

**EESTI JA SOOME RAUDTEEDE ALUSPLAANIDE
DETAILSUST, TEHNOVÕRKUFKMD E OLUKORDA
JA PROJEKTEERIMISTAVASID VÕRDLEV
UURIMISTÖÖ**

**COMPARATIVE RESEARCH ON THE DETAILS OF
GEODETIC PLANS, THE SITUATION OF UTILITY
NETWORK AND OVERALL DESIGN PRACTICES IN
ESTONIAN AND FINNISH RAILWAY SECTOR**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Vaidar Vatman

Üliõpilaskood 177542EATI

Juhendaja: Arto Lille
Teedehituse ja geodeesia
uurimisrühma lektor

Tallinn 2022

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

30.05.2022

Autor: Vaidar Vatman

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

30.05.2022

Juhendaja: Arto Lille

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

".....".....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Vaidar Vatman

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Eesti ja Soome raudteede alusplaanide detailsust, tehnovõrkude olukorda ja projekteerimistavasid võrdlev uurimistöö“,

mille juhendaja on Arto Lille,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

30.05.2022

Ehituse ja arhitektuuri instituut

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Vaidar Vatman, 177542EATI..... (nimi, üliõpilaskood)
Õppekava, peeriala: EATI02/17 - Teedehitus ja geodeesia..... (kood ja nimetus)
Juhendaja(d): Teedehituse ja geodeesia uurimisrühma lektor, Arto Lille,
6202606..... (amet, nimi, telefon)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Eesti ja Soome raudteede alusplaanide detailsust, tehnovõrkude olukorda ja projekteerimistavasid võrdlev uurimistöö

(inglise keeles) Comparative research on the details of geodetic plans, the situation of utility network and overall design practices in Estonian and Finnish railway sector

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Eesti ja Soome avalike hangete alusdokumentatsiooni võrdlus ja parima meetoodika väljaselgitamine
2. Eesti ja Soome geodeetiliste alusplaanide võrdlus ja parima meetoodika väljaselgitamine
3. Eesti ja Soome tehnovõrkude andmehalduse praeguse olukorra väljaselgitamine ja tulevikuks lahenduste pakkumine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa kirjutamine, andmete kogumine	08.05.2022
2.	85% tööst valmis, kaitsmistaotluse esitamine	09.05.2022
3.	Töö 100% kirjutatud, esitamine viimaseks ülevaatuseks	18.05.2022
4.	Töö kaitsmine	01.06.2022

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 30.05.2022

Üliõpilane: Vaidar Vatman 30.05.2022
/allkirjastatud digitaalselt/

Juhendaja: Arto Lille 30.05.2022
/allkirjastatud digitaalselt/

Programmijuht: Sander Sein
/allkiri/

SISUKORD

Lühendite ja tähiste loetelu.....	6
1. SISSEJUHATUS.....	7
2. AVALIKUD HANKED JA LÄHTEDOKUMENTATSIOON.....	9
2.1 Riigihangete regulatsioon ja üldised dokumendid.....	9
2.2 Avalike hangete lähtedokumentatsiooni võrdlus.....	11
3. GEODEETILISED ALUSPLAANID	13
3.1 Geodeetilised alusplaanid ja nende detailsus Eestis	13
3.2 Geodeetilised alusplaanid ja nende detailsus Soomes	16
3.3 Plaanilised näited Soomest ja Eestist.....	18
3.3.1 Mõõdistuspunktid ja kõrgusinfo	22
3.3.2 Hooned ja rajatised	24
3.3.3 Reljeef.....	27
3.3.4 Maa-alused tehnovõrgud.....	29
3.4 Topo-aluste võrdlus Eestis ja Soomes	33
4. RAUDTEED JA TEHNOVÕRGUD	36
4.1 Raudtee infrastruktuur Eestis ja Soomes	36
4.2 Raudtee tehnovõrgud	37
4.2.1 Raudtee tehnovõrkude projekteerimine Eestis ja Soomes	37
4.3 Raudtee tehnovõrgud & andmehaldus.....	39
4.3.1 Raudtee tehnovõrgud & andmehaldus Eestis.....	40
4.3.2 Raudtee tehnovõrgud & andmehaldus Soomes	47
4.3.3 Kokkuvõtte tehnovõrkude praegusest olukorrast raudteedel ..	51
KOKKUVÕTE.....	57
SUMMARY.....	60
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	63
Lisa 1 Soome EUREF-FIN püsipunktide klassifikatsioon.....	66

Lühendite ja tähiste loetelu

ESPD – Euroopa ühtne hankedokument (ingl. k *European single procurement document*)

ELT – Euroopa Liidu Teataja (ingl. k *Official Journal of the European Union*)

TED – Euroopa Liidu Teataja internetiversioon, mis sisaldab teavet Euroopa riigihangete kohta (ingl. k *Tenders Electronic Daily*)

RHR – Riigihangete register

KOV – kohalik omavalitsus

EVR – Eesti Raudtee AS

EL – Euroopa Liit

GNSS – Globaalne satelliitnavigatsioonisüsteem (ingl. k *Global navigation satellite system*)

RTK – Tehnika, mida kasutatakse GNSS-i positsioonide täpsuse suurendamiseks fikseeritud tugijaama (ingl. k *Real time kinematic*)

GIS – Geoinfosüsteem

BIM – üldistades mudelprojekteerimine (ingl. k *Building Infrastructure Modelling*)

EUREF-FIN - ETRS89 daatumi realiseerimisest tulenev Soome riiklik koordinaatsüsteem

1. SISSEJUHATUS

Eesti ja Soome ca 8000 km pikkune raudteevõrgustik teenindab igapäevaselt kümneid tuhandeid inimesi ja transpordib vajalikke kaupu ning materjale. Sellise võrgustiku konkurentsivõime säilitamiseks, ohutuse tõstmiseks, liikumisvõimaluste avardamiseks ning kasutajate mugavuse suurendamiseks viiakse jooksvalt läbi suuremaid ja väiksemaid projekteerimishankeid. Antud magistritöö on koostatud võrdlusena Eesti ja Soome andmetele ja praktikatele tuginedes ning keskendub raudtee sektoris läbiviidud avalike hangete alusdokumentide ja projekti käigus valminud geoluste uurimisele ning ehitussektoris suurt peavalu pakkuva tehnovõrkude hetkeolukorra välja selgitamisele. Kõige suurem rõhuasetus töös on olemasolevate raudtee kommunikatsioonidega seonduva info ja andmehalduse analüüsimisel.

Teema valik on tingitud magistritöö kirjutaja tööandjast kirjutamise ajal, milleks on raudteesektoris projekteerimis- ja konsulteerimisteenust pakkuv firma Proxion Estonia OÜ. Täpsem alateemade valik põhineb aga isiklikul kogemusel, mis on saadud nii praegusest töökohast kui ka varasemalt teedeprojekteerija tööpostilt. Põhjus, miks magistritöö on vormistatud Eesti ja Soome tavade võrdlusena, peitub eelkõige Proxion Estonia OÜ taustas. Nimelt on antud firma emafirma suur Soome raudteeturul tegutsev Proxion Plan Oy, millel on tugevad sidemed ja tihe infoliiklus oma Eesti tütarfirmaga, mis võimaldab mõlemast riigist kiiremini kindlatel teemadel infot leida.

Kui riikide vahel raudtee projekte võrrelda, siis algab see protsess mõlemal juhul projekti hankega, milles edastatakse lähteandmed projekteerijale pakkumise tegemiseks. Eesti ja Soome segameeskondades Soome projektidega töötades ja inimestega suheldes kujunes välja arvamus, et Soomes on Eestiga võrreldes kogu hanke protsess, struktuur ja projektide dokumentatsioon palju lihtsam kui Eestis. Sellest tulenevalt uurib ja võrdleb autor magistritöö esimeses peatükis avalike hangete läbiviimise korda ja seal käsitletavaid dokumente, püüab leida riigiti erinevusi ja selgitada välja parima praktika tulevikuks.

Järgmises peatükis keskendutakse detailselt lähteandmete raames kogutud geodeetilise alusplaani võrdlemisele. Selline võrdlusaspekt on magistritöö raames põhjalikult ette võetud, sest juba esimene projekteerimistöö, mis sai töö kirjutaja poolt Soome esitatud tegi selgeks, et Eestis iga joonise all maapinna situatsiooni kujutav geoalus on Soomes kujutatud hoopis teisiti. Töö käigus selgus, et Soomes asendiplaanidel esitatav maapinnakujutus kannab tihtipeale hoopis aluskaardi nimetust, sest tegemist ongi kohalikust Riiklike Maamõõdistuste portaalist alla laetud kaardiga, mis on oma

detailsuselt piisav paljudes raudteesektoris esitatavates projektlahendustes kasutamiseks.

Kolmas suurem teemaplokk käsitleb raudteemaal paiknevaid tehnovõrke ja nende andmete haldamist. Raudtee süsteemid on kontrollitud ja juhitud kõiksuguste automaatikaseadmete poolt, mis vajavad toimimiseks ja omavahel suhtlemiseks kaabliühendusi. Raudteemaal paikneb palju erinevaid raudtee tööks vajalikke kaableid ning ka muid kommunaaltrasse, mis raudteega ristuvad. Kogu maa-alune tehnovõrgustik ei ole aga nii hästi kaardistatud kui maapealne olukord ning läbi ajaloo on sageli ette tulnud ehitustööde käigus kaablite vigastamist. Antud magistritöö raames proovitakse selgeks teha praegust olukorda, mis puudutab tehnovõrkude kohta teadaolevat infot, et näha, kas olukord on aastatega läinud paremaks. Eeldades, et Soomes on olukord parem, võrreldakse mõlema riigi kohta leitud andmeid ja esitatakse nägemus suunast, kuhu tulevikus antud valdkonnas võiks liikuda.

Kogu magistritöö üldisemaks eesmärgiks on arenevas infrastruktuurisektoris riikide võrdluses erinevate lähenemiste võrdlemine ning seeläbi mõlemaid pooli arvestades leida parim võimalik viis, millega vähendada projekteerimisfaasis kulutatavat aega ja ressursse.

2. AVALIKUD HANKED JA LÄHTEDOKUMENTATSIOON

Esimeseks eesmärgiks antud magistritöö raames oli Eesti ja Soome projektide avalikes hanges esitatud dokumentatsiooni uurimine ja üldise hankesüsteemi võrdlemine. Alusdokumentide võrdlemisel kasutati Soome poole näidetena projekte: „Tahera silla ehitusprojekt“ (leping IR205072), „Turu raudteetehase arendamine ja Kupittaa - Turu kaheööpalise raudtee ehitus, Koulukatu alune läbisõit, ehituse planeerimine“ (leping IR 214310) ning „Kuopio raudteetehase ehitusprojekt“ (leping IR212541). Kogu antud töös kasutatav Soome avalike hange dokumentatsioon on alla laetud varasemalt Proxion Plan OY poolt pakkumise koostamiseks HILMA veebiportaalist firma võrgukettale ja on lubatud antud magistritöö käigus kasutamiseks. Eesti näidetena on kasutatud alusdokumentide võrdluseks projekte: „Tartu mnt raudteealuste kergliiklustunnelite põhiprojekti koostamine“ (töövõtuleping nr 2906211/TKA199), „Ülemiste raudteejaama tunnelite 1a, 2, 3 ja 5 ehitusprojekt“ (töövõtuleping nr 1009211/TKA273) ja „Tapa jaama sorteerimispargi rekonstrueerimine“ (viitenumber: 242684). Kogu Eesti projektide alusdokumentatsioon on tasuta ligipääsetav Riigihangete Registris (RHR).

2.1 Riigihangete regulatsioon ja üldised dokumendid

Eesti riigihangete sektor on reguleeritud riigihangete seadusega [1] ning rahandusministeerium vastutab kogu valdkonna poliitika eest [2]. Antud seaduse kohaselt on Eestis lihthanke piirmäär asjade või teenuste hankelepingu korral 30 000 € ning ehitustööde puhul 60 000 €. Riigihanke piirmäär on vastavalt 60 000 € ja 150 000 € [3]. Alates 2012. aastast tuleb Eestis nii liht- kui ka riigihankeid avaldada RHR-is.

Soomes on kasutusel sarnast rolli täitev riigihankeseadus (soome k *Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016*). Ka seal loetakse kõik vähemalt 60 000 € väärtused lepingud üleriiklikeks lepinguteks ja need peavad olema registreeritud eelnimetatud seaduse alusel pakkumismenetlusele HILMA portaalis Hankintailmoitukset.fi. Hankintailmoitukset.fi on Soome ametlik riigihangete teavitusteenus, kust leiab infot nii tulevaste, käimasolevate kui ka lõppenud pakkumiste kohta. Antud lehekülge haldab Soome tööhõive- ja majandusministeerium. Riigihangete seadus siseriiklike lepingute korda ega sisu ei täpsusta, kuid on nõutud, et valitud kord peab tagama hankemenetluses osalejate ja teiste tarnijate õiglase ja võrdse kohtlemise. Samuti peab menetlus olema läbipaistev ja arvestama proportsionaalsuse nõudeid. Alla 60 000 € väärtuste lepingute puhul võib hankija ise valida endale sobiva hankemenetluse meetodi [4]. Kuna mõlemad riigid kuuluvad Euroopa Liitu ja peavad järgima vastavaid standardeid, siis on Euroopa Liidu sätestatud maksumuse piirmäära ületamise korral hankeprotsess riigiti samasugune. Vastavalt reeglitele avaldatakse

avalik hange Euroopa Liidu Teatajas (ELT) ja neile hanketeadele pääseb ligi läbi Euroopa Liidu Teataja internetiversiooni TED (ingl. k *Tenders Electronic Daily*) andmebaasi. Soomes lisatakse Euroopa Liidu piirmäära ületanud hange ka Hilma portaali ning Eestis vastavalt RHR-i [5,6].

Eesti riiklike hangete alusdokumentatsioon RHR-is algab elektrooniliselt hanketeate avaldamisega, kus esitatakse hankija poolt hanke ja hankijaga seonduv informatsioon, kvalifitseerimistingimused ja kõrvaldamise alused. Lisaks tuuakse välja hindamiskriteeriumid, nõutavate dokumentide nimekiri ja hankepass. Hankepass ehk Euroopa ühtne hankedokument (ESPD, ingl. k *European single procurement document*), esitatakse hankija poolt tingimustega tutvumiseks ja pakkuja täidab selle elektrooniliselt infosüsteemis või ESPD teenuses. Eelmainitud dokumendid võib liita hankepassi alla ja käsitleda neid kui hankepassi osasid. Hankepassi täites kinnitab ettevõtja kvalifitseerimistingimustele vastamist ja kõrvaldamise aluste esinemist või puudumist [5]. Hankepassi tingimused ja standardvorm on määratud Euroopa Komisjoni 2016. aastal koostatud rakendusmääruses nr 2016/7 [7]. Hankepass on nõutud avaliku sektori hankemenetlustes kui on ületatud riikliku hanke piirmäär. Kui hanke maksumus jääb alla piirmäära, siis on hankepassi kasutamine vabatahtlik ja hankija võib kasutada standardset hankepassi või RHS § 104 lõikes 2 kajastatud teavet sisaldavat enda koostatud kinnitusvormi [8]. Lisaks hankepassile esitatakse pakkumuses vajalikud dokumendid, mis kinnitavad firma pädevust antud tööprotsessis osaleda ja tehtud töö eest vastutada. Pädevust kinnitavate dokumentidena lisatakse pakkumisele asjakohased sertifikaadid firma finantsinfo ja suutlikkuse kohta ning vastutavate isikute loetelu. Alltöövõtu puhul on pakkumuses esitatud lepingud, mis kajastavad rollide jaotumist ja vastutuse jagunemist erinevate osapoolt vahele, samuti võimalike lisatööde loetelu ning kuuluvust/mitte kuuluvust antud hinnapakumise hulka. Suuremad tööprotsessid kirjeldatakse lahti ning tuuakse välja erinevate tööde alla kuuluvad töö etapid, nende esitamise vorm ning maksumused. Lisaks täpsustatakse ajagraafikul planeeritud tööde ajaline paiknevus ja üldised kohustused, millega projekti käigus osapooled peavad arvestama. Lõplik hinnapakumine esitatakse Exceli tabelina või PDF-vormingus eraldiseisvalt või üldises pakkumuse dokumendis.

Soomes on vastavalt riigihankeseadusele hangete sisu ja nõuded täpsustamata ning firmadel on välja kujunenud oma hankedokumentatsioon ja hanke läbiviimise protsess [4]. Soome transpordi- ja infrastruktuuri amet ehk *Väylävirasto* on üks suurimaid infrastruktuuri sektori hangete tellijatest. Antud magistritöös on täpsemalt uuritud hankedokumente, mis pärinevad *Väylävirasto* väljakuulutatud hangetest. Hanke alustamiseks esitatakse hankija poolt HILMA portaalis hanketeade. Hankel osalemiseks vajaminev dokumentatsioon on projektipõhiselt erinev ja sõltub projekti keerukusest,

mastaabist ja muudest mõjutavatest teguritest. Kindlasti on nõutav hanke pakkumise dokumentide loetelus esitada firma taustainformatsioon, et kinnitada firma võimekus ja usaldusväärsus hanke pakkujale. Selleks kasutatakse Soomes kolmandate osapoolte poolt väljastatavaid firma taustainfo ning krediidiinfo kinnitajaid, nt Suomen Asiakastieto Oy ja Vastuu Group Oy. Finantsaruandest on näha hankes osaleva firma maksevõimekus, likviidsus, käive ning konkurentsivõimelisus, mille pealt antakse firmale üldine hinnang. Lisaks esitatakse aruanne, kus on näha firma eelmised lõpetatud projektid ning hetkel käimasolevad projektid. Antud aruandes tuuakse välja projektide tellija, projekti nimetus, lepingu väärtus, lepingu algus- ja lõpp kuupäev ning põhilised tööülesanded ja rakendamismeetodid antud projekti raames. Sellega antakse hankijale kindlustunne, et pakutud töö suudetakse ka ära teha. Kui on planeeritud kasutada töös alltöövõtjaid, siis lisatakse pakkumisse ka alltöövõtjate nimekiri. Seal kirjutatakse lahti, mis projekti osades milliseid alltöövõtjaid ning konsultante kasutada soovitakse. Kui on nõutud, siis lisatakse juurde tõend kehtiva sertifikaatsiooni kohta, mis lubab antud projektis osaleda ja tehtud töö eest ka vastutada. Samuti lisatakse tavaliselt pakkumisele juurde täpsustav ajagraafik, kus on näidatud erinevates etappides tööprotsessid ja nende ajalised kestused. Viimasena lisatakse juurde kas Exceli tabelina või PDF-vormingus hinnapakumine, kus on välja toodud töö erinevad etapid ning nende maksumus.

2.2 Avalike hangete lähtedokumentatsiooni võrdlus

Nii Soomes kui Eestis on üldiste hanke alusdokumentide peamine ülesanne selgitada hanke sisu jagades selle jaoks vajalikku kaasinformatsiooni, kirjeldada nõudmised, st konkreetse situatsiooni tehnilised tingimused, projekteerimistingimused pakkujale ning anda hindamiskriteeriumid. Hanke alusdokumentide põhjal kujuneb hilisem leping, kus jagatakse ära vastutus, selgitatakse vastutavad isikud ja nõudmised. Mõlemad osapooled kinnitavad enda nõuetele vastavust, st et hange on esitatud ja viiakse läbi seaduspäraselt ja hanketingimustele vastavalt [9,4]. Pakkumuse osas on nii Eesti kui Soome dokumentatsioon üsna sarnase sisuga. Mõlemas riigis on vajalik pakkujal tõendada enda pädevust antud vallas tegutsemiseks ja tehtud töö eest vastutuse võtmiseks. Selleks esitatakse kehtivad sertifikaadid ning isikuliselt vastutavate inimeste nimed ning nende pädevustunnistused. Samuti on vajalik tõestada firma konkurentsivõimelisust ja maksevõimekust, esitades selleks finantsregistrist saadud makseraporti. Riiklikud hanked, mis ei ületa EL määratud piirmäärasid, on Eestis rohkem ära reguleeritud riigihangete seadusega. Soome riigihankeseadus jätab hankijale rohkem valikuvõimalusi ja ei reguleeri kuidagi hankemenetluse korda või dokumentatsiooni sisu. Nõutud on vaid, et riiklikul hankel säiliks läbipaistvus ja võrdsed võimalused kõigile pakkujatele. Siiski, ilma riigi täpsema regulatsioonita, on üldine

dokumentide sisu Eestis ja Soomes väga sarnane. Kõige suurem erinevus jääb silma vormistuse poole pealt. Eesti projektide alusdokumentatsioon, mis tellija poolt esitatakse, viitab erinevate nõuete ja vastavuste puhul seaduses toodud punktidele ja on pigem raskesti loetav. Soome projektis on lähteandmed ja nõudmised antud edasi suusõnalisemalt ja selgemini mõistetavalt. Kirjeldatakse selgelt olemasolevat olukorda ja tehtavate tööde nimekirja, viitamata selle juures liiga palju kolmandatele dokumentidele, millele tuginetakse. Nii Eesti kui Soome projektide alusdokumente võrreldes selgus, et harva esitatakse alusdokumentides detailselt hilisemaks projekteerimiseks vajalikku infot nagu geodeetilisi jooniseid, tehnovõrkude plaane ja tehnovõrkude haldajate infot. Mõlemal pool jääb täpsema info välja selgitamine hilisemaks töövõtja kohustuseks. Selline käitumisviis jätab võimaluse, et projekti käigus erinevatelt kolmandatelt osapooltelt tehniliste tingimuste pärimise käigus tekivad nõuded, mis nõuavad lisatööde või lisakulutuste tegemist.

Magistritöö kirjutaja soovitus antud teemal oleks alusdokumentides tellijal anda rohkem hilisemaks projekteerimiseks vajalikku infot. Selline käitumisviis annaks projekteerijatele parema aimduse kogu tööprotsessi mahust, annaks võimaluse arvestada võimalike lisatöödega ning väldiks ka tellija jaoks hilisemaid ebameeldivaid viivitusi. Kokkuvõttes hoiaks selgemate alusdokumentidega varustamine hilisemas tööprotsessis aega kokku ja tööde kulg oleks lihtsamini jälgitavam ja etteaimatav.

3. GEODEETILISED ALUSPLAANID

Selles peatükis vaadeldakse projekteerimises kasutatavaid geodeetilisi alusplaane, mis on koostatud Eesti ja Soome nõuetele vastavalt. Siin tuuakse välja mõlemas riigis kasutatavate alusplaanide iseloomulikud küljed ning võrreldakse neid omavahel. Eesmärk on välja selgitada, milline on kõige efektiivsem ja mõistlikum viis, kuidas projekteeritud asendiplaanidel, eskiisilahendustel ja erijoonistel kuvada taustal maapinda ja situatsiooni kirjeldavat plaani, mis aitaks joonist paremini mõista. Esmalt vaadeldakse topoaluste mõõdistamiseks ette nähtud eeskirju ja tavasid ning seejärel plaanilisi näiteid praktiliste tööde põhjal.

