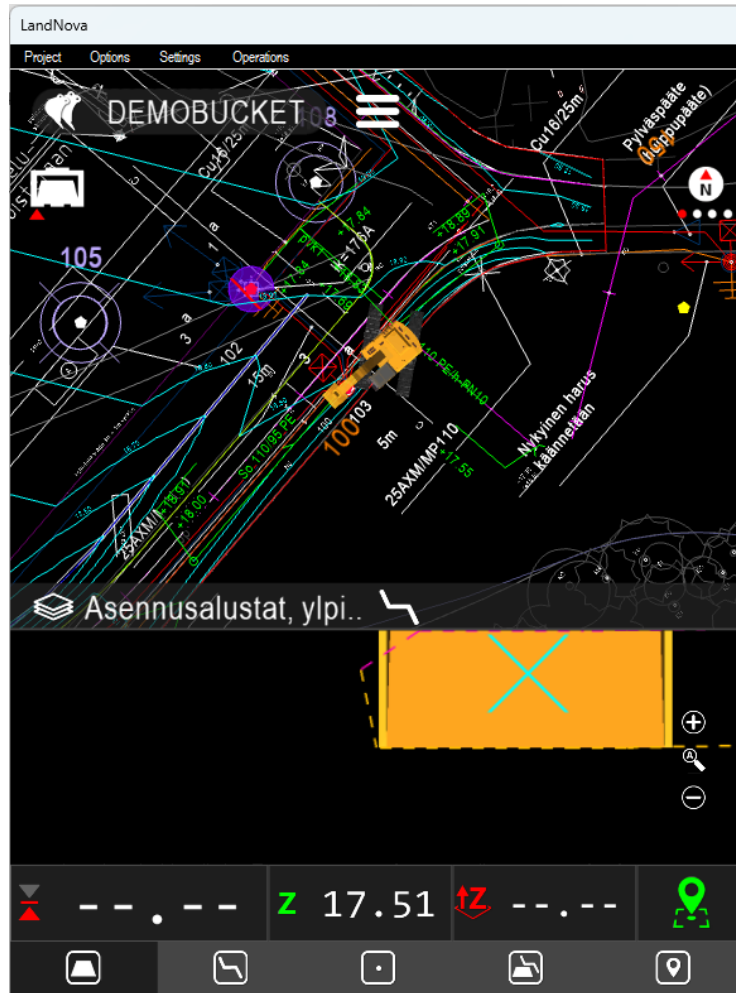
Kuva 26. Tarkkeen väärä sijainti (Novatron, 2025).

- Kauha on asemoitu oikein, mutta kauhan mittapiste on valittu väärin. Kuvassa 27 punainen täppä näyttää tarkkeon ottopaikan.



Kuva 27. Väärä mittauspiste (Novatron, 2025).

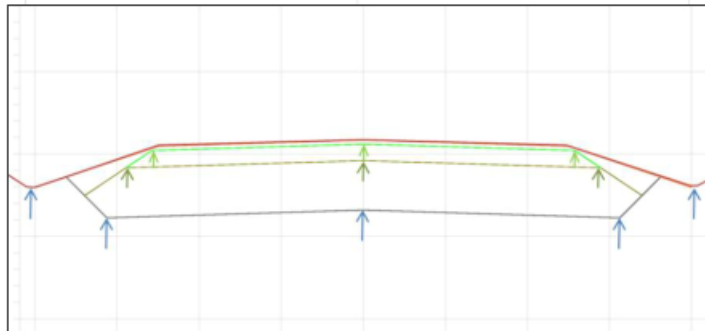
- Kauha on asemoitu oikein ja kauhan mittauspiste on valittu oikein, mutta tarke on otettu väärällä koodilla tai väärälle tasolle mitattuna (tallennettuna) (kuva 28).



Kuva 28. Tarke on väärin koodattu (Novatron, 2025).

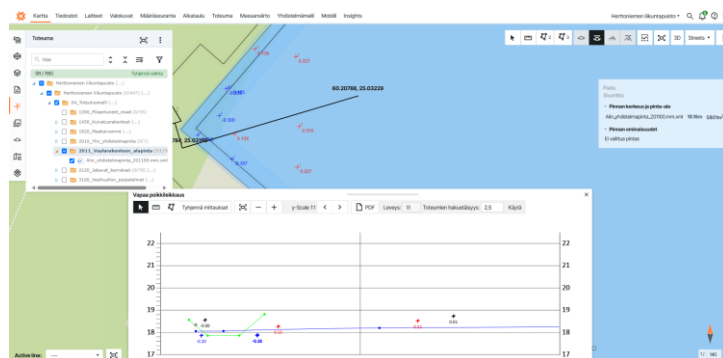
- Tarkkeita on otettu liian paljon. Ei ole noudatettu InfraRyl:-in, tilaajan tai yrityksen ohjeistusta tarkkeiden otosta. Luovutusaineisto on tällöin hankala lukuinen, joten mallikoordinaattori joutuu editoimaan luovutusaineistoa.

