
MAA-ALUSTE RAJATISTE ANDMESTIKU HALDAMINE

TURUANALÜÜS

Hankija: **Tallinna Kommunaalamet**

Teostaja: **Geodirect OÜ**

Tallinn 2016

Sisukord

Sissejuhatus, turuanalüüsi eesmärgist	3
1. Hankija olukorra analüüs	3
1.1. Hetkeolukorra ja vajaduste kirjeldus	3
1.2. Hankija probleemi olemusest	5
1.3. Vajadus/probleemi ulatus laiemalt kui konkreetne hankija	6
2. Turu üldine suundumus hankijate poolt vaadates sektoris tervikuna <i>Maa-aluste taristute andmehõive arengutrendidest Eestis, Euroopas ja teistes piirkondades.</i>	11
3. Kasutatavate lahenduste sobivuse analüüs, muudatuse vajadusest	18
3.1. Uute lähenemiste vajalikkus, efektiivsus ning eelised võrreldes senise praktikaga	18
3.2. Uue lahenduse kättesaadavusest ja toetavast taustsüsteemist	19
3.3. Uute lahenduste juurutamise kogemustest	19
4. Innovaatline lahendus	20
4.1. Uue lahenduse väljatöötamine	20
4.2. Välimõõtmisseadmete komplekt ehk georadar maa-aluste taristute andmete kogumiseks.	22
4.3. Tarkvarad mõõdistusandmete töötlemiseks	25
4.3.1 Välimõõdistus andmete töötlemise tarkvara	25
4.3.2 Mõõdistusandmete järeltötluse tarkvarad	25
5. Uue lahenduse juurutamise keerukusest, piirangutest ja eeltingimustest	26
6. Eesti turul tegutsevate ettevõtete ja puudutatud osapoolte valmisolekust uuenduste rakendamiseks	28
7. Turuanalüüsi koostamisel kasutatud materjalid	31

Sissejuhatus

Turuanalüüsi eesmärgist

Käesolev turuanalüüs sisaldab ülevaadet maa-aluste rajatiste andmestike tänasest hetkeolukorrast, sellega seonduvast probleemaaatika sisust ja ulatusest ning aitab paremini mõista antud valdkonna senist praktikat Tallinnas, Eestis tervikuna kui ka Euroopas ja mujal maailmas.

Valdkonna potentsiaalsete arenguvõimaluste ja –suundade selgitamiseks on koostatud uute tehnoloogiate juurutamisele eelnevate katsetööde ehk pilootprojektide kokkuvõte (vt *analüüsi peatükk 2*).

Tänase olukorra kaardistamise läbiviimisel aluseks olnud info on teadlikult valitud valdavalt eelistades tegeliku praktilise tootmis- ja majandustegevuse põhist teavet. Seda eelkõige kahel olulisel põhjusel:

- Esiteks seetõttu, et ehitussektorile kui ühele suurima mõjuga valdkonnale valitseb üldine ootus ja surve efektiivsuse oluliseks kasvatamiseks, millisest sõltub omakorda riigi majanduslik edukus;
- Teiseks põhjusel, et surve tõttu ehitussektorile efektiivsuse suurendamiseks on paljudes riikides valitsuse tasandil (nt *Suurbritannia regulatsiooni kaudu on BIM kohustuslik, Hollandis on käivitatud 15 riiklikku projekti valitsuses kinnitatud eelarvete ja eesmärkidega jne*) tehtud otsus juurutada ehitiste projekteerimisel ja ehitusprotsessis mudelprojekteerimine. Mudelprojekteerimise mõju efektiivsuse tõusu saavutamisel on kinnitust leidnud juba nii praktikas mudelipõhise projekteerimise ja ehitamise juurutanud ettevõtete kogemuse kaudu, aga ka praktikute poolt teostatud rakendusuuringutes ning akadeemilistes teadusuuringutes.

Lisaks eeltoodud põhjustele lähtub turuanalüüs teadmisest, et tegeliku äritegevuse kaudu vajadustepõhised lähenemised aitavad püstitatud eesmärgi saavutamiseni jõuda suurema tõenäosuse ja oluliselt mõistlikuma ressursi kasutamisega.

Turuanalüüsi koostamise eesmärgiks on anda Hankijale ammendav informatsioon ja ettepanekud, millele tuginedes saab algatada järgmised tegevused kaasaegsetel tehnoloogiatel põhineva lahenduse prototüübi hankimiseks ja selle hilisemaks igapäevaseks rakendamiseks linnaruumi planeerimiseks ja haldamiseks vajaliku ruumilise kolmemõõtmelise (3D) info kogumisel, töötlemisel ja kasutamisel.

1. Hankija olukorra analüüs

1.1. Hetkeolukorra ja vajaduste kirjeldus

Valdav osa ehitustegevusest toimub tiheasustusaladel ehk linnades. Mudelprojekteerimisele üleminekul linnaruumi planeerimisel ja ehitiste (s.o. hooned ja rajatised) projekteerimisel on

vältimatuks eelduseks vajalikus kvaliteedis ja detailsuses geoinfo ja tegelikkusele vastavate andmete olemasolu.

Hetkel turul Hankija vajadustele vastav lahendus ehk nn *karbitoode* sobiva toote või teenuse näol, mis võimaldaks maa-aluste taristute paiknemise kohta koguda ja hallata andmeid, saadaval veel ei ole.

Olemas on küll üksikud, lahenduse loomiseks vajalikud, eraldiseisvad komponendid nagu digitaalne laserskaneerimine, georadarid, seiresüsteemid, erinevad infosüsteemid ja andmetöötlusprogrammid, mis üha laiemalt igapäevasesse kasutusse hakkavad jõudma, kuid puudub terviklahendus, mis erinevad komponendid üheks tervikprotsessiks (või teenuseks) seob. Samas on vajadus uuenduste rakendamise järele väga suur.

Vajaduse suurust ja ulatust peegeldavad viimastel aastatel valdkonda puudutavatel rahvusvahelistel üritustel esitatud ettekanded, nii valitsusasutuste kui erasektoris tegevate ettevõtete esindajate poolt. Rajatiste andmehõiveks sobivate terviklahenduste väljatöötamine, mis hõlmab mitmeid tööetappe, on mõnede etappide tähenduses juba osaliselt teistes riikides igapäevasesse tootmistegevusse jõudnud või jõudmas, osaliselt aga alles arendus- ja testimise faasis. Nende lahenduste väljakujunenud rakendamise praktikast täna siiski veel rääkida ei saa.

Võtmeküsimuseks uuenduste juurutamisel on mitte ainult uued **tehnoloogia võimalused**, vaid vajalik on **sektoriülene koostöö ja muudatuste kasutuselevõtmine** nii tellijate kui täitjate poolt ning riigi kui sektori regulaatori võimekus arengut toetada.

Käesoleva turuanalüüsi kontekstis uue lahenduse tähenduses on fookuses radarisüsteemi kasutamine maa-aluste rajatiste paiknemise mõõdistamiseks. Tallinna linn kui Hankija vajab esimese prioriteedina uut ja kaasaegset lahendust maa-aluste rajatiste paiknemise mõõdistamiseks eelkõige **kogu tänavõrgustiku ulatuses**. Kogu linnaaruumi katvast lahendusest on hetkel veel ennatlik rääkida ning see on tulevikus arendatav võimekus.

Georadareid on kasutatud juba mõnda aega erinevatel eesmärkidel, näiteks militaarvaldkonnas, samuti paljudes teistes valdkondades nagu arheoloogia, geoloogia, kaevandused, päästetöödel. Tehnoloogiate ning võimaluste laienemisega on järjepidevalt kasutusalasid lisandunud. Georadari esialgne kasutus teedeehituse puhul ainult geoloogiliste uuringute tegemiseks on tehniliste võimaluste arengute tõttu laienemas näiteks Põhjamaades ja praktikasse juurutamist ootab rakendamine teekonstruktsioonide mõõtmisel ja nende kvaliteedi kontrollimiseks (tihedus, kihtide paksus, tasasus jne). Sarnast tendentsi saab täheldada tehnoloogiliste võimaluste kättesaadavuse ja kasutatavuse laienemise kontekstis muudes tegevusvaldkondades.

Tallinna linnale kui Hankijale sobivat terviklikku (*tehnilised nõuded, regulatsioon, koolitused ja pädevuste hindamine, jne*) **lahendust, mis võimaldab töid tellida ja saada tööde täitjatelt vajadustele vastavat ja kasutamiseks sobivat tulemust, sellisel kujul ei ole veel välja arendatud.**

Lahenduse loomise ja juurutamise järel saavad erinevad linna allüksused kasutada terviklikku, ajakohast, tegelikkusele vastavat nii maapealset kui ka maa-alust linnaruumi infot, sh maa-aluste tehnorajatiste andmestikku.

Aktuaalse info kättesaadavuse ja kasutamise tagamiseks on vajalik luua linnaruumi kohta **3D valveplaan** koos muudatuste haldamise protsessi ning vahenditega.

Täna Tallinna linnas ja Eestis ehitusvaldkonnas tehtavate ehitusuuringute ja teiste ehitamisega seotud mõõdistustööde teostamise viisid ja mõõdistamiseks kasutatavad seadmed ning tehnoloogiad **ei võimalda koguda, töödelda ega kasutusse** anda maa-aluste tehnorajatiste andmestikku vajaliku detailsuse ja täpsusega.

Olemasolevate ja igapäevaselt kasutatavate lahenduste puuduseks on nende tehnoloogiline sobimatus maa-aluste objektide määramiseks.

Maa-aluse osa andmestiku puudulikkuse tõttu on tulemuseks olukord, kus kogutud ja kasutatav info ei võimalda koostada tegelikkusele vastavat 3D linnaruumi mudelit.

Praegune andmestik on küll digitaalne, aga selles sisalduvate vigade taseme ja terviklikkuse puudumise tõttu praktikas kasutamiseks sobimatu (*järeldus, milleni Eestis tegutsevate suuremate võrguettevõtete ja ehitussektori esindajad üheskoos probleemide olemust arutades aastal 2014 jõudsid*).

➤ Maa-aluste rajatiste (tehnovõrkude) andmete kogumine ja haldamine vajab senise igapäevase praktika asemele **uut lähenemist ja lahendust**, sealhulgas **pikajalise strateegia koostamist**.

Hoonete projekteerimisel mudelprojekteerimisele ehk BIM-ile üleminek eeldab vältimatult lisaks maapealsele ka maa-aluse taristu olemasoleva ja planeeritava osade ühist käsitlemist.

Sarnaselt teiste riikidega saab BIM juurutamist Eestis ja Tallinnas realiseerida käsitledes koos nii hoonete kui taristute osa. See on objektiivne eeldus linnaruumi terviklikuks arendamiseks ja igapäevaste tegevuste haldamiseks, seda toetab planeeritava projekti eesmärk – tervikliku andmehõive juurutamine, seejuures:

- kasutades uusi tehnoloogiaid;
- jagades osapoolte vahel kulusid;
- tagades planeerimiseks, projekteerimiseks ja ehitamiseks vajaliku tegeliku, nii maa-pealset kui maa-alust situatsiooni ruumiliselt visualiseeritava ja korduvkasutatava, linnaruumi info olemasolu ja kättesaadavuse.

1.2. Hankija probleemi olemusest

Maa-aluste taristute andmestiku olemasolust ja kasutatavusest.

Maa-aluste taristute andmetega seotud põhiprobleemid konkreetsemalt on:

- taristute tervikliku, tegelikele vajadustele vastava asukohaandmestiku puudumine
- *võrguomanikel on võrgu asukoha info olemas 30% kuni 80% kogu omandis oleva võrgu kohta*
- olemasolev asukohainfo on ühe ja sama piirkonna erinevate taristuliikide puhul kardinaalselt erinevates täpsuskategooriates ja detailsuses

- kogutav ja hallatav asukohaandmestik on valdavalt plaaniline (2D), puudub maa-aluste objektide lõhkumise ennetamiseks ning ehitustööde planeerimiseks ja läbiviimiseks vajalik sügavusinfo (3D)
- digitaalne andmestik on olemas, aga sisuliste vastuoludega ja ei ole kasutamiseks sobiva tulemuse saamiseks piisav
- digitaalkujul levitatav taristu andmestik on küll lihtsalt kasutatav, aga selle **tegelikkuusele vastavus on väike ning õigsus väga keeruliselt kontrollitav**. Tulemuseks on palju kergesti levitatavat ja *kättesaadavat* aga tegelikkuusele mittevastavat ehk ebatäpset ja ebaõiget infot.