Geodeetilisi alusplaane nimetatakse vahel ka topoalusteks, geoalusteks või topoplaanideks ja nende puhul tehtavat tööd kutsutakse topo-geodeetilisteks uuringuteks. Topo-geodeetiline uuring on geodeetiliste tööde kogum, mille käigus selgitatakse välja, kirjeldatakse ja esitletakse olemasolevat olukorda planeeringuga seotud maa-alal või kavandatava ehitisega seotud maa-alal enne ehitusprojekti koostamist. Sellised tööd on enamasti projektipõhised ja vajalikud lähteandmete kogumisel. Lähteandmete all peetakse silmas maapealse situatsiooni kirjeldamist, st sealsete puude, põõsaste, teede, aedade ja muude rajatiste täpset paiknemist ning maa-aluste tehnovõrkude asendiplaanilist ja kõrguslikku asukoha määramist [11].

3.1 Geodeetilised alusplaanid ja nende detailsus Eestis

Eestis on igal kohalikul omavalitsusel õigus täpsustada oma topo-geodeetiliste mõõdistus- ja uurimistöde korda. Erinõuete seadmine on lubatud ka projektipõhiselt tellija poolt. Erinõuded käsitlevad tavaliselt konkreetset olukorda projekteeritava alal ja täpsustavad üldiseid nõudeid. Kõik kohaliku omavalitsuse (KOV) vastuvõetud teemakohased määrused ning tellija või võrguvaldajate poolt esitatud nõudmised peavad olemas kooskõlas üleriigiliselt kehtivate geoloogiliste mõõdistus- ja uurimistöde nõuetega nagu majandus- ja taristuministri poolt 14.04.2016 vastu võetud Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded, määrus nr 34 [11]. Tallinna linnas läbiviidavad topo-geodeetilised mõõdistused jälgivad Tallinna Linnavalitsuse poolt 27.05.2009 vastu võetud määrust nr 52 Geodeetilised mõõdistus- ja uurimistöde tegemise kord ning üleriiklikku eelmainitud määrust nr 34. Kõik kohalike omavalitsuste vastuvõetud juhised tööde tegemiseks on leitavad Riigi Teatajast.

Vastavalt üleriiklikele nõuetele saab eristada enne ehitustööde projekteerimist läbiviidavat mõõdistust ning ehitusjärgset kontrollmõõdistust ehk teostusmõõdistust.

Ehitusjärgne teostusjoonis peab kajastama kõiki ehitamise käigus tehtud muudatusi, teostusmöödistatud maa-aluseid tehnovõrke ning ehituseelset säilinud maapealset situatsiooni ja maa-aluseid tehnovõrke [11]. Sellised plaanid annavad võimaluse kolmandal isikul kontrollida, kas joonistel esitatud andmed (sh kõrgus, koordinaadid) lähevad hiljem kokku ka ehitusjärgse situatsiooniga.

Kohapealse situatsiooni möödistamiseks on ettenähtud täpsusnõuded, kuid tehnoloogia, millega nendeni jõuda pole juhistes määratletud. Seega lubatud on nii globaalse satelliitnavigatsioonisüsteemi (GNSS) kasutamine (Euroopas Galileo, USA-s GPS, Venemaal GLONASS ja Hiinas BeiDou), kus möödistamisel saadakse kodeeritud signaale satelliitidelt [27], kui ka GNSS-i täpsustatud alamtehnoloogia RTK (ingl. k. *Real Time Kinematic*), kus möödistustulemused saadakse reaajas ning suurendatud on satelliidipõhiste positsioneerimissüsteemide täpsust ning vähendatud vigade arvu [28].

Maapealse objekti tasapinnalise asendi suurim lubatav viga möödistustel on:

- hoone või muu selge kontuuriga rajatise puhul 5 cm lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes ning 7 cm vastastikusel asendis;
- tehnovõrgu kaevu, aia, piirde või tee/platsi servade puhul 8 cm lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes;
- reljeefielemendi asendi puhul 1 mm möödistamisvõrgu lähimate punktide suhtes [11].

Maa-aluste tehnovõrkude tasapinnalise asendi suurim lubatud viga lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes on:

- teostusmöödistusel koordinaatpunktide puhul 8 cm;
- trassi puhul punktide vahel 0,25 m sirgjoonest;
- 1m, kui puudub nõuetekohane teostusjoonis [11].

Kõrguslik viga maapealse elemendi korral möödistamisvõrgu punktide suhtes võib olla maksimaalselt:

- püsikatendi, kaevukaane, sokli vms rajatise puhul mõõtkavades 1:500 ja 1:1000 3 cm;
- muude maapinnapunktide puhul mõõtkavas 1:500 10 cm; 1:1000 15 cm ja 1:2000 20 cm [11].

Toru ja kaevu põhja kõrguste viga lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes ei tohi ületada $3 \text{ cm} + 1 \%$ toru või kaevu põhja sügavusest kaevu luugi suhtes. Metsamaastikul võib kõrguslikku viga suurendada 1,5-kordselt [11].

Määrus Topo-geodeetiliste uuringutele ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded eeldab, et topo-geodeetilise uuringu ja teostusmõõdistuse joonised valmivad tasapinnalisena. Kolmemõõtmelise mudeli lähtetingimused või muud täiendavad nõuded saab määrata lähteülesandes tellija [11]. Kui ehitus toimub Tallinna linna territooriumil, siis kehtib alates 2009. aastast nõue esitada maa-aluste tehnovõrkude teostusmõõdistamine kolmemõõtmelisena, esitades käänupunktide koordinaadid txt-faili tabelina kolme koordinaadiga [10].

Selleks, et kõik geoalustel esitatud informatsiooni samamoodi mõistaks on seadusega ära määratud alusplaanidel kasutatavate objektide leppemärgid määruse nr 34 Lisades 1 ja 2. Kui valikus pakutud objektidest ei piisa, siis on võimalik rakendada modifitseeritud märgistamist ja lisada selle nimetusse kiri ERINOUE_. Digitaalselt maa-ala plaanil võib kasutada värvitoone vastavalt omale soovile, va mustale või valgele värvitoonile sarnased värvid, mida on raske märgata. Vaid katastripiiride kihtidel „PIIR“ ja „PIIRIMLEITUD“ on määratud kindel värvitoon vastavalt määruse nr 34 §-le 21 [11].

Geodeetilise uuringu tulemus vormistatakse määruses nr 34 leitava vormi alusel. Uuringu lõppdokumentatsiooni moodustavad:

- tellija lähteülesanne;
- seletuskiri, kus on märgitud:
 - objekti üldandmed;
 - uuringu tegemise aeg, sh täpne välitööde aeg;
 - uuringu teinud isiku nimi, registrikood, majandustegevuse registri number ja kontaktandmed;
 - vastutava pädeva isiku nimi ja kvalifikatsioon ja kaasatud isikute nimed;
 - tellija nimi;
 - lähtepunktide andmed, andmete päritolu register, geodeetiline süsteem;
 - geodeetilise sidumise andmed ja saavutatud täpsused;
 - varasemate geodeetiliste tööde loetelu ja viited neile (kui kasutati);

- kasutatud mõõdistusmetoodika, mõõdistusseadmed, andmetöötuse tarkvara;
 - selgitused maa-alal paiknevate tehnovõrkude kohta;
 - ülevaade katastriüksuste piiridest, päritolust ja plaanile kandmise viisist; vajadusel tuua välja vastuolud piirandmete ja uuringu tulemuste vahel ja võimalikud lahendused;
 - materjalide loetelu ja väljastusviis;
 - vajadusel muu selgitav määrus.
- objekti asukoha skeem koos mõõdistusalaga;
 - geodeetilise mõõdistamisvõrgu skeem, mis võimalusel ühildatud objekti asukoha skeemiga;
 - mõõdistamisvõrgu arvutus ja tulemus;
 - tehnovõrkude omanike ja valdajate loetelu koos nende kinnituste ja märkustega;
 - kaevutabelid ja muude rajatiste tehnilised andmed tellijaga kokkulepitud vormingus;
 - maa-ala plaan;
 - lisateave [11, § 9].

Tallinna linna territooriumil tehtud mõõdistustööde puhul tuleb vastavalt standardile esitada digitaalsed joonised (joonised, tabelid) Tallinna geomõõdistuste infosüsteemi (Geoveeb). Kaevude uurimisandmed esitatakse kas põhijoonisel või eraldi Exceli tabelina. Aruanded ja muu tööga seotud dokumentatsioon esitatakse Tallinna Linnaplaneerimise Ametile paber kandjal [10].

3.2 Geodeetilised alusplaanid ja nende detailsus

Soomes

Soomes on tavaks, et riik ei sekku nii suurel määral transpordisektori seadustega reguleerimisse. Juhendeid erinevate tööde läbiviimiseks töötatakse välja suuremates firmades ning agentuurides, mis tellivad suures mahus üleriiklikke töid. Geodeetiliste mõõdistuste puhul lähtutakse alates 2017. aastast Soome transpordiagentuuri poolt väljatöötatud juhiseist „Maantee- ja raudteeprojektide maastikuandmed -

mõõtmisjuhend" (soome k *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot Mittausohje 18/2017*), kuhu koondati juba aegunud Soome Maanteeameti teede projekteerimisel kasutatav maamõõdistuste juhend ning Soome Raudteeameti geodeetiliste mõõdistustööde- ja maastikumudeli mõõdistamise juhend [12].

18/2017 juhendi kohaselt esitatakse enne mõõtmiste läbiviimist tellijale mõõtmisplaan, mis sisaldab järgnevat teavet:

- lähtepunktide andmed;
- valitud mõõtemeetodite ja -seadmete loetelu;
- vaatluste üldine läbiviimise viis;
- kasutatavate arvutusmeetodite ja programmide loetelu;
- nummerdatud joonised, kus näidatud:
 - piiritletud projekteerimisala;
 - lähtepunktid ja teised fikseeritud punktid;
 - alus- ja pöörduspunktide planeeritud asukoht [12].

Mõõdistuste jaoks on juhendis ette nähtud staatiline satelliitmõõtmismeetod (GNSS) ning mõõdistused peavad vastama avaliku halduse soovitusel nr. 184 (soome k *julkisen hallinnon suosituksel, JHS184*), et lõpptulemuseks oleks EUREF-FIN koordinaatide süsteemis vähemalt E4 hindekategooriale vastavad fikseeritud punktid [12]. E3 ja E4 klassi punktideks loetakse kõiki põhilisi fikseeritud punkte. Klass E3 on mõeldud omavalitsuse üldistele fikseeritud punktidele ning E4 nende täpsustustele [29]. Väiksemates projektides, kus staatilise GNSS-mõõdistamine oleks põhjendamatult raske või kulukas, on lubatud kasutada RTK-tehnoloogiat. Sel juhul koosneb mõõtmisbaas E5-E6 kategooria tööpunktidest [12]. E5 ja E6 klassi punktid on madalamat klassi tööpunktid, mida kasutatakse mõõtmiste kaardistamise ja märgistamise lähtepunktidenä [29]. Täpsem hierarhiline skeem antud kategooria punktide kohta on toodud magistritöö Lisas 1. Maantee ja raudteeprojektide maastikuandmed – mõõtmisjuhend määrus eeldab, et geoalus vormistatakse tasapinnalise joonisena. Kui projekti kavandatakse andmemudelil, siis võib teatud maastikumudeli kohtades olla vajalik ka kolmemõõtmeline mõõtmine ja modelleerimine. Sellised objektid võivad olla näiteks valgustuspostid, portaalid, hooned jne. Kolmemõõtmelisuse nõue peab olema määratud tellija poolt hankedokumentides [12].

Punktide täpsusnõue on määratletud mõõtmisbaasi fikseeritud punktides suhtelise täpsusena, mis arvutatakse punktivea ja sama klassi naaberpunkti kauguse suhtest ja väljendatakse ppm-des (miljoniosades). 1 ppm-i saab teisendada näiteks 1 mm/km-ks, ehk kahe punkti vahel, mis on üksteisest kilomeetri kaugusel, võib mõõtmisviga olla 1 mm. Maastikumudeli objektide lubatud viga on antud millimeetrites. Soome transpordiameti juhistes 18/2017 on välja toodud detailsed täpsusnõuded erinevaid meetodeid kasutades. Maapealsete objektide asendi suhteline suurim lubatud viga on:

- konkreetse ja selge vormiga rajatise puhul 5 cm;
- kaablikaevu, lambiposti jms serva puhul 5 cm;
- tee ääre, katte serva, aia, äärekivi serva, kraavi põhja jms puhul 5 cm;
- fikseeritud kõrguspunktide ehk reljeefielementide, nt nõlvade puhul 3 cm.

Maa-aluste kaevude, torude ja kaablite määramisel on lubatud mõõdistamisviga 10 cm.

Kõrguslik viga maapealse elemendi korral võib olla maksimaalselt:

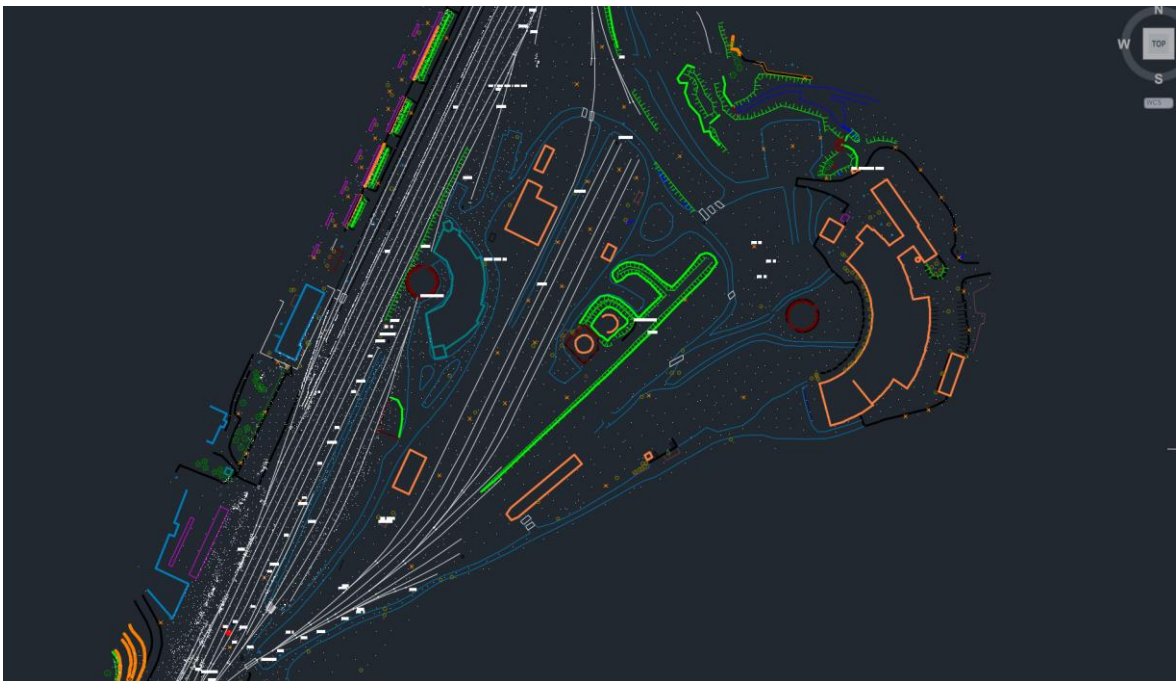
- katendi, kaevukaane, sokli vms rajatise puhul 10 cm;
- aluspunktide, pöörduspunktide ja teiste fikseeritud kõrgusega punktide puhul 1 cm;
- abistavate fikseeritud punktide puhul 5 cm [12].

3.3 Plaanilised näited Soomest ja Eestist

Tutvudes lähemalt Soome raudtee sektoris projekteeritud asendiplaanide ja erinevate erijoonistega jääb silma, et sealsed joonised on palju „puhtamad“. See tähendab seda, et fookus on selgelt uutel projekteeritud lahendustel ja erijoonistel, mis on maapinnale joonestatud. Joonise alune kaart on enamasti väga lihtne, ilma värvideta ja koosneb vaid tähtsamatest kontuuridest. Seda sellepärast, et Soomes on tihtipeale tavaks kasutada jooniste esitamisel mõõdistatud geaaluse asemel hoopis aluskaarti (soome k *pohjakartta*), mis on võimalik alla laadida Riiklike Maamõõdistuste portaalist (soome k *Maanmittauslaitos*, <https://www.maanmittauslaitos.fi/>). Antud portaal on enda detailsuselt piisav tellija poolt nõutud tingimuste tagamiseks ja meenutab oma olemuselt Eesti maa-ameti Geoportaali, kust on võimalik samuti erinevate kitsendustega kaarte alla laadida. Geodeetide mõõdistatud geaalusel saadud kõrguslikke andmeid kasutatakse rohkem ristlõigetel täpsete kõrguste märkimisel. Eestis on tavaks nii ristlõigetel kui ka asendiplaanidel pigem mõõdistatud geaaluste kuvamine ja neile

joonestamine. Erandina võib tuua eskiisi faasis teatud geomeetrised joonised, mil kasutatakse vahel ka Maa-ameti ortofotosid parema ülevaate andmiseks. Sellele tuginedes võrreldakse antud magistritöös järgnevas punktides Soome poolelt nii asendiplaanidel enim kasutatavat aluskaarti kui ka geodeetide poolt mõõdistatud projektipõhist geovalust Eestis kasutatavate geovalustega pidades silmas nende asendiplaanilist kasutamist.

Soome geodeetilise alusplaani näide kasutatud võrdluses pärineb Joensuu linna raudteehoovi rekonstrueerimisprojektist (edaspidi võrdluses nimetatud Soome geovalus). Enne antud projekti joonise kasutamist on tutvutud paljude teiste Soome projektide geodeetiliste alusplaanidega ning leitud, et Joensuu projekt iseloomustab hästi üldiseid Soomes mõõdistatud geovaluste tavasid. Antud geovalus vastab Soome transpordiameti juhistele „Maantee- ja raudteeprojektide maastikuandmed - mõõtmisjuhend“. Proxion Plan OY osales Joensuu linna raudteehoovi rekonstrueerimisprojektis peatöövõtja rollis 2020. aastal.

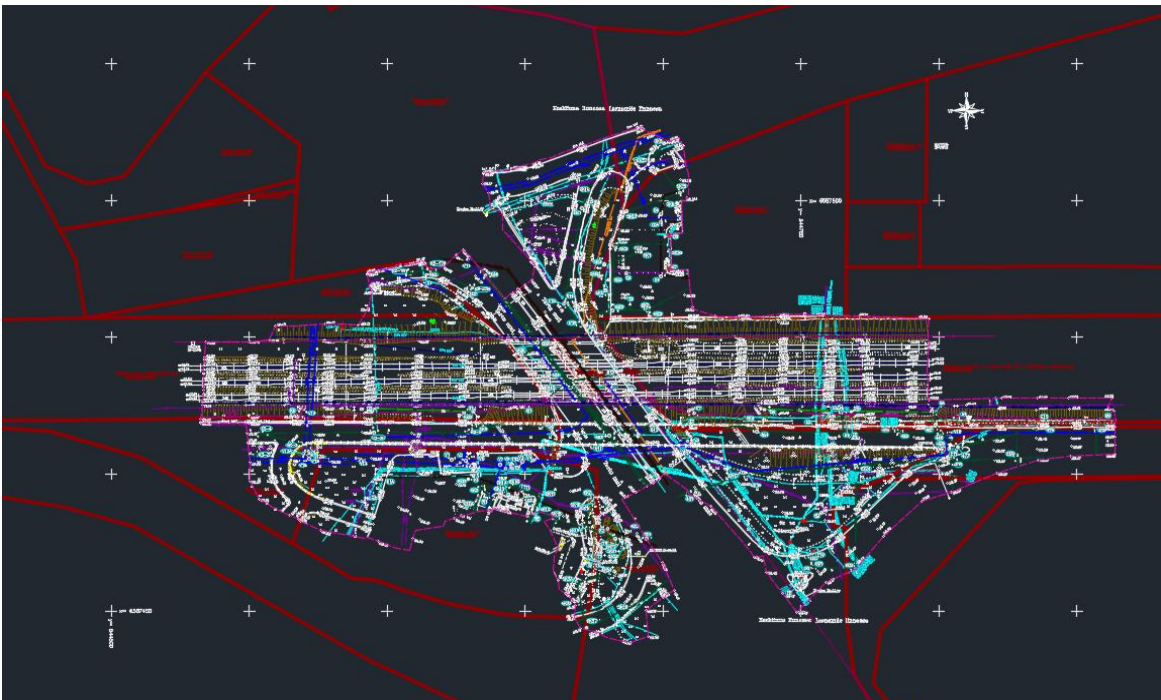


Joonis 1. Väljavõte Joensuu raudteehoovi rekonstrueerimisprojekti geovalusest



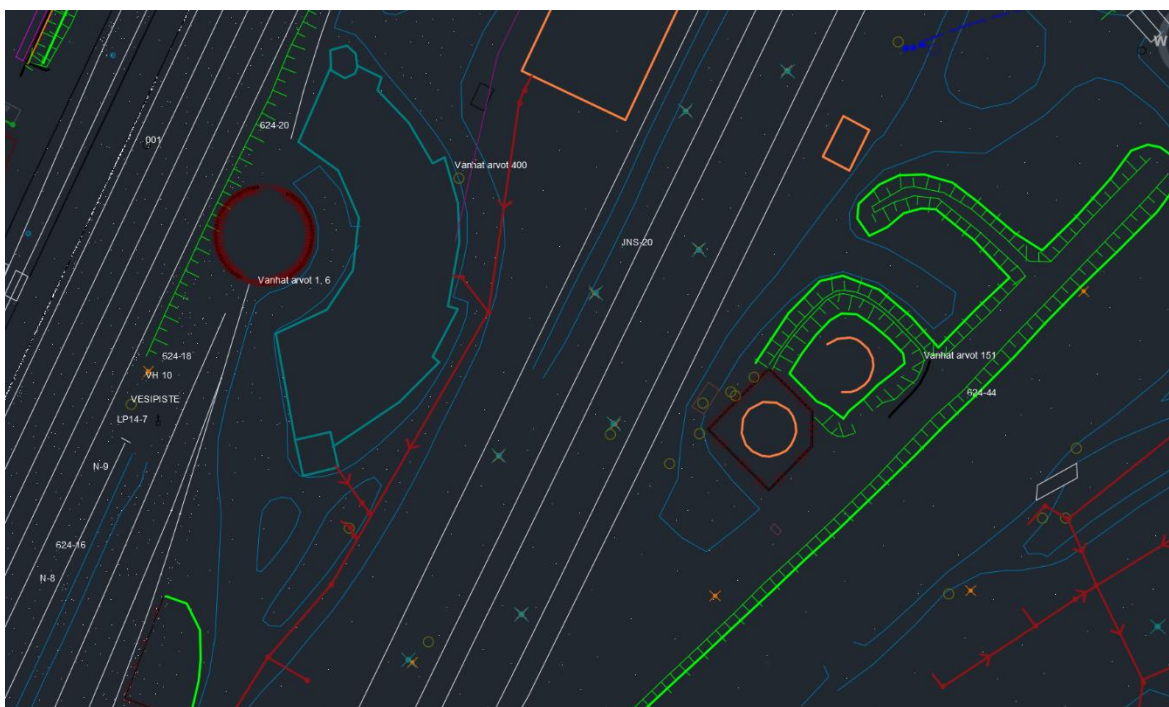
Joonis 2. Väljavõte Joensuu raudteehoovi rekonstrueerimisprojekti aluskaardist

Eesti poolelt on kasutatud võrdlusobjektina Tartu mnt kergliiklustunnelite ehitusprojekti kasutatud geodeetilist alusplaani (edaspidi võrdluses nimetatud Eesti gealus). Antud projekt on töö kirjutamise ajal eelprojekti staadiumis valmis ning tunnelitele hakatakse taotlema ehitusluba. Proxion Estonia OÜ osaleb antud projektis raudteega seotud tehnovõrkude projekteerijana. Geodeetiline alusplaan on koostatud firma Raxoest OÜ poolt ning vastab riiklikele nõuetele.

