

**INFRARAJATISTE MUDELPROJEKTEERIMISE
ÜLDJUHENDID – INFRABIM 2015**

**Osa 12: Taristumudeli kasutamine erinevates
projekteerimisstaadiumites ja ehitamisel**

STANDARDIKESKUSE EESSÕNA

"Infrarajatiste mudelprojekteerimise üldjuhendid – Infrabim 2015. Osa 12: Taristumudeli kasutamine erinevates projekteerimisstaadiumites ja ehitamisel" on avaldatud Standardikeskuse juhendmaterjalina vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ja Eesti Standardikeskuse vahelisele kokkuleppele.

Juhendmaterjali koostamist on korraldanud ja selle korrektsuse eest vastustab Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Juhendmaterjal on kättesaadavaks tehtud Eesti Standardikeskuse poolt.

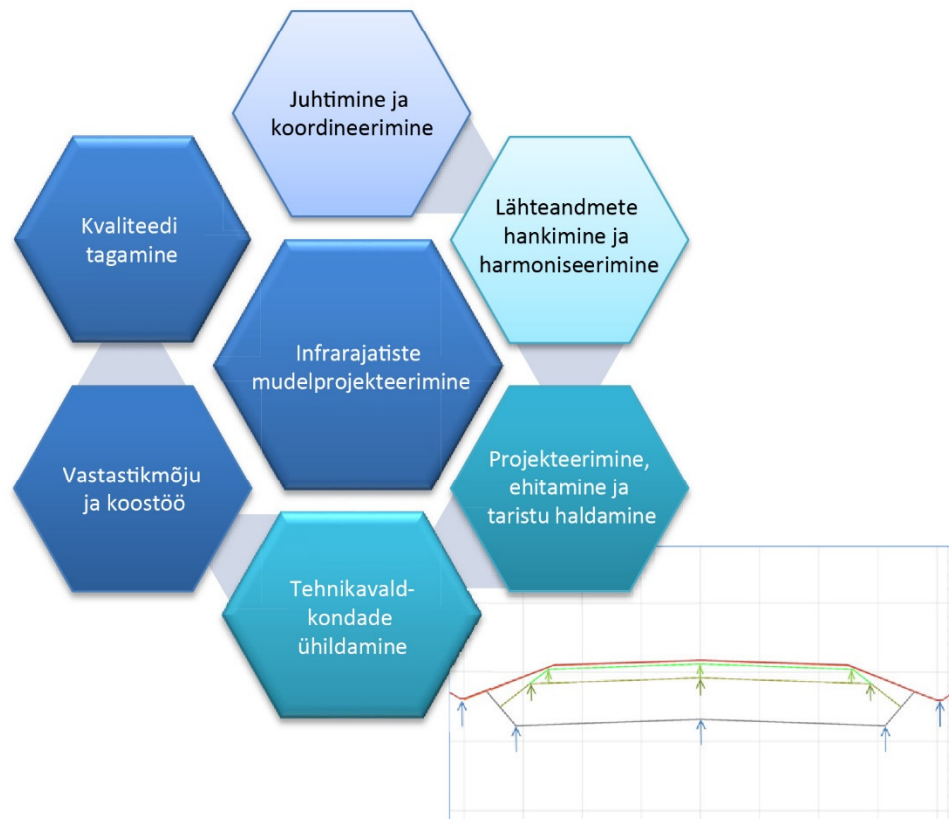
TÄHELEPANU!

Standardikeskuse juhendmaterjal ei ole Eesti standard ega ole võrdsustatav Eesti Standardiga. Ühelgi juhul ei teki käesoleva juhendamaterjali kasutamisest standardi kasutamisega võrdväärseid õiguslikke tagajärgi.