Põhjused, miks on vajalik ning oluline maa-aluste taristute info olemasolu ja kasutatavus:

- Suuremahuliste projektide tegemiseks, eelkõige teede rekonstrueerimis- ja laiendamisega seotud tööde puhul. Andmed on aluseks tööde õigeks planeerimiseks, sealhulgas ümberpaigutamist vajavate taristute jaoks ehitamist võimaldavate projektlahenduste koostamiseks. Maa-aluste rajatiste paiknemise andmetes vigade avastamisega ehitustööde käigus kaasnevad tööde seisakud, mille tagajärjel tööde tellijatele lubatud tähtaegadest ei suudeta kinni pidada, lisaks kasvavad esialgselt hinnatud tööde maksumused oluliselt suuremaks.
- Ehitusobjektidel kaevetööde teostajatele, taristute vigastamise ja lõhkumiste vältimiseks, Rajatiste paiknemise kohta info puudumine või selles sisalduvad vead põhjustavad nende lõhkumised ja taristutega seotud intsidentidega kaasnevad kahjud, mis kuuluvad hüvitamisele ja on väga suured (*2015.a. Tallinnas üks elektrikaabli lõhkumine, 200 000€ otsene kulu*)
- Tööde teostajate ja ümbruskonnas paiknevate inimeste turvalisuse tagamiseks.

Olulisemad ja tihedamini esinevad tehnovõrkude lõhkumiste põhjused:

- Taristute andmed on ebatäpsed, kuna ei ole mõõdistatud ehitustööde teostamise ajal või mõõdistustulemus ei vasta tegelikkuusele, kuna mõõdistustöö ise on ebakvaliteetne.
- Andmed ei ole ajakohased, see tähendab, et andmetes ei kajastu hilisemad tööde käigus tehtud taristuga seotud muudatused.
- Andmed jäävad kogumata, kuna puudub info võrkude omaniku või võrgu olemasolu kohta

1.3. Vajadus/probleemi ulatus laiemalt kui konkreetne hankija

Maa-aluste taristute andmetega seonduvast üldisemalt

Erinevate tehnoloogiate kiired arengud ja seeläbi tekkinud uute võimaluste juurutamine tootmistegevustesse, näiteks masinjuhtimine ehitustööde teostamisel, on toonud muude teemade hulgas lahendamist vajavaks pakiliseks küsimuseks ja tõsiseks väljakutseks **maa-aluste taristute paiknemise andmestikuga seonduva problemaatika**.

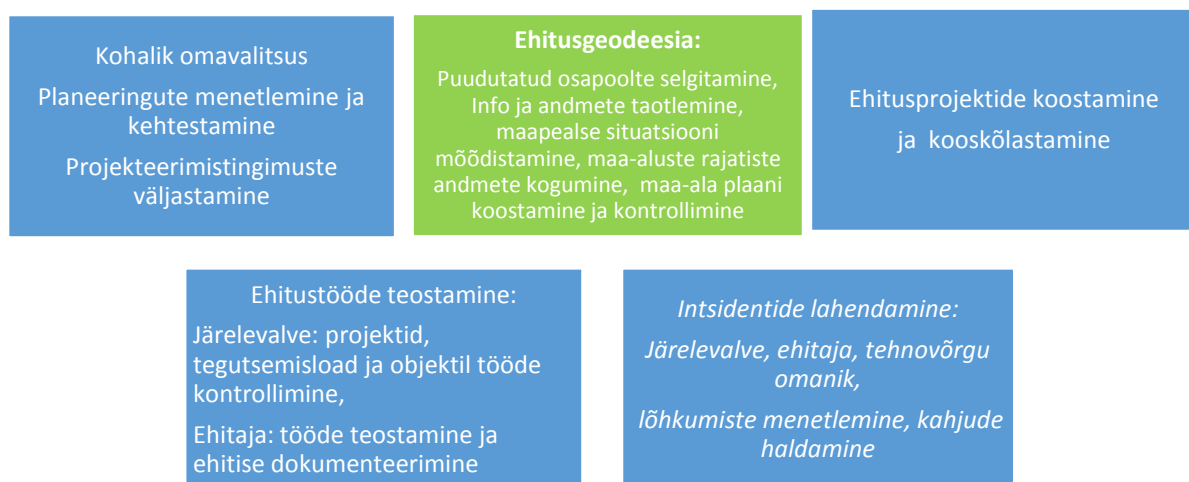
Teema aktuaalsus näitab väga selgelt kasvamise tendentsi.

Ajas on vajadus uue lahenduse järgi potentsiaalselt suurenev kitsaskoht ja põhjustest **kaks olulisimat** on:

- a) **kogu ehitustsükli kõikide etappide läbiviimine senisest oluliselt efektiivsemalt ja suurema lisandväärtusega, see tähendab digitaalsel infol põhinevate lahenduste abil, paberivabalt ja maksimaalselt automatiseeritult** (ehitussektori vajadus on püstitatud Digitaalehituse klatri poolt, (vt <http://e-difice.com/et/> "Uued tehnoloogiad võimaldavad ehitise elukaart tema erinevatel etappidel digitaliseerida. Protsessiosialised lepidavad kokku selle standardites. Tänu info süsteemsusele, ligipääsetavusele, usaldusväärsusele ja kasutusmugavusele hoitakse kokku nii raha kui aega. ")
- b) **ehitussektoris kavandatava mudelprojekteerimisele ja mudelipõhise ehitamisele ülemineku eelduseks on nende tööde tarbeks maa-aluste taristute andmestike tootmises samuti uute tehnoloogiliste võimaluste rakendamine**

Ehitise elukaar: planeerimine-> ehitusuuringud-> ehitusprojekti koostamine -> ehitustööde teostamine -> haldustööde teostamine (hooldus, remont ning avariitööd)

Ehitusobjekti elukaar jaotatuna viieks põhietapiks, kus maa-aluste taristute paiknemise mõõdistamine paikneb selles ahelas rohelistes, **ehitusgeodeesia** plokis.



Maa-aluste taristute andmestiku olemasolu ja kasutamine on oluline kõigis ehitustegevuse etappides, alates planeerimisest, projekteerimisest kuni tööde valmimiseni ja igapäevase haldamise teostamiseni. Taristute paiknemise andmete teema on olnud viimased 5 -6 aastat arutusel, et leida ettevõtete seniste kogemuste ja koostöö kaudu majanduslikult mõistlik ja osapooltele sobiv lahendus. Probleemid ja nende põhjused ei ole ainult tehnilised ega spetsialistide oskustes või teadmistes kinni.

Viimastel aastatel on seoses uue ehitusseadustiku ettevalmistamisega ning jõustumisega otsitud võimalusi valdkonnas tegevate ja puudutatud osapoolte poolt probleemidele lahenduste leidmiseks.

Esimene suurem algatus tekkis ITL eestvedamisel aastal 2010 IKT klatri tegevuse käivitumisel.

Projekt kandis nimetus TRAH - tehnorajatiste andmehalduse süsteemi loomine.

Projekti käigus konsulteeriti viie suurima Eesti võrguvaldajaga (Tallinna Vesi, Eesti Gaas, Elion, Eesti Energia Jaotusvõrk ja Tallinna Küte), lisaks uuriti Tallinna, Pärnu ja Tartu linnavalitsuste süsteeme ning töögrupp tutvus ka Soomes Espoo ja Helsingi linna antud valdkonna lahendustega. Konsulteeriti süsteemi vajavate osapoolte esindajatega – projekteerijad (K-Projekt AS), geodeedid (AS REIB) ja kinnisvaraarendajad.

Paraku purunes selle projekti lõpuks illusioon kõikide tehnovõrguandmete olemasolust nende võrkude omanikel, vaatamata sellele, et geodeedid on tiheasustusalad, sealhulgas ka Tallinna linna üksikute objektide viisi korduvalt üle mõõtnud, tegelikud mõõdistatud alad katavad kogu linnaruumi siiski ainult väikeste saarekestena, mitte tervikut moodustavate aladena.

Rahalises väärtuses hinnati 2011 projekti aruandes taristute andmete olukorda selliselt:

- **puuduvate andmete hankimine maksab 24 000 000 eurot.**
- *enamusel Eesti äriühingutel, tulenevalt nende väiksusest, puudub kompetents ja tehnilised võimalused iseseisvalt antud ülesannet lahendada.*

Tänapäevaks on selge, et tegelik seis on pigem kehvem kui parem.

Aga kuna probleemid tehnovõrkude andmestikuga vajasid ja vajavad jätkuvalt lahendamist, jätkusid diskussioonid puudutatud osapoolte vahel.

Antud turuanalüüsis on kasutatud nende kohtumiste ja mõttetalgute käigus kogunenud teadmisi ja infot. *(Kohtumiste ja arutelude kokkuvõtteid on protokollitud)*

- valdkonnas tegevate ehitusettevõtete ja tehnovõrguvaldajate esindajate kohtumised ja arutelud (2012 kuni 2015)
- riigi, omavalitsuste ja ettevõtete esindajate vahelised diskussioonid (2013 kuni 2015),
- rahvusvahelistel konverentsidel ja seminaridel esitatud teemakohased ettekanded, kontaktid ning kogemuste vahetus teiste riikide praktikutega (2010 kuni 2015)
- valdkonna rakendusuuringute ja tehnilise dokumentatsiooni analüüs, sh Euroopa ja Põhja-Ameerika kõrgkoolide uurimustööde aruanded

Vaatamata ajaloolistele ja majanduslikele erinevustele on maa-aluste taristutega seonduv probleemistik ning arengud laiemas plaanis maailma erinevates riikides suhteliselt sarnased.

Tallinnas, sh ka Eestis, sarnaselt Euroopa ja Põhja-Ameerikaga on kasutusel olnud maa-aluste taristute asukohaandmete dokumenteerimisel suuremõõtkavalised (linnades M1:500, hajaasustuses M1:2000) paberkandjatel plaanid kui üks dokumendiliik paljudest ehitiste ja rajatistega seotud insenertehnilistest dokumentidest.

Arvuti ja interneti ajastu saabumisel asendus paberkandja suhteliselt kiiresti digitaalsega, st plaanide koostamine, kasutamine, kontrollimine ja esitamine, näiteks Tellijatele hakkas toimuma digitaalplaanide kujul.

Digitaalajastu saabumisega hakkas arenema kiiresti ka infosüsteemide loomine ja andmete haldamiseks vajalike andmebaaside ja rakenduste loomine, see tendents kehtib ka maa-aluste taristute andmete kohta.

Maa-aluste taristute probleem on kriitiline eelkõige tiheasustuses ehk linnades paiknevate maa-aluste taristute asukohaandmestiku osas.

Seniste arutelude oluliseks tulemuseks ja väärtuseks tuleb pidada valdkonnas tegevate ettevõtete, nii täitjate kui tööde tellijate poolset probleemi olemuse teadvustamist:

- infosüsteeme ja andmebaase on viimase kümne aasta vältel hulganisti loodud,
- võimekus andmebaase luua ja kasutada on olemas
- loodud lahendused on tunnustust väärivad
- aga süsteemide sihipärases kasutamiseks ja nende abil väärtuse loomiseks on vaja otsida lahendust, kuidas majanduslikult jõukohasel ja otstarbekal viisil tehnovõrkude paiknemise andmeid koguda.

Näiteks on allpool toodud piltidena info linnas maa-aluste taristute paiknemise tihedusest, arvukusest, paigalduse ja kulgemise keerukusest, mis annab aimu, miks senisel meetodil ja vahenditega mõõdistamine on ülejõukäivaks osutunud.