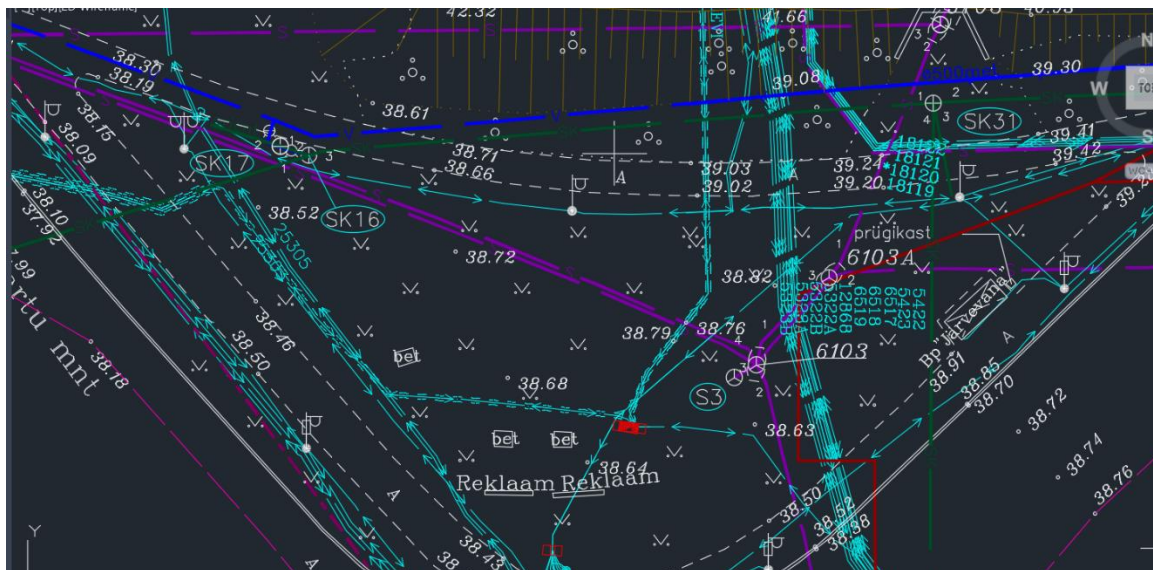


Joonis 3. Väljavõte Tartu mnt kergliiklustunnelite projekteerimiseks kasutatud gealuselt

Esimese asjana Eesti ja Soome gealuseid vaadates on arusaadav, et need on joonestatud erinevatele normidele tuginedes. Eesti gealus on väga detailne ja sisaldab väga täpset plaanilist ja kõrguslikku informatsiooni maapealsete kontuuride kohta ning ka maa-aluste kaablite, tehnovõrgu trasside, kaevude jms kohta. Joensuu raudteehoovi projekti jaoks mõõdistatud ala joonis ei ole pealtnäha nii kirju ja ei sisalda sellisel määral detailset informatsiooni nagu Eestis tehtud joonis. Seda suuresti sellepärast, et Soome projekti tarvis ei mõõdistatud üles tehnovõrkude paiknemist. Kogu informatsioon nii veevarustuse, küttesüsteemide kui ka sidekaablite kohta saadi päringuga tehnovõrkude haldajatelt ja erinevad võrguhaldajad esitlevad infot enda trasside kohta omamoodi. Projekti tarvis ei vormistatud Eestis tavaks olevat tehnokoondplaani, kus on ühte faili tõstetud kokku kõik kommunikatsioonid ja asetatud need gealuse peale. Järgnevas võrdluses on tõstetud kõik tehnovõrkude haldajatelt saadud asendiplaani joonised koordinaatidega mõõdistatud maa-ala peale. Parema arusaamise jooniste detailsuse kohta saab Joonistelt 4 ja 5, kus on suures plaanis toodud lähivaade situatsioonist.



Joonis 4 Lähivaade Joensuu jaamahoovi rekonstrueerimise projekti gealusest



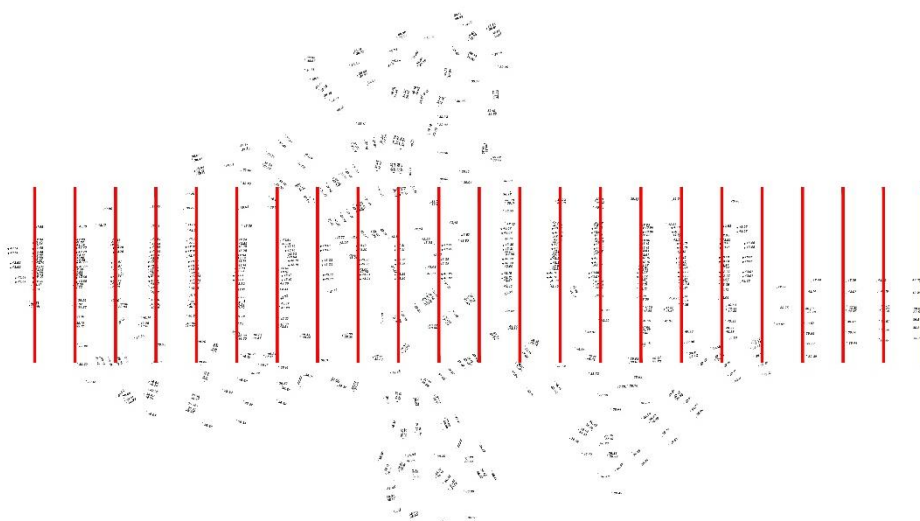
Joonis 5 Tartu mnt kergliiklustunnelite projekteerimise geoluse lähivaade

Järgnevalt võrreldakse kahe riigi geodeetilisi alusplaanide ja Soome aluskaarti kitsamates alapunktides. Selle magistritöö üks eesmärkidest on võrrelda asendiplaani joonistel taustaks olevaid geoluseid/põhjakaarte, tuua välja erinevate poolte plussid ja miinused ning selgitada välja, milline esitamiseviis on kõige mõistlikum. Joonistel on külmutatud loetavuse mõttes teatud kihid nii nagu neid kasutati ka mõlema riigi projektides jooniste esitamisel.

3.3.1 Mõõdistuspunktid ja kõrgusinfo

Eesti geolusel on kõrgusinfo edastatud üsna detailselt. Kõrgusmärgid on näidatud ära kümnendiku täpsusega ning sellise tihedusega, mis loob plaani lugejale hea arusaama kõrguslikust situatsioonist. Üle terve projektiala on võetud kõrgusnäidud keskmiselt iga 15 m järel mööda raudteede rööpaid (Joonis 5). Lisaks mõõdeti eraldi ära erinevate situatsioonelementide nurkade jms kõrgused, mis jäid 15 m järel asetsevate mõõdistamispunktide vahele. Erinevate teede puhul on kõrgus mõõdetud tee käänukohtadest viies erinevas asukohas tee teljel: ühes tee servas äärekivi pealt ning tee pinnalt, tee keskelt, ning teises tee servas samuti äärekivi pealt ning teekatte pinnalt. Lisaks on võetud kõrguslikud näidud kontuuride ja rajatiste murdepunktides, mõõdistusala piirilt ning nõlvade kõikidest murdepunktides nii alumisest kui ka ülemisest servast. Parema pildi saamiseks on lagedatel aladel, kus rajatisi ega nõlvasid pole, tehtud lisamõõdistused nii, et punktide vahele jääb keskmiselt igas paigas 5-10

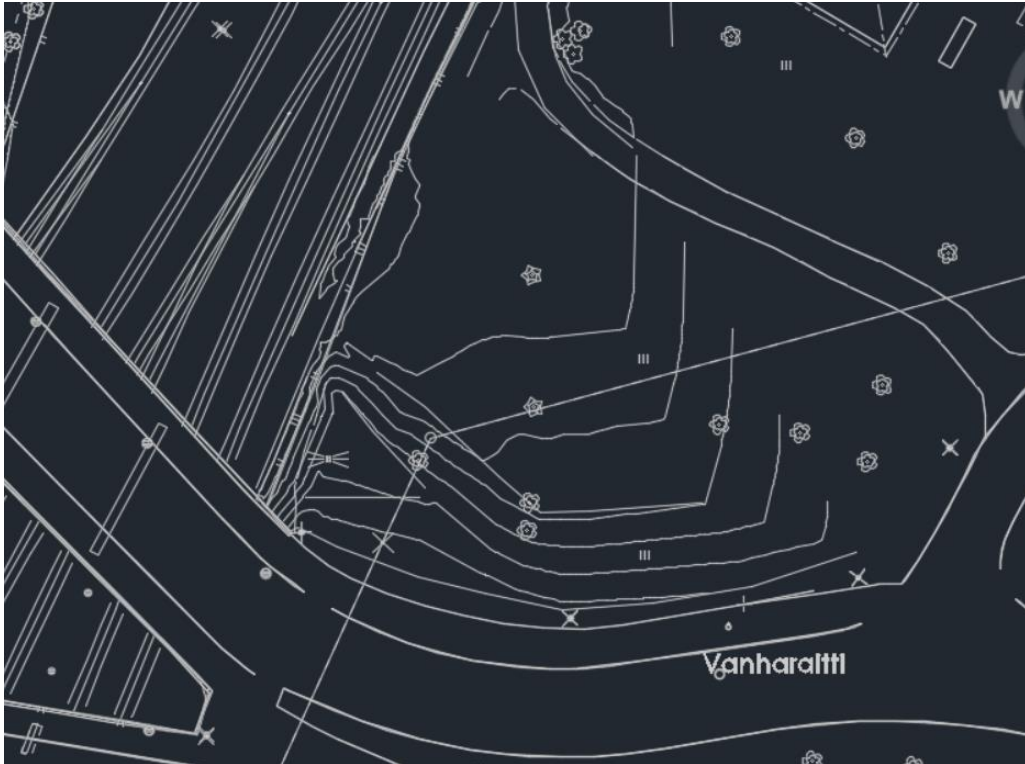
meetrit. Täpne mõõdistuspunkti asukoht plaanil on märgistatud ringiga, mille juures on tekstina esitletud mõõdistuspunkti number ning mõõdetud punkti kõrgus.



Joonis 6 Tartu mnt tunnelite geoluse kõrguspunktide asukohad mõõdetuna keskmiselt iga 15 m järel (punane vertikaalne joon)

Soomes joonestatud geolused ei kuva mõõdistatud punktide väärtusi tekstina punktide kõrval. Seda sellepärast, et geolused ei ole mõeldud asendiplaanel projekti jooniste all situatsiooni kirjeldama. Kõrguspunktid esinevad nõ punkt pilvena ja sisaldavad igaüks x,y,z -koordinaate, kuid on muidu plaanil üsna nähtamatud. Selleks, et näha konkreetse punkti kõrgust, tuleb avada see vastavas dwg faile töötlevas programmis (nt Autocad Civil 3D) spetsiaalses punkti andmete aknas (ingl. k *Properties*). Kõrguspunktid on esitatud sajandiku täpsusega, kuid vormistamata asendiplaanel ei anna need edasi situatsiooni kõrguslikku ülevaadet.

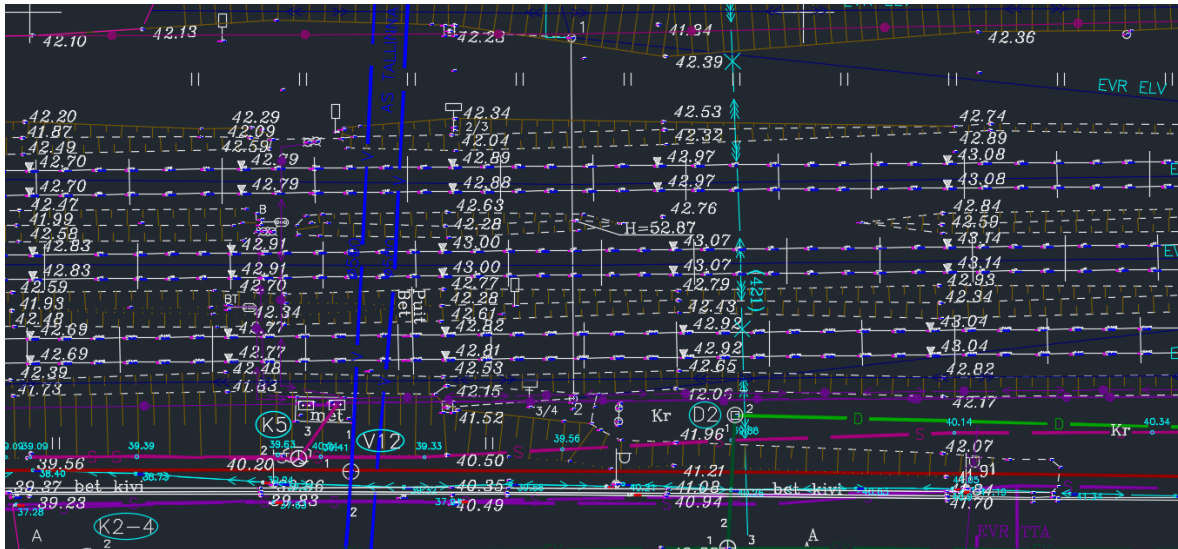
Soome aluskaardil puuduvad samuti nähtavad kõrguslikud andmed. Jooniselt on eristatavad küll maastikel kõrgusjooned, kuid joonise lihtsama loetavuse pärast on neile kõrgusmärgid juurde märkimata. Siiski annavad kõrgusjooned enda paiknemise tihedusega parema ülevaate maastikukontuuride kohta kui Soome geolus. Mõõdistatud punkte eraldi kaardil välja pole toodud.



Joonis 7. Väljavõte Soome aluskaardilt, kust on näha erineva tihedusega kõrgusjooned, mis kirjeldavad kõrguslikku situatsiooni

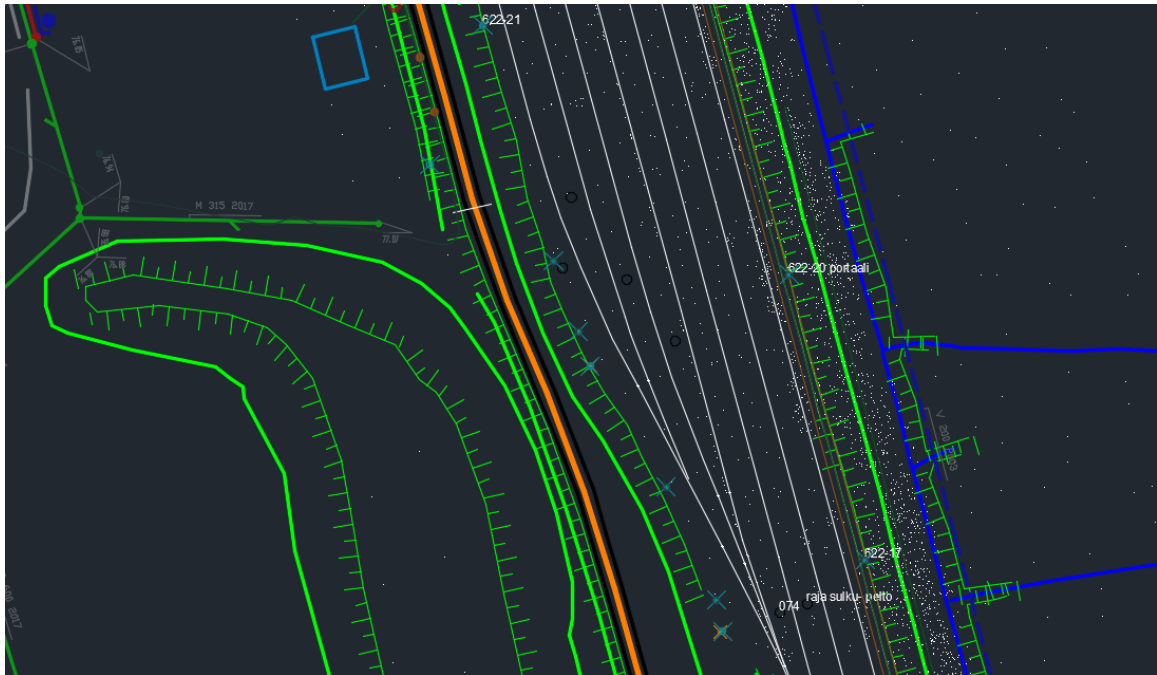
3.3.2 Hooned ja rajatised

Eesti projektis on rajatiste puhul märgitud ära neid iseloomustav lihtsustatud liik (nt reklaamtahvel, prügikast, mahutid) ning samuti mitmete suuremate rajatiste puhul ka nende materjal (nt betoon, metall). Eraldi punase värviga märgiti joonisele kõik elektrirajatised. Elektrirajatiste alla kuuluvad näiteks erinevad seadmekapid, mis on vajalikud rongiliikluse reguleerimiseks. Muud rajatised, mis joonisele kanti, olid seotud raudteega (liiprid, rööpad, kontaktvõrgu postid, kandurid, foorid ning muud raudteeseadmed) ja teede liikluskorraldusega (sillad, rambid, teekatte servad, liiklusmärgid, välisvalgustuspostid, bussipeatused, kandurid jms).



Joonis 8 Eesti projekti geolusel kuvatud nii liiprid, rööpad kui ka raudteemaal paiknevad nõlvad

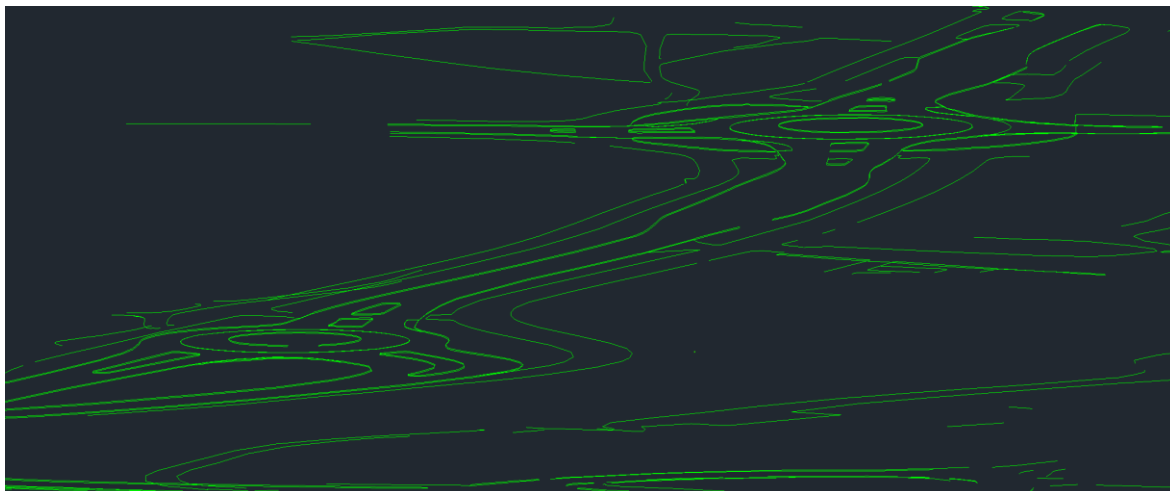
Soome geolusel on hooned ja rajatised kuvatud rohkem lihtsustatud kujul. Tähistatud on erinevate kontuuride ja rajatiste (sillad, tunnelid) servajooned. Samuti erinevate teekatendite servad ning teeäärsete äärekivide alumine ning ülemine serv. Tunnelite rajamisel ehitatud tugimüüride kohta on esitatud alumine ja ülemine servajoon. Lisaks märgitakse ära joonistel erinevate aedade ning piirete ülemine serv kõrgusjoonega. Kaevude kohta on antud kaevuluukide kõrgused ning osadele kaevudele on märgitud juurde ka nende number. Näidatud on ka tänavavalgustuspostid ning bussipeatuste ja teiste väiksemate rajatiste katuste piirid. Raudteemaal on märgitud kujuteldava rööbastee kolmemõõtmeline kesktelg, millest on võimalik lihtsa vaevaga projekteerimise käigus saada ka täpsed rööbastee paiknemise asukohad. Liipreid ja rööpaide geoluse plaanidel eraldi välja ei ole joonestatud. Rajatiste servad on esitatud reeglina joonisel 3D-polüjoontena (ingl. k *3D-polylines*). 3D-polüjoonte puhul on võimalik igas objekti punktis näha sealseid x,y ja z-koordinaate, kuid nende puhul ei ole eraldi tekstina plaanilt lugemiseks välja toodud ei otsapunktide kõrgusinfot ega ka midagi muud. Iga joonobjekti puhul on võimalik murdepunkti koordinaate näha, kuid selleks tuleb kasutada vastavat tarkvara (nt Autocad Civil 3D) ning avada spetsiaalne andmete aken. Teatud objektide puhul, kus serva kõrgus pole muutuv, on esitatud asendiline paiknemine lihtsama polüjoonega (ingl. k *polyline*).



Joonis 9. Joensuu projekti geoaluse väljavõte. Raudteemaal kuvatakse vaid raudteede keskteljed. Rohelise paksema joonega on tähistatud nõlvade alumine serv ning peenema roheline joonega näidatud nõlva ülemine serv ja nõlva kulgemise suund. Sinised 3D-polüjooned kujutavad kraavi põhja.

Soome aluskaardil on esitatud teede, viaduktide ja muude rajatiste servajooned mitmel erineval viisil. Joensuu linna peatänavate ümber on esitatud äärekivide ülemiste ja alumiste servade kohta vaid 3D-polüjooned. Peamagistraalset eemale jäävatel aladel on näha aga vaid erinevate rajatiste ülemise ja alumise serva paiknemine tasapinnaliselt. Osades kohtades on jooniselt leitavad nii äärekivide ülemise- ja alumise serva 3D-polüjoon kui ka lihtsam tasapinnaline 2D joonobjekt, mis asetsevad üksteise peal (Joonis 11). 3D-jooned on sujuvamad ja moodustavad pikemad ühtsed tervikud. 2D jooned on lühikesed ja koosnevad algus ja lõpp-punktist, mis on omavahel ühendatud joonega. Igast murdepunktist algab uus joonobjekt, mis kokku moodustavad nurgelise terviku. Katteservad on esitatud samuti erinevates kohtades kaardil kas 3D või 2D servajoonena. Suuremate ristmike ja peateede juures on leitavad kolmemõõtmelised äärekivi ja katete servade jooned. Paljude väiksemate magistraalset eemale jäävate teede puhul on esitatud katete servad vaid tasapinnalise joonobjektina. Suuremate viaduktide puhul on esitatud rajatiste ja piirete servad kolmemõõtmelistena. Hoonete puhul on näidatud ära maja seinte piirjooned ning ka katuseräästa piirid. Samuti on piiritletud majade korstende asukohad. Tänavatel on ära näidatud eritüüpi kaevude, tänavavalgustite postide ning erinevate elektriseadmete asukohad. Raudteelal on joonisel näha rööbaste paiknemine tasapinnaliselt. Rööbaste vahele on loodud aga kolmemõõtmelisena kõikide rööbaste keskelteljed. Lisaks on märgitud raudteemaale

erinevaid raudteeseadmeid, kuid nende juurde pole märgitud, mis seadmega tegemist on.



