

Töö nimetus

Projekti „Targa Maja Kompetentsikeskus“ teadus- ja arendustegevuse tegevussuuna alamprojekt „Hoonet ümbritsevate infrastruktuuride ning hoones olevate tehnosüsteemide, seadmete spetsifikatsioonide digitaliseerimislahenduste väljatöötamine“.

Tellijat: Sihtasutus Virumaa Kompetentsikeskus

Töövõtjat: Lansec Tele OÜ

Uurimustöö on teostatud vastavalt Tellija tellimiskirjale 10. juuli 2015 ja Töövõtja pakkumisele L255 13. juulist 2015

Uurimustöö aruanne

Maa-aluste taristute andmete kogumise ja haldamise senine praktika ning võimalikud arengud

Antud uurimustöö fookuses on maa-aluste taristute (infrastruktuuride) asukohaandmete kogumine ja haldamine. Koostatud uurimustöö annab erialase ja valdkonna tehnilise dokumentatsiooni analüüsi alusel ülevaate senise praktika kohta erinevates riikides ja uute tehnoloogiate juurutamise testimise kokkuvõtte. Uurimustöö eesmärgiks on selgitada välja senine erinevate piirkondade ja riikide kogemus ja taristutega seotud temaatika prioriteetsus ning arengusuunad.

Tänase olukorra kaardistamise läbiviimisel on materjalid valitud teadlikult valdavalt eelkõige tegeliku praktilise tootmis- ja majandustegevuse põhiselt. Seda eelkõige kahel olulisel põhjusel.

Esimeseks põhjuseks on ootus ja surve kogu ehitussektorile efektiivsuse oluliseks kasvatamiseks kui ühega suurema mõjuga valdkonnale riikide majanduslikule edukusele.

Teiseks põhjuseks on asjaolu, et surve tõttu efektiivsuse suurendamiseks on paljudes riikides valitsuse tasandil tehtud otsus juurutada ehitiste projekteerimisel mudelprojekteerimine. Mudelprojekteerimise mõju efektiivsuse saavutamisel on kinnitust leidnud nii praktikute poolt teostatud rakendusuringute kui ka akadeemiliste teadusuuringute kaudu.

Lisaks võtame arvesse eeltoodud põhjused ja lähtume teadmised, et tegeliku äritegevuse kaudu vajadustepõhised lähenemised aitavad püstitatud eesmärgi saavutamiseni jõuda suurema tõenäosuse ja mõistlikuma ressursi kasutamisega.

Valdav osa ehitustegevusest toimub tiheasustusaladel ehk linnades. Linnaruumi planeerimisel ja ehitiste (hooned ja rajatised) projekteerimisel mudelprojekteerimisele üleminekuks on vältimatult eeldusteks vajalikud kvaliteedis ja detailsuses alusinfo ja andmete olemasolu.

Alljärgnev ülevaade võtab kokku nende eelduste olemasolu viimastel aastatel avaldatud raportite ja ettekannete põhjal. Seejärel on võimalik planeerida järgmisi tegevusi ehitussektori tarbeks vajalike uute lahenduste ja lähenemiste väljatöötamiseks, arvestades juba senist parimat praktikat teistes riikides.

Sissejuhatus

Kiired arengud erinevates tehnoloogiates ja nende juurutamine tootmistevõrgustesse on toonud muude teemade hulgas lahendamist vajavaks pakiliseks küsimuseks ja tõsiseks väljakutseks **maa-aluste taristute paiknemise andmestikuga seonduva**.

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

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

Arvuti ja interneti ajastu saabumisel asendus paber kandja 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.

Käesolevas uurimistöös on toodud kokkuvõtlikult maa-aluste taristute asukohaandmestiku olemasolu ja selle andmestiku kasutamise seotud probleemid, samuti nende probleemide põhjused.

Antud uurimistöo keskendub eelkõige tiheasustuses ehk linnades paiknevate maa-aluste taristute asukohaandmestiku küsimuste käsitlemisele. Analüüs on koostatud erinevate aruannete, raportite ning ettekannete põhjal ja annab ülevaate Eesti, Euroopa, Põhja-Ameerika ning osaliselt ka Aasia riikide senisest praktikast.

Parimate praktikate ja pilootprojektide kogemuste alusel on Eestis antud valdkonnas kaua oodatud arengute ja muudatuste käivitamiseks vajalik algatada ja läbi viia sobival katseobjektidel terviklik rakendusuring ja seejärel selle analüüsi tulemustel põhinev juurutusprojekt.