- Jos tarkkeita puuttuu, syynä tarkkeen ottajan osaamattomuus, tai välinpitämättömyys. Tarkkeita ei ole otettu, tarkkeet on otetut väärälle mallille tai koodattu väärin. Ei ole noudatettu yrityksen nimikkeistöä, tilaajan nimikkeistöä tai InfraBIM-nimikkeistöä tai ohjeistusta. Tarkkeet mitataan nuolien osoittamista paikoista, vähintään kolme mittausta per rakenneosaa per poikkileikkaus kuvio 3.



Kuvio 3. Toteumamittausten paikat rakennusosista (BuildingSMART Finland, 2021, 123).

- Infrakitissä tarkkeet näyttävät virheellisiltä kuvassa 29. Syitä tähän ovat Infrakitin rakenneosakohtaiset toleranssit, jotka ovat määritetty väärin, ja/tai koneohjauksen toleranssit, jotka ovat määritetty väärin.

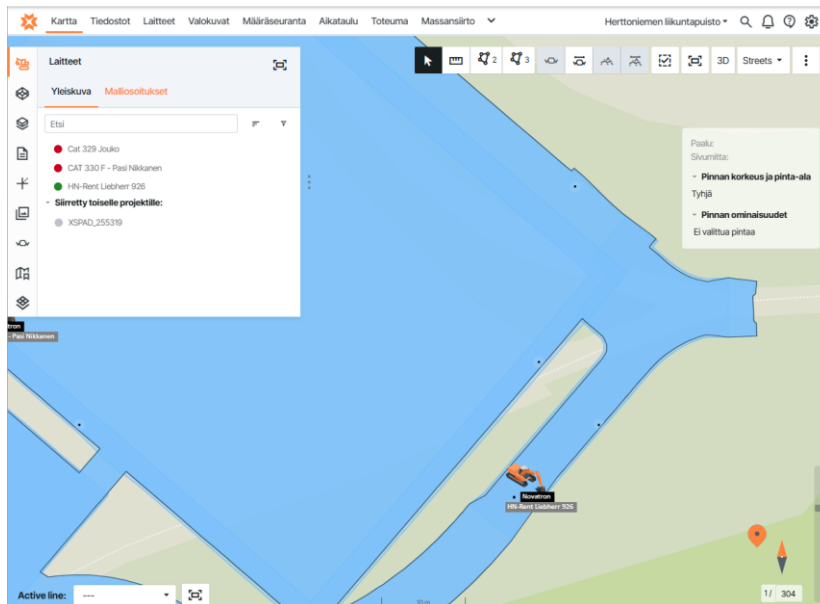


Kuva 29. Infrakitin poikkileikkaus näkymä (Infrakit, 2025).

4 Tietomalliseurannan työohje

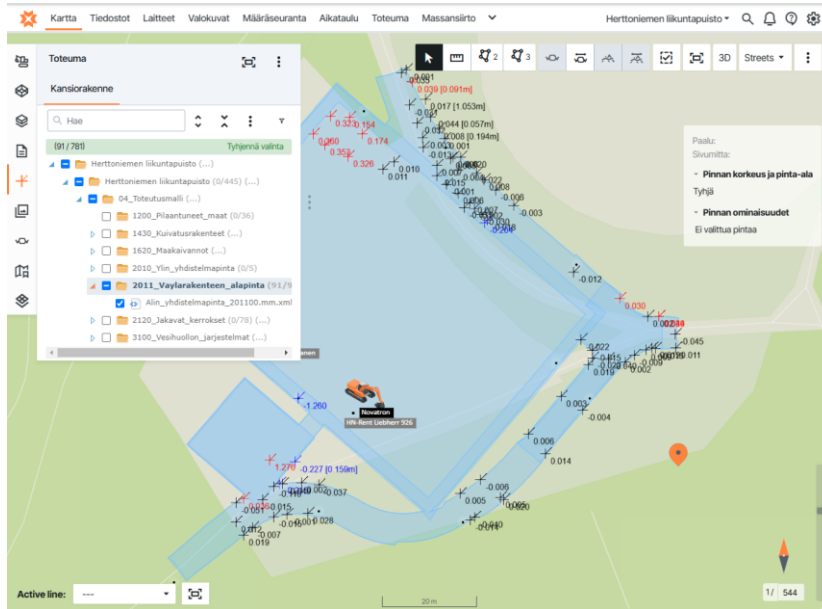
Tämä luku sisältää ohjeistuksen Infrakitin hyödyntämiseen työmaalla. Oikealta yläreunan vetovalikosta näkee mikä työmaa on valittuna. Vaihda tarvittaessa työmaa.

Vasemman reunan valikosta valitaan kaivinkone kuvake. Mikä, näyttää mitä laitteita projektille on yhdistettynä. Pisteiden väri kertoo kaluston aktiivisuuden. Vihreä on aktiivinen, punainen on passiivinen ja harmaa on ollut joskus projektilla käytössä (kuva 30).



Kuva 30. Kalustolistaus (Infrakit, 2025).

Oranssi vasemman valikon kuutio kuvake näyttää projektin mallit. Sinisellä pohjalla oleva valkoinen oikein merkki näyttää valitut mallit. Valitaan klikkaamalla valkoista neliötä. Klikattaessa se muuttuu oikein-merkiksi sinisellä pohjalla (kuva 31).



