

GEO3D ÄRIANALÜÜS

Lõpparuanne
Detsember 2023



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks

Rahastatud Euroopa Regionaalarengu Fondist,
meetme „Avalike teenuste pakkumise arendamine“
tegevusest „Avalike teenuste koosvõime loomine“

Sisukord

Lühikokkuvõte	3
1. Sissejuhatus	6
1.1. Mõisted ja lühendid	7
1.2. Analüüsi meetodika ja tegevused	9
2. Geo3D fookusteemad	10
2.1. Andmehõive	11
2.1.1. Fotogramm-meetria andmehõive protsess	11
2.1.2. Topograafiliste nähtuste andmehõive protsess	16
2.1.3. Andmehõives kasutatavad tehnoloogilised lahendused	19
2.2. Eesti topograafia andmekogu tegevused	40
2.2.1. ETAK-i andmete haldamise protsess	40
2.2.2. ETAK-i andmete haldamisel kasutatavad tehnoloogilised lahendused	41
2.3. Aadresside, kohanimede ja huvipunktide 3D-andmed	47
2.4. Geoloogilised 3D-andmed	50
2.4.1. Ehitusgeoloogiliste andmete teke ja kasutamine	50
2.4.2. Ehitusgeoloogiliste uuringute esitamise ja haldamise protsess	51
2.4.3. Geoloogiliste andmete tehnoloogilised lahendused	53
2.5. Kataster	57
2.6. Andmete levitamine	61
2.6.1. 2D-andmete levitamine	61
2.6.2. 3D-andmete levitamine	64
2.6.3. Andmete levitamise tänased tehnoloogilised lahendused	67
3. Välisriikide kogemus	71
3.1. Soome	71
3.2. Šveits	76
4. Kasutajauuringu intervjuudelt kogutud vajadused	81
5. Geo3D tuleviku terviklahendus	83
6. Muudatusettepanekud 3D laiapõhjaliseks kasutuselevõtuks	86
6.1. Andmehõive tegevused	86
6.2. Andmetöötlus, sh Eesti topograafia andmekogu tegevused	99
6.3. Geoloogilised 3D-andmed	113

6.4.	Andmete levitamine.....	128
6.5.	Andmehõive ja kaardistamise tarkvarad.....	150
7.	Geo3D prototüüp	165
7.1.	Liitreaalsuse (AR) vaate prototüüp	165
7.2.	Objektide võrdlemise vaate prototüüp.....	172
8.	Tegevusplaan 3D-lahenduste laiapõhjaliseks kasutuselevõtuks.....	180
8.1.	Tööjõuressurss ja kulud.....	182
8.2.	Õigusaktide muutmine.....	184
8.3.	Arendusega seotud riskid.....	185
8.4.	Arenduse sotsiaalmajandusliku kasu mõõtmine	186
Lisad	189
Lisa 1.	Šveitsi 3D-rakenduse kirjeldus	189
Lisa 2.	Ärivate vajadused	198

Lühikokkuvõte

Maa-ameti visioon on hakata järgmiste aastate jooksul ruumiandmeid hõivama ja levitama kolmemõõtmeliselt. Selle tulemusena saavad erinevad riiklikud registrid ühtsele 3D-mudelile tuginedes osutada ühiskonna kasvavatele vajadustele vastavaid kaasaegseid avalikke digiteenuseid. Maa-amet on põhiülesannete kõrvalt ka üleriigilist 3D-ruumiandmemudelit loonud ja levitanud. Riiklike ruumiandmete lausuline kolmemõõtmeliseks üleminek on eri protsesse ja osapooli puudutav transformatsioon. See vajab muutuste teadlikku juhtimist nii Maa-ameti sees kui ka koostöös partnerorganisatsioonidega, et sõnastada ühised strateegilised eesmärgid, tagada vajalik ressurss täiendavate ülesannete täitmiseks ning toetada uute tehnoloogiate katsetamist ja rakendamist.