Joonis 10. 3D-vaade Soome aluskaardil joonestatud 3D-polüjoontest. Joonisel näha sõidutee äärekivi ülemine ja alumine serv ning katendi servad.



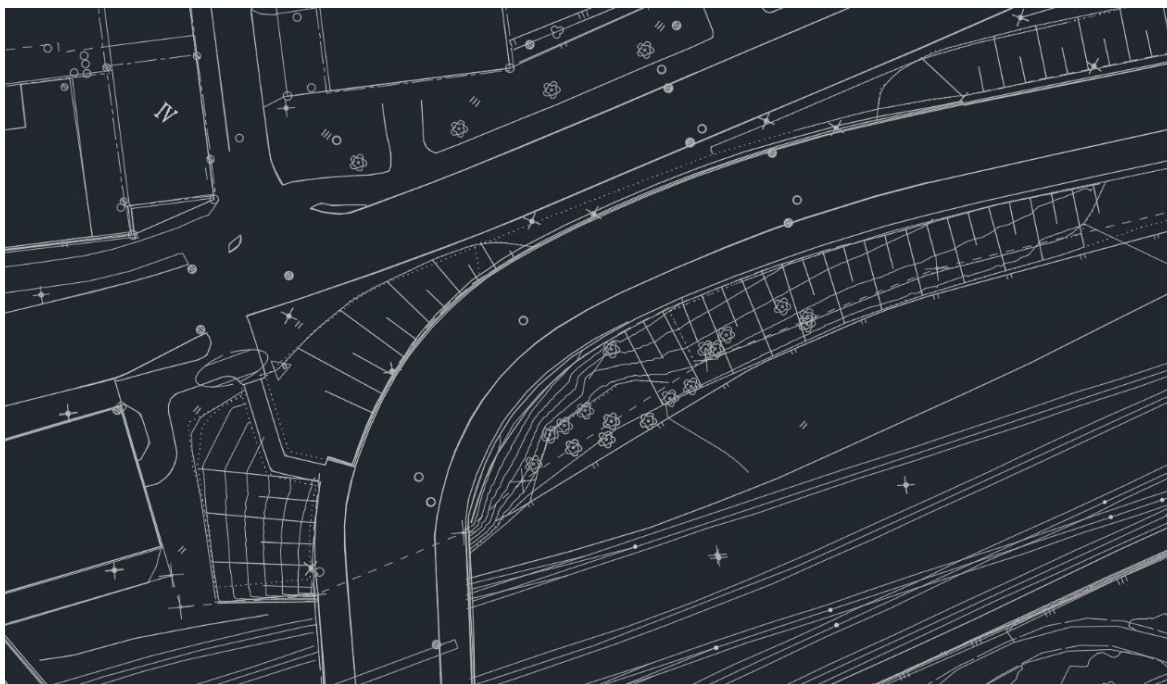
Joonis 11. Soome aluskaardi väljavõte. Rohelisega märgitud äärekivide servasid jäljendavad 3D-polüjooned ning valgega väiksemad tasapinnalised joonobjektid.

3.3.3 Reljeef

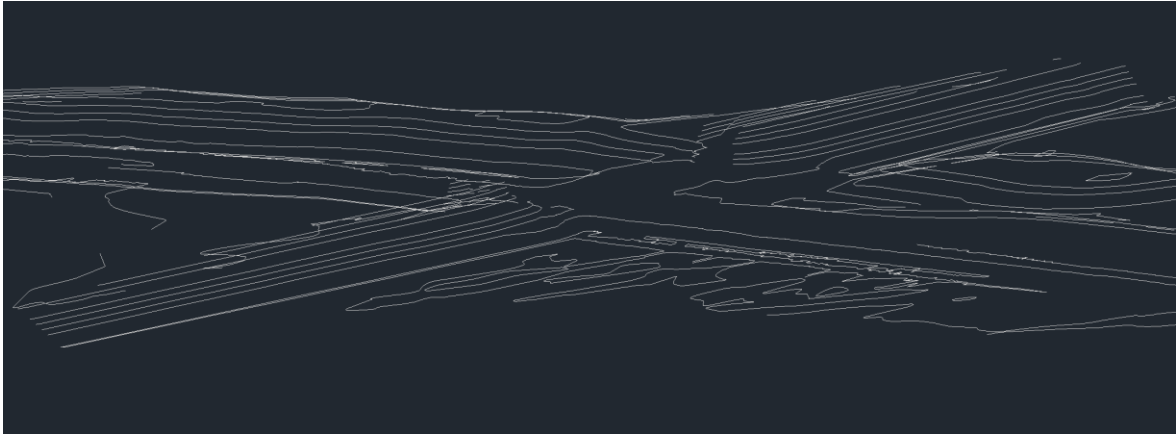
Nii Eesti kui ka Soome gealusel on maapinna ebatasasusi näidatud nõlvade kujutamiseks. Mõlema puhul on joonestatud plaanidele nõlvade ülemine ja alumine serv ning näidatud nõlva kulgemise suund kõrgemalt madalamale. Seda tähistavad nõlva ülemisest servast algavad jooned, mis on suunatud nõlva alumise serva poole. Loodusliku olukorra täpsemaks edasiandmiseks on Soome gealusel märgitud ära suuremate leht- ja okaspuude paiknemine. Eesti gealusel on samuti näidatud üksikute suuremate puude aukohad ning punktiirjoonega puude võra ulatus. Puu tüüpi eraldi plaanil välja pole toodud. Samuti on viidatud Eesti gealusel erinevate piiritletud alade katendi või haljastuse tüübile, tänu millele on võimalik paremini plaani vaadates ette

kujutada reaalselt situatsiooni projektialal. Eraldi on välja toodud haljastusega aladel muru, heinamaa, põõsastiku ja lillede tingmärgid ning teede, parkimisplatside ja erinevate rajatiste puhul asfaldi, kruusa, maakivide või betooni tingmärgid. Nõlvade vahelisel alal on näha eraldiseisvaid kõrguspunkte, mis on mõõdetud sellistest kohtadest, et need aitaksid paremini mõista maapinna kuju. Enamjaolt piisabki tiheda asustusega piirkonnas maapinna kujutamisel erinevate maastikukihtide servadelt kõrguste mõõdistamisest, et anda hea ülevaade kohapealsest situatsioonist.

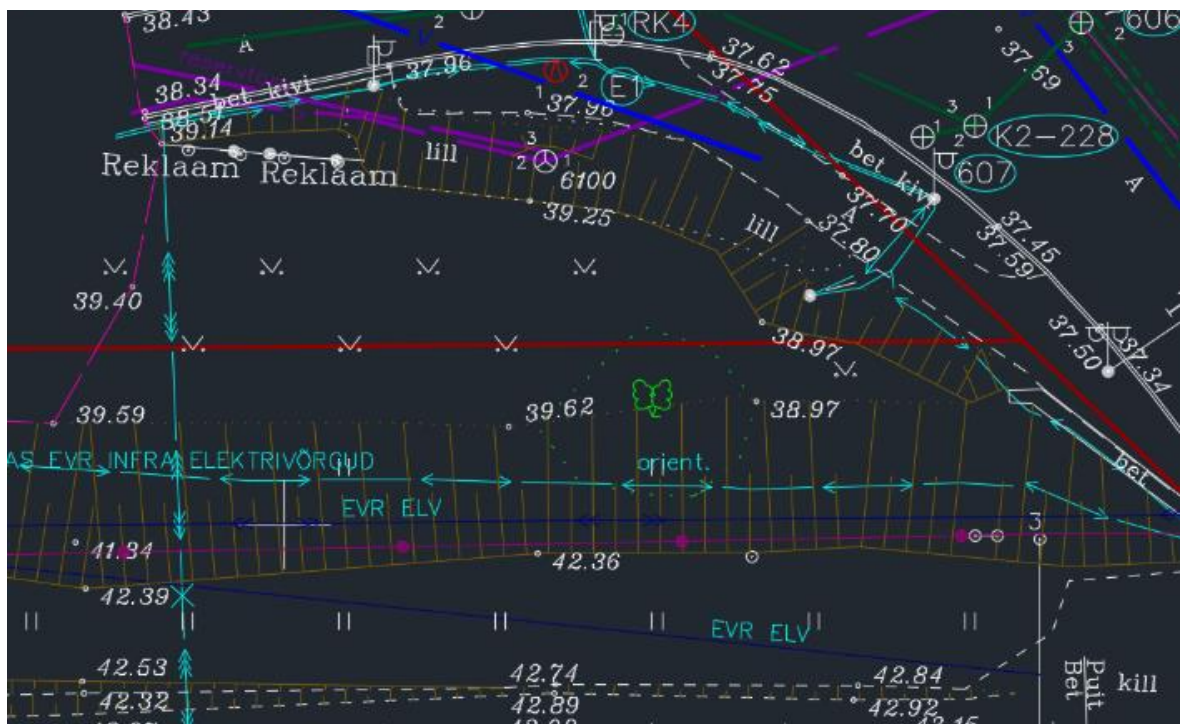
Soome aluskaardil on maapinna pinnamood esitatud nõlvade ja samakõrgusjoontega. Nõlvad on välja joonestatud suuremate viaduktide ja sildade puhul ning osade paralleelsete teede vahel, kus on tahetud rõhuda kalde suunale. Sarnaselt Eesti ja Soome geaalustele on nõlvade puhul kujutatud nõlva ülemine ja alumine serv ning kulgemise suund. Nii raudteemaal kui ka üldiselt antud aluskaardil on esitatud maapinna kõikumine kolmemõõtmeliste samakõrgusjoontega. Kõrguslik info samakõrgusjoonte kohta on leitav, kui märkida kindel joon aktiivseks ja avada täpsemate andmete aken. Hoonete vahele jääva maastiku ja haljastuse kohta on eristatud aluskaardil lehtpuid, segametsa, okaspuid, hekki, heinamaad, väikseid heinakuhjasid ning murumaad.



Joonis 12. Väljavõte Soome aluskaardist. Joonisel näha Vanharaitti viadukt, mille puhul on näidatud viadukti nõlvade kulgemise suund, nõlvade alumine ning ülemine serv ning osade külgede samakõrgusjooned. Maastikul on näidatud ka haljastuse tüüp.



Joonis 13. Kolmemõõtmeline vaade Soome aluskaardil paiknevatest kõrgusjoontest.



Joonis 14. Väljavõtte Eesti geaaluselt. Rohelisega väljavõtte keskel näha märgitud puu ning punktiirjoonega puu ümber võra orienteeruv ulatus. Pruuniga joonestatud nõlvad. Nõlva ülemine serv kujutatud pideva joonega, ning alumine serv punktiirjoonega. .V. tingmärk kujutab heinamaa ala. II tingmärk viitab muruga haljastusele. Lillede asukohad on kuvatud tingmärgiga „lill“.

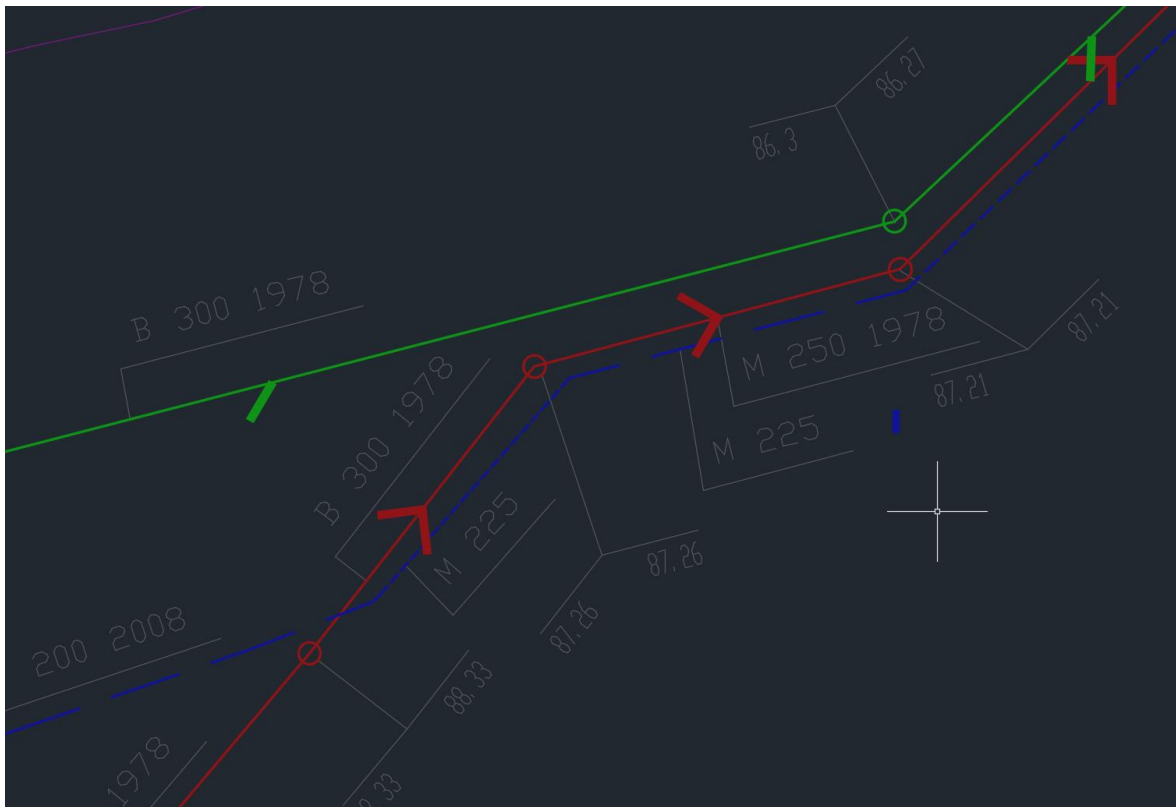
3.3.4 Maa-alused tehnovõrgud

Vaadeldavates projektides oli projekteerimisalale jäävate tehnovõrkude väljaselgitamise protsess erinev. Eesti projektis kaardistasid geodeedid ise tehnovõrkude paiknemise asukoha kasutades selleks kaabliotsjat ning Tallinna linna Geoveebist kättesaadavaid jooniseid ning lisasid kogu tehnovõrkude osa geaalusele ühtlases vormingus peale. Pärast mõõdistuste tegemist kooskõlastati maa-aluste

tehnovõrkude paiknemine ja kõrgusandmed tehnovõrkude haldajatega. Soome geolusel kasutati vaid tehnovõrkude haldajatelt saadud jooniseid ning mingeid lisamõõdistusi geodeedid tehnovõrkude kohta juurde ei pidanud tegema. Eesti projektis on eeldatavalt seetõttu täpsemad ja ajakohasemad andmed. Selles lõigus vaadeldakse tehnovõrkude kujutamist plaanidel, mispuhul ei arvestata, kust tehnovõrkude andmed pärinevad. Kuna Soomes kasutataval aluskaardil puudub igasugune informatsioon maa-aluste kommunikatsioonide kohta, siis on jäetud aluskaardi osa antud punkti võrdlusest välja.

Eesti projektis on erinevatele joonise kihtidele paigutatud gaasitrassid, veetrassid, kütetrassid, denažitorud, sidekanalisatsiooni trassid, madalpingekaablid, kõrgepingekaablid ja sidekaablid. Suuremate torude puhul on näidatud ära ka toru tüüp ja läbimõõt (nt gaasitrassi ja veetrassi puhul). Kaablite puhul kaablitüüpe välja pole toodud. Kihid on märgistatud plaanil erinevate värvide ja joonetüüpidega ja neid on lihtne üksteisest eristada. Trasside ja kaablite juurde on märgitud enamikel juhtudel ka tehnovõrgu haldaja nimi. Mõnes kohas on vaid probleeme sama tüüpi trasside (eriti sidekaablite) omanike tuvastamisega, mis asuvad üksteisele väga lähedal. Kaevud on tähistatud plaanil tüübi järgi erinevate tingmärkidega ning nende kõrval on ka iga kaevu number. Tehnovõrkude kõrgused on mõõdetud üldjuhul kõigis trasside murdepunktides, otstest ning kaevude pealt. Mõne suurema trassi puhul on kaevudevahelistel aladel murdepunktides kõrgusmärgid ka puudu.

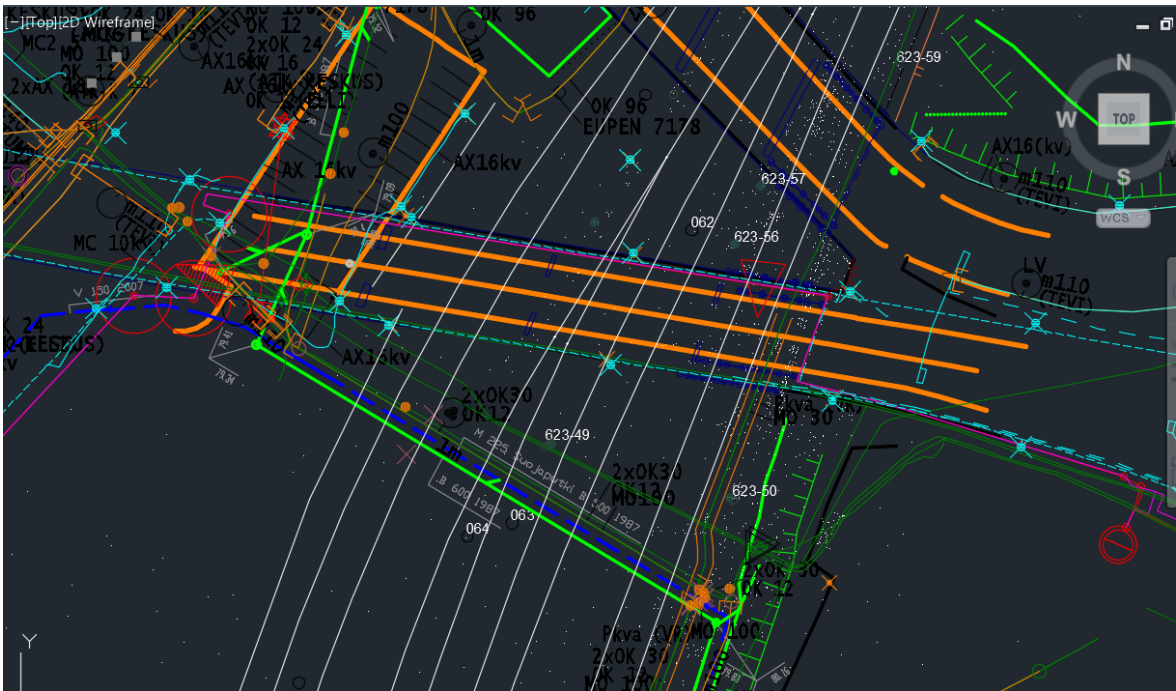
Soome projektis on geolusel kuvatud kommunikatsioonide informatsioon haldajate lõikes erinev. Veetrassi puhul on välja toodud kõik torude diameetrid, voolusuunad ning kindla lõigu paigaldusaasta. Kõik veetorustiku kaevud on samuti märgitud ning iga kaevu juures on skeem, mis näitab kaevust väljuvate veetorude paiknemist ning kõrgust. Veetorustiku lähteandmed on projekteerimiseks väga head.



Joonis 13. Soome geoluse väljavõte, kus on kujutatud asendiplaaniliselt veetrassid. Väljavõttelt on näha, kuidas on kuvatud joonisel torude paigaldamise aasta, voolusuund, toru diameeter ja kaevudest väljuvate torude kõrgus ning asend.

Kohalike majapidamiste kütte- ja elektrivõrgustik on suuremas osas selgelt eristatav muudest tehnovõrkudest. Projektialal on erinevate kontaktvõrgu haldajate trassid, mis on tähistatud erinevate värvidega. Ühe haldaja kaablitele on märgitud joonisele peale ka trassitüübid, teisel on asendiplaanil näha vaid kaablite paiknemine. Kõrguslikult on elektrikaablite informatsioon erinevate haldajate puhul mõnes osas puuduv. Civil 3D programmis plaane täpsemalt vaadeldes on leitav teatud trassidel kaablite kõrgused, kuid osade kaablite kõrgusandmed on ka teadmata. See viitab sellele, et kaablite kohta puudub teatud trassidel täpne kõrguslik informatsioon ning teatakse vaid trassi asukohta või on kõrguslik info digitaalsele joonisele lisamata. Kõrgusmärke tekstina kaablite juurde välja toodud ei ole. Kaablid on kantud plaanile joonobjektidena (ingl. k Civil 3D-s joonetüüp *line*), millele on teadaolevad kõrgused atribuutide all külge pandud. Selliseid jooniseid saab kasutada erinevate lõigete ja pikiprofiilide koostamisel, kuid asendiplaanil ei anna need edasi kõrguslikku ülevaadet olemasolevast situatsioonist.

Asendiplaanilt saab ülevaate kütte- ja elektritrasside paiknemise kohta, samuti trassil paiknevate kaevude ja muude rajatiste asukoha info.



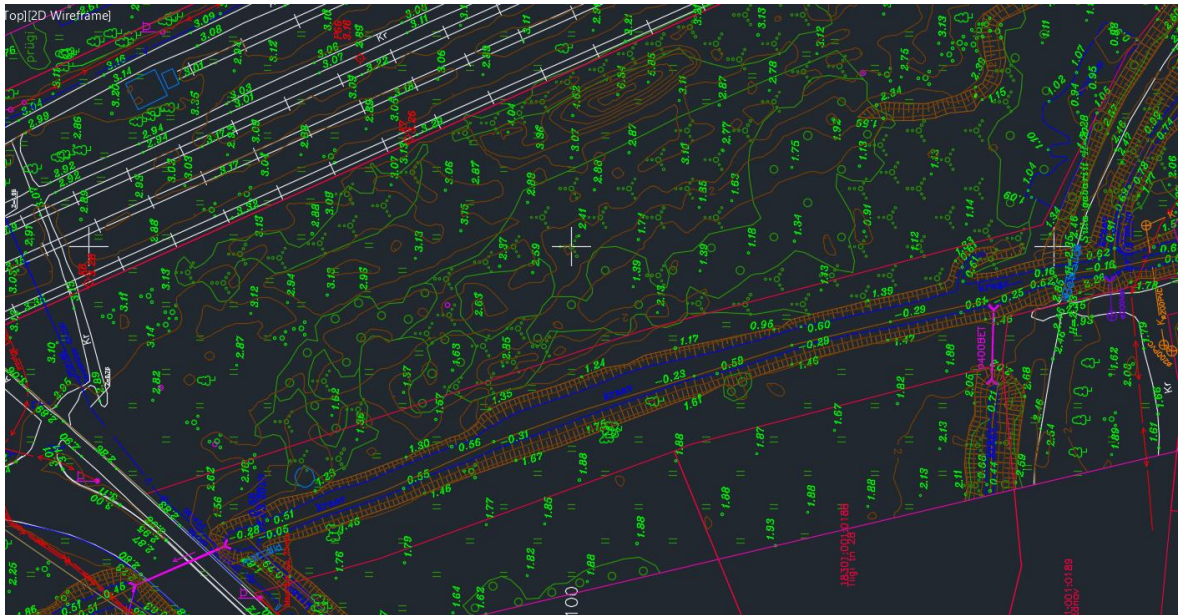
Joonis 14. Väljavõte Soome gealuselt. Plaanilt on näha erinevate võrguhaldajate omapärane stiil enda kommunikatsioonide kujutamiseks. Osadel kaablitel või torudel on juures tüübi-info ning kõrgusinfo, teistel mitte. Välisvalgust on kujutatud joonisel helesinisena, elektritrikaablid rohelisega, veetrasside sinisega ja erk-rohelisega ning jõukaablid lillaga. Oranžide äärejoontega on näidatud ära kaablikanalite asend.