Kuva 31. Näkymä otetuista tarkkeista (Infrakit, 2025).

Vasemman valikon oranssi + -kuvake on toteumatiedot valikko. Malli(t) on valittuna, kun valkoinen oikein merkki näkyy sinisellä pohjalla. Punainen tarkkeen numero tarkoittaa, ettei tarke ei ole annettussa toleranssissa. Musta tarkkeen numero tarkoittaa, että tarke on toleranssissa. Sininen tarkkeen numero on alle toleranssin. Vihreä tarke on hyväksytty. Keltainen tarke on tarkastettu. Pällekkäisiä tarkkeita on keskellä ylhäällä (liikaa). Vasemmalla raitilla on otettu vain kaksi tarketta per poikkileikkaus. Vaikkakin minimi vaatimus on kolme tarketta per rakenneosaa poikkileikkaus.

4.1 Toteumatietojen haku

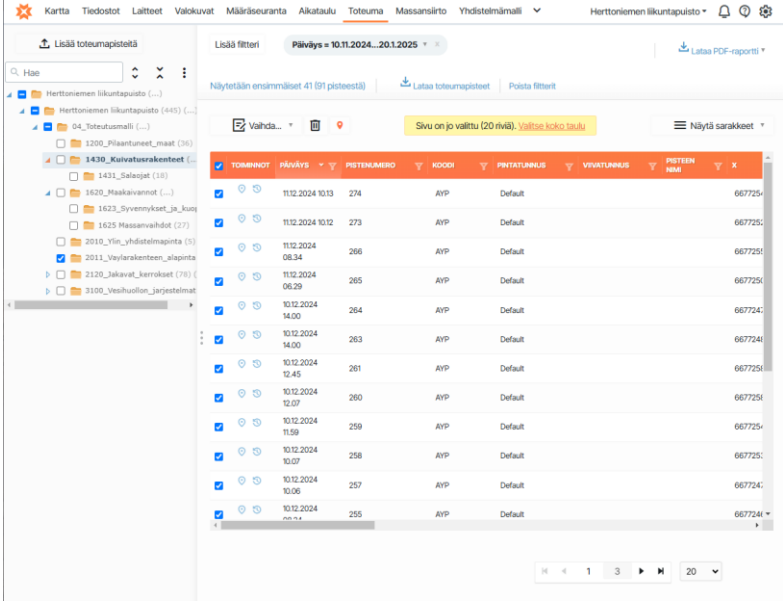
Toteumatietoja voidaan hakea monin eri tavoin suodattamalla. Esimerkissä toteumatiedot haetaan aikaväliltä, lisäämällä suodatin (filteri) kuvan 32 mukaisesti.

The screenshot shows a web application interface for managing construction items. The main content is a table with the following columns: TOIMINNOT, PÄIVÄYS, PISTENUMERO, KOODI, PINTATUNNUS, VIVATUNNUS, and PISTEEN NIMI. The table contains 10 rows of data, all with the same code 'AS_BUILT_PNT' and quantity '20100'. The dates range from 11.2.2025 to 10.2.2025. The interface also features a search bar, a filter section, and a sidebar with a tree view of project categories.

TOIMINNOT	PÄIVÄYS	PISTENUMERO	KOODI	PINTATUNNUS	VIVATUNNUS	PISTEEN NIMI
	11.2.2025 08.22	624	AS_BUILT_PNT	20100		667786
	11.2.2025 08.21	623	AS_BUILT_PNT	20100		667786
	11.2.2025 08.21	622	AS_BUILT_PNT	20100		667786
	10.2.2025 13.52	621	AS_BUILT_PNT	20100		667783
	10.2.2025 13.50	620	AS_BUILT_PNT	20100		667786
	10.2.2025 13.50	619	AS_BUILT_PNT	20100		667786
	10.2.2025 13.50	618	AS_BUILT_PNT	20100		667786
	10.2.2025 13.49	617	AS_BUILT_PNT	20100		667782
	10.2.2025 13.49	616	AS_BUILT_PNT	20100		667782
	10.2.2025 10.06	611	AS_BUILT_PNT	20100		66778C
	10.2.2025 10.06	610	AS_BUILT_PNT	20100		667778
	10.2.2025 10.06	609	AS_BUILT_PNT	20100		667761

Kuva 32. Listaus kaikista tarkkeista (Infrakit, 2025).