3D-mudeli tootmine ja levitamine toimub eelkõige Eesti topograafia andmekoguga (ETAK-iga) seotud tegevuste raames ja hakkab nii olema ka edaspidi. Lisaks toetab 3D-mudeli loomine ja uuendamine tulevikus ka 2D-kujul hallatavate topograafiliste andmete uuendamist. ETAK-i andmete uuendamiseks kogutakse kogu Eesti kohta alusandmed aerofotopildistamise (AFP) ja aerolaseskaneerimise (ALS) abil. Andmehõive toimub lennukilt, igal aastal kaardistatakse vähemalt pool Eesti territooriumist - ¼ kevadine kaardistuslend, ¼ suvine metsanduslik lend ja suuremate tiheasustuspiirkondade madallennud (suurema andmetäpsuse saavutamiseks). Lendudel kogutud andmeid töödeldakse, misjärel valmivad ALS-punktipilved, aero- ja ortofotod. Andmehõives täna kasutatavad aerofotokaamera ja aerolaserskanner on jõudmas oma kasutusea lõppu.

Kogutud andmete abil hoitakse ajakohasena Eesti topograafiliste nähtuste andmeid, et need peegeldaksid looduses ja inimtegevuse tulemusena toimuvaid muutusi. Muudatused tuvastatakse fotode võrdluses visuaalsel vaatlusel. Andmeid uuendatakse enamasti stereofotogramm-meetriliselt, aga ka 2D-kujul ortofotodelt. Kuna tegemist on aeganõudva käsitööga, suudetakse igal aastal topograafilisi andmeid ajakohastada (sh nähtuste asukohatäpsust tõsta) ligikaudu kümnendikul riigi territooriumist. Maa-ametis tegutsevad ka riiklik Copernicuse programmi satelliidiandmete keskus EstHUB ja globaalse navigatsioonisatelliitide süsteemi satelliitandmete (GNSS) keskus ESTPOS. Satelliidiandmeid täna riikliku 3D-mudeli tootmisel ei kasutata, tulevikus võib nende andmete kasutamine olla perspektiivikas. Küll aga tagab Eesti satelliidinavigatsioonisüsteem muuhulgas geodeetilise süsteemi ajaliste muutuste monitooringu ning täpse asukohapõhise info reaal- või lähireaalajas. ESTPOS tugijaamade võrgu rekonstrueerimine toimus viimati aastatel 2014-2016, tänaseks on seadmed jõudmas oma kasutusea lõppu. Satelliidiandmete kasutamist ETAK-i uuendamisel peetakse asukohatäpsuse nõudeid silmas pidades võimalikuks alles siis, kui riik hakkab ostma vähemalt 1 m piksli suurusega satelliitpilte.

AFP- ja ALS-andmete tootmiseks on vaja kasutada enam kui kümnet erinevat tarkvaralahendust. Andmete tootmisel ollakse sõltuvad riistvara tootja poolt pakutavatest lahendustest. Andmete töötlemisel on kasutusel kooslus nii erinevatest valmistarkvaradest kui ka enda arendatud lahendustest.

ETAK-is on 2,5D-andmestik, mis tähendab, et erinevatel ruumiobjektidel on kõrgusinfo olemas (nt hoonetel räästa kõrgus), kuid puudub informatsioon näiteks katuse kuju kohta. Sisuliselt toimub ETAK-i andmete kaardistamine 3Dkeskkonnas, kuid andmete ajakohasuse tagamiseks ei ole hetkel kasutatava tehnoloogilise lahendusega 3D-andmete tootmine piisavalt kiire. Seetõttu piirduakse hetkel ka vaid 2,5Dandmete tootmisega, mille kombinatsioonist teiste andmestikega (nt maapinna mudel, ALS-punktipilv) on võimalik tuletada 3D-andmestik.

ETAK-i andmebaas sisaldab ca 4,8 miljonit objekti, mille käsitsi uuendamine on väga aeganõudev. Selleks, et andmestiku ajakohasus vastaks riigi ja avalikkuse ootustele, uuendatakse mõnda andmekihti igapäevaselt (nt hooned) ning mõnda vajaduspõhiselt (nt kõlvikud). Osade andmekihtide uuendamine toimub teiste registritega koostöös (nt teed, vooluveed). Automatiseeritud lahendused,

sh tehisintellekti kasutamine, ei ole veel pakkunud piisavat andmetäpsust, et nende abil saaks ETAK-i andmeid automaatselt uuendada.