Infrastruktuuride andmestiku olemasolu ja kasutatavuse ülevaade

Eestis, sh Rakveres linnas, Euroopas, Põhja-Ameerikas ning maailmas tervikuna. Hetkeseis ja valmisolek 2D andmestikult üleminekuks 3D mudelile kogu maa-aluse taristu elukaare vaates.

Maa-aluste taristute andmestiku olemasolu ja kasutatavus

Taristute andmestikuga seonduvat käsitledes on oluline teadvustada järgnevaid objektiivseid asjaolusid:

- Kasutusel olevad taristud on välja ehitatud 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 paber kandjal linna territooriumi kohta nii maapealsete kui maa-aluste taristute valveplaan, aga digitaalajastule üleminekuuga kadus tegelike linnaruumi muudatuste üle kontroll ja valveplaanid kaotasid aktuaalsuse ning linnade detailsed kasutuskõlblikud tervikplaanid kui sellised lakkasid olemast.
- Igal võrguvaldajal on olemas oma taristu kohta info dokumentatsioonina kas paber kujul või digitaalkujul failidena või andmebaasis hallatavana.
- Võrguvaldajatel on perfektsuse lähedane info teenuste ja klientide ning arvelduste 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.

Erinevate riikide maa-aluste taristute kohta andmete olemasolu ja nende kasutamise teemal koostatud ettekannete, raportite ja analüüside alusel 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 (*as built*), 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 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 kasutatavad mõõtmismetoodikad ja tehnoloogiad ei võimalda toota kaasaegsetele võimalustele vastavat ja efektiivseks ehitamiseks ning hilisemaks linnaruumi haldamiseks vajalikus detailsuses ja täpsusega 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 “Call Before You Dig”, 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.

Maa-aluste taristute andmetega seotud põhiprobleemid on:

- taristute tervikliku asukohaandmestiku puudumine
- sama piirkonna erinevate taristuliikide puhul kardinaalselt erinevates täpsuskategooriates asukoha info
- kogutav ja hallatav asukohaandmestik on valdavalt plaaniline (2D), puudub maa-aluste objektide lõhkumise ennetamiseks jms vajalik sügavusinfo (3D)
- digitaalne andmestik on olemas, aga sisuliste vastuoludega ja ei ole masintöödeldav
- digitaalkujul levitatav taristu andmestik on lihtsalt kasutatav, aga selle **tegelikkusele vastavus väga keeruliselt kontrollitav**, mille tulemusel on palju kergesti levitatavat ja kasutatavat ebatäpset ja ebaõiget infot.

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

- Kaevetööde teostajatele, taristute vigastamise ja lõhkumiste vältimiseks, kuna taristutega seotud intsidentidega hüvitamisele kuuluvad kahjud on väga suured.
- Tööde teostajatele ja ümbruskonnas paiknevate inimeste turvalisuse tagamiseks.
- Suuremahuliste teede rekonstrueerimis- ja laiendamise seotud tööde puhul nende tööde õigeks planeerimiseks, ümberpaigutamist vajavate taristute jaoks projektlahenduste tähtaegseks koostamiseks. Vastasel juhul kaasnevad tööde seisakud ning tööde tellijatele lubatud tähtaegadest ei suudeta kinni pidada, lisaks kasvavad esialgselt hinnatud tööde maksumused oluliselt suuremaks.

Olulisemad ja tihedamini esinevad lõhkumiste põhjused:

- Taristute andmed on ebatäpsed, kuna ei ole mõõdistatud ehitustööde teostamise ajal või mõõdistustulemus ei vasta tegelikkusele, kuna mõõdistaja töö on ebakvaliteetne.
- Andmetes ei kajastu taristuga seotud järgnevate tööde käigus tehtud muudatused, st andmed ei ole aktuaalsed.

Lisaks üldisele ehitustööde teostamise efektiivsuse kasvu survele, seavad ka tarkvaralised ja tehnoloogilised võimalused taristute omanikele ja andmete kogujatele ning 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 kolmemõõtmelisenä töödeldavad ning taaskasutatavad ilma moonutusteta ja kadudeta.

Euroopa viimaste aastate uurimistööd 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 kooskasutamise 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 on ka plaanidel sisalduvat andmestikku, sh taristute kohase info 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 järelevalve teostamise toimimise tagamine.

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

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

Madalmaade ja Taani väga kõrge insenertehnilise pädevuse taseme juures on tänane praktiline seis ehitusprojektide puhul mudelprojekteerimisele (3D) ülemineku puhul 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 valveplani, aga realiseerimiseni andmetöötluse ja haldamise keerukuse ning ajamahukuse tõttu pole veel jõutud.

Maa-aluste taristute andmete kogumise ja halduse senine praktika Eestis, Euroopas ja Põhja-Ameerikas.