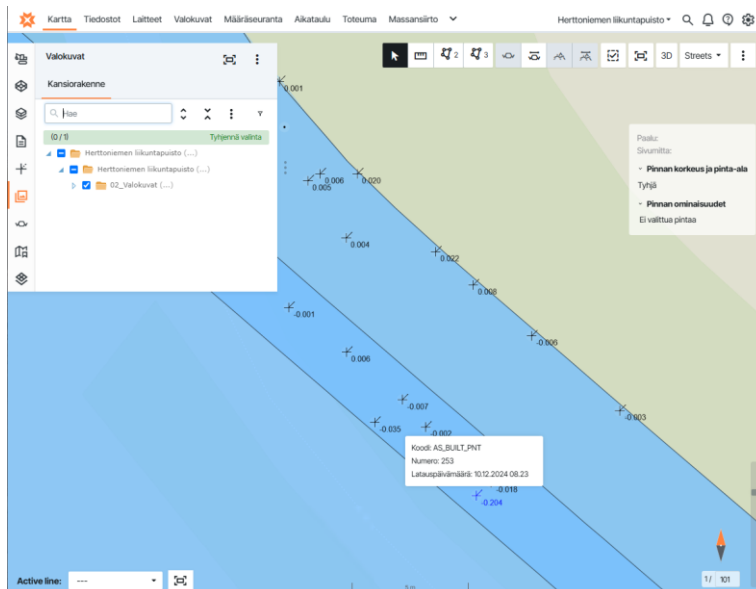
Lisää suodatin valikosta. Valitaan päiväys, jolloin näyttö tulee kalenterin alku- ja loppupäivä. Valitaan sopiva aikaväli (kuva 33).



TOMENNOT	PÄIVÄYS	PISTENUMERO	KOODI	PINTATILANUS	VIVUTILANUS	PISTEN VÄLI
✓	11.12.2024 10.13	274	AYP	Default		667725
✓	11.12.2024 10.12	273	AYP	Default		667725
✓	11.12.2024	266	AYP	Default		667725
✓	11.12.2024 08.29	265	AYP	Default		667725
✓	10.12.2024 14.00	264	AYP	Default		667724
✓	10.12.2024 14.00	263	AYP	Default		667724
✓	10.12.2024 12.45	261	AYP	Default		667725
✓	10.12.2024 12.07	260	AYP	Default		667725
✓	10.12.2024 11.58	259	AYP	Default		667725
✓	10.12.2024 10.07	258	AYP	Default		667725
✓	10.12.2024 10.06	257	AYP	Default		667724
✓	10.12.2024	255	AYP	Default		667724

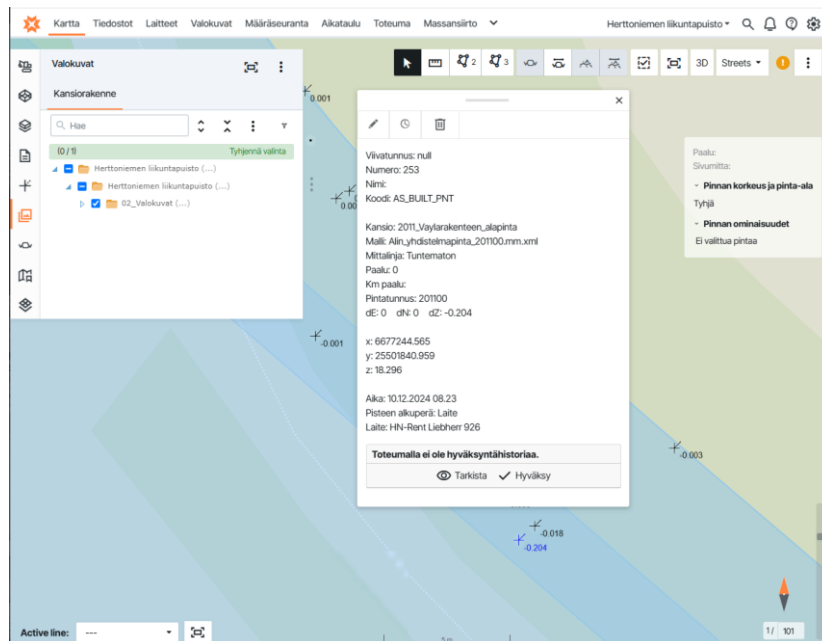
Kuva 33. Listaus suodatetuista tarkkeista (Infrakit, 2025).

Suodatetuista tarkkeista klikataan halutut pisteet ja klikataan oranssia sijaintinäppäintä. Tällöin pisteet piirtyvät näytölle (kuva 34).



Kuva 34. Suodatettujen pisteiden näkymä (Infrakit, 2025).

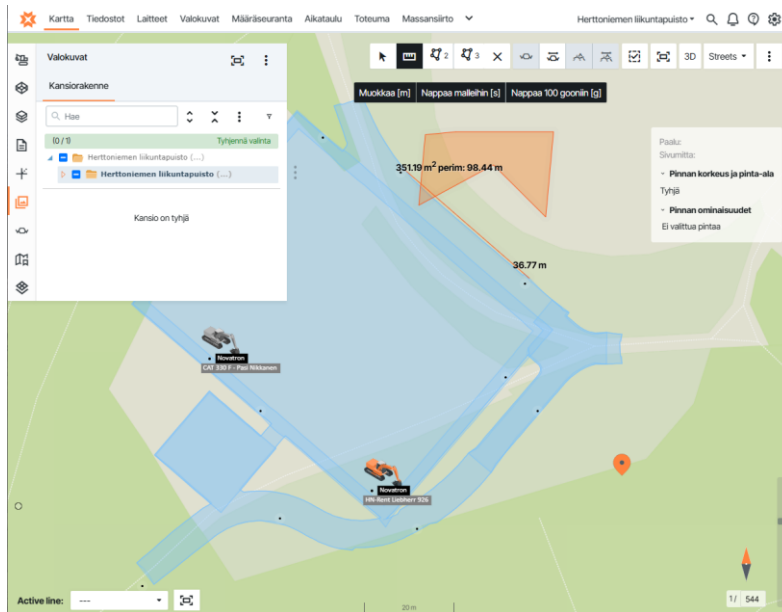
Yksittäistä tarketta klikkaamalla löytyvät tarkkeen tiedot: malli, sijainti, ajankohta ja millä tarke on mitattu sekä tarkkeen tila (kuva 35).



