

**Nutitelefoni ja tahvelarvutiga taristu objektide mõõdistamise
võimaluste uuring. Seadmete ja tarkvarade analüüs - kokkuvõte
(14.03.2025)**

Hades Geodeesia OÜ

TALLINN 2025

Hades Geodeesia OÜ
Registrikood: 10570307
hades@hades.ee www.hades.ee

Valdeku tn 132 Tallinn 11216
Telefon: 6 718 530

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



SISUJUHT

- Tiitelleht
- Sisujuht
- Kokkuvõte

Töö tellija/tellijad/huvipooled

Martin Saarnak - Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalamet

Vaiko Veeleid - Hades Geodeesia

Andrei Bljahhin - Hades Geodeesia

Töö sisu

Projekti töösisu seisnes nutiseadmete ja nendes kasutatavate mõõdistustarkvarade täpsuse ja kasutusvõimaluste uurimises linnaruumi objektide kaardistamisel. Uuring hõlmas erinevate tarkvarade testimist kahel platvormil (Android ja iOS), mõõdistusandmete kogumist ning nende võrdlemist kõrge täpsusega geodeetilise laserskanneri FARO Focus tulemuste vastu.

Eesmärk oli hinnata mõõdistuslahenduste täpsust, detailsust ja sobivust KOV töötajate välitöödeks, välja selgitada, millised nutiseadmete lahendused on piisavalt usaldusväärsed ja kasutajasõbralikud, et neid rakendada KOV valduses olevate rajatiste ja linnaruumi elementide fikseerimisel.

Mõõdistusvahendid

FARO Premium laserskanner

iPhone 15 Pro MAX (iOS)

Samsung Galaxy S24 Ultra (Android)

iPad Pro 15 (iOS)

AlphaGEO GeoPlus Laser RTK GNSS vastuvõtja

Töökord

Tööd teostati Kullo huvikooli kõrval asuval mänguväljakul Löwenruh pargi mänguväljak, mis valiti mõõdistusobjektiks. Enne nutiseadmetega mõõdistamist viidi läbi terrestiline laserskaneerimine, mille eesmärk oli fikseerida mänguväljaku ja selle ümbruse täpne ruumiline olukord. Laserskaneerimise ajal mõõdistati sisse ka kontrollpunktid, mis võimaldasid FARO laserskanneri loodud punktipilve viia L-EST97 ja EH2000 koordinaatsüsteemidesse.

Hades Geodeesia OÜ

Registrikood: 10570307

hades@hades.ee www.hades.ee

Valdeku tn 132 Tallinn 11216

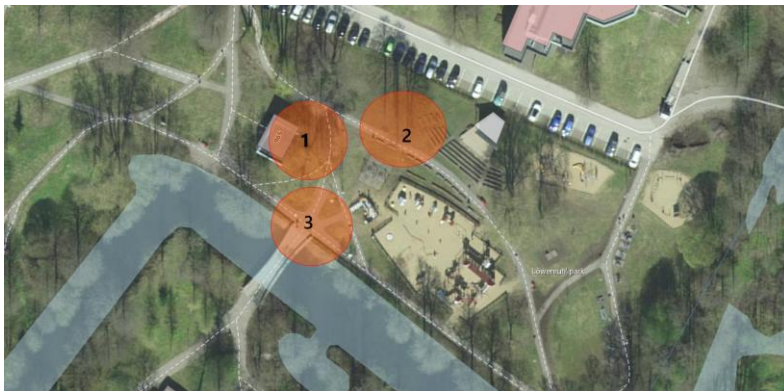
Telefon: 6 718 530

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



Ala skeem:



Pärast laserskaneerimist alustati nutiseadmetega mõõdistamist, kasutades selleks erinevaid tarkvarasid nii iOS kui ka Android operatsioonisüsteemidega seadmetel. iOS-seadmetega tehtud katsetustes valiti peamiseks mõõdistusobjektiks mänguväljaku kõrval asuv hoone (Mustamäe tee 59b), mida ümbritsevad puud. Lisaks mõõdistati mänguväljaku kõrval asuvaid elemente, sealhulgas sild, pingid, prügikast, tänavavalgustus, infotahvel ning pinkide vahel olev kõnnitee. Android-seadmete mõõdistuskatsete objektideks valiti Löwenruh pargi sild ja mänguväljaku lähedal asuv tehnomaja (Mustamäe tee 59b).