Miks on probleem

Antus uurimustöös on antud ülevaade maa-aluste taristute asukohaandmestiku olemasolu ja selle andmestiku kasutamisega seotud probleemid, samuti selgitused nende probleemide põhjuste kohta.

Taristute andmestikuga seonduvat probleemistikku käsitledes on oluline teadvustada järgnevaid objektiivseid asjaolusid:

- Kasutusel olevad taristud on väljaehitatud pikkade aastakümnete jooksul, osad, näiteks torustikud või kaablitunnelid, võivad olla ehitatud 50 või 100 aastat tagasi.

- Erinevatel taristutel vastavalt nende liigile ja piirkonnale, ka samas linnas, on erinevad omanikud, st ühe linna territooriumil omavad taristuid palju erinevaid võrguvaldajaid.
- Linnavalitsused oma ülesannetest tulenevalt haldasid edukalt paberkandjal linna territooriumi kohta nii maapealsete kui maa-aluste taristute valveplaan, aga digitaalajastule üleminekuga tegelike muudatuste üle linnaruumis kadus kontroll ja valveplaanid kaotasid aktuaalsuse ning linnade detailsed kasutuskõlblikud tervikplaanid kui sellised lakkasid olemast.
- Igal võrguvaldajal on olemas oma taristu kohta mingis osas info dokumentatsioonina kas paberkujul või digitaalkujul failidena või andmebaasis hallatavana aga mitte kogu võrgu kohta
- Võrguvaldajate poolt hallatav taristu asukohaandmestik on iga valdaja puhul kas erineva asukohatäpsusega (vahemikus 5 cm kuni 150m), lisaks kasutatakse erinevaid tarkvaraplatvorme, andmeid töödeldakse erinevate tehniliste nõuete ning reeglite alusel, erinevad taristute andmekogumid on koos raskesti käsitletavad ehk lihtsalt öeldes erineva vormi ja sisuga, see tähendab raskesti ühilduvaid andmekogumeid.
- Võrguvaldajatel on perfektsuse lähedane info teenuste ja klientide ning arvelduste kohta.

Erinevate riikide maa-aluste taristute kohta andmete olemasolu ja nende kasutamise osas

saab teha veel järgmisi üldistusi:

- Ehitustegevuse korraldamises on maailmas valdav praktika, kus ehitusprojekt on maa-aluse taristu ehitamiseks koostatud, aga puudub teostusdokument taristu tegeliku paigaldamise kohta (*asbuilt*), seega põhimõtteliselt puudub maa-aluse taristu tegeliku paiknemise andmestik juba alates selle paigaldamise hetkest.
- Ehitusprojektide koostamiseks tellitakse alusplaani (info olemasoleva situatsiooni kohta) koostamine, aga maa-aluste taristute infot ei koguta üldse või kogutakse iga taristu kaupa eraldi ehk tulemus on mittekonsistentne, seetõttu on projekteerimiseks ja ehitamiseks kasutatav andmestik väikese usaldusväärsusega.
- Senine ehitusuuringute teostamise suur ajamahukus ja vähene usaldusväärsus ei vasta erinevate puudutatud osapoolte tegelikule vajadusele ega nõuetele.
- Praktikas maapealse situatsiooni mõõdistamiseks kasutatavad mõõtmismetoodikad ja tehnoloogiad ei võimalda toota kaasaegsetele võimalustele vastavat ja efektiivselt ehitamiseks ning hilisemaks linnaruumi haldamiseks vajalikus detailsuses ja täpsusega maa-aluse osa andmestikku.
- Paljudes riikides Euroopas ja Põhja-Ameerikas on maa-aluste taristutega seotud riskide ennetamiseks juurutatud ehitajatele kohustuslikus korras kasutamiseks kas helistamise või interneti teel kasutatav teenus: „One-Call“ või “CallBeforeYouDig”, mis aitab ehitajal enne kaevetöödega alustamist saada taristute omanike kaudu parimat olemasolevat infot konkreetsel objektil tööde teostamiseks, mis küll aitab osaliselt, aga on väga ressursimahukas ning andmete ebatäpsuse tõttu ei välista piisavalt taristute lõhkumisi ning ei anna võimalust arvestada taristutega kaevetööde planeerimisel või operatiivselt avariitööde läbiviimisel.

2. Turu üldine suundumus hankijate poolt vaadates sektoris tervikuna.

Maa-aluste taristute andmehõive arengutrendidest Eestis, Euroopas ja teistes piirkondades.

Lisaks üldisele survele ehitustööde teostamise efektiivsuse kasvuks, seavad ka tarkvaralised ja tehnoloogilised võimalused taristute omanikele ja andmete kogujatele ning seadmete tootjatele uued, senisest oluliselt kõrgemad ootused ja nõuded.

Linnaplaneerijad ja arhitektid kasutavad järjest enam kolmemõõtmelist planeerimist nii hoonete kui ka linnaruumi kavandamisel ja samuti üha enam ka erinevate rajatiste, näiteks sildade projekteerimisel. Seeläbi on jõutud arusaamiseni ja vajaduseni, et planeerimiseks ja projekteerimiseks kogutavad algandmestikud oleksid vajalikus täpsuses ja detailsuses ning selleks otstarbeks ka tegelikult kasutatavad. See tähendab, et andmed peavad olema kolmemõõtmelistena töödeldavad ning taaskasutatavad ilma moonutusteta ja kadudeta.

Euroopa viimaste aastate uurimistööd (suur osa kõrgkoolide poolt tehtud rakendusuuringutest ja uurimustööde raportitest on internetis kättesaadavad kas avalikult või end kasutajaks registreerides, *dokumendi lõpus on viited ühele osale analüüsi koostamiseks läbitöötatud materjalidest*) toovad välja veel ühe probleemistiku ehitusprojektide ja projektide koostamiseks kasutatavate alusplaanide teemal: digitaalkujul ja visuaalselt informatiivne joonis ei ole ühilduv teiste sama objekti või piirkonna joonistega, kuna jooniste (failide) sisu struktuurid on erinevad või sisaldavad erinevaid failide formaadist tulenevaid vastuolusid, konverteerimisel tekkinud moonutusi vms. Eeltoodu kehtib üksikute failide kooskasutamisega seotud probleemide kohta, aga samuti digitaalkujul failides sisalduva nii maapealse kui maa-aluste taristute andmestiku alusel tervikliku linnakaardi loomisega seotud keerukuse põhjuste kohta.

Digitaalkujul andmete korduvkasutamise tagamiseks on koostatud erinevates riikides või erinevates linnades tehnilised nõuded ja reeglid, aga see lahendab ainult ühe osa probleemide juurpõhjustest. Eesti on selles osas samaaegselt nii väga hea kui ka kehva kogemuse poolest probleemi olemuse selgitamiseks hästi kasutatav praktiline näide.

Valdkonna spetsialistide koostöös ajavahemikus 2005 kuni 2007 valmisid ehitusuuringute teostamisele ja vormistamisele esitatavad nõuded (uuringute teostamise ja digitaalplaanide sisulise koostamise reeglid), mis kehtestati ministri määrusega Ehitusseaduse alusel riiklikult kohustuslikuks järgimiseks ehitusgeodeesia (digitaalsete alusplaanide ja teostusjooniste) valdkonnas tööde tegijatele.

Erakordselt positiivne tulemus, kuna kõik digitaalplaanid on vormistatud tänu kehtestatud nõuetele masinloetavatena. Seega ka on plaanidel sisalduvat andmestikku, sh taristute kohase info haldamisega seotud andmetöötluses võimalik kasutada automatiseeritud protseduure, seeläbi kiirenes oluliselt andmete liikumine andmebaasidesse ja registritesse. Negatiivne kogemus koorus välja digitaalplaanide sisulise õigsuse ja kvaliteedi osas ehk väga hästi loetavad ja töödeldavad

ning korduvkasutatavad andmestikud nendes plaanides ei vasta tegelikkusele, eelkõige asukohainfo täpsuse mõttes. Kuigi tehniliste normide kohaselt mõningate erisustega peavad taristute asukohad olema mõõdistatud ja plaanidel kajastatud tegelikust paiknemisest erinevusega mitte rohkem kui mõned sentimeetrid, teatud juhtudel kuni 1m lubatud maksimaalse veaga. Praktikast sisaldavad uute ehitatud taristute dokumentatsioonid vigu asukohaandmetes 3m, 5m ja ka kuni 50 meetrit. Riikliku regulatsiooni kehtestamise juures on äärmiselt oluline ka kontrolli ja järelvalve teostamise toimimise tagamine.

Seeläbi Eesti näite varal võib teha järelduse, mida on vaja arvestada järgnevate tegevuste kavandamisel: insenertehniliste tööde teostamisele kehtestatud reeglite ja nende täitmise üle peab olema reguleeritud ka kontrolli ja järelvalve teostamine. Loodetavasti mõningal määral pakub sellele olukorrale leevendust kutsepädevuse nõuete kehtestamine ja tööde täitjate isiklik vastutus teostatud töö sisulise õigsuse ja kvaliteedi eest.

Eestist väljapoole vaadates ja sama teemat analüüsid vaatame Euroopa senist praktikat.

Madalmaade ja Taani väga kõrge insenertehnilise pädevuse taseme juures on tänane praktiline seis ehitusprojektide puhul mudelprojekteerimisele (3D) ülemineku kontekstis analoogiline Eestiga: erinevate büroode, erinevate inseneride koostatud plaanid ei ole ühilduvad, väga palju on olemas kogutud ja talletatud vajalikku infot, aga valdavalt selles suures mahus failides olev andmestik ei ole masintöödeldav, inimressursi kasutamine on selleks väheefektiivne ja selleks vajalikku, sh kaasaegsel tasemel 3D mudelprojekteerimiseks vajalikku kompetentsi napib.

Olukorra ilmestamiseks või tuua Rotterdami sadama näite, kus nende olukorra ja vajaduste kohta koostatud raport näitab selgelt, et igapäevaseks sadama territooriumil tehtavate tööde korraldamiseks on vaja terviklikku 3D andmestikku sisaldavat suuremõõtkavalist valveplaani, aga realiseerimiseni andmetöötluse ja haldamise keerukuse ning ajamahukuse tõttu pole senini veel jõutud.

Teema edasiseks analüüsimiseks ja selle keerukuse selgitamiseks teeme lihtsustuse suunas sammu tagasi ning seejärel tuleme uuesti võimalike lähituleviku arengute juurde.

Võtame esialgu kolm näidet, üks **Malaisia** riigi, teine **Heathrow lennuvälja** kogemuse ja kolmanda projektina **Prantsusmaa** algatuse ning kogemuse kohta.

Malaisia kogemuse kohta tehtud ettekanne esitati valdkonna spetsialistide rahvusvahelisel töögrupi kohtumisel 2015 kevadel ja viimased arengud on kajastatud oktoobri algul 2015 tehtud ettekandes.

Malaisia valitsus on andnud volitused riikliku geoinfosüsteemi arendamiseks ja haldamiseks riigi Maamõõdu- ja Kaardistamise Ametile (The Department of Survey and Mapping), analoogia mõttes Eestis tegeleb selle valdkonna küsimuste korraldamisega Riigi Maa-amet. Lisaks traditsioonilisele geoinfosüsteemile on sama volitusega antud geoinfosüsteemi osana ka andmebaasi loomine kogu riigi ulatuses maa-aluste taristute täpsete andmete haldamiseks.

Erinevate taristute valdajate poolt esitatud andmed taristute paiknemise kohta on nende andmete esitajate poolt erinevatel viisidel kontrollitud, mille tulemusel on kogu esitatud info ebaühtlase,

nõutust madalama kvaliteediga, kohati lihtsalt skemaatiline, asukohaandmestiku ebatäpsuse tõttu ei ole see vastuvõetav riiklikku registrisse kandmiseks ja selle info alusel ei ole võimalik kaevetööde teostamine.