Kuva 35. Tarkkeen tiedot ja tila (Infrakit, 2025).

4.2 Viivaintyökalu

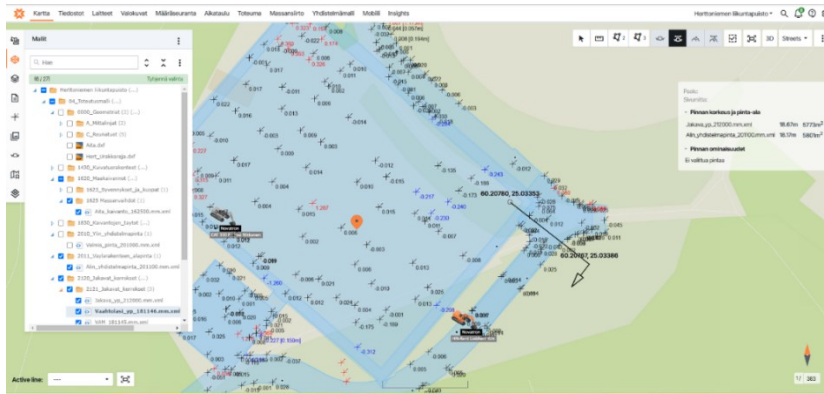
Viivaintyökalulla voidaan mitata etäisyyksiä, kehä ja pinta-aloja. Keskellä ylhäällä on oranssi alue, jonka kehä ja ala ovat mitattuina (kuva 36).



Kuva 36. Näkymä kun viivaintyökalu on käytössä (Infrakit, 2025).

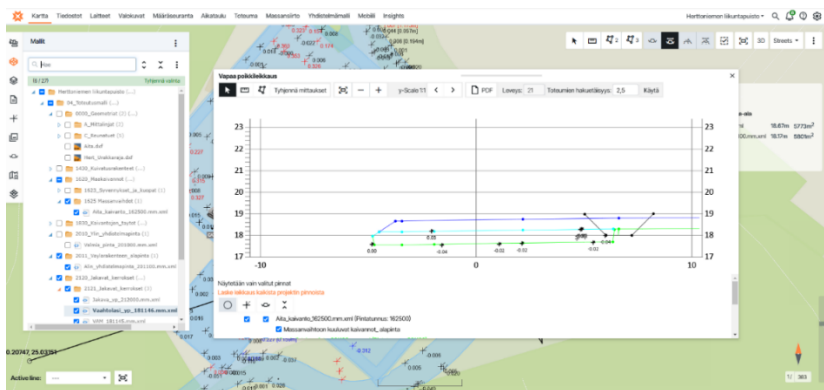
4.3 Poikkileikkaustyökalu

Mustalla poikkileikkaustyökalulla on valittu vapaa poikkileikkaus. Voidaan valita ihan mistä vain ja suunta on vapaa kuva. Valinta näkyy mustan viivan ja nuolen osoittamaan suuntaan (kuva 37).



Kuva 37. Valittu vapaa poikkileikkausnäky (Infrakit, 2025).

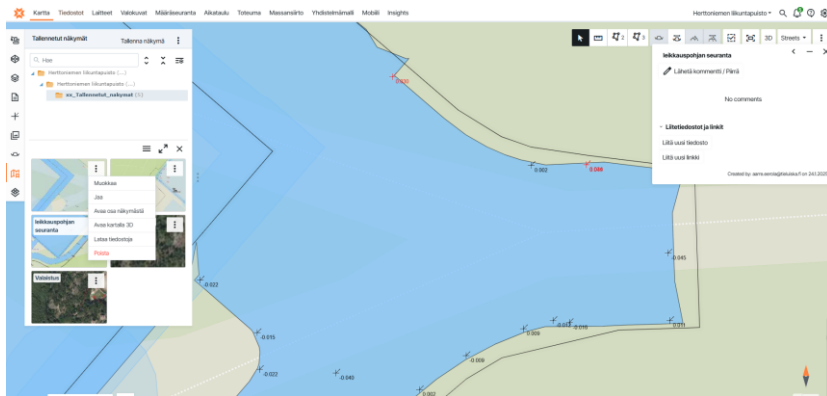
Kuvassa 38 näkyy piirretty poikkileikkaus kuvasta 37. Kohdasta ilmenevät poikkileikkauksen mallit ja tarkepiisteet.