Kõiki objekte mõõdistati süstemaatilise ja ühtlase liikumismustriga, et tagada mõõdistustulemuste võrreldavus ning vältida andmelünki. Kõrvalhoone mõõdistamine algas selle lõunapoolsest nurgast ning jätkus puudega. Puude ümber teostati täisring, et koguda võimalikult terviklik punktipilv. Lõpetuseks jõuti tagasi samasse nurka, kus mõõdistamine algas.

Kameraaltöö algas FARO laserskanneriga kogutud andmete töötlemise ja geokoordineerimisega. Samal ajal alustati nutiseadmetega mõõdistatud andmete töötlemist, et analüüsida, kui kiiresti ja täpselt erinevad rakendused suudavad kogutud andmeid töödelda ning kas need võimaldavad georeferentseeritud tulemuste genereerimist. Eraldi hinnati ka seda, kas programmid suudavad väljastada punktipilve ja 3D-võrkmodeli ning millistes faili formaatides neid andmeid saab eksportida. Samuti kontrolliti, kas punktipilved on georeferentseeritud või mitte.

Kui nutiseadmetest saadud andmed olid välja eksporditud, viidi kõik punktipilved CloudCompare'i, kus võrreldi nende suhtelist täpsust nn referents punktipilvega, milleks oli FARO laserskaneerimise tulemus. Lisaks võeti nutiseadmete punktipilvedelt mõõdud ning võrreldi neid FARO punktipilve mõõtudega, et hinnata mõõdistuste täpsust.

Geokoordineeritud nutiseadmete punktipilvede täpsust kontrolliti ArcGIS Pro's. Enamik GPS-i abil geokoordineeritud punktipilvi näitasid mõõdistuste nihkumist kuni 60 meetri raadiuses, võrreldes referents punktipilvega. Samuti selgus, et mõned rakendused, nagu Scaniverse (Android), Kiri Engine (mõlemad platvormid) ja RealityScan (mõlemad platvormid), ei toeta punktipilvede loomist ning suudavad genereerida ainult võrkmodelit.

Pinkide, prügikasti ja infotahvli määdistamisel kasutati samalaadset metoodikat (ala 2) . Objektide ümber liiguti ühtlase trajektooriga, et järeldada need igast küljest. Löwenruh silla määdistamisel teostati määdistamine ainult silla põhjapoolne ühenduskoht kõnniteega.

Peale määdistamist viidi andmetöötlus läbi kas kohapeal nutiseadmes või hiljem kontoris. Paljudel programmidel oli võimalus töödelda andmeid otse seadmes, salvestades need hilisemaks töötlemiseks või saata andmed veebipõhisesse keskkonda edasiseks analüüsiks.

Samuti teostati määdistamise orienteerumise määdistamise katsed, et mõista millist infot erinevad tarkvarad lisavad punktipilve suunale/orientatsiooniks. Selleks tehti alal 3 määdistus, kus teostati ühe rakendusega 2 määdistust: alustades suunaga põhja ja alustades suunaga loodesse.

Skeem:



Määdistamise tulemusena ei suutnud ükski rakendus ilma lisa koordineerimiseta panna punktipilve õige orientatsiooniga. Kõikidel olid määdmised suunaga põhja, ehk lähte suund oli määdistamise alustamisel kõikidel skaneerimistel põhja suunas ja seda ka mitte täpselt ja kindlalt, vaid suund varieerus. vGIS Scan rakendusega olid punktipilved vastavalt õigesti orienteeritud, kui oli eelnevalt seadme positsioneerimine teostatud kas GNSS antenniga või manuaalselt (näidatud hetke asukoht ja suunatud kindlasse suunda.)

Töö tulemus

Nutiseadmetega mõõdistamistarkvarade analüüs näitas, et erinevad rakendused pakuvad märkimisväärselt erinevat täpsust, kasutusmugavust ja andmete ekspordivõimalusi. Testitud rakendused võimaldasid mõõdistada erinevaid linnaruumi elemente, sealhulgas hooneid, infrastruktuuri, tänavamööblit ja tehnovõrke. Võrdluses kasutati erinevaid seadmeid nii iOS kui Android platvormidel ning tulemusi võrreldi täpsusmõõtmiste ja referentspunkt pilvedega.