Sidevõrkude puhul on Soome gealusel esitatud vaid tasapinnaline informatsioon. Ühte värvi on märgitud erinevate haldajate optilised kaablid, antennikaablid ja muud sidekaablid. Teist värvi on joonestatud kaablikanalite asukohad. Eristada saab ka lambipostides kasutatavad signaalkaablid, erinevaid tüüpi kaevusid, antennid, elektrikilpe ja muid võrkudega seotud rajatisi. Kõikide kanalite puhul on näidatud ära kanalis paiknevate torude tüüp ning torudes paiknevate kaablite arv ja konkreetse kaabli tüüp. Samuti on eraldi välja toodud sidekanali trasside pikkused. Täpsema info kaablite kuuluvuse kohta saab Civil 3D programmis faili avamisel ja konkreetse kaabli märkimisel. Igal plaanil nähtaval joonel on informatsioon tehnovõrgu haldaja kohta, kuid seda ei ole vormistatud iga kaabli puhul tekstina ka joone kõrvale, et lihtsustada asendiplaani lugemist.

3.4 Topo-aluste võrdlus Eestis ja Soomes

Olles harjunud Eesti turul projekteerimisvaldkonnas töötama, on Soome joonistel kasutatav situatsiooni kirjeldamise viis esialgu väga võõras. Soome geoaluste ja kaaluskaartide suurimaks probleemiks on kõrgusandmete leidmine. Objektid võivad olla küll joonestatud nii x-, y- kui ka z-koordinaatidega, kuid vormistamisel on jäetud kõrgusmärgid plaanidele märkimata. Selline andmete esitamise viis ei pruugi takistada suurel määral projekteerijal jooniste tegemist, sest igasugused erijoonised joonestatakse programmides, kus on võimalik hetkega iga punkti kohta spetsiaalses andmete aknas kõrgusandmeid kuvada. Küll aga on raskendatud juba vormistatud plaanide lugemine, mis on salvestatud PDF vormingus. Kui PDF joonise puhul tekib mingi kõrguslik küsimus, siis tuleb selle selgeks tegemiseks avada uuesti vastav programm, kus 3D andmed joonobjektide kohta näha on. Koosolekul erinevate võimalike lahenduste kaalumisel ja jooksvate küsimuste arutamisel on parem, kui kõrguslik info on kohe ka PDF joonistelt loetav. Selliste aluskaartide kasutamise poolt räägib see, et paljude raudtee jooniste puhul ei ole niivõrd tähtis maapinna ja objektide täpsete punktide kõrgus. Tähtsam võib olla objektide vastastikuline kõrguslik paiknemine ja selle kohta märgitake kommentaarid ka ristlõigetele ja asendiplaanidele välja. Sellisteks näideteks võivad olla lihtsamad raudtee ülesõitude joonised või raudtee geomeetria joonised. Enim probleeme võib esile tulla tiheasustusega linna-aladel, kus on palju eritasandilisi objekte. Teisest küljest vaadates võib kõrgusandmete tekstiline mittekuvamine plaanidel osutada ka suureks plussiks. Kõrgusandmete tekstid muudavad joonise palju kirjumaks ning segavad ülejäänud joonise osade kuvamist. Ilma nendeta on lihtne jälgida uusi projekteeritud objekte ning nende omavahelist kokku-sobivust nii üksteise kui ka maapinna ning olemasolevate situatsioonelementidega.

Eestis kasutatavate geoaluste puhul ei ole eelmainitud probleemi. Samas teatud asendiplaaniliste jooniste puhul on näha olukordi, kus geoalusel kuvatud info segab üldist plaani lugemist. Kui koostatakse projekteeritud kaablite asendiplaani, siis kõik kaablitrassile ette jäävad märkused ning tingmärgid, mis ei tähista olulisi olukorda kirjeldavaid elemente, on pigem segavad faktorid. Geoalus on eelkõige ikka praktiline joonis, mis peaks andma kõik vajaliku lähteinfo projekteerijale uute lahenduste loomiseks, mitte kunstiline plaan, mis võib projektlahenduse esitamist segada.



Joonis 15. Väljavõte Eesti projekti gealuselt, kus liigne haljastuse tihedus ja erinevate värvide kasutamine teeb plaani väga kirjuks ja raskemini loetavamaks.

Järgmine aspekt, mis Soome aluskaarti ja gealust uurides välja tuli, oli maa-aluste kommunikatsioonide info vormistamine. Eestis viiakse kõik tehnovõrkude info gealuse peal ühtsesse vormingusse, et seda oleks koos gealusega hea ja selge vaadata. Kindlat liiki tehnovõrgud on vormistatud sama värvi ja joonestiiliga, kaevud on selgelt nummerdatud ja tehnovõrkude täpsustavat infot kuvavad tekstid on sobivas suurus. Soome projektis kasutati tehnovõrkude plaane täpselt sellisel kujul nagu need haldajatelt päringu järgselt saadi. Tulemuseks on ebaühtlane ja kaootiline kommunikatsioonide andmete kuvamine. Osade võrkude puhul on alginfo väga detailne ja koosneb suisa kaevude skeemidest, trasside tüübi-infost ja paigaldusaastast, kuid teiste puhul on info piiratud ja näidatud on vaid asendiline paiknemine. Sama otstarbega kaablid on erinevate haldajate joonistel kujutatud omamoodi ning tehnovõrkude plaani pole lihtne lugeda. Eestis toodetud tehnovõrkudega gealusel on geodeedid ise kogu kommunikatsioonide info gealusele tõstnud ning vastavalt vormistanud, et see konkreetsele gealusele sobiks (st tekstid õiges suuruses, objektidega kattuvus minimaalne, samaliikie trassidel kindlad tingmargid jms).

Suur pluss, mis Soome poolt Riiklike Maamõõdistuste portaalist saadud kaartide kasutamisega välja tuleb, on maksumus. Kui aluskaardi detailsus on hanke tellijale piisav, siis on võimalik töövõtjal säästa kogu geodeetilistele mõõdistusele kuluv summa. Või kui on vaja täpsustada vaid teatud objektide kõrguseid, siis on võimalik töömahtu selle arvelt palju väiksemaks kärpida. Kui töö kvaliteet sellest suuresti ei lange, siis on selline säästmisviis kindlasti kõigile töövõtjatele väga atraktiivne.

Magistritöö alguses tundus, et Soomes toimib mingisugune lihtsustatud alusplaani kuvamise viis, mis oli kiirelt joonisele peale vaadates väga lihtsasti loetav ja hoomatav ning mida võiks rakendada ka Eestis. Nüüd põhjalikumalt mõlema riigi lahendusi analüüsid ei ole parima praktika tunnistamine enam igas olukorras nii selge.

Tehnovõrkude poolelt vaadates on parem lahendus kasutada Eestis läbiviidavat praktikat, kus geodeedid koguvad info võrguhaldajatelt ja vajadusel teostavad lisamõõdistused kaablite asukoha määramiseks ning vormistavad korrektselt kõik kaablid nende tüüpide järgi üheselt. Nii on kergemini hoomatav, kus üht tüüpi kommunikatsioonid asuvad. Kui kõik tehnovõrgu haldaja torud ja kaablid oleks tähistatud kindla värviga ning tehnovõrkude tüüp tähistatud vastava joonestiiliga kõikide omanike puhul, siis vähendab see tulevikus projekti lähteandmete selgitamisele kuluvat aega. Kaablite ja torude tüübid võiksid olla geodeetilisel plaanil ka olemas, kuid paigutatud eraldi kinnisesse kihti, kust saaks neid töö ajal vajadusel projekteerija ise vaadata ja siis loetavuse pärast taas kihi sulgeda. Kõrgusandmed võiksid olla mõõdetud iga trassi nõ murdepunktis, kus trass suundub uuele sihile.

Üldises pildis leiab magistritöö kirjutaja, et õigem ning ka vähem ressursi nõudev käitumisviis oleks kasutada seal, kus võimalik asendiplaanilistel joonistel lihtsamaid aluskaarte, millele projektipõhilselt mõõdetakse geodeetide poolt lisaks täpselt need kontuurid ja objektide servade kõrgused, mis projekti teostamiseks vajalikud on. See tähendab seda, et kui on tarvis projekteerida kindla tee kokku viimine olemasoleva teise teega, siis mõõdetaksegi üle katendi, teepeenra, äärekivide servad ja kalded, ümbritsev kraav kuni põhjani ja vajadusel veel elemendid, mis projekteerimistöös olulised on. Selline käitumisviis toimib paremini kindlasti väiksemate ülesõitude projektide raames ning võikski olla tellija poolt määratud, millise detailsusega olemasolevat maapinna kujutist projektis soovitakse. Suuremate projektide põhjal eelistaks siiski varem Eestis kasutatud geoalust, kust leiab kõik vajalikud kõrgusmärgid ja detailsed joonised. Soovitus sellise lahendusviisi puhul oleks vältida vaid üleliigsete haljastuselementide jms kasutamist, mis nii projekteerimisel kui ka plaanide esitamisel plaani liiga kirjuks võivad teha.

4. RAUDTEED JA TEHNOVÕRGUD

4.1 Raudtee infrastruktuur Eestis ja Soomes

Eestis on üle 2000 km raudteed, neist 1672 km on avalikud ning 624 km mitteavalikus kasutuses. Elektrifitseeritud raudteed on Eestis vaid 132 km. Kõige suuremat osa Eesti raudteevõrgust haldab riigiettevõtte AS Eesti Raudtee ja Edelaraudtee AS. Lisaks neile kuulub osa raudteelõike ka eraettevõtetele kaevanduste ja sadamate juures [13]. Suurimatest Eesti raudteevõrgustiku haldajatest ja arendajatest omab AS Eesti Raudtee 1219 km 1520/1524 mm rööpmelaiusega raudteed, 61 jaama ja 131 reisijate ooteplatvormi ning Edelaraudtee AS vastavalt 268 km rööbasteid, 11 raudteejaama ja 35 reisijate ooteplatvormi [14,15]. Põhitrassidel on reisirongid võimelised liikuma kiirusega 135 km/h ning kaubarongid liikumiskiirusel 80 km/h [14]. Kogu raudteevaldkonda reguleerib Eestis raudteeseadus ning raudteetaristu arendamist koordineerib Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium koos allasutustega [13].

Soomes on 2018. aasta lõpu seisuga kasutuses 5926 km raudteed, mis hõlmab 5234 km üherajalist raudteed, millest 3330 km moodustab elektrifitseeritud raudtee. Kogu raudteevõrgu hooldamiseks kulub Soomes ligi 200 miljonit eurot aastas. Soome raudteevõrgu rööpmelaius on 1524 mm. Reisirongitel on lubatud üldiselt liikuda kiirusel kuni 220 km/h ning kaubarongide kiirusel kuni 120 km/h, kuid see võib trassiti erineda. Avalikus kasutuses olevad rööbasteed kuuluvad Soomes riigi omandisse ning kogu infrastruktuuri haldaja on Soome Transpordi ja Infrastruktuuri Amet Väylävirasto (ingl. k *Finnish Traffic Infrastructure Agency*) [16]. Väylävirasto-l on omakorda lepingud erinevate järelvalvettevõtetega, kes teostavad järelvalvet tegelike raudtee hoolduslepingute üle, mida teostavad kolmandad ettevõtted (näiteks Destia, NRC Group Finland, GRK). 2020. aasta seisuga on Soomes Transpordiagentuuri aruande põhjal kolm raudteeliikluse operaatorit: VR, Fenniarail ning Aurora Rail [19]. VR on Soome suurim riikliku taustaga raudtee-ettevõtte, mille peamiseks ülesandeks on reisijate transport. Ühes päevas sõidab Soomes üle tuhande VR-i reisirongi, millest keskmiselt 250 on kaugliinidel sõitvad rongid ning 800 lähiliinidel opereerivad rongid. Samuti tegeleb VR kaupade transportimisega kombineerides nii maantee- kui ka rööbastee liiklust [20]. Fenniarail Oy on 2009. aastal asutatud riigi omanduses olev raudtee-ettevõtte, mis tegutseb terves Soome raudteevõrgus kaubavedudega [21]. Aurora Rail on kaupade ja toorainete eritellimustega tegelev raudteefirma. Kõige enam teostab firma Venemaa ja Soome vahel erinevate põllumajandustoodete importi ja eksporti [22].

4.2 Raudtee tehnovõrgud

Raudteekeskonnast rääkides on oluline määratleda, millised on raudteesüsteemi komponendid. Raudtee on maatükiga püsivalt ühendatud rajatis, mille olulised osad on muldkeha ja sellele toetuv pealisehitus, mis koosneb rööbastest, pöörmetest, liipritest ning ballastist. Tähtis on ka teada, mis jääb raudteerööbaste alla ning neist kaugemale. Raudteesüsteem koosneb raudteest, samuti kõigist hoonetest, süsteemidest ja seadmetest, mis on vajalikud raudteeliikluse sihtotstarbeliseks kasutamiseks. Täpsemalt kuuluvad raudteerajatiste alla viaduktid, estakaadid, tunnelid, tugiseinad, truubid, kontaktvõrgud, erinevad turva-, side-, valgustus- ja energiaseadmed ning tehnorajatised [17]. Lisaks eelmainitud raudteesüsteemi komponentidele jääb raudteemaale palju raudteesüsteemidega seotud kaableid, mis on vajalikud raudteeseadmete funktsioneerimiseks. Eristada saab turvangu-, side ja signaalkaableid. Samuti leidub seal kolmandate osapoolte omandis olevaid kaableid, torusid ning vee- ja gaasitrasse. Erinevad maa-alused ja maapealsed kaablid, torud ja kanalid moodustavad raudtee tehnovõrgustiku.

4.2.1 Raudtee tehnovõrkude projekteerimine Eestis ja Soomes

Tehnovõrkude projekteerimisel järgitakse õigusaktides toodud nõudeid ning konkreetse tehnovõrgu projekteerimisstandardit. Eesti projektidel lähtutakse EVS 843:2016 standardist Linnatänavad, mis käsitleb tehnovõrkude omavahelist vastastikust paiknemist. Fiiberoptilise kaabli puhul jälgitakse standardit IEC 60794 (EVS-EN 60794-5:2016 mikrotorusse puhutava kaabli kohta, EVS-EN IEC 60794-4:2018 õhuliini kohta). Elektrikaablite projekteerimisel tuleb lähtuda ka Elektrilevi OÜ 0,4...20 kV juhenddokumentidest ja nõuetest. Soomes on kehtivad kunagise Soome Raudteeameti poolt 2001 ja 2004. aastal välja antud juhised (*Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet, RHK B7; Yleisohje johdoista ja keepeleista ratahallintokeskuksen alueella, RHK B13*), mis käsitlevad vastavalt maa-aluste kaablite kaevetöid ja paigaldamist ning üldiseid juhendeid juhtmete ja kaablite kohta, mis paiknevad Soome Raudteeameti (praeguse nimega Väylävirasto) piirkonnas. Samuti järgitakse 2018. aastal väljastatud juhendit (*Sähkö- ja telejohdut ja maantiet, 3/2018*), mis käsitleb elektri- ning telekommunikatsioonitrasside projekteerimist.

Vastavalt RHK B13 juhistele on vajalik raudteemaal asuvate kaablite paiknemise ja konstruktsiooni kohta projekteerijal välja anda järgmised joonised:

- Üldkaart mõõtkavas 1:10 000 või 1:20 000 kust selgub täpne piirkond, kuhu kaabel on paigaldatud;

- Asendiplaan mõõtkavas 1:500 või 1:1000, kust selgub kaabli või õhuliini täpne asend fikseeritud situatsioonielementide suhtes. Juhistes on ette antud kindlad mõõddud, mis tuleb teatud tüüpi kaablite puhul ära näidata;
- Lõikejoonis mõõtkavas 1:100, kus on välja toodud kaabli tüüp ja trassi struktuur (kaitse, kaevesügavus, kaablimarkeri asukoht);
- Kinnituskonstruktsioonide joonised juhul, kui kaabel kinnitatakse silla, viadukti või mõne muu konstruktsiooni külge [31].

Tähtsamad nõuded, mis on kehtestatud maakaablite paigaldamiseks, on esitatud RHK B7 juhendis *Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet*. Soomes paigaldatakse üldjuhul kaablid vähemalt 0,6 m sügavusele. Erandjuhtudel on ette antud järgmised kaabli paigaldamise minimaalsed sügavused:

- 1,4 m viies kaabli raudtee alt läbi;
- 0,8 m viies kaabli tee alt läbi;
- 0,3 m kui kaabel paigaldatakse kivist pinnasesse;
- 0,4 m kui kaabel paigaldatakse pinnasesse, kus lahtine muld asetseb kivisel pinnal [32].

Nii Eestis kui Soomes on raudteejaamade ja ristmike juures tavaliselt paigutatud raudteeäärsed kaablid raudteega paralleelselt kaablikanalitesse. Juhul kui kaabel on vaja pöörata paralleelselt sihilt ära, näiteks raudteeseadmetesse, siis kasutatakse selleks tihti kaablikaevusid. Kaablikaevudesse on võimalik jätta ka tulevaste muudatuste või hooldustööde tarvis poolile lisakaablit. Nii saab ära hoida tulevikus kaablite ümberpaigutamisel liigseid voolukatkestusi ja rongiliikluse häireid. Kaablikanaleid ja kaablikaeve on hea kasutada tihedalt kasutatavatel aladel, sest need võimaldavad lihtsustada kaablite hooldust ja vältida liigseid kaevetöid tulevikus. Odavam on kindlasti kaableid paigutada otse maasse, aga sel juhul on kaablite hooldus seotud alati suuremate kaevetöödega. Asulatevahelisel alal kasutatakse tihti seda meetodit. Kaablid kas kaevatakse maasse või künatakse maa sisse otse raudteelt spetsiaalse tehnikaga. See protsess on kaablikanalite paigutamise võrreldes odavam ja paigaldamine kiirem. Tulevikus on igasuguste muudatuste tegemine vaiksemas piirkonnas lihtsamini korraldatav ja läbiviidav, kui tiheda asusustusega ristmike juures. Nii Eestis kui Soomes märgistatakse kaablikanali kaevamisel või kkaabli kündmisel maapinnast umbes 0,2-

0,4 m sügavusele õhuke hoiatuslint, et ehituseaegselt maapinnas kaevates kaabli lähedal ettevaatlikult ehitusjätkata.



Joonis 16 Raudtee liikluseks vajalike kaablite paigutamine kaablikanalisse (vasakul) ning otse maasse (paremal) kasutades selleks spetsiaalset rööbastel liikuvat masinat [25,26].

4.3 Raudtee tehnovõrgud & andmehaldus

Eesti esimene raudtee avati liikluseks 5. novembril 1870. aastal [14] ning Soomes 1862. aastal [18]. Pikk ajalugu raudteesektoris mõlema riigi puhul tähendab seda, et ka erinevad rongiliiklusega seotud kaablid on maa sees eksisteerinud juba kaua. Selle aja vältel on palju süsteeme ja kaabeldust ümber tõstetud ja välja vahetatud. Enne digitaliseerimise ajastut koostati selliste tööde kohta lihtsustatud teostusplaan käsitsi paber kandjale ja nende detailsus ei olnud sellisel tasemel nagu tänapäeval vajalik oleks. Praegusel ajal võib esineda olukordi, kus raudteemaal paiknevad kaablid vanemast ajast, mille kohta puudub täpsem informatsioon ning nendega koos ka uued viimase kümne aasta jooksul paigaldatud kaablid, mis on detailsemalt dokumenteeritud. Selle magistritöö üks eesmärkidest on välja selgitada, milline on praegune seis raudteemaal paiknevate tehnovõrkude puhul, st uurida kui palju on endiselt teadmatust vanemate kaablite paiknemise kohta, mis võivad tekitada probleeme ehitustööde käigus ning kuidas hallatakse kogu raudtee kaabeldusega seotud informatsiooni tänapäeval. Töö koostaja uuris, kas raudtee haldajatel on kasutuses tänapäevane digitaliseeritud veebipõhine süsteem või on info hoitud kuidagi teisiti. Samuti uuriti, missugust infot raudtee tehnovõrkude kohta omatakse (koordinaadid, paiknemissügavus, paigaldamise kuupäev, otstarve jms.). Informatsioon praeguse olukorra kirjeldamiseks on saadud Soome Transpordiaagentuurilt, mõlema riigi projekteerimisvaldkonnas tegutsevatest inimestelt, Eestis raudteede haldajatelt ning varasematest uurimustest.

4.3.1 Raudtee tehnovõrgud & andmehaldus Eestis

Eesti raudtee haldajatelt saadud vastustele toetudes saab järeldada, et piirkonniti ja raudtee haldajate kaupa on tehnovõrkude andmehaldus korraldatud erinevalt. Informatsiooni raudteemaal paiknevate tehnovõrkude kohta hoitakse firmades teostusdokumentatsioonina, geoalustena ning muude projektipõhiste joonistena. Andmete säilitamiseks kasutatakse nii firmasisest võrguketast, paberjooniseid kui ka tänapäevasemat veebipõhist geoinfosüsteemi (GIS). Enamik informatsioonist on talletatud 2D joonistena, millele on juurde märgitud ka kõrguslikud tabelid. Viimastel aastatel teostatud projektidel on tavaks saanud ka kommunikatsioonide kohta kolmemõõtmeliste mudelite koostamine.

31.03.2022 e-maili teel AS Eesti Raudtee projektide spetsialistilt saadud vastustele tuginedes võib öelda, et Eesti suurim raudteid haldav ettevõtte hoiab informatsiooni erinevate nende hooldusalal paiknevate tehnovõrkude kohta põhiliselt firmasisesel võrguketast. Vanemast ajast on teatud alade kohta talletatud info ka käsitsi joonestatud plaanidena paberkandjal arhiivis. Kõige tähtsamateks dokumentideks on kaablite paigaldamisel koostatud teostusdokumentatsioon. Juhul, kui teostusdokumentatsioonidelt saadav info ei ole enam pädev või on üldse puudu, siis talletatakse värskeim info ka geoalustena. Magistritöö kirjutamise ajal on arendamisel veebipõhine GIS, kuhu osad andmed on juba ka importimisel. Kuna EVR-i hallatavate raudteede hulk Eestis on kõige suurem, siis võib ka arvata, et nende raudteemaal asub kõige enam vanemast ajast kaableid, mille asukoht on selgitamata ning mille kohta puuduvad täpsed andmed. Vanemate, Nõukogude ajast pärit, käsitsi joonestatud teostusjoonistel kuvatud kaablite asukohad on samuti probleemiks, sest ehituse käigus on tihti välja tulnud, et plaanil märgitud kaablid asuvad nii kõrguslikult kui ka asendilt veidi erinevas kohas. Selliste kaablitrasside puhul kasutatakse enamasti kaabliotsijat, et enne ehituse algust välja selgitada kaablite täpsem paiknemine ning ehitustegevuse käigus ollakse eriti ettevaatlik ja valmis üllatusteks.