Infrarajatiste mudelprojekteerimise üldnõuded InfraBIM 2015

12. osa. Taristumudeli kasutamine erinevates
projekteerimistaadiumites ja ehitamisel

PINNASETÖÖDE MUDELIPÕHINE KVALITEEDIKONTROLL – GEOMEETRIILISTE PARAMEETRITE KVALITEEDIKONTROLL



SISUKORD

PINNASETÖÖDE MUDELIPÕHINE KVALITEEDIKONTROLL – GEOMEETRILISTE PARAMEETRITE KVALITEEDIKONTROLL

1. SISSEJUHATUS.....	3
2. EELDUSED	4
3. PÕHISTAADIUMID.....	5
3.1. Töömudeli õigsuse kontrollimine ja dokumenteerimine	5
3.2. Masinjuhtimissüsteemi ja GNSS-tugijaama täpsuse kontrollimine ja dokumenteerimine.....	6
3.3. Teostusandmete mõõtmine masinjuhtimissüsteemi abil ja muu tööaegne kvaliteedikontroll.....	7
3.4. Kontrollmõõtmine 200 m sammuga ja tarindi muutumiskohtades	9
4. DOKUMENTEERIMINE	10

1. SISSEJUHATUS

Mudelipõhine kvaliteedikontroll on infrarajatiste modelleerimist ja masinjuhtimist kasutav meetod pinnasetööde kvaliteedi tagamiseks, mille abil toodetakse töövõtjale ja tellijale vajalikke kvaliteedi- ja teostusandmeid. Käesolevas juhendis käsitletakse mudelipõhise kvaliteedikontrolli kasutuselevõtu eeldusi, põhistaadiume ja dokumenteerimist masinjuhtimist kasutaval maantee- ja raudteehankel. Kirjeldatud meetod on mõeldud rakendamiseks pinnasetarindite ja sobivas ulatuses ka tarindikihtide geomeetriliste parameetrite kvaliteedikontrollil.

Eskiisjuhendi on koostanud Mika Jaakkola Destia Oy-st.

2. EELDUSED

Nõue

Lähtekohaks mudelipõhise kvaliteedikontrolli kasutuselevõtul on juhendisarja InfraBIM (YIV 2015) osa 5.2 „Pinnasetööde töömudeli (3D-masinjuhtimismudeli) koostamine” („Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje”) põhimõtete kohaselt koostatud töömudel. Eelduseks on, et tarindiosade geomeetria tehakse 3D-masinjuhtimise abil, pinnasetarindite teostustäpsus vastab tabelis 1 esitatud nõuetele ja lõpptoode vastab InfraRYL-i nõuetele.

Ühtlasi eeldab mudelipõhise kvaliteedikontrolli kasutuselevõtt, et mõõtmiste eest vastutaval isikul või masinjuhtimise tugiisikul on vähemalt geodeesiaalane kutseharidus ning kaheaastane kogemus satelliitpositsioneerimise ja tahhümeetrilise mõõtmiste, 3D-masinjuhtimissüsteemide ning töömudelite kontrollimise ja modelleerimise alal.

Tabel 1. Pinnasetarindite ja 3D-masinjuhtimissüsteemi täpsusnõuded

Tarindiosa	Asukoha suurim lubatud kõrvalekalle (InfraRYL)	Kõrguse suurim lubatud kõrvalekalle (InfraRYL)	Masinjuhtimissüsteemi nõutav täpsus teostusandmete (XY; Z) mõõtmiseks
	mm	mm	mm
Süvend (201100), muldkeha või lõhatud kaljumulle (18100), tee ja raudtee	-0/+200	+0/-100	±100; ±30
Filterkiht, tee/raudtee (211100)	-0/+150	±40	±100; ±30
Jaotuskiht, tee (212100)	-0/+150	±30	±100; ±30
Kandekiht, tee (213100)	-0/+150	±20	±50; ±20
Eralduskihi pealispind, raudtee (212200)	-0/+100	+0/-50	±50; ±20
Vahekihi pealispind, raudtee (212300)	-0/+50	+0/-20	±50; ±20

Tabelis 1 esitatud masinjuhtimissüsteemi nõutav mõõtetäpsus ei elimineeri lõpptoote InfraRYL-i kvaliteedinõudeid.