Üldiselt selgus, et iOS-seadmetel põhinevad LiDAR-toega rakendused suudavad pakuda täpsemaid ja detailsemaid punktipilvi kui Android-seadmete fotogrammeetrilised meetodid. Scaniverse ja Polycam paistsid silma kasutajasõbralikkusega ning võimaldasid kiiret töötlust, kuid nende geokoordinaatide täpsus oli piiratud, kuna GPS-i põhine positsioneerimine põhjustas kuni 60 meetri nihke võrreldes referentspilvega. Pix4Dcatch oli üks väheseid rakendusi, mis pakkus georeferentseeritud punktipilve eksporti, kuid protsessimine oli aeglasem ning sõltus suuresti pilvetötlusest.

Mõned rakendused, näiteks RealityScan ja Kiri Engine, keskendusid peamiselt võrkmodelite loomisele, mistõttu need ei olnud sobivad täpsete punktipilvede genereerimiseks ja geodeetilisteks mõõtmisteks. Lisaks selgus, et kuigi Polycam'i ja Pix4Dcatch'i tasulised versioonid võimaldavad paremaid ekspordivõimalusi ja suuremat kontrolli andmete üle, nõuab täpsema tulemuse saamine lisainvesteeringuid.

Analüüsi tulemused näitasid, et:

- **Scaniverse ja Polycam** sobivad hästi kiireks ja visuaalseks mõõdistamiseks, kuid georeferentseerimise võimalused on piiratud. Sellega kui ka tavalise pildiga saab tõdeda, et linna elemendid on olemas ning on võimalik vaadata nende seisukorda.
- **vGIS Scan** koos RTK antenniga pakkus kõige paremini koordineeritud punktipilvi.
- **Polycam** ja **KickTheMap** pakuvad võimalust allalaadida originaal pilte, mis olid mõõdistamise ajal tehtud.
- **Pix4Dcatch** ja **KickTheMap** pakuvad võimalust allalaadida tõetruu ortofotot.
- **RealityScan** ja **Kiri Engine** olid kasutajasõbralikud, kuid ei võimaldanud täpset punktipilve eksporti, mistõttu sobivad pigem üldiste 3D-mudelite loomiseks.
- **RealityScan** ja **Pix4Dcatch** automaatne pildistamine võib muutuda suurte piltide kogustel pildistamise ja töö jätkamise keeruliseks ning pildistamise kiirus aeglustub kaob.
- **Pix4Dcatch** ja **vGIS Scan**i on olemas võimalus ühendada RTK antenniga, mis tagab kuni 1cm geokoordineerimise.
- **SiteScape** tükeldab skännimise ning lõpptulemus on hajus punktipilv.
- **vGIS Scan, Polycam, Pix4Dcatch, SiteScape, KickTheMap** pakuvad erinevaid tasuta võimalusi n. kuvada kogutud andmeid online'is, kuid **vGIS Scan** on ainuke, mis võimaldab ühendada andmeid ka **ESRI** tarkvaradega.
- **Android-seadmetel põhinevad mõõdistused olid üldiselt vähem täpsed kui iOS LiDAR-põhised lahendused**, kuna enamik Android-rakendusi tugineb fotogrammeetriale, mis on tundlikum valgustingimuste ja objekti tekstuuri suhtes.
- **iOS-seadmed**, mis on varustatud **LiDAR-anduriga** annavad võimaluse programmidele luua mõõtkavalise punktipilvi ja/või mudeleid, mida sai samades programmides peale töötlemist mõõta. Sellist funktsiooni Android-seadmed hetke seisuga ei paku.

Kuna erinevad tarkvarad omavad eriomadusi, sõltub parim valik kasutusotstarbest: kui on vaja kiiret ja lihtsat skaneerimist, sobivad Scaniverse ja Polycam, kuid kui eesmärk on georeferentseeritud punktipilv ja täpsed mõõdistused, on parem kasutada Pix4Dcatch'i tasuta versiooni või spetsiaalseid geodeetilisi töövahendeid.