Edelaraudtee AS-l on 2017. aastast kasutusel oma geoinfosüsteem, kuhu on kogutud kokku ettevõtte kasutusvaldust puudutav informatsioon koos rajatiste kohta käiva alusinfoga (geoalused, projektid, teostusjoonised). Edelaraudtee AS-i poolt kasutatav GIS on üles ehitatud Esri ArcGIS Pro platvormil, kasutades selleks vahendajana valdkonnas tegutsevat firmat AlphaGis OÜ. Antud GIS-i on kantud kõik raudtee kaitsevööndisse (30 m rööbastest) jäävad nii Edelaraudtee AS-le kui ka teistele võrguhaldajatele kuuluvad tehnovõrgud. Informatsiooni selleks on kogutud Maa-ameti kitsenduste rakendusest, geoalustelt ning ka võrguhaldajatelt otse. Magistritöö kirjutamise ajal on GIS-is leitav info sisestatud 2D-s, kuid see sisaldab tabelitena ka

kõrgusandmeid. Tehnovõrkude kohta on võimalik infot välja jagada otse GIS rakendusest väljavõtete abil, kuid enamasti kasutatakse siiski konkreetse geoaluse või projekti tarbeks vastava dwg faili väljastamist. Viimaste aastate projektide kohta on Edelaraudtee AS-il olemas ka 3D geoalused ja kaabliinfo, mis on tingitud üldisest suunast hakata projekteerimist kavandama mudelprojekteerimise (BIM, ingl. k *Building Infrastructure Modelling*) baasil. Perspektiivis on plaanitud 3D andmete kogunemisel viia ka GIS-i andmebaas üle 3D andmetele ja vormistusele. Sellist üleminekut toetab juba ka hetkel kasutuses olev keskkond ArcGis Pro. Ka Edelaraudtee AS-i hallatavatel raudteemaadel asub vanemast ajast maa-aluseid kaableid, mille asukoht on umbmäärane. Jaamade side- ja turvangu rekonstrueerimisel on aga rajatud jaamade lähedale raudteega paralleelselt kulgevad kaablikanalisatsioonid, kuhu on koondatud valdavalt töös olevad side- ja turvangu- ning elektrikaablid. Sellest tulenevalt on enamik umbmäärase asukohaga tundmatud kaablid kasutuseta ja mitte-aktiivsed. Kogu lõigus esitatud informatsioon pärineb 06.04.2022 e-maili teel saadud Edelaraudtee AS-i arendus- ja planeerimisteenistusest teemakohaste küsimuste vastustest.

Tallinna Sadam AS-il on eelmainitud firmadega võrreldes mahult palju vähem andmeid, sest nende valdusesse jäävad vaid sadamate territooriumitele jäävad raudteelõigud. Sellest tulenevalt on ka nende andmekäsitus lihtsam. Eraldi kaabelduse infot nad ei kogu, kuid iga sadama kohta on olemas üks dwg formaadis geoaluse fail, kus kuvatakse muu infoga koos ka raudtee trasside- ja tehnovõrkude info ning geomeetria. Selles failis on kättesaadav kogu kaablivõrk, mis on raudtee toimimiseks vajalik. Magistritöö kirjutamise ajal on ka GIS veebirakendus arenduses, ning kõik info, mis on dwg failides, on juba viidud ka 2D-s olemasolevasse GIS-i. Andmeid nii GIS-is kui ka dwg failis täiendatakse jooksvalt käsitsi iga sadama kohta kui laekub ehitustööde käigus uut infot avanenud vanade trasside või lisandunud uute trasside kohta. Selleks puhuks, kui on vajadus ka trasside teostusjooniste järele, on lisatud dwg failis viide trassi omanikule (kui omanik on teada). Selle järgi on võimalik tulevikus teostusjoonise teinud firmalt originaalfaili saamiseks päring esitada. Usutavasti on ka sadamate juures hulganisti vanu kaableid, mis on kas joonistelt puuduvad või on orienteeruvalt peale kantud ja võivad ehitustööde ajal vajada lisamöödistamist. Tehnovõrkude kohta andis magistritöö jaoks infot 12.04.2022 e-maili teel AS Tallinna Sadama geodeesia spetsialist.

Vastavalt teostusmöödistamisele esitatud nõuete määrusele sisaldavad teostusmöödistamised haldajate jaoks järgnevat informatsiooni:

- möödistatud objekti asukoht ja aadress;
- möödistatud objekti nimetus;

- tellija ja ehitaja nimi;
- mõõdistamise läbiviinud isiku nimi ja registrikood ning majandustegevuse registri number;
- teostusmõõdistamise eest vastutava pädeva isiku nimi ja kvalifikatsioon ning kaasatud isikute nimed;
- mõõdistamise kuupäev või periood;
- lähtepunktide andmed, andmete päritolu register, geodeetiline süsteem;
- joonise mõõtkava, erinevate mõõtkavade korral kõik mõõtkavad;
- teostusmõõdistatud objekt ja sellega seotud objektid;
- maa-aluse tehnovõrgu teostusmõõdistamise ajal tuvastatud objektiga ristuvad muud tehnovõrgud koos selgitava teabega;
- objekti asendi visuaalseks tajumiseks vajalikud lähedusse jäävad ehitised;
- vajalikud abijoonised;
- katastriüksuste piirid, katastritunnused ja nimed;
- tänavanimed, majanumbrid;
- vähemalt neli koordinaatvõrgu risti, millest vähemalt kahele ristile on omistatud koordinaatväärtused;
- põhja-lõuna suuna tähis [11].

Erinevatele tehnovõrgu liikidele välja toodud spetsiifilised mõõdistamismõõded on toodud välja sama määruse peatükis 7 [11]. Enim levinumad tehnovõrgu tüübid, mis on igapäevaseks raudtee liikluseks vajalikud, on maa-alused signaalkaablid (raudtee automaatika), kontakivõrgu õhuliini kaablid (elektrifitseeritud raudtee) ning muud maa-alused elektrikaablid (pöörmesoojendid).

Tuginedes määrusele nr 34 on raudtee haldajatel teada peale kindla ala elektrikaabli teostusjoonist, millist tüüpi elektrikaablid maas asuvad, sh olemasolevad kaablid, mis on juba kasutusest eemaldatud ning ka demonteeritud kaablite endised asukohad mõõdistusala piires. Joonistelt peaks selguma nii kaablite uus numeratsioon kui ka nende võimalikud eelnevad kaablinumbrid. Kõik teostusjoonisel kuvatavad kaablid on

sidusad algusest lõpuni, ka juhul kui läbivad teekonnal elektrikilpi ning väljuvad sealt sama elektrikaablina. Joonistelt selguvad maa-alal paiknevate kaablimuhvide, kaitse- ja reservtorude, elektrikaevude ja jaotus-, liitumis-, ja transiitkilpide asukohad koos muu elektrikaablitega seotud rajatiste paiknevusega koordinaatide põhised. Juhul kui maa-alal asub keerukas elektrisõlm, siis peaks olema lisatud elektrikaabli teostusmöödistuse asendiplaanile juurde ka elektriline skeem ühenduste paremaks mõistmiseks [11].

Elektriõhuliini teostusmöödistuste järel on raudtee haldajatel teada, kus asuvad plaaniliselt elektriõhuliine kandvad mastid ja postid, toed ja tõmmitsad, seotud jaotus-, liitumis- ja transiitkilbid, postil paiknevad valgustid ning muud rajatised, mis on seotud elektriõhuliini töötamisega (sh vajalikud maanduselemendid). Kõik elektriõhuliinide algus- ja lõppobjektid on nummerdatud või kannavad konkreetset nime. Kõik elemendid, mis jäävad õhuliinide teele, kuvatakse joonistel fiidrite kaupa. Juhtme või kaabli tüübid on esitatud koos vastavate tähistustega riuliväljavõttes iga hargnemise eel ja järel. Madal- ja kõrgepingeliinide ristumisel on sellekohane viide märgitud kui liiniristumine. Kui õhuliini kaabel läheb üle maakaabliks, siis on plaanil sellekohane märg [11].

Signaal- ja sidekaablite teostusjooniste olemasolul on teada, kuidas paiknevad konkreetsetel möödistusalal möödistatud maakaabli, sidekanalisatsioonitorustiku või õhuliinide seotud objektid. Möödistatud kaablite asend on olemas plaaniliselt koordinaatidega ning iga kaabli juures on välja toodud selle lõpp- ja algusobjekt ning mark ja kaabli ristlõige. Kui kaabel on paigutatud torusse või kanalisse, siis on toodud välja ka kaablitoru läbimõõt ning näidatud skeemi peal kaabli asukoht torus vastavalt määrus nr 34 § 19 nõuetele. Koos konkreetse margiga on teada ka kaabli muhvide asukohad ning muhvida kaabli järjekorranumber. Igasugused kasutusel olevad või ka sel ajal kasutamata kaitse- ja reservtorude asukoht ning tehnilised andmed on samuti joonistel näidatud. Sidevõrgu kaevud on joonisel märgitud seest täidetud ringiga ning nende juurde on märgitud kaevutabelina kaablikanalise torus paiknevate kaablite arv. Lisaks on teada, kes antud kaablitrassi paigaldaja oli, et küsimuste puhul saaks alati hiljem temalt täpsemad selgitusi pärida [11].

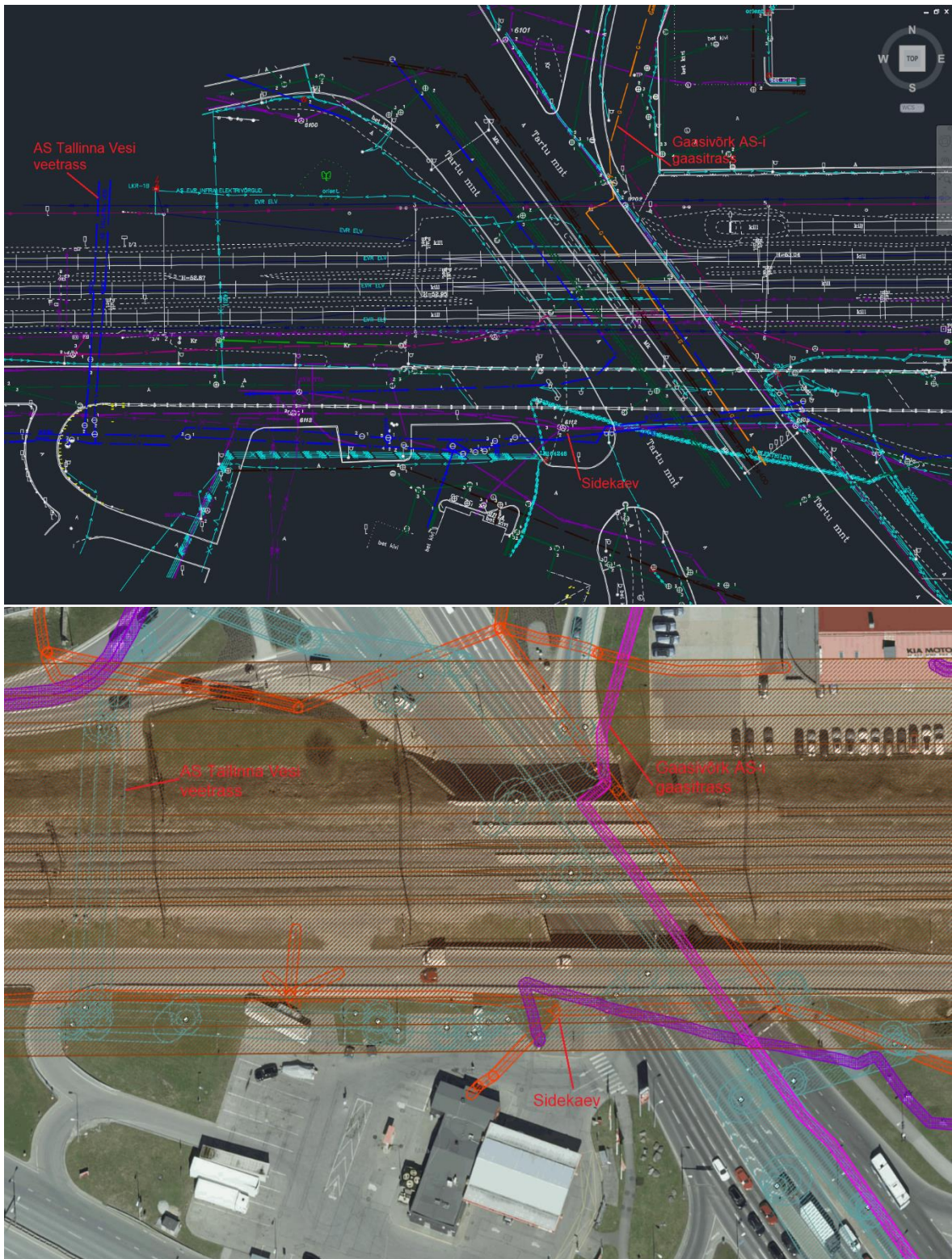
Need on kõik üldised andmed, mis on Eesti raudtee haldajatel olemas peale uuemate tehnovõrkude paigaldamist, millest on koostatud praegustele nõuetele vastavad teostusdokumentatsioon. Lisaks üldistele teostusmöödistuse dokumentidele võib iga haldaja omada ka muud informatsiooni enda hallatavate võrkude kohta. Nt Eesti Raudtee AS nõuab fiiberoptilise kaabli/mikrotoru teostusjooniste koostajatelt lisaks ka põhimõtte- ja kiudude skeeme. Kuna kaableid paigaldati juba enne seda kui dokumentatsiooni hakati arhiveerima digitaalselt, siis võib esineda teatud piirkondades

alasad, mille kohta on alles jäänud vaid paber kandjal käsitsi joonistatud teostusjoonised. Info käsitsi vormistatud joonistel ei ole kooskõlas praegu teostusjoonistele kehtivate nõuetega ning on oma ebatäpsusest tingituna pigem suunava funktsiooniga. Sellistel puhkudel võib aga olla, et piirkonnas on tehtud mingeid muid ehitustöid hilisemal ajal, mille jaoks on olnud vajalik geodeetiliste mõõdistuste tegemine, mille raames on kaardistatud ka maa-aluseid tehnovõrke. Kui teostusdokumentatsioon pole enam aktuaalne, on olemas ainult paber kandjal või koguni puudub, siis on värskem info talletatud tihtipeale geoalustena. Kui teatud ala tehnovõrkude kohta on informatsioon olemas vaid geoalusena, siis peavad olema seal kindlaks määratud vastavalt määrusele nr 34 järgnevad detailid:

- kaevukaane ning selle kõrval oleva maapinna absoluutkõrgus;
- kaevu põhja absoluutkõrgus;
- kaevu ja kaevukaane materjal;
- kaevu või kambri mõõtmed;
- torude arv, side ja elektrikanalisatsioonitorude asetuse skeemid;
- toru suund või suubumine;
- toru materjal;
- toru läbimõõt;
- toru absoluutkõrgus [11].

Ehituse planeerimise faasis raudteemaal paiknevate kommunikatsioonide info kogumisel on võimalik Eestis osa informatsioonist leida avalikest andmekogudest nagu Tallinna Geoveeb ning Maa-ameti kitsenduste kaart. Otseselt raudteeseadmete kaableid sealt ei leia, kuid raudteega ristuvate kolmandate osapoolte kommunikatsioonide küll. Antud töös läbiviidud praktilise võrdluse raames selgus, et mõlemad andmekogud kasutavad tehnovõrkude kihis Maa-ameti kitsenduskaardi andmeid ning on enamjaolt üsna informatiivsed ja kattuvad päris olukorraga looduses. Siiski lähemalt plaane uurides tuli välja, et mõned kommunikatsioonide tüübid (nt sademevee kanalisatsioon) on jäetud kitsenduste kaardilt välja ning ka mõned teised elektri ja sidekaablid on plaanidelt puudu. Seega saab antud informatsiooni kasutada pigem suunavana. Seda illustreerib alltoodud näide (Joonis 17), kus on näidatud geodeetide vormistatud tehnovõrkude plaan ning väljavõte Maa-ameti kitsenduse kaardilt. Seetõttu on õige protsess Eestis maa-aluste võrkude info saamiseks pöörduda maa omaniku või

vajadusel geodeedi poole, kes teeb kindlaks erinevate osapoolte kaablite ja torude täpsema paiknemise.



Joonis 17. Ülemisel joonise osal on väljavõtte Tartu mnt kergliiklustunnelite projekti raames mõõdistatud tehnovõrkudest ning alumisel joonisel väljavõtte Maa-ameti kitsenduste kaardilt (17.05.2022) Väljavõtte on teostatud samas asukohas, et tuua välja kahe plaani sarnasused ja erinevused. Joonisel on viidatud erinevatele kommunaalvõrkude trassidele või kaevule, mis on silmapaistavamal asukohal ning mille asukoha järgi on kergem plaane võrrelda.

4.3.2 Raudtee tehnovõrgud & andmehaldus Soomes

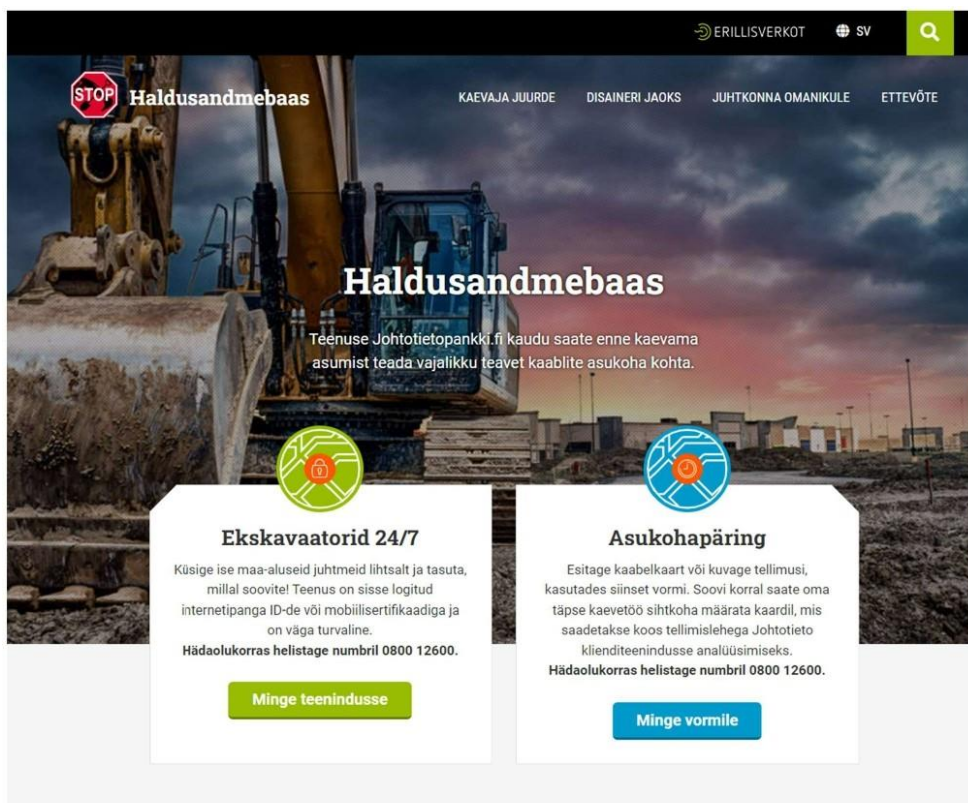
Soomes on kogu avalikus kasutuses olev raudteevõrk riigi valduses ning infrastruktuuri haldajana manageerib rööbasteede korda ja kasutust Soome Transpordi ja Infrastruktuuri Amet Väylävirasto. Nemat koguvad kogu raudtee tehnovõrkudega seotud informatsiooni. Magistritöö raames uuriti, kuidas see informatsioon talletatud on ning mis andmeid Väylävirasto tehnovõrkude kohta kogub. Kahjuks on suur osa tehnovõrke puudutavast informatsioonist Soomes piiratud ligipääsuga väljaspool Soome Transpordi ja Infrastruktuuri Ametit ning detailseid andmeid käesoleva magistritöö raames välja ei jagatud. Väylävirasto üks töötajatest andis vaid üldist informatsiooni, kus mainis, et enamik tehnovõrke puudutavaid jooniseid hoitakse siiani teostusjoonistena firmasiseselt andmebaasides (e-mail 28.03.2022). Magistritöö raames võeti mitmeid kordi ühendust veel mitmete raudteede ehitusega tegelevate firmadega ning erinevate sadamatega, et uurida tehnovõrkude olukorra kohta erinevate osapoolte käest, kuid ükski Soome firma ei vastanud saadeud e-mailidele. Täpsem info võrdluse jätkamiseks on kogutud juba varem läbiviidud uurimustest ning suheldes inimestega, kes Väylävirasto-ga koostööd on teinud.

Väylävirasto andmebaasidest leiab projektide jaoks toodetud faile nii PDF vormingus, *Tagged Image File Format* (TIFF) vormingus kui ka uuemaid 2-dimensioonilisi Autocadi jooniseid. Paljude piirkondade kohta esineb arhiivis erineva välimuse ja sisuga kaarte [30]. Samuti on suur hulk teostusjooniseid, mida hoitakse arhiivis veel vanemast ajast paber kandjal. See on tingitud sellest, et kuni 1996. aastani tehti Soomes kaablite mõõdistamistöid mõõdulindiga ja kaardid joonestati käsitsi. Erinevates failiformaatides andmete kogumine ei võimalda tänapäevast automatiseeritud andmehaldust. Sellest tulenevalt puudub Väylävirasto-l kaabliandmeid ühendav (veebipõhine) mudel, kus oleks võimalik kaablite andmeid selgelt hallata ja vajadusel projektipõhiselt osapooltele välja jagada. On teada, et raudteekeskonnas tahetakse liikuda killustatud kaabliandmete haldamiselt ühtsele andmemudelile, mis koondab erinevatest allikatest pärit andmed kokku ühtseks tervikuks. Selle üheks eelduseks on uute kaablikaartide koostamisel neile piisavate atribuutide lisamine, mis on vajalik objektide mudelisse rakendamiseks [30].

Probleemid, mis raudtee piirkonnas enim tehnovõrkudega ette tulevad, on seotud ka Soomes vanade mitte-aktiivsete kaablitega ja vananenud asukohainfoga. Ehitustööde ajal on ette tulnud olukordi, kus on projektlahenduse teostamiseks vajalik kaablitrasside kaitsmine või ümber projekteerimine, mis on hiljem osutunud vanadeks mitte-aktiivseteks kaabliteks. Töövõtja jaoks on tegemist suure raha- ja ajaressursside raiskamisega, mida oleks saanud ära hoida. Sellised olukorrad tekivad, kui võrguhaldaja

on mingi kaabli deaktiveerinud, kuid jätnud selle registreerimata. Samuti on ehituse käigus ette tulnud paljude kaablite lõhkumist, mis on joonistel märgitud ühte asukohta ja kõrgusele, kuid mis on päriselt välja ilmunud teises kohas. Iga selline kaablite lõhkumine võib endaga kaasa tuua tõrkeid nii raudteede- kui ka muude taristute töös ning nendega võivad kaasneda suured rahalised kahjud [30].

Ehitusprotsessiks vajalike teiste võrguhaldajate kommunikatsioonide (nt tele-ja internetiteenuse pakkujad) andmeid haldavad Soomes mitmed firmad, kes on koondanud enda andmebaasidesse erinevate võrguhaldajate paigaldatud kaablite info. Mõnel juhul võib kindlal maa-alal päringut tehes saada ühest firmast kõigi osapoolte andmed, mis antud asukohas paiknevad. Tihti on aga erinevate firmade võrgud jaotunud erinevate kolmande osapoolte vahel, mis tähendab, et enne ehitustööde algust tuleb olla kindel, et päringud on esitatud kõikidesse andmebaasidesse. Kaablite andmete pärimine on lihtne protsess ning tasuta (näide toodud Joonisel 18). Vajalik on vaid huvipakkuva ala piiritlemine ja lisainfo jagamine. Päringu vastusena saadetakse meiliaadressile soovitud andmed kas Autocad-i joonisena (kui see on kättesaadav ja päringus ka soovitud) või asendiplaanilise joonisena. Uurides selliste süsteemide usaldusväärsuse kohta levis arvamus, et ka sarnaselt Eesti avalikele andmebaasidele ei saa nendes süsteemide esitatud andmeid 100% usaldada, sest sealt võivad olla teatud kommunikatsioonide andmed puudu või vananenud.



Asukohapäring

Nimi (Easimise Parallelnaamne) *

Telefon *

C-post *

Ettevõtte

4. Lisainfo (nt kaevetööde ulatus ja kvaliteet)

5. Tellimuse tüüp *

Kaardi järjekord

Kuvaga tellimus

Disainitööd (DWG)

Ajasooor kaabli kuvamiseks (nt koopilevi ja kellaeg)

Manused

MÄRGE! Failide kogumaht ei tohi ületada 10 MB

Choose File | No file chosen

Olen lugenud registri- ja privaatsusavaldust *

Saatke asukohapäring

1. Sisestage kaevamiskoha aadress *

Hae

2. Märkige kaardile täpne kaevetöö punkt või marsruut

Peida kaevetöö punktid Kustuta viimane kaevetöö punkt Tühjenda kaart

Kaevetöö punkti lisamiseks klõpsake soovitud punktis kaardil, et lisada kaardile kaevetöö punkt. Kui kaardile lisatakse mitu kaevetöö punkti, joonistatakse nende vahel automaatselt kaevetööde marsruut.

[»Vaata üksikasjalikke juhiseid kaardi kasutamiseks](#)

3. Kaevetöö kohad

Kaevetöö kohad 0 tk

Ekskavaatori marsruudil märgitud vahemaa on 0 meetrit

+ Lat Pikk Lisage kaevamiskoht

Joonis 18. Kuvatõmmis eesti keelde tõlgitud johtotietopankki.fi lehelt. Näide võrguhaldajatelt maa-aluste kommunikatsioonide info päringust. Igaüks saab küsida andmeid kindlal maa-alal paiknevate kaablite kohta. Teenus on tasuta ja on mõeldud enne kaevetööde alustamist turvalisuse eesmärgil maapinna kontrollimiseks.

Suuremate raudtee projektide raames on viimastel aastatel hakatud moodustama ka mahukamaid projektipõhiseid kommunikatsioonide andmemudeleid. Selleks on tellitud eraldi teenusena kogu projektialal nii raudteevõrkude kui ka kõigi teiste võrguhaldajate kaablite dokumenteerimine ja nende vormistamine ühtsesse süsteemi. Lõpptulemuseks on projektiala raames kõigi tehnovõrkude koondatud andmemudel, mida on võimalik InfraKit rakenduses kasutada ning mis antakse üle peale projekti valmimist rajahooldusoperaatorile. Selline töö on aeganõudev, kuid tuleb tulevikus mitmetele osapooltele kasulikuks. Andmemudeli koostamist alustatakse olemasolevate sisendandmete kogumisega, misjärel minnakse loodusesse nende andmete põhjal kaableid üle mõõtma. Selgeks tehakse raudteemaal paiknevate raudtee kaablite ning kolmandate osapoolte kaablite x-, y-, ja z-koordinaadid, mille täpsus on eeldatavalt kuni 1-2 cm [36]. Mõõdistamisel kasutatakse kaabliotsijat ning võrkude omanikelt saadud kaablite paigalusanndmeid. Lõpuks on tulemuseks koordinaatidega märgitud kaabel, millel on kaasas info kaabli tüübi, omaniku ja raudtee kilomeetril paiknevuse kohta (Joonis 19). Edaspidi on rajahooldaja ülesanne hoida andmemudelit uuendatuna [30]. Sellise praktika kasutuselevõtt on esimene samm liikumaks uuendatud ühtse andmemudeli poole. Raudtee hangete projektialad võivad Soomes ulatuda mitmekümnete kilomeetriteni ning nende raames rajatud andmemudelid võivad olla heaks eeskujuks ka teistes piirkondades samasuguse lahenduse kasuks otsustamisel.



Joonis 19. Väljavõte Infrakit keskkonnas avatud projektipõhisest raudteemaal paiknevate kaablite koondplaani. Märgitud kaablite x-, y-, ja z-koordinaadid, paiknemine raudtee kilomeetri järgi, sügavus maapinnas, omaniku andmed ning infosisestuse aeg [30].

4.3.3 Kokkuvõtte tehnovõrkude praegusest olukorrast raudteedel

Nagu enne magistritöö kirjutamist arvatud oli, siis tekitavad siiani suurimaid probleeme nii Eestis kui ka Soomes vanad kaablid, mis raudteemaal paiknevad. Eestis on raudteemaal endiselt Nõukogude Liidu ajast säilinud kaableid, mille kohta on pigem suunavad ja ebatäpsed käitsi joonistatud joonised. Samasugune seis on ka Soomes – maas peituvate kaablite vanus võib ulatuda mõnes kohas suisa 100 aastani ning nii vanade kaablite kohta ei ole info säilinud või on see juba vananenud. Kõige paremat informatsiooni vanade kaablite kohta raudteemaal omavad kohalikud mehaanikud, kellelt vajadusel kaablite asukoha määramiseks nõu saab küsida.

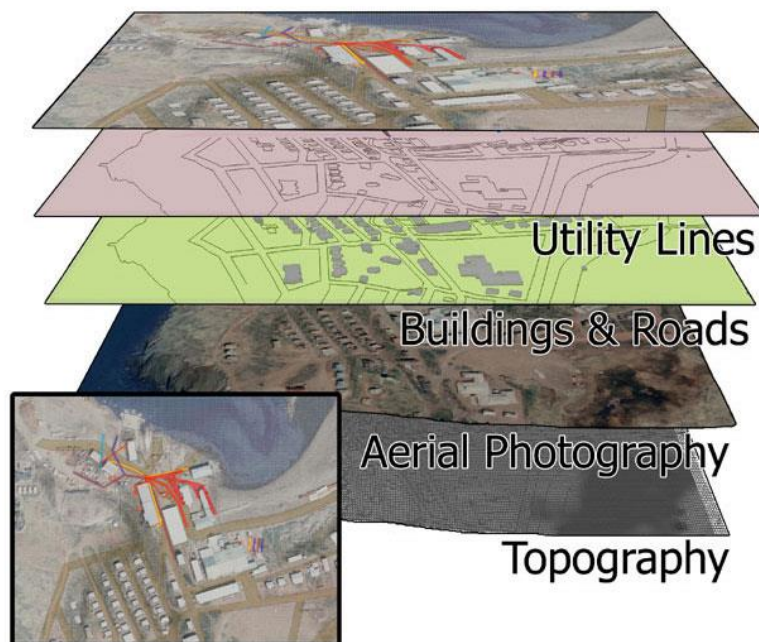
Mõlemad riigid on hädas sellega, et läbi aastate on leitud ehituse käigus maa seest kaableid, mis on joonisel märgitud teise asukohta. Sellised leiud on viinud olukorrani, kus teostada tuleb palju lisatöid, et kaablid projekti raames üle mõõdistada ning sellegipoolest tuleb arvestada ehitustööde käigus kiht-kihi haaval aeglaselt kaevamisega ning võimalike üllatustega. Tihtipeale on tulnud raudtee alal ehitustöid tehes välja, et plaanil sügavamale märgitud kaabel ilmub välja juba maapinna lähedal või vastupidi. Usutavasti on sarnaste probleemide küüsis enamik kunagi Nõukogude Liidu aladel asuva raudtee hooldajad ning nagu näha, siis ka teised riigid. Praeguseks on olukord paranenud liinidel, kus on teostatud suuremahulisi rakonstrueerimistöid ning liinide tööks vajalikud kaablid on paigutatud kaablikanalitesse. See annab enesekindlust, et vähemalt aktiivsete kaablite asukohad on teada. Kaablid, mis enam aktiivsed pole, võivad siiski ehitustöödel probleeme tekitada, sest neist tingituna võib tekkida vajadus lisatöödeks, mis omakord tähendab suuremat ressursi- ja ajakuju.

Eelpool mainitud probleeme silmas pidades on kaks peamist küsimust:

- 1) Mida teha, et juba maa sees olevate vanemate kaablite olukorda parandada ning nendega seotud infopuudust vähendada?
- 2) Kuidas tuleks käituda uute trasside projekteerimisel, et tulevikus oleks antud valdkond selgelt korraldatud ja varem esinenud probleemid enam ei korduks?

Tuleviku peale mõeldes ning tänaseid võimalusi arvestades on selge, et raudteemaa tehnovõrgud peaksid olema koondatud kolmemõõtmelisse andmemudelisse, mis oleks kergesti töödeldav ning võimaldaks igas kohas ja sügavusel täpselt selgeks teha, mis kommunikatsioonid selles piirkonnas leiduvad ja kellele need kuuluvad. Selle lahenduse teostamiseks tuleks uute ehitatavate süsteemide korral koguda kõik vajalik atribuudiinfo juba ehitustööde käigus ning seda kohe talletada sobilikus süsteemis, mis tuleks selle tarbeks välja töötada. Toetudes varasemale töökogemusele usub töö kirjutaja, et kõige

parema pildi olemasolevate tehnovõrkude andmetest saaks veebipõhise GIS keskkonna kasutusevõtmisel ning edasi arendamisel. GIS on arvuti süsteem, mis on võimeline andmeid koguma, salvestama, muutma ja vastama päringutele. Andmeid leitakse vastavalt geograafilisele asukohale [23]. GIS keskkonnas on võimalik kaardil kuvada grupeeritud andmeid, mida parasjagu vaja on, lisada objektidele spetsiifilist infot ning näidata süsteemide omavahelisi seoseid. GIS võimaldab koordinaatidega siduda erinevad infokihid, nt ortofoto, mõõdistatud hooned ja infrastruktuuri osad (teed, sillad, tunnelid, raudteed jms), topo-mõõdistustel saadud alusplaanid, maa-alused tehnovõrgud ja palju muud. Tehnovõrkude puhul saaks kaardil eristada erinevat tüüpi side-, toite- ja madalpingekaablite kanaleid, seal paiknevate torude arvu, kaablite asetust, marki ja kaablinumbrit, paigaldamise kuupäeva, teostusjooniste tegijat jne. Kuna GIS-i sisestatud info salvestatakse automaatselt pilveteenuses, siis on võimalik seda mitmete osapoolte poolt mugavalt muuta, teha ettepanekuid, uuendada, reprodutseerida ja laialdaselt kättesaadavaks teha (nt projektipõhiselt projekteerijale välja jagada). Sellise ühtse süsteemi toimimiseks peaks olema süsteemi haldaja, kes vastutab andmemudeli asjakohasuse eest ja uuendab seda. Lisaks on vajalik täpse juhendi koostamine, mille alusel projekteerida saaksid 3D-objekte projekteerida ning teaks, mis infot neile külge panna.



Joonis 20. Erinevad andmete kihid, mida kuvatakse GIS-is üksteise peal ning mis moodustavad terviku reaalsest olukorrast maal. Erinevaid kihte on võimalik kuvada ka üksikutena ning sealt detailset infot kätte saada [24].

Selleks, et praegune infosulg tehnovõrkude alal lõppeks, oleks teoreetiliselt vajalik enamik raudteemaast otsast lõpuni üle mõõdistada. Kahjuks on vana kaablivõrgu ülesmõõdistamine väga kallis ja aeganõudev töö ning nõuab tellija pidevaid kooskõlastusi. Suurematel raudteehaldajatel Eestis pole olnud ajalisi ega rahalisi võimalusi läbi viia suuremahulisi kontrollmõõdistusi, mis aitaks välja selgitada tegeliku olukorra raudteealadel. Kooskõlastatavaid projekte on niigi magistritöö kirjutamise ajal raudteehaldajatel nii palju, et selleks puudub piisavalt ressursse ja nii venivad need protsessid juba ilma lisatöödeta väga pikale. Seda arvesse võttes peab töö kirjutaja siiski oluliseks nende alade üle mõõdistamist, kasvõi siis projektide raames. Raudteehaldajad ei peaks selles vallas olema üksi, vaid neile võiks rahaliselt lisamõõdistustöödeks abi pakkuda riik.

Mitmed riigid ja linnad on viimasel aastakümnel otsustanud, et maa-aluste võrkude täpsem andmete kogumine ja nende koondamine on linna infrastruktuuri planeerimiseks oluline ning rajanud erinevas mahus maa-aluseid võrke kajastavaid klastreid. Näiteks Zürichis seati määrusega igale linnajaole nõue aastaks 2021 esitada digitaalne ajakohane kommunaalteenuste kaart. Sinna koguti kokku kõik olulisemad linna tehnovõrkude osad nagu gaas, vesi, kanalisatsioon, kaugküte, elekter ja telekommunikatsioonid. Selle süsteemi kasutuselevõtuks, andmete vahendamiseks ning avaldamiseks töötati välja standardid ja kommunaalettevõtted edastavad nüüd automaatselt läbi määratletud liidese vähemalt korra nädalas katastripidajale hetkeseisu ning toimunud muudatused, et hoida infot klastris aktuaalsena. Serbia ja Inglismaa alustasid samuti tehnovõrkude tuvastamise ja registreerimisega suurtesse klastritesse, mille kaudu plaanitakse luua detailset üleriiklikku maa-aluste kommunikatsioonide kaarti [34]. Esmane lahendus Maa-ameti kitsenduskaardina on Eestis olemas ja sarnast, kuid täiendatud süsteemi oleks vaja ka raudteevõrgu kohta.

Maa-aluseid kommunikatsioone on võimalik kaardistada ilma lisanduvate ehitustöödeta. Võimalusi selleks on erinevaid (georadari uuring, elektromagnetilise lokaatori (EML) uuring, sonduuring) [34]. Vanemate terastorude puhul saab indutseerida torudesse signaali ja teostada EML uuringu [35]. Tänapäeval populaarsust koguvate plastiktorude puhul on aga mõõdistamiseks sobivam georadariga läbiviidud uuring. Georadar on siiani olnud üks efektiivsemaid tehnoloogiaid tehnovõrkude tuvastamiseks. Tuleb arvestada aga sellega, et ükski tuvastamistehnika uuring ei suuda kindlaks teha igat tüüpi kommunikatsioone igas asukohas. Küll aga on võimalik erinevaid tehnoloogiaid kombineerides saada kõige suurema tõenäosusega täpne tulemus. Suuremahulise raudteevõrgu mõõdistamise puhul oleks vajalik eelnevalt välja töötada mõõdistuste plaan ja valida sobivaim mõõdistusviis. Antud magistritöö raames uuriti lähemalt

georadari tänapäevast võimekust ja selle kasutusvõimalusi raudteevõrkude kaardistamisel.

Juba 2002. aastal viidi läbi uuring, mille eesmärk oli uurida georadariga raudtee aluskonstruktsioonide seisukorda. Antud töös oli kasutusel paar 1GHz sagedusel töötavaid sarvanteenne, mida katsetati erinevates asukohtades ja kõrgustel. Kuigi konkreetse töö eesmärk ei olnud raudtee aluste tehnotrasside mõõdistamine, siis leiti andmeid analüüsidest lisaks konstruktsioonikihtidele ka nende all paiknevate dreanaažitorude, kaevikute ja muude kommunikatsioonide asukoht ja sügavus. Mõõdistus viidi läbi georadariga, mis oli kinnitatud raudtee hooldamiseks mõeldud auto taha. Auto kiiruseks rööbasteel oli ca 16 km/h (10 miili/h) [37].



Joonis 21. 2002. aastal läbiviidud uuringu mõõteriist. GSSI 4208 antennid, mis on paigaldatud rajahooldusauto külge. Piltidel on kujutatud erinevaid viise, kuidas antenne positsioneeriti. Kõige efektiivsem variant on näidatud üleval vasakul ning all paremal [37].

Georadarit on kasutatud ka Saksamaal raudteejaama rööbasteede vahelise ala mõõdistamiseks uute signaalkaablite paigaldamiseks. Konkreetselt Niederhalden-i raudteejaamas kasutati Leica DS2000 georadarit, mida sõidutati käsitsi kõndides rööbasteede vahelisel alal. 3 kilomeetrine raudteelõik sai mõõdetud kohaliku geotehnika inseneri poolt 2 päevaga ning mõõdistusi viidi läbi selle aja jooksul rohkem kui 30-s erinevas asukohas [38].



Joonis 22. Saksamaal Niederhalden-i raudteejaamas kasutati Leica DS2000 georadarit signaalkaablite paigaldamiseks maapinnase eeluuringuks, et tuvastada pinnases paiknevad vanad raudteekaablid [38].

Magistritöö käigus uuriti Eestis kasutatavate georadarite võimekuse kohta AS Teede Tehnokeskusest, kus kasutatakse neid radareid juba aastast 2000. Georadarid võivad olla väga efektiivsed maa-aluste objektide määramiseks, kuid nendega töötades tuleb arvestada, et töö tulemus peitub konkreetse maapinna omadustes. Tehnoloogia töötab saates elektromagnetlaineid uuritavasse pinnasesse ning võttes vastu peegeldunud impulsse. Paljud pinnased on aga elektromagnetlaineid summutavad. Kui kaabel asub sellise pinna all, siis ei ulatu radari saadetud elektromagnetlained objektini ning tehnovõrk jääb tuvastamata. Sobivas homogeenses pinnases mõõtes on väga tõenäoline tehnovõrgu täpne asukoht ära määrata.

Tähtis on mõista, et paljudes kohtades ei saa veel kasutada georadarit kui 100% kindlusega tehnovõrkude kaardistamise tehnoloogiat, sest sel on omad puudused. Siiski, leides teiste riikide nii aastakümnete taguseid- kui ka tänapäevaseid näiteid georadari kasutamisest raudteedel kommunikatsioonide tuvastamisel, soovitab magistritöö kirjutaja seda praktikat testida ka Eesti tingimustes. Kui testimine osutub

edukaks, siis võiks see olla raudteevallas üheks võimaluseks vanade unustatud trasside kaardistamiseks.

KOKKUVÕTE

Nii Soomes kui Eestis on raudtee valdkond pidevalt arenemas ja laienemas, mistõttu viiakse läbi palju projekteerimis- ja ehitushankeid ning teostatakse üha rohkem rekonstueerimistöid ning ehitatakse uusi raudteerajatisi. Hetkel on raudteesektoris mitmel firmadel tööd kuhjumas ning uute projektide koostamine vajab palju inim- ja ajaressurssi. Magistritöö kirjutamise eel sooviti Eesti ja Soome praktikate võrdlusena leida viise, kuidas Eestis kohapealset projekteerimis- ja ehitusprotsessi saaks lihtsustada ning töö efektiivsust tõsta.

Lootus magistritöö kirjutamise alguses oli, et Soomes on raudteesektor rohkem arenenud kui Eestis ja sealt on võimalik üle tuua häid tavasid ja käitumisviise. Selline arvamus tugines teadmisel, et Soome on olnud pikemalt iseseisev riik, mida ei ole mõjutanud võimude ja süsteemide vahetused, mis arengut pidurdada võivad. Samuti teadmine, et Soome riik panustab suuri summasid erinevate prognooside ja uurimustööde tellimiseks, mida Eestis keegi kergekäeliselt tellida ei soovi. Magistritöö käigus leitud informatsiooni põhjal saab aga väita, et Soome raudteesektor tegutseb üldiselt Eestiga samal tasemel ning vaevleb samade probleemide küüsis.

Esmalt mõlema riigi avalike hangete läbiviimise protsessi ja käsitletavaid dokumente uurides selgus, et kuigi Soomes on hangete läbiviimise kord Eestiga võrreldes väiksemal määral reglementeeritud ning mõnes olukorras on jäetud tellijale vabamad käed ja rohkem valikuvõimalusi, siis enamasti on hangete protsess ja esitatud lähteandmed väga sarnased. Erinevus jäi silma vaid üldises stiilis, kuidas hangete raames lähtedokumentid vormistatud olid. Projektis lähtestatud tööd olid lahti seletatud suusõnalisemalt ning selgelt, viitamata igas punktis nõudeid sätestatavatele dokumentidele. Kokkuvõttes ei erinenud Soomes hangete läbiviimise kord suures pildis Eestist sellisel määral, et sealt mingeid praktikaid Eestisse üle peaks tooma, et seeläbi kohalikku olukorda parandada. Üldine soovitus oleks lähtedokumentide koostamisel ja planeerimistöökäigus tellija poolt juba läbi viia uuringuid ja taodelda tehnilisi tingimusi, mida kindlasti hiljem projekteerimisfaasis vaja läheb, et seeläbi hilisemastes etappides aega kokku hoida.

Järgmise uurimisobjektina käsitleti magistritöös projekteeritud joonistel maapina situatsiooni kirjeldavat geoalust. Selgus, et Soome raudteevaldkonnas kasutatakse Eestis levinud geoaluste asemel joonistel rohkem aluskaartidel projektlahenduste esitamist. Selline esitusviis on lihtsamini loetav ja toob esile projekteeritud lahenduse. Miinustena võib tuua aluskaardi kasutamise puhul kõrgusandmete raske kättesaadavuse. Projektis vajalike täpsete kõrguste mõõdistamiseks viiakse läbi

väiksemas mahus geodeetilisi mõõdistusi, kuid sealt leitud kõrgusi kasutatakse rohkem ristlõigetel täpsete kõrguste andmisel kui asendiplaanil. Tavaks on objektide vastastikuse kõrgusliku paiknemise kuvamine, mitte absoluutkõrguse esitamine. Sellist esitusviisi võiks rohkem võtta kasutusse ka väiksemate Eestis läbiviidavate projektide puhul. Paljude projektide puhul piisab tähtsamate kõrguste üle mõõdistamisest, et olemasolevad rajatised uue projektlahendusega kokku viia. Nii oleks võimalik kokku hoida rahalisi- ning aja ressursse, mis kuluvad mahuka topo-mõõdistuse tegemiseks ning vähendada projekteermisfaasi pikkust. Mitmetasandiliste ja tiheda asustusega suuremate projektide puhul oleks siiski parem jätkata Eestis praeguse süsteemiga, sest kõrgusmärgid plaanidel aitavad tihti lahendada koosolekutel tekkinud probleemid ja aidata erinevate lahenduste läbimängimisel. Praeguste topo-plaanide vormistamisel võiks aga rohkem keskenduda plaanidele funktsionaalsusele, st mitte nii suurt tähelepanu pöörata haljastusele ja muule, mis plaanid asjatult kirjuks muudavad ning reaalselt väärtust plaanile ei lisa.