3. PÕHISTAADIUMID

3.1. Töömudeli õigsuse kontrollimine ja dokumenteerimine

Nõue

- Projekteerija koostatud pinnasetarindite töömudelit kontrollib kõnealuseid tarindeid ehitav ettevõtte. Pärast kontrollimist edastatakse töömudel serverisse, kus see on kättesaadav töömashinate kasutajatele ja mõõtjatele. Tööjuhtidele ja järelevalve teostajatele luuakse võimalus töömudelite vaatamiseks spetsiaalse süsteemi abil. Kontrollimine dokumenteeritakse. Vastutajaks on objekti mõõtmistöode juht ja/või masinjuhtimise eest vastutav isik.

Juhis

Töömudeli kontrollimine ja dokumenteerimine

- Kontrollimisega tagatakse ehitustööde aluseks oleva töömudeli kvaliteet ja kasutatavus.
- Lähteandmete põhjal koostatud töömudelit kontrollitakse enne mudeli kasutuselevõttu.
- Kontrollimisel tehakse järgmist:
 - tutvutakse töömudeli kaaskirjaga ja vaadatakse üle märgitud kõrvalekalded;
 - vajaduse korral palutakse projekteerijal lähteandmeid täiendada;
 - kontrollitakse töömudelite ning objektil kasutatava koordinaat- ja kõrgussüsteemi ühtivust;
 - kontrollitakse, kas kõik vajalikud tarindiosad on modelleeritud;
 - kontrollitakse mudeli murdejoonte katkematust;
 - kõrvaldatakse liigsed jooned, punktid ja mudeliosad;
 - täidetakse lähteandmete väikesed lüngad, mis ei eelda projekteerijalt uusi lähteandmeid.
- Kontrollitakse, kas töömudeli järgimine ehitamisel ei tekita ohtu; vastutajaks on tööjuh, mõõtmistöode eest vastutav isik kontrollib tööohutuse seisukohalt kriitilisi töömudeleid koos vastava töödejuhatajaga.
- Töömudel konverteeritakse masinjuhtimissüsteemile sobivasse formaati.
- Töömudeli kontrollimine dokumenteeritakse, märkides kontrollimisakti ainult avastatud vead ja tehtud olulised muudatused.
- Pärast kontrollimist ja vajalike paranduste tegemist on töömudel valmis kasutuselevõtuks.

3.2. Masinjuhtimissüsteemi ja GNSS-tugijaama täpsuse kontrollimine ja dokumenteerimine

Nõue

Töömasinade ja tugijaamade kontrollmõõtmisi tehakse tahhümeetri või GNSS-seadme abil töömasinade puhul vähemalt kord nädalas ja GNSS-tugijaamade puhul kord kuus. Kontrolli tulemused dokumenteeritakse. Kui kontrollmõõtmisel saadud tulemus ületab tabelis 1 märgitud masinjuhtimissüsteemi täpsusnõude, tuleb juhtimissüsteem kalibreerida. Kui täpsusnõuded on täidetud, võib tööd jätkata. Nende toimingute eest vastutab objekti mõõtmistöõde juht ja/või masinjuhtimise eest vastutav isik.

Juhis

Masinjuhtimissüsteemi kontrollimine ja dokumenteerimine

GNSS-tugijaama kontrollimine

- Masinjuhtimissüsteemi täpsuse kontrollimisega tagatakse võimalus tarindite projektikohaseks ehitamiseks tabelis 1 märgitud täpsusega.
- Lokaalse GNSS-tugijaama regulaarsel kontrollimisel veendutakse, et tugijaam ei ole liikunud ja mõõteseadet töötab normaalselt. GNSS-tugijaama asukohta ja süsteemi toimimist kontrollitakse tahhümeetri abil kord kuus või siis, kui on põhjust arvata, et tugijaama asukoht on muutunud. Lisaks kontrollitakse vähemalt kord nädalas GNSS-tugijaama täpsust tuntud koordinaatpunkti mõõtmisega tugijaamaga seotud GNSS-seadmega. GNSS-virtuaaljaama kasutava mõõtmise korral rakendatakse sama kontrollimeetodit. Kontrolli tulemused dokumenteeritakse.