- **vGIS Scan (iOS) koos välise RTK GNSS-iga**

- + Toetab RTK GNSS-i, mis võimaldab saavutada sentimeetritäpsusega georeferentseeritud punktipilve
 - + Võimaldab eksportida koordineeritud punktipilvi (LAS) ja võrkmodelle (OBJ)
 - + Sobib geodeetilisteks ja inseneritöödeks, kuna pakub täpsemat positsioneerimist kui GNSS-põhised rakendused
 - + Reaalajas vaadatav AR-keskkonnas ja GIS-süsteemides
 - + Võimaldab integreerida mõõdistustulemused reaalajas teiste GIS-andmetega.
-
- Toetab ainult punktipilvi ja võrkmodelle
 - Sõltub tugevalt RTK GNSS-signaalist, mis võib halva levi korral põhjustada ebatäpseid tulemusi
 - Võib vajada lisatöötlust, et viia punktipilved õigesse koordinaatsüsteemi (L-EST97, EH2000)

- **Pix4Dcatch (iOS ja Android) koos välise RTK GNSS-iga**

- + Toetab RTK GNSS-i, mis võimaldab saavutada sentimeetritäpsusega georeferentseeritud punktipilve
 - + Võimaldab eksportida koordineeritud punktipilvi (LAZ), ortofotosid (TIFF) ja kõrguskaarte (DEM)
 - + Võimaldab pilvepõhist töötlemist, mis võib parandada punktipilve kvaliteeti
 - + Suudab kombineerida LiDARi ja fotogrammeetria andmeid
-
- Vajab pilvepõhist töötlemist, mis on tasuline
 - Töötlus on aeglasem võrreldes seadmes töötlemisega, sest sõltub Pix4D pilveprotsessist
 - Sõltub tugevalt RTK GNSS-signaalist, mis võib halva levi korral põhjustada ebatäpseid tulemusi

- **Polycam (iOS ja Android)**

- + Toetab nii LiDARi kui ka fotogrammeetria põhist 3D-skaneerimist.
 - + Võimaldab eksportida vörkmudeleid (OBJ, FBX, STL, USDZ, DAE) ja tasulises versioonis ka punktipilvi (PLY, LAS, PTS, XYZ, DXF).
 - + Hea tekstuurikvaliteet ja suhteliselt täpsed mudelid.
 - + Võimaldab töötlemist nii seadmes kui ka pilves.
 - + Pakub online-vaatamist ja andmete jagamist Polycam Webis.
-
- Tasuta versioon ei võimalda punktipilvede eksporti – vaja tasulist versiooni.
 - Ei ekspordi georeferentseeritud punktipilvi.
 - GPS-täpne positsioneerimine on ebatäpne ja puudub RTK GNSS-i tugi.
 - Pilvepõhine töötlemine võib lisada töötlemisaega.
 - Punktipilve täpsus pole piisav geodeetilisteks rakendusteks.

- **Scaniverse (iOS)**

- + Täiesti tasuta LiDAR-põhine skaneerimiskenduse iOS-seadmetele.
 - + Kiire töötlemine otse seadmes, ei vaja pilvetöötlust.
 - + Toetab mitmeid ekspordiformaate (OBJ, USDZ, PLY, FBX, GLB, STL).
 - + Lihtne ja intuitiivne kasutajaliides.
 - + Sobib hästi kiireteks 3D-mudeliteks, kui täpsus pole esmatähtis.
-
- Ei ekspordi georeferentseeritud punktipilvi.
 - Ei toeta RTK GNSS-i, mistõttu täpsus on piiratud.
 - Ainult iOS-seadmetele saadaval – Androidi tugi puudub.
 - Võrreldes Polycamiga vähem ekspordivõimalusi.
 - Ei võimalda pilvepõhist töötlemist ega andmete jagamist online'is.

Nutiseadmete mõõdistustarkvarad võivad olla kasulikud esmaste mõõdistuste ja linnaruumi objektide fikseerimiseks, kuid need ei suuda hetkel asendada professionaalseid geodeetilisi mõõdistusmeetodeid. Täpsuse ja

geokoordinaatide usaldusväärsuse parandamiseks tuleks kasutada täiendavaid GNSS-vastuvõtjaid või kombineerida mõõdistust LiDAR-, fotogramm-meetria ja GPS-andmetega.

Hades Geodeesia OÜ
Registrikood: 10570307
hades@hades.ee www.hades.ee

Valdeku tn 132 Tallinn 11216
Telefon: 6 718 530

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification