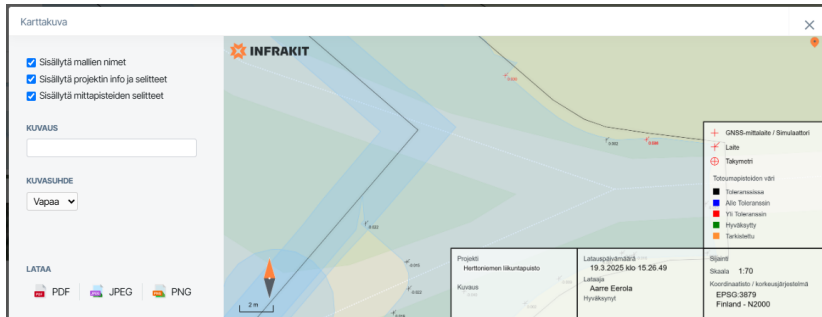
Kuva 38. Näkyvä valitusta poikkileikkauksesta (Infrakit, 2025).

4.4 Tallennetut näkymät

Tallennetut näkymät löytyvät vasemmasta valikosta, toiseksi alimpana kuvassa 39. Tallennetut näkymät voivat ovat: valokuvia, luotuja tai aiemmin tallennettuja näkymiä. Luoduilla tai tallennetuilla näkymillä voidaan seurata esimerkiksi työn etenemää muun muassa työvaihe ilmoituksen tai maksuerien hyväksynnän liitteenä (kuva 40). Näkymän voidaan tallentaa eri formaateissa.

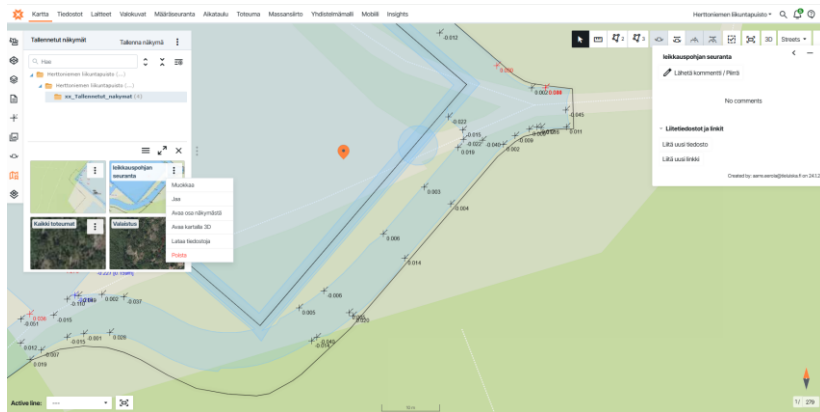


Kuva 39. Listaus tallennetuista näkymistä. Vasemmalla on viisi erilaista näkymää (Infrakit, 2025).

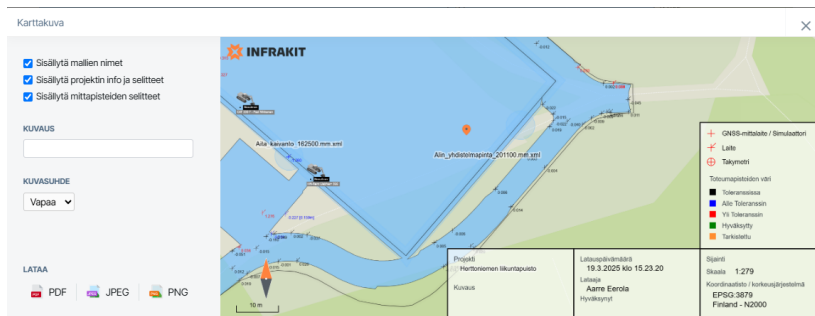


Kuva 40. Tallennettu näkymä liittymäalueen etenemästä (Infrakit, 2025).

Uuden tallennetun näkymän luominen on esitetty kuvassa 41. Siirry kartalla ja zoomaa haluttuun kohtaan. Paina tallenna näkymä -kuvaketta. Tällöin muodostuu kuvake tallennetut näkymät -ikkunaan. Kolme pistettä päällekkäin -kuvaketta painamalla voidaan muokata tietoja. Luodun näkymän näyttötuloste on esitetty kuvassa 42.



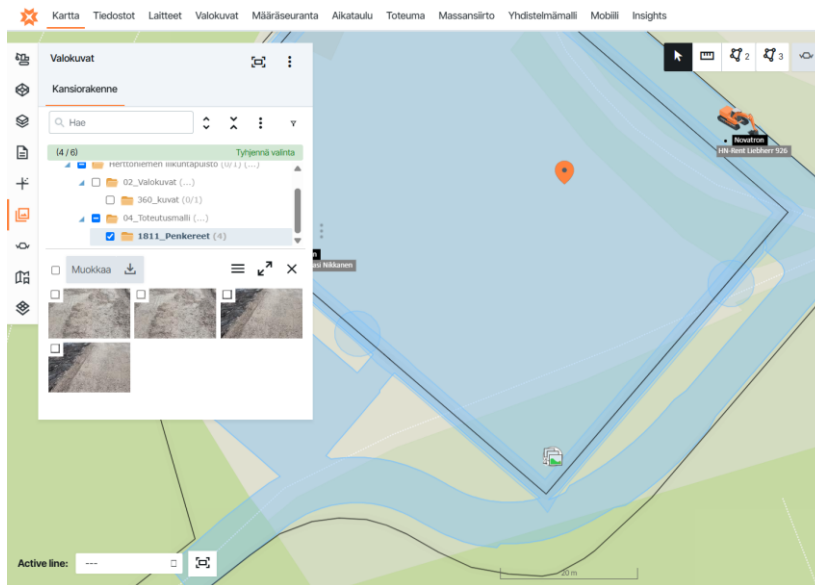
Kuva 41. Luotu näkymä (Infrakit, 2025).