Hetkeolukorra kokkuvõte, mis on koostatud ettekannete ja uurimistöõde ning teostatud projektide raportite põhjal.

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** 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 täpsete ja kvaliteetsete maa-aluste taristute andmestike olemasolu tagamiseks ja nende riiklikul tasandil haldamise kaudu ka kättesaadavuse ning kasutatavuse tagamiseks. 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 tuhat 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 täpsuskategooriates 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 1 227 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 0,5meetrit, 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 (French National Institute of Geographic and Forest Information – lühend. IGN), 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 40 cm 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 konkreetseid tehnilised nõuded, sõltumata kasutatavast mõõdistustehnoloogiast, peavad kõik mõõdistustulemused olema täpsusklassi A nõuetele vastavad, st viga asukohaandmetes ei tohi olla suurem kui 40 cm.

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 40 cm*

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

Grupp C: *Asukohaandmete viga on suurem kui 1.5 m 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 asukohtaandmed 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 asukohaandmete grupiks C.

Kokkuvõtteks:

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 asukohtaandmestik väga ebatäpne, seega ka andmed järgmiste tööde kavandamiseks ning teostamiseks on kasutuskõlbamatud ilma täiendavate mõõdistus- ja uurimistööde teostamiseta.

Praktiliste tulemuste kohta asukohtaandmete korrastamisel saab positiivsete näidetena reeglina tuua väikese arvu kompaktsed 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 asukohtaandmestiku 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 asukohtaandmestik kanduma ka ehitusprojektide koostajate ja ehitajate kasutusse, seega igapäevasesse praktikasse jõudmine on alanud.

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

Uute tehnoloogiate võimalused infrastruktuuride andmestiku kogumiseks, andmetöötlemiseks ja halduseks

Uute tehnoloogiate kättesaadavus, uute lähenemiste efektiivsus ning eelised võrreldes senise praktikaga

Kaasaegsete tehnoloogiate kasutusvõimaluste selgitamiseks maa-aluste taristute paiknemise määramisel on viimase kahe-kolme aasta jooksul nii Euroopas kui Ameerikas läbiviidud pilootprojekte ja rakendusuuringuid. Alljärgnevalt on toodud projektide läbiviimise ja tulemuste kohta täpsemaid selgitusi ja tehnilist infot.

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.

Taristute paiknemise keskmised vead olid erineva suurusega, aga ebatäpsuste üldine tase oli sedavõrd suur, et lühidalt kokkuvõttes saab klassifitseerida varasemas dokumentatsioonis sisalduvat infot kui ebausaldusväärset. Selline info on ebapiisav kohalikele omavalitsustele nende otsuste 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 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 erafirmal, kes tegeles ehitustöödega, sealhulgas ehitusuuringutega, lisaks kasutati maa-aluste taristute 3D mõõdistamiseks kaasaegset tehnoloogiat - laserskaneerimist. 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 mitte ehitusprojektide kohaselt, vaid ehitustööde käigus kõige lihtsama ja odavama tööde teostamise põhimõtte alusel. 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 1 päev välitööd=5 päeva 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.

Rakveres ja teistes Eesti linnades kaasaegsete tehnoloogiate abil infrastruktuuride andmete kogumise tegevuskava koostamine.

Käesoleva uurimustöö teostamise käigus läbitöötatud tehnilise dokumentatsiooni, projektide kohta tehtud ettekannete ja raportite analüüsi tulemusel on üks võimalik tegevuskava edasiste tegevuste korraldamiseks järgmine.

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 tehnilised nõuded, seetõttu on esimese etapina otstarbekas läbi viia Eesti tingimustes rakendusuuring. Rakvere linna mõttes on tegemist testuuringuks sobiva suuruse linnaga pindala mõttes.

Geoloogiliste eripärade kontekstis on ilmselt täiendavalt vajalik valida veel üks või kaks väiksemat katsepiirkonda tööde läbiviimiseks.

Rakendusuuringu teostamise eesmärgiks on selgitada välja meie geograafilisse piirkonda sobiv mõõdistuste läbiviimise tehnoloogia ja seadmed. Võimalikke erinevaid seadmeid pakub eeldatavasti kuni kolm tootjat – Leica, Topcon ja Trimble.

Rakendusuuringu raames teostatakse testobjektidel konkreetsetes määratletud piirkonnas maa-aluste taristute mõõdistamiseks välitööd, hiljem tootja poolt pakutava tarkvara abil andmete järeltöötlus ja viimine masinloetavale ja korduvkasutatavale faili(de) struktuurile.