Masinjuhtimissüsteemi kontrollimine

- Töömasinade 3D-juhtimissüsteemide kontrollimisel veendutakse, et masina tera positsioneerimistäpsus objekti koordinaatsüsteemis ei ületa tabelis 1 märgitud nõudeid.
- Masinjuhtimissüsteemide täpsust kontrollitakse iga kord enne masina esmakordset kasutuselevõttu objektil. Töömšina kontrollmõõtmised tehakse objekti projektkoordinaadistikus.
- Vajaduse korral kontrollitakse objekti või uue tarindiosa ehitamise algstaadiumis automaatikasüsteemi töötäpsust eraldi kokkulepitava (näiteks nädala pikkuse) tõendusperioodi jooksul, mil kontrollmõõtmisi tehakse iga päev.
- Süvendite, mullete, filter- ja jaotuskihtide ehitamisel kasutatavate masinate (ekskavaator, rataslaadur, buldooser) töötäpsust kontrollitakse kord nädalas. Kontrollimisel mõõdetakse tahhümeetri või GNSS-seadmega töömšina tera asukoht või asetatakse töömšina tera tuntud mõõtepunkti.
- Tee kandekihti ning raudtee vahe- ja eralduskihte tegevate ja viimistlevate masinate (teehövel, killustikulaotur-rataslaadur, asfaldilaotur) töötäpsust kontrollitakse kord päevas. Selleks mõõdetakse tahhümeetriga töömšina tera asukoht või asetatakse töömšina tera tuntud mõõtepunkti.
- Tulemus saadakse masinjuhtimissüsteemi ruumiandmete võrdlemisel mõõteseadme või mõõtepunkti koordinaatidega. Kui kontrollimisel tuvastatakse tabelis 1 märgitud täpsusnõuetest suurem kõrvalekalle, tuleb masinjuhtimissüsteem kalibreerida.
- Lisaks kontrollitakse töö käigus tahhümeetri või GNSS-seadme abil pisteliselt valmis tarindiosa.

- Kontrollimisel dokumenteeritakse järgmised andmed: töömasin, aeg, koordinaatide x, y ja z kõrvalekalded ning kontrollmõõtmise meetod, täpsusandmed ja kontrollija.
- Kontrolli viib läbi objekti mõõtmistöde eest vastutav isik või masinjuhtimissüsteemi tugiisik koos töömasina juhiga. Tööjuhid peavad jälgima kontrolli tulemusi või olema nendega kursis.

3.3. Teostusandmete mõõtmine masinjuhtimissüsteemi abil ja muu tööaegne kvaliteedikontroll

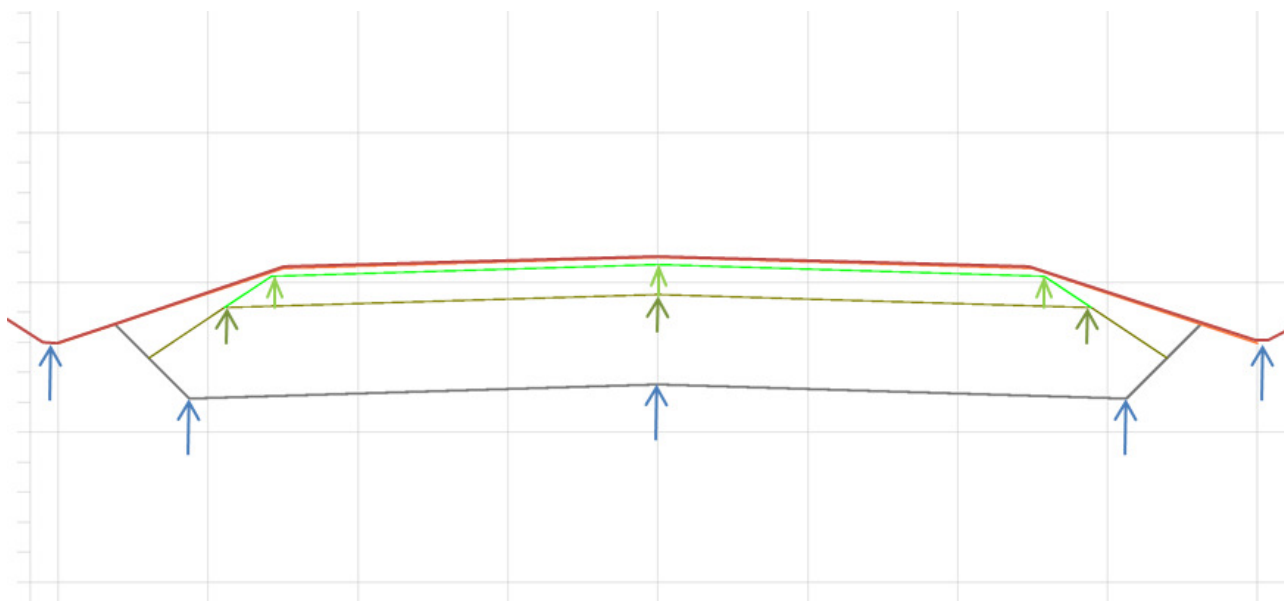
Nõue

Tööaegsed mõõtmised tehakse tarindiosade kaupa vähemalt 20 m sammuga tarindi ristlõike murrete (kaldemuutuste) kohalt. Tööjuhtidele ja järelevalve teostajatele luuakse sobiva visualiseerimistarkvara abil võimalus mõõtmistulemuste jälgimiseks reaajas. Töömasinate juhte instrueeritakse teostusandmete mõõtmisest. Vastutajaks on mõõtmistöde juht ja/või masinjuhtimise eest vastutav isik.

Juhis

Teostusandmete mõõtmine masinjuhtimissüsteemi abil

- Teostusandmete mõõtmisega masinjuhtimissüsteemide abil tagatakse tarindite vastavus kvaliteedinõuetele ja saadakse informatsiooni töö käigust.
- Masinjuhtimissüsteemidega mõõdetakse tabelis 1 märgitud tarindiosade teostusandmeid, kui kontrollimisel on kindlaks tehtud, et positsioneerimistäpsus vastab tabelis 1 märgitud tarindiosade täpsusnõuetele.
- Teostusmõõtmise tegevaid töömasinate juhte juhendatakse ja nõustatakse töö käigus.
- Vajaduse korral koostatakse juhtidele teostusmõõtmise käsitlev juhend või joonis, mis on töömasinas saadaval. Masinjuhtimise eest vastutavad isikud ja tööjuhid jälgivad teostusandmete mõõtmise õigsust.
- Masinjuhtimissüsteemi abil mõõdetakse tabelis 1 märgitud tarindite teostusandmeid.
- Masinjuhtimissüsteemi abil mõõdetakse süvendite, mullete ja kihhtarindite, tarindisse paigaldatavate survetorustike, kaablikaitsetorustike, kaablite ja valgustipostide taldmike teostusandmeid.
- Masinjuhtimissüsteemi abil mõõdetakse kaevude, äravoolutorustike, kaablikaitsetorustike plokkide jms pinnasetarindite (paigaldusalused ja täited) teostusandmeid.
- Masinjuhtimissüsteemi võib kasutada kandekihi, raudtee vahekihi ja katendi aluse teostusandmete mõõtmiseks, kui on tõendatud, et juhtimissüsteemi täpsus vastab täpsusnõuetele.
- Mõõtmised tehakse tee pikisuunal vähemalt 20 m sammuga joonisel 1 noolega näidatud kohtades.
- Näide teostusandmete mõõtmisest ekskavaatori masinjuhtimissüsteemi abil:
 - enne mõõtmist veendutakse, et kopp on kalibreeritud, GNSS-süsteem kasutab täppispositsioneerimist (võtab vastu RTK-korrektuure ja on režiimil RTK-FIX) ja mõõtmise objektiks oleva tarindi mudel on aktiivne ja/või tarindiosa kood on valitud;
 - mõõtmisel juhatakse kopa põhi horisontaalgeomeetriat arvesse võttes täpselt vastu maad kohta, kust punkti tahetakse salvestada;
 - juhtimissüsteemi funktsiooni abil salvestatakse mõõtmistulemus.