Kuva 42. Luodun näkymän tuloste (Infrakit, 2025).

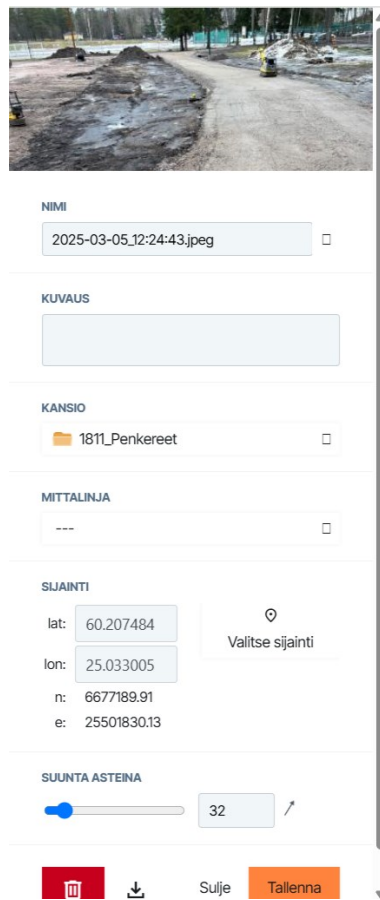
4.5 Valokuvat

Valokuvat löytyvät omasta kansiostaan. Karttanäkymässä kuvassa 43 näkyvät kaikkien valokuvien ottopaikat sekä vasemmalla pikkukuvakkeina näkyvät kaikki otetut valokuvat.



Kuva 43. Kuvien sijainti kartalla (Infrakit, 2025).

Kuvan 44 avatusta valokuvasta löytyvät seuraavat tiedot: lisätiedot, sijainti, kuvaussuunta ja mihin malliin valokuva liittyy.



Kuva 44. Valokuvan tiedot -näkyvä (Infrakit, 2025).

5 Päätelmä

Lopputyön tulos vahvisti käsitystä, että koneohjauksen ja GNSS-mittausten virheiden yleisimmät syyt johtuvat puutteellisesta perehdytyksestä, välinpitämättömyydestä sekä kalibroitirutiinien laiminlyönnistä. Tätä havaintoa tukevat myös Novatronin koneohjauksen kuljettajan pikaohje, sekä buildinSMART Finlandin julkaisut. Julkaisuissa korostetaan koulutuksen ja järjestelmien säännöllisen tarkastamisen tärkeyttä laadun varmistuksen kannalta.

Tietomallinnukseen perustuva laadunvalvonta lyhentää työvaiheiden kestoja sekä pienentää riskiä työvaiheiden virheistä. Kuitenkin on mahdollista, että edelleen havaitaan puutteita muun muassa kalibroinnissa ja dokumentoinnissa. Yrityksissä tulisi luoda mallipohjaiselle laadunvalvonnalle selkeä prosessi. Tekninen osaaminen edellyttää jatkuvaa koulutusta YIV ja InfraRyl-määräysten mukaisesti.

Yrityksemme hyötyy jatkossa yhtenäisistä ohjeistuksista. Ohjeistusta pitää päivittää säännöllisesti ja aina kun otetaan uutta teknologiaa käyttöön tai, kun mallipohjaiseen laadun valvonnan prosessiohjelmistoon tulee uusia merkittäviä päivityksiä. Yhteistyötä ohjelmisto- ja laitetoimittajien sekä työnjohdon välillä on lisättävä, jotta kaikki ovat tietoisia mahdollisuuksista ja vaatimuksista. Tällöin laatuvirheet vähenevät ja prosessien tehokkuus paranee. Kustannustehokkuus parantuu ja tilaaja saa laadukkaampaa luovutusaineistoa.

Virheiden selvittely ja uudelleen mittaaminen jälkikäteen tulevat yritykselle kalliiksi. Pahimmassa tapauksessa urakan valmistuminen voi viivästyä sen takia, ettei tarkkeita ole otettu oikeaa määrää ja oikealla tavalla.

Koneohjauksen tehokas käyttö tuottaa säästöä, polttoainekuluissa, mittauskuluissa ja materiaalikuluissa sekä täten pienentää hankkeen päästöjä. Lisäksi työturvallisuus parantuu, kun ylimääräisiä henkilöitä ei tarvita työkoneen läheisyydessä (maanrakennustyöntekijä/mittaushenkilö). Myös

tarve koneesta ulos astumiseen vähenee. Jatkuva korkeuden ja sijainnin seuranta sekä toteutumien keräys parantaa laatua.

Liian tiheästi otetut tarkkeet tekevät loppuaineiston tulkinnasta vaikeaselkoisen. Lisäksi työnjohdonkin on seurattava Infrakitin avulla, että tarkkeita otetaan. Tämä ei kuitenkaan vähennä mittahenkilöiden ja työmaan mallikoordinaattorin vastuuta tarkkeiden otosta.

Nämä ohjeet on laadittu, jotta tarkkeiden laatu ja oikeellisuus paranisivat. Näiden ohjeiden ei ole tarkoitus opettaa koneohjauksen ja Infrakitin peruskäyttöä. vaan toimia ohjeistuksena työntekijöille ja työnjohdolle työmaalla.

Lähdeluettelo

3D-koppi. 2025. 3d-koneohjaus. <https://www.3dkoppi.fi/3d-koneohjaus/>.

[Online] 2025. [Viitattu: 12. 4 2025.]

BuildingSMART Finland. 2018. INfraBim- Nimikkeistö 1.71.

<https://drive.buildingsmart.fi/s/GTP9RdyMH9DqibR>. [Online] 11. 6 2018.

[Viitattu: 29. 3 2025.]

—, **2015.** YIV2015 Mallinnusohjeet Osa 12.1 Maanrakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä.

<https://drive.buildingsmart.fi/s/EsL3edP6xKTps8x>. [Online] 2015. [Viitattu: 1. 2 2025.]

—, **2021.** Yleiset Inframallivaatimukset.

<https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2>. [Online] 2021. [Viitattu: 10. 2 2025.]

Geotrim. 2025. <https://geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs/trimnet-mc-infra-vrs/>.

[Online] 2025. [Viitattu: 29. 3 2025.]

—, **2025.** <https://geotrim.fi/vrs20v-vuosi/>. <https://geotrim.fi/vrs20v-vuosi/>.

[Online] 2025.

infrakit. 2023. [https://s3.eu-west-](https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/infrakit.com/manual/2023/INFRAKIT_Office_manual_Suomeksi_03_2023.pdf)

[1.amazonaws.com/infrakit.com/manual/2023/INFRAKIT_Office_manual_Suomeksi_03_2023.pdf](https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/infrakit.com/manual/2023/INFRAKIT_Office_manual_Suomeksi_03_2023.pdf). [\[1.amazonaws.com/infrakit.com/manual/2023/INFRAKIT_Office_manual_Suomeksi_03_2023.pdf\]\(https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/infrakit.com/manual/2023/INFRAKIT_Office_manual_Suomeksi_03_2023.pdf\). \[Online\] 2023. \[Viitattu: 20. 4 2025.\]](https://s3.eu-west-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Infrakit. <https://www.infrakit.com/infrakit-field/>. *Infrakit. 2025a. Empower your*

field teams with real-time data and seamless access. [Online] [Viitattu: 7. 3 2025.]

—, <https://www.infrakit.com/infrakit-office/>. *Infrakit. 2025d. The cloud solution built entirely for the infra industry.* [Online] [Viitattu: 7. 3 2025.]

— <https://www.infrakit.com/infrakit-truck/>. *Infrakit. 2025c. Optimize your construction fleet with real-time tracking*. [Online] [Viitattu: 7. 3 2025.]

— **2025**. *Infrakit. 2025b*. [Tietokoneohjelma] 2025.

Karera. 2025. Asiakkaille. <https://karera.fi/asiakkaille/>. [Online] 2025. [Viitattu: 29. 3 2025.]

Maankäyttö . Tötterström, Seppo. 2000. 5, Lahti : Maankäyttö ry, 2000, Osa/vuosik. 2000.

Novatro. 2022. <https://novatron.fi/wp-content/uploads/2025/01/Koneenkuljettajan-pikaohje-Xsite-PRO-3D.pdf>. *Novatron. 2025a. Koneenkuljettajan pikaopas*. [Online] 23. 9 2022. [Viitattu: 8. 2 2025.]

Novatron. https://novatron.fi/wp-content/uploads/2025/01/Mallipohjaisen-rakennustyomaan-mittausohje_v.2.0.pdf. *Novatron. 2025. Xsite®-koneohjaus. Mallipohjaisen rakennustyömaan mittausohje*. [Online] [Viitattu: 31. 1 2025.]

— **2022**. <https://novatron.fi/wp-content/uploads/2025/01/Xsite-PAD-Esite-FI-2022.pdf>. *Novatron. 2025b. Xsite Pad-mittalaite työnjohdolle*. [Online] 2022. [Viitattu: 8. 2 2025.]

— **2021**. https://novatron.fi/wp-content/uploads/2025/01/Xsite-PRO-3D-LANDNOVA-X_esite-web.pdf. *Novatron. 2025c. Novatron Xsite pro koneohjaus*. [Online] 2021. [Viitattu: 2. 8 2025.]

— **2024**. <https://novatron.fi/xsite-koneohjaus/tyonjohdolle-ja-mittaukseen/tyomaatabletti/>. *Novatron. 2025d. Työmaatabletti*. [Online] 2024. [Viitattu: 29. 3 2025.]

— **2025**. *Landnova*. [Tietokoneohjelma] 2025.

Väylävirasto. 2022. *Inframallinnuksen ohjeistus*. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-32_inframallivaatimukset.pdf. [Online] 18. 11 2022. [Viitattu: 30. 1 2025.]