Viimasena analüüsi magistritöö raames riigiti raudteesektoris tehnovõrkudega seotud informatsiooni olemasolu ja üldist olukorda antud valdkonnas. Võttes kokku raudtee haldajatelt saadud vastused ja kogutud andmed võib öelda, et mõlemad riigid vaevlevad kommunikatsioonide valdkonnas täpselt samasuguste probleemide küüsis. Raudteede töös on suurimaks probleemiks vanad kaablid, mille kohta puuduvad andmeid või on säilinud vaid puudulikud käsitsi tehtud joonised, mis põhjustavad ehituse käigus pidevalt kaablite lõhkumist. Soomes on paljudel raudteelõikudel kaabeldus paigaldatud ligi 100 aastat tagasi ning nende kohta ei ole tänapäeval väga palju teada. Isegi kaablikanalitesse asetatud kaablid võivad olla üles märkimata. Uute projektide puhul on seis parem, kuid ka hästi dokumenteeritud aladel võib ette tulla palju üllatusi. Täpselt samasugune seis on Eestis – rekonstreerimistöde käigus on teatud liinidel uuemad kaablid koondatud kaablikanalitesse ning on väiksem võimalus, et aktiivne kaabel kuskil raudteemaal veel teadmata on. Mitte-aktiivsete kaablite andmed on aga puudulikud.

Soomes pole välja kujunenud andmebaasi, mis baseeruks tänapäevastel GIS-andmetel ega ka muud ühtset andmebaasi. Tehnovõrkude info on killustatud ja seda hoitakse uuemast ajast peamiselt teostusjoonistena, millele lisanduvad vanemast ajast paber kandjal arhiivis hoitavad või skanneeritud käsitsi vormistatud joonised. Eestis on kommunaalide andmed samuti vormistatud erinevalt ning puudub ühtne raudteid ühendav pilveteenus, kust ajakohast infot trasside kohta leida. Andmeid kogutakse firmade kaupa erinevalt, kuid kõige tähtsamateks dokumentideks on endiselt kaablite teostusjoonised, mida hoitakse firma võrgukettal. Enamik tehnotrasse puudutavatest andmetest on talletatud 2D-joonistena, millele on juurde lisatud kõrguste tabelid. Viimaste aastate kohta on mõlemas riigis saadaval teatud mahus 3D-joonised. Kõik

küsitatud firmad Eestis on kas juba liikunud ka paralleelselt GIS-i kasutamisele või tegelevad vastava süsteemi väljatöötamisega. Hetkel on GIS-is andmed 2D-s, kuid 3D andmete lisandumisel täiendatakse ka vastavalt GIS-i keskkonda. GIS-i kasutamine erinevate võrguhaldajate poolt on hea samm tulevikus ühtse andmekogu koostamiseks. Selleks, et riigipõhine ühtne andmemudel toimiks, on vajalik selge struktuuri välja töötamist, mille põhjal tehnovõrgud süsteemi üles laetakse, et neid ühtse tervikuna kasutada. Samuti oleks tulevikus vajalik vastava juhtimisüksuse loomine, mis kontrolliks GIS-i sisestatud andmeid ning hoiaks süsteemi asjakohasena.

Nii Eestis kui Soomes on hetkel andmebaase, kuhu on juba sisestatud üleriigilisi kommunikatsioonide andmeid, kuid hetkel on nende süsteemide usaldatavus mõlemas riigis kehv. Eestis olemasolev Maa-ameti tehnovõrkude kitsenduste kaart on siiani parim näide, kuidas kiiresti asukoha põhiselt kommunikatsioonide kohta infot saada. Sealt puuduvad aga raudteedega seotud võrgud ning ka üldised andmed vajavad uuendamist.

Andmete asjakohasus ongi suurim probleem üldises raudteevõrgus. Seni kuni raudteemaal paiknevad umbmäärases asukohas tehnotrassid, ei saagi mõelda ühtse andmebaasi loomise peale, mis oleks detailsuselt piisav ehitustöödel lähteandmetena kasutamiseks. Vanade trasside mõõdistamisega on projektipõhiselt alustanud Soome, kus suurte raudteelõikude kohta on loodud InfraKit-is loetavad koondplaanid, kuhu on kogutud kogu raudteealal paiknevad kommunikatsioonid. Selleks on tellitud eraldi kaablikoordinaator, kelle ülesandeks ongi looduses hetkeseisu kindlaks tegemine ja asjakohase koondplaanid koostamine. Ka Eestis koostatakse projektipõhiselt kommunikatsioonide koondtabeleid, aga selle raames ei mõõdistata üles kogu maa-alal peituvaid kaableid, vaid koondatakse ühte süsteemi teadaoleva kaablid. Üldiselt ei tehta lisamõõdistusi kommunikatsioonide otsimiseks, sest selleks puuduvad rahalised võimalused. Magistritöö autor usub, et praeguses olukorras tulevikule mõeldes oleks olemasolevate kommunaalide ülesmõõdistamine siiski vajalik ning siin peaks teiste riikide näitel abistama kohalik omavalitsus või riik. Üheks võimalikuks mõõdistamisvahendiks on georadar, mida on varasemalt edukalt kasutatud mujal riikides nii raudtee aluskonstruktsiooni uurimisel kui ka tehnovõrkude tuvastamisel. Georadari täpsuse usaldusväärsus teede uurimisel on varasemalt olnud kaheldav, kuid vajalik oleks selle tehnoloogia täpsem testimine raudtee keskkonnas.

SUMMARY

In both Finland and Estonia, the railway sector is constantly evolving and expanding, which is why more and more design and (re)construction procurements are being carried out and new railway facilities are being built. Currently, many companies in the railway sector are under heavy work load and the preparation of new projects requires a lot of human and time resources. Before writing the master's thesis, the aim was to find ways to simplify the local design and construction process and increase the efficiency of the work in Estonia as a comparison of Estonian and Finnish practices.

The hope at the beginning of writing the master's thesis was that the railway sector in Finland is more developed than in Estonia and it is possible to transfer good practices and behaviors from there to Estonia. This opinion was based on the knowledge that Finland had long been an independent country, unaffected by changes in power and systems that could impede development. Also knowing that the Finnish state invests large sums to order various forecasts and research work, which no one in Estonia wants to order easily. However, based on the information found during the master's thesis, it can be stated that the Finnish railway sector generally operates at the same level as Estonia and suffers from the same problems.

Examining first the public procurement process and the procurement documentation in both countries, it became clear that although the procurement procedure in Finland is less regulated than in Estonia and in some situations the contracting authority is left with more freedom and choice, the procurement process and source data are very similar. The only difference was in the general style of how the source documents were prepared during the procurement. The works submitted in the procurement were explained more simply and clearly, without referring to the documents setting out the requirements in each section. In summary, the procurement procedures in Finland did not differ from Estonia to such an extent that practices should be transferred to Estonia in order to improve the local situation. The general recommendation would be for the client to carry out studies and ask the technical conditions of third parties already during the preparation of the source documents and planning phase in order to save time in the later stages.

The next object of research was geodetic base plan, which is used for describing the situation on site in the design drawings. It turned out that the Finnish railway sector uses maps for design solutions, instead of the common geodetic base plans used in Estonia. This way of presentation is easier to read and highlights the designed solution. The disadvantages of using the base maps are the difficult availability of altitude data.

Smaller geodetic surveys are carried out to measure the exact heights required for the project, but the height data found there is used more to give the exact heights in the cross-sections than in the position plan. It is common to display the relative elevation of objects from each other, not to show the absolute height. Such way of presentation could be used more in the case of smaller projects carried out in Estonia as well. For many projects, measuring only the heights of major relative objects is sufficient to connect the existing situation with the designed parts. This would save financial and time resources required for extensive topo surveying and reduce the length of the design phase. However, in the case of larger multi-level projects in densely populated areas, it would be better to continue with the current system in Estonia, as the altitude marks on the plans often help to solve the problems that have arisen during the project meetings and help to play through different design scenarios. When continuing with the current geodetic plans, the focus could be more on the functionality of the plan, which means that not so much attention should be paid to project landscaping and other things that make the plans unnecessarily messy and do not add real value to the plan.

Finally, within the framework of the master's thesis, the current situation and the existing information related to utility networks in the railway sector was analyzed by country. Summarizing the responses received from the railway operators and the data collected, it can be said that both countries are struggling with exactly the same problems in the field of communications. The biggest problem in the operation of railways is old cables, for which there are no data or only incomplete hand-drawn drawings from the past, which have aged data that causes the cables to be constantly broken during construction. In Finland, cabling was installed on many railway sections almost 100 years ago and little is known about it today. Even cables placed in cable ducts may be unmarked. The situation is better for new projects, but there may still be many surprises even in well-documented areas. The situation is exactly the same in Estonia - in the course of reconstruction works, newer cables have been concentrated in cable channels on certain routes, and there is less chance that an active cable is still unknown somewhere in the railway area. However, the data for inactive cables is incomplete or missing totally.

Finland has not developed a database based on modern GIS data or any other unified database. The information of the utility networks is fragmented and is mostly kept as implementation drawings, to which are added hand-drawn drawings from the past that have been archived on paper or scanned. In Estonia, the data of utilities are also held by different operators differently and there is no unified cloud service connecting the railway data, where up-to-date information on routes can be found. Data is collected differently by company, but the most important documents are still cable installation

drawings, which are stored on the company's network drive. Most of the data on the tracks are stored in 2D drawings with height tables attached to them. In recent years, some 3D drawings are available in both countries. All the surveyed companies in Estonia have already moved to the use of GIS in parallel or are developing the corresponding system. Currently, the data in GIS is in 2D, but as 3D data is added, the GIS environment will be updated accordingly. The use of GIS by different network operators is a good step towards a unified database in the future. For a single national data model to work, it is necessary to develop a clear structure for uploading utility networks to the system for use as a single entity. It would also be necessary in the future to set up an appropriate management unit to check the data entered in the GIS and keep the system relevant.

Both Estonia and Finland currently have public databases that have already been used to enter and display national communications data, but at the moment the reliability of these systems is poor in both countries. The Estonian Land Board's utility network restriction map available is still the best example of how to quickly get information about location-based communications. However, there are no railway-related networks attached in this system and the general data there needs to be updated.

The relevance of the data is the biggest problem on the overall rail network. As long as utility lines are located in an unknown location on the railway area, it is not possible to think of creating a single database that would be sufficient in detail to be used as source data in construction works. Finland has started surveying old railway routes on a project basis, where they collect the newest data of all the existing utility lines in the area and assemble a conclusive model which can be read in InfraKit. In Estonia, too, these project models are created on a project-by-project basis, but usually only with the information available at the time and not by ordering extra geodetic measuring for unknown cables. In general, no additional measurements are made to search for communications, as there is no financial means to do so. The author of the master's thesis believes that in the current situation, considering the future, it would be necessary to survey the existing utilities with the assistance of local municipality or state. One possible measurement tool for the process is georadar, which has previously been used successfully in other countries, both in researching the basic structure of railways and in identifying utility networks underneath. The reliability of georadar accuracy in road research has been questionable in the past, but more detailed testing of this technology in a railway environment would be necessary.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] – Riigihangete seadus, § 1 (08.07.2020). Riigi Teataja I. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072020008> Kasutatud 27.02.2022
- [2] – Riigihangete seadus, § 180 (08.07.2020). Riigi Teataja I. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072020008> Kasutatud 27.02.2022
- [3] – Rahandusministeeriumi koduleht, Kasulik teave, Riigihanke piirmäärad alates 1.09.2017 (15.11.2021). Loetud aadressil: <https://www.rahandusministeerium.ee/et/eesmargidtegevused/riigihangete-poliitika/kasulik-teave> Kasutatud 27.02.2022
- [4] – Juhend: The Act on Public Contracts, EU state aid rules, and funding granted by Business Finland (28.04.2020). Business Finland. Loetud aadressil: https://www.businessfinland.fi/49eaf3/globalassets/finnish-customers/01-funding/08-guidelines--terms/instructions/en__hankintalaki__eu_n_valtiontukisaantely_ja_bf-rahoitus.pdf Kasutatud 27.02.2022
- [5] – Riigihangete seadus, § 4 (08.07.2020). Riigi Teataja I. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072020008> Kasutatud 27.02.2022
- [6] – Artikkel: Tendering for public procurement contracts in Finland, Peter Jaspers (Mai 2019). Bergmann Attorneys at Law. Loetud aadressil: https://www.bergmann.fi/e/article/tendering_for_public_procurement_contracts_in_finland Kasutatud 27.02.2022
- [7] – Komisjoni rakendusmäärus (EL) 2016/7 (05.01.2016), Euroopa Liidu Teataja. Loetud aadressil: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=OJ:JOL_2016_003_R_0004 Kasutatud 27.02.2022
- [8] – Rahandusministeeriumi koduleht, Hankepass (24.10.2018). Loetud aadressil: <https://www.rahandusministeerium.ee/et/kkk/843> Kasutatud 27.02.2022
- [9] – Riigihangete seadus, (15.07.2020). Riigi Teataja I. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072020008> Kasutatud 27.02.2022
- [10] – Geodeetiliste mõõdistus- ja uurimistöode tegemise kord, (05.06.2009). Riigi Teataja I. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/407062013026> Kasutatud 10.03.2022
- [11] – Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded, (22.04.2016). Riigi Teataja I. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119042016003> Kasutatud 08.03.2022
- [12] – Maantee- ja raudteeprojektide maastikuandmed. Mõõtmisjuhised, Soome transpordiameti juhised 18/2017 (soome k Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot Mittausohje Liikenneviraston ohjeita 18/2017). Loetud aadressil:

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf

Kasutatud 08.03.2022

[13] – AS Eesti Raudtee. Loetud aadressil: <https://www.mkm.ee/raudtee> Kasutatud 20.03.2022

[14] – AS Eesti Raudtee. Loetud aadressil: <https://www.evr.ee/et/ettevottest> Kasutatud 10.04.2022

[15] – Edelaraudtee AS. Loetud aadressil: <https://edel.ee/meist/votmenaitajad/> Kasutatud 10.04.2022

[16] – Finnish Transport Infrastructure Agency. Railway network. Loetud aadressil: <https://vayla.fi/en/transport-network/railway-network> Kasutatud 10.04.2022

[17] – Raudteeseadus. Vastu võetud 15.10.2020. Loetud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/RdtS> Kasutatud 10.04.2022

[18] – F.Singleton, A.F. Upton "A Short History of Finland" ,Cambridge University Press 1998 , lk 85

[19] – Finnish Railway Network Statement 2020. Loetud aadressil: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lv_2018-03_vs2020eng_web.pdf Kasutatud 18.04.2022

[20] – VR Group Plc. Loetud aadressil: <https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/yrityksemme/liiketoiminnot/vr/> Kasutatud 18.04.2022

[21] – Fenniarail Oy. Loetud aadressil: <https://www.fenniarail.fi/> Kasutatud 18.04.2022

[22] – Aurora Rail Oy. Loetud aadressil: <https://www.aurorarail.fi/en/> Kasutatud 18.04.2022

[23] – U.S.Department of the Interior Geological Survey. Loetud aadressil: <https://www.usgs.gov/media/images/8-base-layers-national-map> Kasutatud 25.04.2022

[24] - NOAA's National Ocean Service. CORS and GIS Global Positioning Tutorial. Loetud aadressil: https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_geodesy/geo10_cors.html Kasutatud 20.04.2022

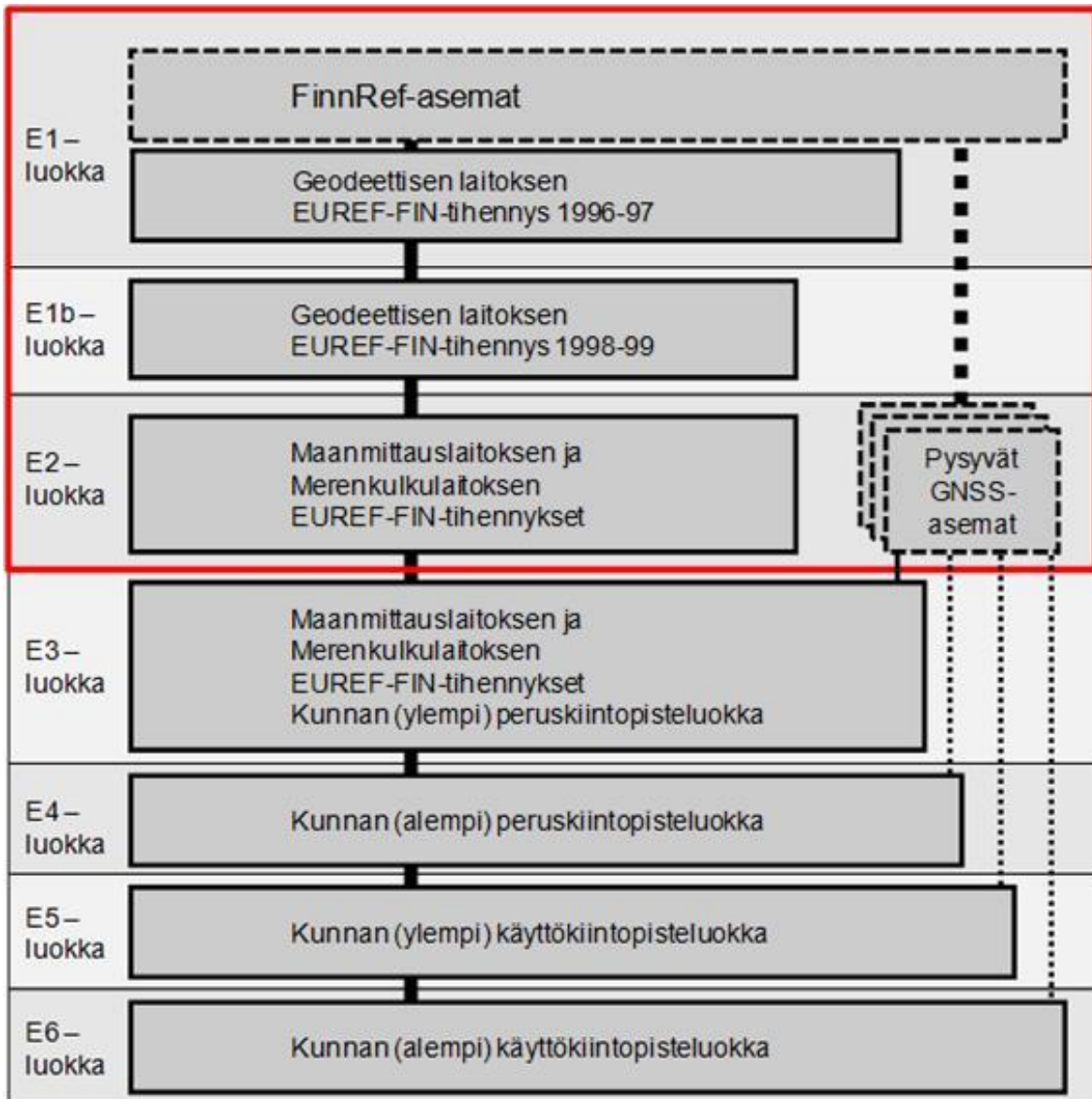
[25] – CableRail Sub. Loetud aadressil: <https://www.railway-cable-installation.com/pdf/cablerail-sub.pdf> Kasutatud 25.04.2022

[26] – Cubis Systems. RAILduct™ cable trough system meets with the approval of Network Rail. Loetud aadressil: <https://www.cubis-systems.com/uk/projects/pontypridd-station-renovation/> Kasutatud 25.04.2022

[27] – European Union Agency for the Space Programme. What is GNSS? Loetud aadressil: <https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss> Kasutatud 17.04.2022

- [28] – Hexagon. Real-Time Kinematic (RTK). Loetud aadressil: <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/real-time-kinematic-rtk> Kasutatud 17.04.2022
- [29] – JHS 184 Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä, Versio: 1.1 / 1.11.2017, Julkaistu: 5.12.2012. Loetud aadressil: <https://www.suomidigi.fi/sites/default/files/2020-07/JHS184.doc> Kasutatud 20.04.2022
- [30] - Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. Visa Korhonen. Diplomityö "Infrahankkeen johto- ja kaapelitietojen lähtötietomallin luominen." Loetud aadressil: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159856/Diplomityo_Visa_Korhonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y Kasutatud 01.05.2022
- [31] - Ratahallintokeskuksen julkaisu B13, 2004. Loetud aadressil: https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b13_yleisohje_johdoista_kaapeleista.pdf Kasutatud 03.05.2022
- [32] - Ratahallintokeskuksen julkaisu B7, 2001. Loetud aadressil: https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b7_maakaapeleiden_kaivu_asennusohjeet.pdf Kasutatud 03.05.2022
- [33] - Laki sähköisen viestinnän palveluista, § 241, 917/2014. Loetud aadressil: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917#O9L28P241> Kasutatud 10.05.2022
- [34] - [34] – MDPI. Towards an Underground Utilities 3D Data Model for Land Administration. J. Yan, S.W. Jaw, K.H.Soon, A.Wieser, G.Schrotter. 21.08.2019 Loetud aadressil: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/17/1957> Kasutatud 13.05.2022
- [35] – Geospatial OÜ, Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalamet, 08.10.2022. Aruanne: Vase tänava maa-aluste tehnovõrkude kompleksuuring, https://uuringud.tallinn.ee/file_download/1215 Kasutatud 15.05.2022
- [36] – Geotrim Oy. Loetud aadressil: <https://geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs/trimnet-vrs-pro-rtk/> Kasutatud 16.05.2022
- [37] – Fary R Olhoeft, 2002. Ground penetrating radar evaluation of railway track, substructure conditions, <https://doi.org/10.1117/12.462264>
- [38] - Leica Geosystems. Loetud aadressil: <https://leica-geosystems.com/about-us/news-room/customer-magazine/reporter-85/03-revealing-rails-underground-with-detection-radar> Kasutatud 17.05.2022

Lisa 1 Soome EUREF-FIN püsipunktide klassifikatsioon



Joonis 23. EUREF-FIN püsipunktide klassifikatsioon. Üleriigilised kategooriad E1-E2 on näidatud punase raamiga. Katkendlikud kastid on aktiivsed ja pideva joonega kastid on passiivsed fikseeritud punktid. Kastide vahelised pidevad jooned kirjeldavad hierarhilist mõõtmismeetodit, mis põhineb otse kõrgemate klasside lähimatel fikseeritud punktidel, samas kui katkendjoon tähistab mõõtmist üle klassipiiride. E3-E6 klassi punktide mõõtmiseks saab kasutada E2-kategooriale kinnitatud paikseid GNSS-jaamu, mille puhul määratakse mõõtmismeetodiga, millises kategoorias mõõdetav punkt asub [29].