Joonis 1. Eesmärk on teha töömasinaga teostatavad mõõtmised kohtades, mis määravad tarindi ristlõike profiili. Joonis on illustreeriv ja töö käigus võib mõõtepunkte täpsustada

3.4. Kontrollmõõtmine 200 m sammuga ja tarindi muutumiskohtades

Nõue

Kontrollmõõtmisi tehakse sirgetel teelõikudel vähemalt 200 m sammuga ja tarindite muutumiskohtades. Kui tee horisontaalgeomeetria kurviraadius on alla 3000 m, tehakse kontrollmõõtmised 100 m sammuga. Kontrollmõõtmised tehakse ristlõigete murdekohtades. Väikestel objektidel (ulatus < 200 m) mõõdetakse iga tarindiosa puhul vähemalt üks ristlõige. Tarindite nõuetekohasust kontrollitakse mõõtmistulemuste võrdlemisega tabelis 1 märgitud andmetega.

Juhis

Kontrollmõõtmine mõõteseadmega

Tabelis 2 on märgitud mõõtmisamm tabelis 1 märgitud tarindite puhul.

Tabel 2. Mõõtmisamm tee pikisuunal

Tee horisontaalgeomeetria	Mõõtmisamm (m)
Sirge	200
Kurviraadius > 3000	200
Kurviraadius < 3000	100

- Kontrollmõõtmistega tehakse kindlaks tarindi vastavus kvaliteedinõuetele.
- Kontrollmõõtmisi tehakse ka tarindi muutumiskohtades (st kohtades, kus alustarindi tüüp või kihipaksus muutub).
- Ristlõigete murdepunktide kontrollmõõtmised tehakse InfraRYL-i kohaselt, kuid suurema mõõtesammuga.
- Väikestel objektidel (ulatus < 200 m) mõõdetakse iga tarindiosa puhul vähemalt üks ristlõige.
- Tarindite teostusandmete nõuetekohasust kontrollitakse mõõtmistulemuste võrdlemisega tabelis 1 (InfraRYL) märgitud andmetega.
- Kui kontrollmõõtmiste tulemused ei vasta tabeli 1 (InfraRYL) nõuetele, valitakse mõõtesammuks 50 m ja tehakse vajalike mõõtmiste abil kindlaks kõrvalekallete kohad ning kõrvaldatakse puudused. Kui remonditud objekti neljalt ristlõikelt saadud mõõtmistulemused ei erine InfraRYL-i nõuetest, võib jätkata mõõtesammuga 200 m. Kui objekti või selle osa ei ole võimalik teostada masinjuhtimise abil ja töömudeli järgi, tehakse vastava osa kontrollmõõtmised InfraRYL-i kohaselt.
- Kõrvalekalded likvideeritakse töö käigus kohe, kui need avastatakse. Kui puudust ei saa kõrvaldada või kui see jääb tarindi sisemusse, esitatakse kõrvalekallete aruanne. Aruanne sisaldab analüüsi kõrvalekalde mõjust tarindile.

4. DOKUMENTEERIMINE

Mudelipõhise kvaliteedikontrolli tulemuseks on tellijale üleantavad dokumendid ning teostus- ja mõõtamised. Mudelipõhise töö andmed esitatakse kontrollimiseks tööjuhtidele ja tellijale.

Töövõtja koostab ja arhiveerib järgmised mudelipõhise kvaliteedikontrolli dokumendid ja andmed:

- töömudelite kontrolli aktid;
- töö teostamisel kasutatud töömudelid;
- 3D-masinjuhtimissüsteemide ja GNSS-tugijaamade kontrolli aktid;
- 3D-masinjuhtimissüsteemide abil mõõdetud teostusandmete punktid;
- kontrollmõõtmiste tulemused 200 m sammuga ja kurvides väiksema mõõtmisammuga (tabeli 2 kohaselt).

Teostusandmete ja kontrollmõõtmiste kohta esitatakse kaardipõhised ruumiandmed ning teoreetilise tarindipinna ja mõõtmistulemuste numbrilised erinevused.