Oluline on teostada erinevate tehnoloogiate abil kogutud andmete vastastikune analüüs, lisaks tuleb teostada rakendusuuringu käigus kogutud andmete võrdlus kohaliku omavalitsuse kasutuses olevate digitaalplaanide ja võrguvaldajate poolt esitatavate taristu andmetega.

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

Testtööde teostamise kokkuvõttes saab 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.

Siinkohal on oluline teadvustada, et selle rakendusuuringu tulemus võib olla ka negatiivne tulemus.

Seda sel juhul, kui tehniline võimekus pakutavatel seadmetel ei ole veel piisavale tasemele arenenud igapäevaseks tööde teostamiseks või seadmete hinna ja saadud tulemuse kvaliteedi suhe ei ole veel jõudnud aktsepteeritavale tasemele.

Riskid ja muudatused maa-aluse taristu ehitustööde ja ehitiste dokumenteerimises (ruumilises andmehalduses üleminek 2D->3D) olemasoleva taristu kaardistamisprojekti realiseerimise järel, riikliku regulatsiooni vajalikud muudatused ja alamaktidena vajalikud tehnilised juhendmaterjalid.

Rakendusuuringu positiivsete tulemuste korral on võimalik edasi minna uue tehnoloogia juurutamiseks vajalike ettevalmistustööde etappi.

Ettevalmistustööde hulgas mahukaimateks on 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, Taitja, 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 ilmselt 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 andmetöötlaste tegijatele kui ka laiemale ringile andmete kasutajatele, alates tööde tellijatest kuni omavalitsuste töötajateni ning võrguvaldajateni.

Suuremad riskid on seotud eelkõige ettevalmistava etapi ajamahukuses ja määravaks teguriks eesmärgi saavutamisel on selles osas kindlasti väga tugeva koordineeriva grupi moodustamine.

Järgmise suurema pätklina eesmärgi suunal liikumises saab olema tavaline inimlik faktor ehk puudutatud isikute ja osapoolte hirmud muudatuste ees ja mugavustsoonist väljumise kramp.

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

Majanduslik efekt protsesside kiirenemisest ja vähenemisest. Kulude ja tulude eksperthinnang. Visiooni loomine kõrge detailsuse ja täpsusega infrastruktuuri andmete olemasolu potentsiaalsest mõjust suuremate linnade poolt eraisikutele ja äriühingutele osutatavate teenuste protsessidele.

Muudatuste mõju konkreetselt Rakvere linnas 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! Olenevalt taristust ja selle konkreetse osa eripärast on ühe lõhkumisega seotud otsesed kahjud vahemikus 50 000 kuni 300 000€, lisaks veel kaudsed kahjud, 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 vajalik otsida võimalusi maa-aluste taristute andmestike kogumise, haldamise ja kasutamise parandamiseks uusi kaasaegseid lahendusi.

Uurimustöö koostamisel kasutatud aruannete, raportite ning 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. Sisi Zlatanova, Jakob Beetz, etc. TU Delft. *3D Spatial Infrastructure for the Port of Rotterdam*. 2015.
4. Leonhard E. Bernold, Associate Professor. North Carolina State University. *A Multi-Sensory Approach to 3-D Mapping of Underground Utilities*. 2003
5. 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
6. 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.
7. IDS, GeoRadar Division. *STREAM EM for extensive utility mapping*. 2010
8. Traffic Division, Department for Transport. Mapping underground assets. 2014. <http://www.dft.gov.uk>
9. Hasan JAMIL, Mohd Yunus MOHD YUSOFF, etc. *Current Progress on Underground Utility Mapping in Malaysia*. 2015
10. Cesar Quirog, Texas A&M Transportation Institute. *Next Generation Utilities – 3D Modeling*. 2014
11. Mohd Yunus Mohd Yusoff. *Underground Utility Mapping in Malaysia – Moving Beyond 2020*. 2015.
12. Oskari Liukkonen, Eero Holopainen. *3D Citymodelling seminar. Workshop*. 2015.
13. *INTERGEO report*. 2015. http://www.intergeo.de/intergeo/besucher/messeinfo/intergeo_report.php
14. *Schiphol constructs, converts and connects. Annual Report*. 2013
15. *CityGML is the standard for 3D geo-information in the Netherlands*. www.geonovum.nl/dossiers/3D-pilot
16. Geoff Zeiss. *Accelerating world wide initiatives to map underground utilities*. 2014.
17. Massimo Rumor, Francesco Dolcetto. *3D modeling and visualization of utility networks*. 2011.
18. Geospatial World Forum. Report 2015, http://geospatialworldforum.org/2016/pdf/gwf_2015_report.pdf