Valitsuse poolt antud volitus ja kohustus luua riiklik register kandis eelkõige põhiideed, et riiklikult lahendada maa-aluste taristute paiknemise info haldamine ja kasutamine, et tagada seeläbi tänu täpse ja kvaliteetse andmestiku kasutamisele efektiivne planeerimine, ehitustegevuse käigus vajalike kaevetööde teostamine ning operatiivne taristutega seotud avariide likvideerimine. Oluline riigipoolne initsiatiiv riiklikul tasandil lahenduse loomisel loodeti realiseerida regulatsiooni nõude jõustamise abil, mis kohustab kõikide uute ehitatud taristute kohta esitama täpsed mõõdistatud asukohaandmed. Sarnane regulatsioon kehtib ka Eestis alates 2007 sügisest. Selline õigusakt on suurepärane abinõu aga mitte piisav täpsete ja kvaliteetsete maa-aluste taristute andmetike olemasolu tagamiseks ja nende riiklikul tasandil haldamise kaudu ka kättesaadavuse ning kasutatavuse eelduseks.

Ühe andmestiku kvaliteedi täiendava garanteerimise meetmena eeldatakse maa-aluste taristute geodeetiliste mõõdistuste teostajatelt vastava taseme pädevust ehk kutseoskusi.

Selgituseks: pädevust tõendab isikule antud kutsetunnistus, mida väljastatakse kutsestandardite alusel nõutavat haridust ja kogemust omavatele spetsialistidele, ehk siis ainult haridust tõendavast dokumendist ei piisa tööde teostamise õiguse omamiseks.

Malaisia Maamõõdu- ja Kaardistamise Amet plaanib taodelda oma volituste laiendamist ja saada õigus mõõdistada kogu riigi territooriumil (pindala 329 tuh km²) maa-aluste taristute paiknemine. Selline plaan on väga ambitsioonikas, aga ainult andmestiku terviklikkuse ja selle konsistentsuse korral on võimalik kogu hoitavat infot rakendada nendel eesmärkidel, milleks valitsus riikliku andmebaasi loomiseks ja haldamiseks volitused andis.

Sedavõrd tõsise otsuse tegemise põhjuseks valitsuse poolt oli eelkõige majanduslik kaalutus efektiivsemaks ehitustööde, sh kaevetööde teostamiseks.

Väljakutseks Malaisias osutus mitte võrguvaldajatelt andmete saamine, vaid andmete saamine, mille asukoha täpsused oleksid nõuetele vastavad ning erinevate võrkude puhul samades täpsuskategoriates ehk paiknemise andmetes viga ei oleks suurem mõnest sentimeetrist.

Analoogiliselt Euroopa ja Ameerikaga on paljude riikide arenguplaanides sihiks seatud üleminek uute tehnoloogiate kasutamisele ja taristute andmehalduses ka sügavusinfo ehk 3D's kasutusele võtmine.

Heathrow lennujaam/lennuväli

Heathrow lennujaam on Euroopa suuruselt teine lennujaam Pariisi Charles De Gaulle'i lennujaama järel teenindavate reisijate arvu poolest ja maailmas oma suurusega neljas.

Kogu oma territooriumil paiknevate infrastruktuuride ehk taristute tähenduses on lennujaamad täiesti võrreldavad linnadega, lisaks on neil oma tegevuse spetsiifikast tulenevad oluliselt kõrgemad nõuded turvalisuse tagamiseks ja erinevate taristutega seotud või taristuid mõjutada võivate tööde läbiviimisele tavapärasega võrreldes karmimad nõuded.

Heathrow lennuväljal on kokku 13 erinevat liiki taristuid, osa neist lennujaamadele iseloomulikud ja vajalikud infrastruktuurid.

Heathrow lennuväljal paiknevate taristud paiknevad 1227 hektaril, kus asub näiteks kokku 45 000 vaatluskaevu.

Erinevaid torujuhtmeid, side- ja elektrikaableid on iga liigi puhul sadu kilomeetreid.

Eesmärgiga vähendada taristute lõhkumiste arvu ja seeläbi lõhkumistest tulenevaid kahjusid ja riske algatati taristute andmete korrastamise ja nende andmete kasutamise parandamise projekt. Projekti algatamisel eeldati, et andmete õigsuse paranemisega väheneb kaevetööde käigus taristutega seotud intsidentide arv ja andmete õigsuse paranemisega kasvab ka nende usaldusväärsus kasutajate vaates ehk paraneb ka kasutamine.

Üheks projekti alameesmärgiks seati ühtse andmehalduskeskkonna loomine. Väljakutseks ja sihiks seati kogu andmehalduse ja kasutamise juures jõudmine põhimõtteliselt uuele tasemele, kus igal andmestikul on üks omanik, andmeid muudetakse ainult üks kord ja ühe peremees-omaniku poolt, teised kasutajagrupid on kõiki muudatusi kajastavate andmete kasutajad muutmisõiguseta.

Selle sihini liikumine osutus tegelikkuses oluliselt keerulisemaks kui esialgu keegi arvata oskas. Siinkohal on oluline teada, et samaaegselt on lennuväljal tavapäraselt tööl allhankijatena rohkem kui tuhat erinevat ehitus- ja hooldusinseneri, seega ka väiksema intsidendi korral on turvalisuse tagamiseks äärmiselt kriitiline ning oluline operatiivsete tegevuste käivitumisel omada õigeid, adekvaatseid andmeid maa-aluste taristute kohta. Muudatuste mõju ilmestavad faktid, et kui enne projekti käivitamist aastal 2002 olid 40% taristu asukohaandmestikust täpsusega kuni 0,5 meetrit, siis aastaks 2012 oli 0,5m täpsusega määratud juba 72% kogu taristu andmestikust. Andmete kvaliteedi hoidmiseks ja parandamiseks on Heathrow muutnud oluliselt ka äriprotsesside toimimist.

Muuhulgas on kohustatud ka ehitajaid ja lepingute alusel ehitustööde teostajaid koostama dokumentatsiooni nii ehitamise kui ehitise kohta, et tagada kõikidele andmete kasutajatele vajalikus kvaliteedis info nii maa-aluste kui maapealsete taristute kohta. Märkimisväärseks tulemuseks Heathrow projekti näitel on taristute **lõhkumiste ja kahjustamiste arvu vähenemine 6 korda** alates projekti algusest aastal 2002 kuni projekti realiseerimiseni 2012.

Maa-aluste taristute kaardistamise kogemuse kohta Prantsusmaal

tegi ettekande rahvusvahelisel konverentsil Geospatial World Forum 2014 Prantsusmaa riikliku instituudi - IGN (French National Institute of Geographic and Forest Information), peadirektor Pascal Berteaud.

Prantsusmaa väga suuremahulise projekti kestvuseks on vähemalt kümme aastat, eelarve on mitu miljardit eurot ja eesmärgiks on mõõdistada riigis kõik maa-alused taristud, seejuures on asukoha määramise täpsuseks 40cm ja määratud peab olema nii plaaniline kui kõrguslik paiknemine (3D).

Uute maa-aluste taristute ehitamine

Uute maa-aluste taristute ehitajatel on kohustus mõõdistada kõik uued objektid ja kõik olemasolevate taristute paiknemises tehtavad muudatused. Mõõdistustulemustele on seatud väga konkreetsed tehnilised nõuded, sõltumata kasutatavast mõõdistustehnoloogiast, peavad kõik

mõõdistustulemused olema täpsusklassi A nõuetele vastavad, st viga asukohaandmetes ei tohi olla suurem kui 40cm.

Taristute paiknemise asukoha täpsusest

Projekti eesmärkide saavutamist toetab 15.02.2012 jõustunud uus riiklik regulatsioon kaevetööde läbiviimise reeglite kohta. Määruse kohaselt peavad ehitustööde korraldajad – projektijuhid või objektijuhid esitama piirkonnas tegutsevatele (teenust osutavatele) taristute valdajatele avalduse kavandavate tööde kohta koos ehitus- ja kaevetööde teostamise geograafilise piirkonna (tööala piiri) andmetega. Taristute valdajad peavad selle taotluse esitajale edastama nendele kuuluvate taristute asukohaandmetega plaanid, millised peavad sisaldama kogu plaanil kajastatud taristu kohta nende paiknemise asukohaandmete täpsust.

Prantsusmaal jaguneb maa-aluste taristute paiknemise täpsus **kolme täpsuskategooriasse**.

Grupp A: *Asukohaandmete viga on väiksem kui 40cm*

Grupp B: *Asukohaandmete viga on vahemikus 40cm kuni 1.5m*

Grupp C: *Asukohaandmete viga on suurem kui 1.5m või taristu omanikul puuduvad andmed taristu paiknemise kohta*

Määruse kohaselt maa-aluste taristute kohta grupi B ja C täpsusega asukohaandmed võivad takistada või muuta keerulisemaks ehitusprojekti realiseerimise. Taristu omanikud, kes ei oma piisava täpsusega ehk gruppi A kuuluvaid asukohaandmeid on kohustatud koheselt algatama tegevused taristute paiknemise täpsustamiseks.

Lisaks, kui ehitaja vajab taristu asukoha kohta täpsemaid andmeid, jagunevad kulud järgmiselt:

- Ehitaja kannab lisauuringute kulud, kui täiendavate mõõdistamise tulemusel selgus, et B gruppi kuuluvatena esitatud taristute asukohaandmed vastavad tegelikult A ja B gruppi nõuetele.
- Taristu omanik kannab pool lisauuringute kuludest, kui ta esitas andmed täpsusnõuete gruppi C kuuluvatena.
- Taristu omanik kannab kõik lisauuringute kulud, kui ta esitas andmed täpsusgruppi B kuuluvatena, aga uuringute tulemuse alusel tuvastati asukohatäpsuse grupiks C.

Katsetööde teostamise näiteid georadari kasutamisega.

Kaasaegsete tehnoloogiate kasutusvõimaluste selgitamiseks **maa-aluste taristute paiknemise** määramisel on viimase nelja-viie aasta jooksul nii Euroopas kui Ameerikas läbiviidud pilootprojekte ja rakendusuringuid. Alljärgnevalt on toodud kolmes erinevas piirkonnas katsetööde läbiviimise ja tulemuste kohta täpsemaid selgitusi ja tehnilist informatsiooni.

Milaano

Põhja-Itaalias läbiviidud pilootprojekti ala suurus oli ligikaudu 230 tuhat m². **Erinevate taristute** - elekter, vesi, kanalisatsioon, gaas, küte, tänavavalgustus ja telekommunikatsioon, **paiknemise**

kaardistamiseks kasutati nii varasemast ajast pärit dokumentatsiooni kui ka kaasaegset asukohamääramise tehnoloogia põhimõttel töötavat **georadarit** (penetrating radar - GPR). Taristu andmestiku haldamiseks vajaliku andmebaasi andmemudeli loomisel kasutati nii Itaalia riiklike kui ka INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community*) standardeid ja nõudeid andmete koosseisu ja detailsuse kohta.

Pilootprojekti raames mõõdistamise teel saadud andmete ja varasematel aegadel koostatud dokumentatsiooni andmete vahel selgusid olulised erinevused, lisaks selgus mõõdistuste tulemusel märkimisväärses koguses dokumentatsioonides mittekajastuvaid, st seni puudunud andmeid olemasolevate taristute kohta.

Pilootprojekt üks järeldustest oli järgmine: taristute paiknemise keskmised erinevused dokumentatsioonis sisalduvate ja tegeliku paiknemise vahel olid erineva suurusega, aga ebatäpsuste üldine tase oli sedavõrd suur, et lühidalt kokkuvõttes saab klassifitseerida varasemas dokumentatsioonis sisalduvat infot kui ebausaldusväärset ja mittekasutatavat. Selline info on ebapiisav kohalikele omavalitsustele nende otseste kohustuste täitmiseks, projekteerijatele ja ehitajatele tööde teostamiseks seoses nende taristute haldamise ja säilimise tagamisega seotud tegevustega.

Las Vegas

Põhja-Ameerikas, Las Vegase linnavalitsus olles kasutanud maapealse linnaruumi planeerimises mõnda aega 3D modelleerimist ja saanud selles osas juba mõningase kogemuse, jõudis arusaamisele, et samal viisil oleks otstarbekas planeerida ka uusi maa-aluseid taristuid.

Uute võimaluste uurimise initsiatiivi toetas asjaolu, et linnavalitsuse enda vähesele kogemusele lisaks oli oluliselt suurem vajalik insenertehniline ressurss ja pädevus olemas ühel kohalikul eraettevõttel, kes tegeles ehitustöödega, sealhulgas ehitusuuringutega, lisaks maa-aluste taristute 3D mõõdistamisele kasutati ka teist kaasaegset tehnoloogiat - laserskanneerimist. Andmehalduses olid kasutusel nii GIS kui ka BIM tarkvarad, mis võimaldasid tulemuste visualiseerimist andmestiku kasutajatele, sh linnavalitsuses.

Linnavalitsuse töötajad, eelkõige otsustustasandi juhid ning võrguettevõtete esindajad kaasati koolitusprogrammidesse, et anda neile vajalikud teadmised ja oskused uute tehnoloogiliste võimaluste kasutuselevõtuks. Samaaegselt töötasid töögrupid taristutega seotud probleematika selgitamiseks ja lahenduste leidmiseks.

Kõige suuremaks probleemiks osutus nii linnavalitsuse kui ka erinevate võrguettevõtete jaoks maa-aluste taristutega seoses nende lõhkumine kaevetööde teostamisel ja lõhkumistega kaasnevad riskid ja kulud. Põhjuseks nii Las Vegases kui kogu Põhja-Ameerikas on asjaolu, et taristute ehitamine ei ole aastakümneid toimunud ehitusprojektide kohaselt. Probleemi süvendab lisaks eeltoodule ka veel asjaolu, et ehitise teostusdokumentatsioon ei kajasta taristu tegelikku ehitusjärgset olukorda, vaid kajastab projektdokumentatsiooni kohast lahendust.

Seega, valdav osa olemasolevast andmestikust on ebausaldusväärne ja edasiseks kasutamiseks kõlbmatu.

Olukorrale lahenduse leidmiseks ja uute tehnoloogiliste võimaluste katsetamiseks otsustati läbi viia pilootprojekt. Pilootprojekti piirkonnaks võeti ca 2km lõik Las Vegase peatänaval.

Pilootprojekti eesmärgiks ja nõudeks oli mõõdistada taristute paiknemine ehitustööde teostamiseks vajalikus täpsuskategoorias, mõõdistada ja teostada andmetöötlus kolmemõõtmelisena ning koostada tööde teostamise majanduslik tasuvusuuring, võrreldes uut tehnoloogiat seni kasutusel olevate klassikaliste meetoditega.

Viimasel kahel aastal on lisaks eeltoodule väiksemaid pilootprojekte tehtud veel järgmistes linnades:

London – mõõdistusala suurus 12 tuhat m²; mõõdistusaeg 2 ööd

Firenze – mõõdistusala 22 tuhat m²; 6,5 m laiusega ja 3,5 km pikkusega tänavalõik, mõõdistusaeg 5 tundi

Zürich – mõõdistusala 900 m²; mõõdistusaeg 1 tund

Ettekannetes ja raportites kajastatud projektide puhul on välitööde teostamise ajal seadmete liikumise keskmiseks kiiruseks antud 10 kuni 15 km/h ja kogutud andmete järeltöötluseks kuluv aeg proportsioonina 1päev välitööd=5päeva andmete järeltöötlust.

Nende andmete alusel on sõltuvalt taristute paiknemise tiheduse, keerukuse, kogupikkuste, paiknemise sügavuste, pinnase geoloogia ja muude parameetrite koosmõjust tulenevalt tehtud uute mõõdistus- ja andmetöötlustehnoloogiate kasutuselevõtmise majandusliku mõju analüüs võrreldes senise kasutuseloleva tööde teostamise praktikaga.

Kanada geoinformaatiku ja suure kogemusega praktiku Geoff Zeissi analüüsis on tehtud viide USA riiklikule statistikale, mille kohaselt Ameerika Ühendriikides toimub igas minutis üks maa-aluse taristu lõhkumine ja majanduslik kogumõju ulatub miljarditesse dollaritesse.

Üheks juurpõhjuseks on kindlasti asjaolu, et aastakümnete vältel on kehtinud praktika, mille kohaselt maa-aluseid taristuid on ehitatud reeglina mitte ehitusprojekti kohaselt, vaid kuidas antud ajahetkel oli kõige sobivam, lihtsam ja odavam viis ehitamiseks. Tulemus on ka sellele praktikale vältimatult vastav, st, et valdavas osas piirkondades on maa-aluste taristute asukohaandmestik väga ebatäpne, seega ka andmed järgmiste tööde kavandamiseks ning teostamiseks on kasutuskõlbmatud ilma täiendavate mõõdistus- ja uurimistööde teostamiseta.

Seniste praktiliste tulemuste kohta asukohaandmete korrastamisel saab positiivsete näidetena reeglina tuua väikese arvu kompaktseid piirkondi, kus on läbiviidud nii olemasoleva info korrastamine, puuduva osa andmestiku selgitamine ja ka äriprotsesside muutmisega on jõutud selleni, et kõik muudatused on fikseeritud ja kajastuvad erinevatele osapooltele kasutusse antavates andmestikes.

Maa-aluste taristute asukohaandmestiku olemasolu ja kasutatavuse kohta on hetkeolukord Eestis, Euroopas, Põhja-Ameerikas ja ka Aasias ootamatult ühetaoline ja lahendamist vajav probleemistik suuremas plaanis sarnane.

Enamik riike on seni kasutanud maa-aluste taristute dokumenteerimisel ainult plaanilist asukohta (2D), kuid seoses linnaplaneerijate poolt üha enam ruumilisele 3D mudelprojekteerimisele

üleminekuga on hakanud kolmemõõtmeline asukohaandmestik kanduma ka ehitusprojektide koostajate ja ehitajate kasutusse, seega digitaalse ja ruumilisel kujul ehitusdokumentatsiooni kasutamine igapäevases praktikas on laienemas kõigis ehitusöörde etappides.

Kuna insenerigraafika ja laiemalt tarkvaralised võimalused on muude tehnoloogiliste arengutega samuti olulisel määral täienenud, siis see toetab ning kajastub erinevate riikide järgmiste aastate valdkondade arengukavades ning maa-aluste taristute andmehalduse teemaga seonduvates projektides.

3. Kasutatavate lahenduste sobivuse analüüs, muudatuse vajadusest

3.1. Uute lähenemiste vajalikkus, efektiivsus ning eelised võrreldes senise praktikaga

Globaalselt annab ehitussektor ligikaudu 11% SKP-st ja kogu maailma ehitusturu maht on umbes 8 triljonit eurot. Prognooside järgi saavutab ehitusturg aastaks 2025 mahu 13,5 triljonit eurot.

Eesti majanduses on ehitussektoril samuti väga oluline osa: see annab 7% SKP-st ja ligi 10% tööhõivest. Esiolulisel andmetel ehitasid Eesti ettevõtted 2015. aastal Eestis ja välisriikides 2 miljardi euro eest.

Ehitussektori tõhus toimimine vähendab ühiskonna kulutusi, loob kaasaegseid tehnoloogia võimalusi kasutatav ehitustegevus võimaluse uute, suurema lisandväärtusega valdkondade arenemiseks.

Ehitussektori viimased suuremad muudatused on seotud mudelprojekteerimise juurutamisega tootmisse aga pole kogu sektori üleselt juurdunud igapäevapraktikasse. Seepärast tuleb tõdeda, et Eestis on tavapärasel ehitustegevuses tootmisega võrreldes ressursi kulu oluliselt suurem ja lisandväärtus väiksem.

Eestis ehitussektoris peituvat probleemi suuruse tõi esile Arengufondi koostatud nutika spetsialiseerumise analüüs, milles on välja toodud, et Eesti ehitussektoris on lisandväärtus töötaja kohta üle kahe korra väiksem kui Euroopa Liidu keskmine.

Peapõhjustena on toodud esile ehitussektori:

- vähest uuenduslikkust
- töötajate madalat erialase hariduse taset ning
- killustatust ja ühise tulevikuvisioni puudumist

Ehitusprotsessi killustatus, varasemates etappides tehtud vead ja etappidevaheline vähene sidusus põhjustavad kulude tekkimist, seega otsest majanduslikku kahju osapooltele.

Statistikaameti andmete põhjal tehtud kokkuvõtte, mis osundab lisaks hoonetega seotud küsimustega tegelemise vajadusele ka tehnovõrkudega arvestamise olulisust, mis tuleneb viimaste

suurtest juba olemasolevatest ja uute ehitamise mahtudest ning olemasolevate taristute arvestamise kohustusest kõikide kaevetööde korral.

- 🚧 Hooned, **2619 ehitusluba**/aastas (2014 elamute ehituseks kokku 1451 ehitusluba)
- 🚧 Tehnovõrgud, rajatised, **5000 ehitusluba**/aastas

3.2. Uue lahenduse kättesaadavusest ja toetavast taustsüsteemist

Georadari kasutusvaldkondade laienemine ja uute lisandumine on kutsunud ellu Euroopas katusorganisatsiooni – EuroGPR assotsiatsiooni loomise.

EuroGPR on loodud oma tegevusega ühendama radarisüsteemide arendajad, tootjad ja kasutajad, pakkudes teadmiste ja kogemuste vahetust ning koolitusi.

EuroGPRi kodulehel <http://www.eurogpr.org/vn2/index.php> on ülevaade erinevate kasutusvaldkondade tarbeks süsteemide tootjate ja pakutavate seadmete kohane info. Tehnilisele teabele lisaks on antud seosed erinevate Euroopas kehtivate regulatsioonidega.

EuroGPR väljastab ka spetsiaalseid sertifikaate tootjatele nende süsteemide tehnilistele nõuetele vastavuse kohta.

Seniste parimate praktikate kohta info ja koolituse saamiseks on EuroGPR kindlasti üks oluline kontaktpunkt aga ka hea võimalus tervikliku ülevaate saamiseks ja üheks allikaks vajalike kontaktide ja partnerite leidmisel.

Georadari tootjaid ja kasutajaid on ka väljaspool Euroopat, kelle kogemuste ja praktikatega tutvumine ning arengusuundadega on samuti vaja kursis olla kogu hankija vajadustele vastava lahenduse loomise vältel.

3.3. Uute lahenduste juurutamise kogemustest

Sarnaselt muude valdkondadega on ehitussektori puhul tõdemus sarnane - **üksiku ettevõtte või ühe osapoole intsiatiiv ei ole piisav laiemas ulatuses valdkonnas väljakujunenud praktika muutmiseks**. Seda kinnitavad senised praktikad nii Eestis kui Euroopas.

Täna Eesti suuremates ettevõtetes on ühe näitena paljudest eraldi võttes olemas võimekus ehitusuuringute raames maapealse situatsiooni mõõdistamisel andmete 3D'na kogumiseks ja kasutamiseks ja selle alusel maapinna mudeli loomiseks aga tellijatele ja kolmandatele osapooltele, näiteks kooskõlastamiseks esitamisel tehakse spetsiaalselt lisatööd (loe lisakulu) andmete konverteerimisega 2D plaanilisteks andmeteks. Sarnast lisatööd ja kahjuks infomahu vähendamise suunal tehakse ka uute ehitiste dokumenteerimisel.

Saksamaa ja Šveitsi praktikad ehitussektoris kinnitavad sarnast arengute pidurdumust. Suuremad projekteerimis- ja ehitusettevõtted investeerivad kaasaegsetesse tehnoloogiatesse ja nende kasutamiseks vajalike pädevuste arendamisse. Põhjus on majanduslik, nimelt on Šveitsi suuremad ehitussektori ettevõtted huvitatud Norra ja Saksamaa jms suuremates rahvusvahelistes hangetes osalemisest aga nendes hangetes nõutakse mudelprojekteerimise kasutamist ja mudelipõhist ehitustööde teostamist. Aga uued lahendused ja võimalused ei lähe laiemasse, üldisesse kasutusse. Seetõttu jääb valdkonnas tervikuna vajalik areng toimumata.

See on ainult üks väike fragment kõikidest sarnastest näidetest. Problemaatikat on käsitletud ja hoitakse fookuses Šveitsi digiehituse vabatahtlikkuse alusel toimiva koostööorganisatsiooni ehk konsortsiumi "The Digital Construction Switzerland/ Bauen digital Schweiz" poolt. Lisainfot saab lugeda veebilehel <http://www.bauen-digital.ch/de/> ja samas on kättesaadavad aastakonverentsi raames tehtud ettekanded.

4. Innovaatline lahendus

4.1. Uue lahenduse väljatöötamine

Tallinnas (edasi ka teistes Eesti linnades) kaasaegsete tehnoloogiate abil maa-aluste rajatiste andmete kogumise lahenduse loomiseks vajalikud tegevused ja nende kirjeldused.

Hankija - Tallinna linnavalitsuse eesmärgi võib jagada kaheks suuremaks osaks: esimeseks aga **äärmiselt oluliseks alameesmärgiks** on selgitada välja meie geograafilisse piirkonda sobiv mõõdistuste läbiviimise tehnoloogia ja seadmed. Seejärel koostada projekti käigus lahenduse prototüübi analüüs ja arendustööd. Teiseks sihiks on loodava lahenduse alusel koostada hankijale vajalikud mõõdistustööde tulemustele esitavad tehnilised nõuded ning andmehalduse korraldamise kontseptsioon ning tehnilise lahenduse põhimõtted.

Põhjusel, et uutel tehnoloogilistel võimalustel põhinev andmehõive (taristute kohta andmete kogumine, mõõdistamine, andmete järeltöötlus ja andmehaldus ning andmete kasutusse andmine) terviklikuna ei ole veel välja kujunenud ehk teisisõnu, erinevad tööde läbiviimise etapid vajavad nii seadmete kui tarkvarade osas optimeerimist, andmete kogumisele, töötlemisele ja loodavale mudelile on vaja koostada Eesti tingimusi ja väljakujunenud praktikatega parimal viisil arvestavad tehnilised nõuded.

Georadari arengud ja kasutamise võimalused on valdkonna spetsialistide huviorbiidis juba mõned aastad aga kasutuselevõtuks vajalike ettevalmistus- ja arendustöödega liikuma saamise takistusena teadvustatakse selgelt tootmiskõlbliku lahenduse loomise keerukust ning ressursimahukust.

Eestis on georadarite toimimist katsetatud ja tulemusi analüüsitud AS Teede Tehnokeskuse poolt. (Töö sisu ja tulemuste kohta on koostatud aruanne: Teadus- ja arendustöö: „Asfaltkatteid mittepurustava vastuvõtusüsteemi väljatöötamine“ LÕPPARUANNE 2014). Aruande kohaselt geoloogia ja teekatete paksuse, tiheduse ja tasasuse määramise tulemuste alusel on georadar Eestis praktikas kasutatav aga tehnovõrkude ja muude maa-aluste rajatiste paiknemise määramiseni ei ole seni jõutud. Põhjuseks võib olla asjaolu, et tehnovõrkude teema omab väga konkreetset spetsiifikat ja sellega tegelemiseks on vaja eelnevaid teadmisi ja suuremat kogemust.

Oluline on Eestis teostada katsemõõtmised erinevate tootjate (kaks kuni kolm) tehnoloogiate abil ja teostada kogutud andmete vastastikune analüüs, lisaks tuleb teostada katsetöö käigus kogutud andmete võrdlus kohaliku omavalitsuse kasutuses olevate digitaalplaanide ja võrguvaldajate poolt esitatavate taristute asukohaandmetega.

Tulemuste analüüsi käigus on vaja võrrelda tööde teostamisele kuluvat aega, nende teostamiseks kasutatavate seadmete kasutamise keerukust, samuti tootja poolt pakutavat tarkvara kasutatavust ning toimimist.

Testtööde teostamise kokkuvõttes saab valideerida pakutavate radarisüsteemide toimivuse Eesti tingimustes - analüüsida ja tuua välja erinevate seadmete jõudluse, saavutatavad taristute määramise täpsused, nii plaanilised kui kõrguslikud. Tarkvarade poolel on äärmiselt oluline testida andmetöötluse järgse tulemi ehk mudeli konverteerimise võimekust ja stabiilsust.

Vajalik on hinnata täiendavate arenduste sisu ja mahtusid tootmisesse sobiva lahenduse saamiseks. Tehniline võimekus pakutavatel seadmetel ei pruugi olla tänaseks veel kõigi tööde etappide lõikes piisavalt stabiilsele tasemele arenenud, mis oleks piisav igapäevaseks mõõdistustöödel kasutamiseks. Lisaks on olulise kaaluga seadmete hinna ja saadud tulemuse kvaliteedi suhe, arvestades seejuures ka uue lahenduse kasutamise keerukuse taset.

Katsetöö läbiviimine on vajalik kahel põhjusel, esiteks Eesti geoloogiliste eripärade tõttu, et veenduda meie tingimustes sobiva tehnoloogilise lahenduse leidmine. Teiseks on katsetöö vajalik ning otstarbekas välimõõdistuse ja andmetöötluse osas praktiliste kogemuste saamiseks ja tulemuste analüüsiks.

Võimalikke erinevaid seadmeid pakuvad turul mitmed tootjad (vt tabel lk 22), laiemalt tuntud ja seni läbiviidud katsetöödel on kasutatud kolme-nelja tootja süsteeme – MALÅ, IDS koostöös Leicaga, GSSI ja Trimble.

Sobiva radarisüsteemi valiku tegemisele eelnevalt on mõistlik koguda täiendavat infot pigem mõningase liiasusega ehk näiteks Põhja-Ameerikas ja Aasias ehitusturul kasutatavate seadmetega.

Hankijale sobiv terviklahenduse prototüüp koosneb järgmistest põhikomponentidest:

- Tehnilised nõuded ja juhendid andmehõive ja andmehalduse korraldamiseks
- Välimõõtmisseadmete komplekt ehk georadar, sisaldab nii riistavara kui tarkvara (*Georadar - Underground Utility mapping & detection*)
- Andmete järeltöötluse lahendus, tarkvara koos import ja eksportmoodulitega
- Terviklik 3D visualiseerimise lahendus

Turuanalüüsi läbiviimise käigus tegime järelepärimised kahele suuremale ja laiemalt tuntud radarisüsteemide tootja esindajale - ***IDS Ingegneria Dei Sistemi ja MALÅ*** ning ühele teenuse pakkujale Ungarist **GEODÉZIA Ltd** katsetööde teostamise hindamiseks.

Georadari ehk välimõõtmisseadmete komplekti kohta on käesoleva turuanalüüsi koostamise käigus seadmete tootjale esitatud päringu vastuseks saadud info kolme erineva lahenduse kohta, mis on sobivad maa-aluste taristute määramiseks.

Riistvara ja tarkvara komponentide ning nende põhifunktsionaalsuste toimimise loogika selgitamiseks on toodud allpool info ***IDS Ingegneria Dei Sistemi*** lahenduse näite varal. Tehniline

info on antud eraldi mõõdistamise ajal andmetöötluseks kasutatava ja mõõdistusandmete järeltöötluseks kasutatava tootjapoolse tarkavara funktsionaalsuse kohta.

4.2. Välimõõtmisseadmete komplekt ehk georadar maa-aluste taristute andmete kogumiseks.

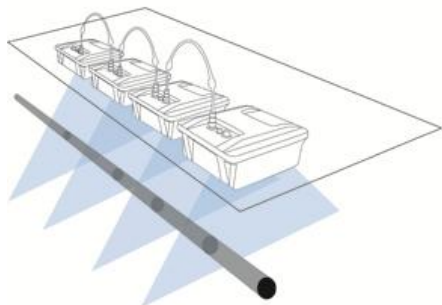
Radarisüsteemide tootjate poolt on tänaseks arendatud uus tehnoloogiline lahendus maa-aluste taristute mõõdistamiseks, milline sisaldab endas nii välimõõdistusseadmeid kui mõõdistusandmete töötlemise tarkavarasid.

Ehitusgeodeetiliste mõõdistustööde lahenduse arhitektuuri kontekstis laiemalt võttes on seni olnud olemas ja sihtotstarbeliselt kasutatavad seadmed ainult maapealse situatsiooni mõõdistamiseks, **seni on põhimõtteliselt puudunud tehnoloogiline lahendus maa-aluste tehnovõrkude terviklikuks andmehõiveks.**

Georadari lahendusel on kolm põhiversiooni, mis omavahel erinevad eelkõige kasutuse sihtotstarbe poolest.

Esimene, mõõtetelt ja kaalult kõige suurem süsteem on mõeldud alates keskmise suurusega kuni suurte (*kümned ja sadad ha*) pindalaga objektide mõõdistamiseks. Mõõdistuskompleks sarnaneb füüsiliselt auto järelhaagisega, mille peale on paigaldatud erinevad süsteemi toimiseks vajalikud moodulid. Mooduleid saab tulenevalt mõõdistuse eesmärgist ja mõõdistusobjekti iseloomust juurde lisada või ära võtta.

Põhimõtteline radari moodulite paiknemine alusel (vasakpoolne pilt) ja radarisüsteem välimõõdistuste käigus järelhaagisena liikumas (parempoolne pilt).



Teise gruppi kuuluvad nõ suurema muruniiduki tüüpi radarisüsteemid, mida saab mõõdistamiseks kasutada väiksema ligipääsetavusega mõõdistusaladel. Erinevate tootjate poolt pakutakse erineva suuruse ja kaaluga radareid. Kasutuse otsatarbe näitena saab tuua majaühenduste mõõdistamise.



Kolmas grupp seadmeid on nn seljakotiseadmed, millega teostatakse mõõdistusi kohtades, kus on võimalik inimesel seljakotti komplekteeritud seadmetega liikudes töid teostada.

Radarisüsteemide tootjaid ja arendajaid erinevate kasutusvaldkondade tarbeks Euroopas ja maailmas on piisaval arvul, nende hulgas konkreetselt ja sihtotstarbega maa-aluste taristute mõõdistamiseks samuti.

Taotleja ehk Tallinna Kommunaalameti poolt projekti realiseerimiseks läbiviidava hanke võitja koostab arendustööde tegevusplaani, kus kaks esimest olulist sammu on Eestisse sobiva tehnoloogilise lahenduse (seadmed ja tarkvarad) selgitamine ja koostööpartneri valik andmehõive terviklahenduse väljatöötamiseks.

Järgnevas tabelis on toodud **radarisüsteemide tootjad, arendajad** ja mõõdistusteenuse pakkujad Euroopas ja mujal maailmas. Konkreetsed firmad on toodud näitena ja annab esialgset infot, millega saab teemaga edasi tegeledes kasutada.

Ettevõtte /tegevuse profiil	Tootjad	Arendajad	Georadari mõõdistusteenus
Geophysical Survey Systems, Inc (GSSI)	x	x	
IDS Ingegneria dei Sistemi S.p.A	x	x	
MALA GeoScience	x		
3d-Radar AS	x		
Geoscanners AB	x	x	x
PipeHawk plc	x		
International Groundradar Consulting Inc	x	x	x
Utsi Electronics Ltd.	x	x	x
T&A Survey BV	x		

Järgmisena saab välja tuua erinevate raadiolainete sageduste kasutamise, mis erinevate tootjate puhul on teatud erisustega, tulenevalt süsteemide kasutusotstarvetest ja tehnilistest lahendustest. Järgnev tabel põhineb EuroGPRi andmetel ja näitab, milliste sageduste kasutamisega on võimalik mõõdistada erinevatel sügavustel ja millise *minimaalse* suurusega objektid on tuvastatavad. Osade tootjate tehnilised dokumentatsioonid annavad infot näiteks ka kõrgemate sageduste- 1GHz, 2GHz ja 3GHz kasutamise kohta, millised siin tabelis ei kajastu.

Kasutatav sagedus (MHz)	Mõõdistatav sügavus maapinnast (meeter)	Mõõdistava objekti mõõdu pinnases (meeter)
1500	0.3	0.03
1000	1	0.1
500	2	0.2
250	3	0.3
100	5	0.5
50	10	1
20	20	2

Radarisüsteemi tehnilise lahenduse näitena on järgnevalt toodud radarite ja seiresüsteemide arendamise, testimise ja müümisega tegeleva ettevõtte **IDS Ingegneria Dei Sistemi** poolt antud info.

IDSi poolt arendatud ja toodetav radarisüsteem kasutab analoogiliselt teiste georadari lahendustega raadiolainete peegeldumise mõõtmistel põhivat mõõtmismetoodikat. Kasutatavad raadiolainete sagedused on alates madalsagedustest 25 MHz kuni kõrgsagedusteni 3000 MHz, erinevad sagedused annavad võimaluse saada infot erinevatel sügavustel paiknevate rajatiste ja struktuuride kohta.

□ **STREAM EM:** Georadari süsteem, mis on arendatud ja toodetakse suurte pindaladega objektide mõõdistamiseks. Süsteemi kuuluvad erinevad komponendid on paigaldatud eraldi auto järelhaagisena transporditavale alusele.

Tehniline lahendus sisaldab erinevaid antenni tüüpe ja tagab nii pikisuunaliste kui ristuvate torude kohta andmete kogumise ja salvestamise liikumiskiirusega kuni 15 km/h.

Stream EM koosneb moodulitest, milliseid saab ka põhikomplektiga võrreldes väiksemate komplektidena kokku panna ja siis kasutada näiteks tänavate ja maanteed mõõdistamise järel kõnniteede aluse osa kohta info kogumiseks. Lisades komplektile juurde laserskänneri, võimaldab kogu komplekt mõõdistada lisaks maa-alusele osale ka maapealse situatsiooni.

□ **Opera Duo radarisüsteem:** Opera Duo on radarisüsteem, mis võimaldab samaaegselt ühe antennikomplektiga salvestada kahte erinevat sagedust. Madalsagedus 250 MHz annab sügavamal paiknevate rajatiste, vahemikus 3-3.5 meetrit tavaliste pinnasetingimuste puhul mõõdistamise võimaluse. Kõrgem sagedus, 750 MHz on kasutatav kuni 1.5 meetrini ehk väiksemal sügavusel paiknevate kaablite ja torude mõõtmiseks. Radarisüsteem kasutab rajatise asukoha koordineerimiseks ehk määramiseks GPSi (saab kasutada ka elektrontahhümeetreid) ja objektidel navigeerimiseks ja mõõdistustulemuste visualiseerimiseks Google Mapsi kaardirakendust.

Lisaks on olemas võimalus kasutada rajatise paiknemise koheseks tähistamiseks nende paiknemise mõõdistustulemuste alusel reaajas, näiteks teekatendil, kasutades süsteemi spetsiaalset lisamoodulit - värvipihustit.

□ **RIS MF Hi-Mod:** Radarisüsteemi versioon, kus seadmed paiknevad on inimjõul kätega lükataval kärul. Süsteem kasutab mõõdistamisel kahe sagedusega antenne 200 ja 600 MHz. Mõõdistuskomplekti saab moodustada erineva arvu 1, 2, 3 või 4 antennidega. Välimõõtmistarkvara võimaldab tulemuste eksporti otse nii 2D kui 3D kujul AutoCADi ehk ühte enamlevinud lõppkasutaja tarkvara formaati. Mõõdistussügavus on sarnane Opera Duo süsteemiga, so kuni 3-3.5 meetrit tavaoludes ja 80 MHz sageduse kasutamisel kuni 4-6 meetrini suuremate ja sügavamal paiknevate torustike mõõtmiseks. Maksimaalse arvu ehk nelja antenni ja kahe samaaegse sageduse kasutamisel on süsteemi andmete kogumise jõudlus tootja andmetel kuni 4 m/sek.

4.3. Tarkvarad mõõdistusandmete töötlemiseks.

4.3.1 Välimõõdistus andmete töötlemise tarkvara

OneVision – Välitööde teostamise käigus kasutatav tarkvara moodul

OneVision on spetsiaalne uus tarkvaramoodul, mis võimaldab välitööde tegemise käigus reaajas jälgida ning visualiseerida maa-aluste rajatiste mõõdistustulemusi. Tarkvara andmetöötlusjõudlus on piisav keskmistel ja suurtel objektidel mõõdistustööde teostamiseks.

OneVision tarkvara moodul töötab kolme radarisüsteemi puhul

- Stream EM
- Stream X
- RIS MF Hi-Mod

OneVision tarkvara olulised võimalused on järgmised:

- Reaajas mõõdistusandmete visualiseerimine kas sobivas kaardirakenduses või formaadis, näiteks Google Maps, GeoTIFF and KML
- Multi-view ekraanid erinevate mõõdistusfunktsioonide ja osade jälgimiseks
- Välimõõdistuste planeerimise lisamoodul

4.3.2 Mõõdistusandmete järeltötluse tarkvarad (Post Processing Software)

GREED HD on tarkvaralahendus, mis võimaldab analüüsida ja järeltöödelda 2D's, so kahemõõtmelistena IDS K2 FastWave süsteemiga kogutud andmeid ja kasutusvaldkonnaks on geoloogia, arheoloogia ja maa-aluste taristute mõõtmine.

GREED HD 3D – on spetsiaalne tarkvaralahendus andmete töötlemiseks ja visualiseerimiseks, millise kasutuse sihtotstarve on eelkõige maa-aluste torustike ja rajatiste mõõdistusandmete töötlemine ning tulemuste 3D analüüs.

Tarkvara võimaldab 3-mõõtmelisena objekte vaadata, jälgida neid ja markeerida andmetes esinevaid anomaaliaid. Funktsionaalsusesse kuulub ka võimalus eksportida näiteks vajadusel andmeid 2D'sse ehk plaaniliseks andmestikuks kas kihtide või rajatiste liikide viisi, mis annab võimaluse paremini andmete õigsust kontrollida.

GREED HD 3D CAD on kombineeritud tarkvaralahendus, mis toetab tulemuste integreerimist nii CAD kui GIS tarkvarade lahendustes.

Olulisemad võimalused:

- Reaalajas määratud asukohaandmete visualiseerimine, ühilduvad nii GPSiga kui ka elektrontahhümeetriga saadud tulemused
- 2D and 3D skaneerimise tulemuste kohene visualiseerimine ja tulemustes anomaaliatega märgistamine.
- Andmete eksport CAD/GIS tarkvara keskkondades kasutamiseks sobivale kujule ja formaatidesse, mis on vajalik moonutusteta andmete kasutusse andmiseks ja võimaldab nende korduvkasutamist erinevate inseneritehniliste ülesannete täitmisel.

5. Uue lahenduse juurutamise keerukusest, piirangutest ja eeltingimustest

Kontseptsiooni muudatus ruumiandmete halduses tervikuna ja üleminek andmehõives 2D'lt 3D'le.

Uue lahenduse kasutuselevõtu eeltingimuseks ja piiranguks on tehnoloogia ja regulatsiooni küsimused:

- Tehnoloogilise lahenduse loomine, milline on Eestis kasutamiseks tehniliselt ja majanduslikult sobiv
- Tehnilise lahenduse tootmisesse rakendamise piiranguks on regulatsioon, mis vajab muudatuste ettevalmistamist ja jõustamist

Ettevalmistustööde hulgas, millised on vajalikud uue lahenduse kasutusele võtmiseks, on mahukaimateks kindlasti ehitusvaldkonna regulatsiooni muudatuste ettevalmistamine. See puudutab eelkõige Ehitusseadustikku ja Planeerimisseadust ning nende alusel kehtestatud määrusi ja teisi tehnilisi normdokumente, mis kehtivad ehitusuuringute teostamise kohta ja ehitiste dokumenteerimise kohta. Lisaks täienevad erinevate osapoolte (Tellija, Täitja, kohalik omavalitsus jne) ülesanded alates ehitusuuringute tellimisest, teostamisest kuni ehitatud objektide kasutusse andmiseni. Lisaks muutuvad ka nõuded ehitusprojektidele.

Kuna regulatsioonist eraldi ei piisa ühegi muudatuse elluviimiseks, siis ilmselgelt on vaja lisaks regulatsioonile täiendada ka kutsestandardeid antud valdkonnas kutsepädevust nõudvatele tegevustele.

Kutsepädevuste täiendustega kaasneb vajalike oskuste omandamine tööde teostajate poolt ehk koolitusprogrammide koostamine ja koolituste läbiviimine nii välitööde teostajatele kui andmetöötluste tegijatele kui ka laiemale ringile andmete kasutajatele, alates tööde tellijatest laiemalt kuni omavalitsuste töötajateni ning võrguvaldajateni.

Suuremad riskid on seotud eelkõige ettevalmistava etapi ajamahukusega ja tootjate poolt tehnoloogiliste lahenduste toimivusega.

Määravaks teguriks eesmärgi saavutamisel ja võimalike riskide ennetamisel on kindlasti väga tugeva koordineeriva grupi moodustamine ja hästi läbimõeldud tegevuskava koostamine.

Järgmise suurema pähtlina eesmärgi suunal liikumises saab olema tavaline inimfaktor – valmisolek muudatusteks, vajaduse teadvustamine, majandusliku mõju hindamine.

Puudutatud isikute ja osapooltega seotud riskide realiseerumise ennetamiseks on vajalik nende kaasamine juba alates ettevalmistamise etapist, kaasates neid koheselt aruteludesse ja andes infot käimasolevate ja planeeritavate tegevuste kohta.

Eeldatava mõju hindamine linnruumi projekteerimise, ehituslubade, ehitamise jt protsesside toimimise muutustele.

Muudatuste mõju konkreetselt linnaruumis tehtavatele projekteerimis- ja ehitustööde teostamisele saab antud hetkel veel ainult prognoosida, arvestades üldisemalt teiste projektide senist kogemust. Paraku erinevate projektide kohta on toodud välja erinevat tüüpi mõjud. Näiteks ei kajastu aruannetes ja raportites kogu pilootprojekti rahaline ja ajaline kulu, puudub info kaasatud spetsialistide arvu ja nende senise töökogemuse, kvalifikatsiooni ja tööülesannete kohta.

1. Pisut tahumatu üldistusena võib aga ajalise kokkuhoiu kohta uurimistöode teostamise osas anda sellise tulemuse proportsioonina – **täna kasutatavate seadmete ja meetoditega tehtavad 7-8 nädalased välimõõdistamised** on võimalik uut tehnoloogiat kasutades teostada **1 nädalaga**. See tähendab eelkõige ajalist võitu Tellijale tööde teostamises ja seega võimalust objekti kiiremaks kasutuselevõtmiseks, reeglina tähendab see varasemat majandustegevusega alustamist.
2. Teine hüpoteesina esitatav hinnang on, et tänu mõõdistustulemuste konsistentsusele ja homogeensusele ning seeläbi taristu asukohaandmestiku oluliselt suuremale täpsusele koostatakse ehitusprojektid oluliselt väiksema vigade tasemega, st tõrgeteta ehitustööde teostamist võimaldavas kvaliteedis.
3. Lisaks eelmistes punktides toodud näidete varal peaks tänu taristute paiknemise andmete oluliselt suuremale õigsusele vähenema taristute lõhkumiste arv ja seeläbi vähenema tekitatud kahjud. See on kindlasti rahaline kokkuhoid erinevatele osapooltele alates taristu omanikest, ehitajatest kui ka kohalike omavalitsusteni, kes vastutavad tööde tellijatena või tööde kooskõlastajatena ka tekitatud kahjude eest.

NB! Maa-aluste torustike või kaablite lõhkumiste kahju suurus on sõltub konkreetsest taristust ja selle konkreetse osa eripärast. Lõhkumistega seotud otsesed kahjud eelmisel, 2015 aasta suvel Tallinna linnas toimunud nelja objekti (kaks korda lõhuti elektri kaabel ja kahel korral veetorustik)

näitel kogusummas ca **500 000€**, (*kahjusuurus per objekt alates 50 000€ kuni 300 000€*), millele lisanduvad kaudsed kulud, mida on väga keeruline hinnata.

Lõhkumiste taseme langemisega saavutatakse lisaks rahaliste vahendite säästmisele ka linnakodanikele oluliste teenuste toimimine ja teenuste pakkujatele toimivate ja seega osutatud teenuste eest vastavate tasude laekumine.

Seega on puhtalt majandusliku kahju tekitamise ennetamiseks lisaks muudele, näiteks ehituses täisdigitaalsele dokumentatsiooni ja andmekasutusele üleminek, vajalik otsida võimalusi maa-aluste taristute andmestike kogumise, haldamise ja kasutamise parandamiseks uusi kaasaegseid lahendusi.

6. Eesti turul tegutsevate ettevõtete ja puudutatud osapoolte valmisolekust uuenduste rakendamiseks

Turuanalüüsi koostamiseks lisaks kirjalikule dokumentatsioonile ja materjalidele toimusid kohtumised ja arutelud valdkonnas tegevate ettevõtete esindajatega. Tallinna linna teedevaldkonna arendamise, Nordeconi ehitustegevuse korraldamise, ESTWIN projekti käivitaja ja ELASA juhtimise kogemusega ning Telekomu võrguarenduse tugisüsteemide arenduse valdkonnajuhi teadmistega osapoolte vahel 30.05.2016 toimus arutelu. Arutelul osalesid erinevate osapoolte kogemustega Priit Willbach, Mart Rae, Olav Harjo ja Aivi Silde.

Kohtumisel räägiti kahel teemal eesmärgiga aru saada **tänasest Eesti turu olukorrast ja eeldustest ning puudutatud osapoolte valmisolekust uue lahenduse kasutuselevõtuks**. Kohtumise sisu on kokku võetud protokollis tekstiks ja edastatud Hankija Priit Willbachile ja EASi esindajale Aldo Vältbale.

- *Innovatsiooni vajaduse teadvustamine ehitussektoris, muudatuste eestvedaja rolli omanik, pidurid uuenduste juurutamise protsessis*
- *Hetkeolukorrast Tallinnas, Eestis ja mujal maailmas – eeldused ja valmisolek tehnovõrkude tervikliku andmeseire (andmehõive) lahenduse väljatöötamiseks ja juurutamiseks*

Lisaks on toimunud mõttevahetus ja arutelu Eesti turu vajadusest, valmisolekust ning võimekusest uut tehnoloogilist lahendust maa-aluste rajatiste mõõdistamiseks kasutusele võtta Digitaalehituse klatri partneritega. Ülevaatliskuma pildi saamiseks turu valmisoleku ja võimekuse kohta uute lahenduste väljatöötamise panustada ja neid kasutusele võtta on koostatud alljärgnev tabel. Ristikesega ja rohelisega märgistatud ruudud tähistavad valkonda, millises osas on ettevõttel täna olemas pädevus ning **on kinnitanud** oma valmisolekut panustada uue lahenduse arendamisse ning juurutamisse. Sinise taustaga ruudud märgivad täna tehnilise **võimekuse ja oskuste olemasolu** aga koostöö soovi nende ettevõtetega veel ei ole arutatud.

Valdkond/ettevõtte	Hades OÜ	Nordecon AS	Geospatial OÜ	Novarc Group AS	Reaalprojekt OÜ	EXACT Geomark AS	Geo S.T. OÜ	SIRKE L& MALL
Ehitusgeodeesia (3D andmetöötlus, laserskaneerimine)	x	x			x	x	x	x
Projekteerimine (sh mudelipõhine)		x		x	x			x
Geoloogia					x			
Ehitamine		x						
Insenerid&konsultandid	x		x	x	x	x		
Tehnovõrkude andmehõive			x					
Digitaalehituse klaster liige	x	v	x	x				

Projektiga alustamist toetavad lisaks selgele vajadusele uue lahenduse järele igapäevases praktikas tänaseks ka tootjate poolt selleks otstarbeks vajalike spetsiaalsete mõõdistusseadmete (georadari) pakkumine turul, lisaks riistvara arengutele on ka vajalike tarkvaraliste vahendite osas arengud toimunud (välimõõdistuse ja andmete järeltöötamise ning visualiseerimise etappides) - vajalik võimekus ja funktsionaalsused on kiiresti kasvanud.

Eeltoodule lisaks omavad tänased ehitussektoris tegutsevad ettevõtted pädevaid spetsialiste, kes kasutavad igapäevaselt 3D laserskaneerimist, töötlevad ruumilisi andmestikke ja loovad ruumilisi 3D pinnamudeleid ning mudelipõhiseid ehitusprojekte (näiteks võib tuua Hades OÜ, Geo S.T. OÜ, Exact Geomark AS, Sirkel&Mall OÜ, Nordecon AS jne), suuremad ehitusettevõtted on omal initsiatiivil kvaliteedi ja jõudluse tagamiseks ehitustööde läbiviimisel juurutanud masinjuhtimise ehk automatiseerinud tehnilise dokumentatsiooni kasutamise ehitusmasinate poolt, kasutavad 3D laserskaneerimist uute ehitatud maapealsete objektide mõõdistamiseks jne.

Eestis on levinud ja kasutusel suuremad insenergraafika (AutoCadi ja Bentley tooteperekonna moodulid) tarkvarad ja tarkvaraplatvormid, milliste abil täna toimub mõõdistusandmete töötlemine. Uue lahenduse kasutuselevõtuks tuleb selles kontekstis tagada andmete töötlemise tulemid kujul, mis võimaldavad kadudeta üleviimist kasutajatarkvaradesse. Seda saab teha näiteks loodava avaliku andmehalduse tehnilise raamistiku ehk nõuete kaudu, milline peab olema arendusprojekti lahutamatu osa.

Tarkvarade arendusi tehnovõrkude automatiseeritud andmehalduse korraldamiseks ja andmebaaside (võrguregistrid) lahendusi, sh tehnovõrkude andmehalduseks, on välja töötanud ning omavad laiemat kasutust leidnud suurte ja integreeritud tarkvaralahenduste arendamise kogemust Affecto Estonia OÜ ja Geospatial OÜ.

Seega ettevõtete töötajate oskuste tänane tase, kogemus, tehnika ning tarkvarade olemasolu ning nende kasutusoskused toetavad üheselt projekti käivitamist.

Valdkonna toimimise efektiivsusele mõju avaldub siiski alles seejärel kui selline praktika muutub igapäevases kasutamises valdavaks.

Kogemuste vahetused ja erialased rahvusvahelised üritused annavad kinnitust, et üksikute põhikomponentide kaupa on Hankijale sobiva lahenduse tarbeks vajalik olemas aga tootmisse

juurutamiseks peab olema lahendus terviklikuks välja arendatud ehk prototüüp loodud, selle toimivus kohalikes Eesti tingimustes ning oludes kontrollitud.

Igapäevase toimimise muutmiseks on vaja nii Tellija poolt esitatavate nõuete kui ka regulatsiooni täiendusi, samuti Täitjate (geodeedid, projekteerijad, ehitajad) ning võrguettevõtete poolset muutustesse panustamist.

Käivitavaks jõuks kõigi osapoolte puhul saab olla ressursisäästlikkus võrreldes tänase toimimisega.

Objektiivne konstanteering on, et vajadus ja võimalus uue lahenduse järele maa-aluste tehnovõrkude paiknemise andmete kogumisel on ilmselgelt olemas aga praktiliseks realiseerimiseks on vaja erinevate osapoolte koostööprojekti koos piisava hulga pädevuse ning ressursi kaasamisega. Koostööpartneriteks lisaks ehitussektori ettevõtetele on kindlasti **Digitaalehituse klaster** oma kogemuste ja arenguplaanidega ning Riigi Kinnisvara AS kui üks suur Tellija ehitusturul ja BIM kontseptsiooni rakendamise eestvedaja.

7. Turuanalüüsi koostamisel kasutatud materjalid

Teadus-uurimisasutuste uurimustööde, ülikoolide rakendusuuringute, tootjate arendustööde aruannete ja konverentside ettekannete loetelu.

1. Joe Purtell, Director of Software Development, Cues, Inc., Orlando, FL. Mapping the Underground Infrastructure: leveraging gps technology to locate and identify problems. 2010.
2. Plowman Craven. Utilities Mapping. 2013. www.plowmancraven.co.uk
3. *Tallinna maa-aluste tehnovõrkude andmebaasi ja rakendustarkvara loomine. Tallinna Tehnikakõrgkool. Eeluuring 2011.*
4. Sisi Zlatanova, Jakob Beetz, etc. TU Delft. *3D Spatial Infrastructure for the Port of Rotterdam*. 2015.
5. Leonhard E. Bernold, Associate Professor. North Carolina State University. *A Multi-Sensory Approach to 3-D Mapping of Underground Utilities*. 2003
6. Noemi Emanuela Cazzanigaa, Daniela Carriona, Federica Migliaccioa, Riccardo Barzaghia. Politecnico di Milano. *A Shared Database of Underground Utility Lines for 3d Mapping and Gis Applications*. 2013
7. Petra van der Lugt, City of Rotterdam, Netherlands. Oslo Subsurface Project - *Lessons and applications with particular reference to implementation of subsurface knowledge in Urban Planning in Glasgow & Rotterdam*. 2015.
8. IDS, GeoRadar Division. *STREAM EM for extensive utility mapping*. 2010
9. Traffic Division, Department for Transport. Mapping underground assets. 2014. <http://www.dft.gov.uk>
10. Hasan JAMIL, MohdYunus MOHD YUSOFF, etc. *Current Progress on Underground Utility Mapping in Malaysia*. 2015
11. Cesar Quirog, Texas A&M Transportation Institute. *Next Generation Utilities – 3D Modeling*. 2014
12. MohdYunusMohdYusoff. *Underground Utility Mapping in Malaysia – Moving Beyond 2020*. 2015.
13. Oskari Liukkonen, Eero Holopainen. *3D Citymodelling seminar. Workshop*. 2015.
14. *INTERGEO report*. 2015. http://www.intergeo.de/intergeo/besucher/messeinfo/intergeo_report.php
15. *Schiphol constructs, converts and connects. Annual Report*. 2013
16. *CityGML is the standard for 3D geo-information in the Netherlands*. www.geonovum.nl/dossiers/3D-pilot
17. Geoff Zeiss. *Accelerating worldwide initiatives to map underground utilities*. 2014.
18. MassimoRumor, FrancescoDolcetto. *3D modeling and visualization of utility networks*. 2011.

19. GeospatialWorldForum. Report 2015,
http://geospatialworldforum.org/2016/pdf/gwf_2015_report.pdf

Akadeemilised teadus- ja riiklikud uurimisasutused, milliste uurimistööde praktiliste katsetööde aruannetest pärit infot on uuringus kasutatud.

Saksamaa:

CUTEC - Clausthal Institute of Environmental Technology is an extramural Lower Saxony state research institution operating under the aegis of Clausthal University of Technology (CUT/TU Clausthal). We have been a highly knowledgeable partner and innovative service provider in the field of environmental and energy technology since 1990.

Holland:

Delft University of Technology, lühn. TU Delft

Itaalia

Politecnico di Milano

Inglismaa

Traffic Division, Department for Transport

USA

North Carolina State University

Texas A&M Transportation Institute

Rahvusvahelised valdkonna konverentsid ja foorumid, milliste materjale on turuanalüüsi käigus kasutatud.

Geospatial World Forum <http://www.geospatialworld.net/>

Intergeo <http://www.intergeo.de/intergeo-en/index.php>

GeoBusiness <http://geobusinessshow.com/>

GeoBIM Europe <http://www.geo-bim.org/Europe/index.html>