Praegune 3D-andmete (hoonete, rajatiste, maapinna ja loodusobjektide mudelid) tootmise esmane lahendus loodi prototüübina 2021. aastal. Mudelid on genereeritud ALS-punktipilve ja ETAK-i hoonete kontuuride põhjal. Mudeldamine toimus küll automatiseeritult, kuid automatiseerimata on muudatuste tuvastamine ja selle alusel mudelite uuendamine. Alates 2022. aastast kogutakse testandmeid ka Maa-ameti drooniga ning saadud andmeid on avalikustatud 3D-kaardirakenduses. 3D-andmed on võimaluste piires avaandmetena kättesaadavad, kõigi 3D-andmekihtide kättesaadavaks tegemine vajab täiendavat tööjõudu ja IT-ressursse.

3D-mudelite ajakohasena hoidmisega tegeletakse osalise koormusega põhitöö kõrvalt. LOD2 (*Level of Detail*) mudelid iseseisvalt ei uuene, neid uuendatakse iga-aastase lennuga kogutud andmete põhjal kord aastas. LOD1 mudelite ajakohasena hoidmine toimub automaatselt ETAK-i andmete alusel. Geoloogilisi andmeid, mille osas osapooltel on kõrged ootused, täna 3D-kujul ei avalikustata.

Analüüsi käigus koguti kasutajate ootusi 3D-andmete kättesaadavuse osas. Intervjuudest kerkis esile osapoolte ühine soov saada tulevikus sagedamini uuenevaid ja täpsemaid 3D-andmeid. Olulisemad täiendavad ootused on järgnevad:

- ▶ 3D-andmestik peaks olema täielikum (näiteks hoonete korruselisus, kõrgused, ligipääsude asukohad, veeteed, õhuruumi ulatuvad piirangud, liiklusmärgid, maa-alused kommunikatsioonid jne)
- ▶ Andmekogude omavahelised seosed peaksid olema paremad
- ▶ Kättesaadavad peaksid olema 3D-tänavavaated ning hoonete sisevaated
- ▶ Hoonete 3D-mudelid peaksid olema kaetud fototekstuuriga
- ▶ Kasutada peaks olema võimalik teekonnavarvutuse funktsiooni
- ▶ 3D-mudelid peaksid võrreldes tänasega olema allalaaditavad täiendavates formaatides
- ▶ Andmed peaksid olema kättesaadavad teenuste ja API-de kaudu
- ▶ Kättesaadavad peaksid olema 3D-kujul ajaloolised andmed

Laiapõhjaline 3D-ruumiandmete kasutuselevõtt eeldab uute levituskanalite välja töötamist, koostöö tõhustamist riigiasutuste vahel, tööprotsesside ümberkujundamist, uute tehnoloogiliste lahenduste seiret, katsetamist ja tööprotsessidesse integreerimist ning täiendavat tööjõu- ja IT-ressurssi. Analüüsi käigus ilmsid 3D-lahenduste kasutuselevõtuks järgnevad muutmisvajadused:

- ▶ Aerofotokaamera ja aerolaserskaneerimise seadmete, samuti satelliitnavigatsiooni tugijaamade uuendamine detailsemate ja täpsemate andmete kogumiseks. See võimaldab tõest ortofotot, katta hoonete 3D-mudelite fassaadid fototekstuuriga, tagada parem positsioneerimisvõimekus ja luua eeldused tehisintellekti laialdasemaks rakendamiseks. Tänapäevaste seadmetega ei toodeta andmeid, mis oleksid 3D-mudeli automatiseeritud uuendamiseks piisava kvaliteediga.
- ▶ 3D-alase kompetentsikeskuse moodustamine Maa-ametis. Püsiva asutusteülese koostöö tagamine, eesmärgiga koordineerida eri asutustes 3D-mudelite loomist. Kõrge täpsusega üleriigilise 3D-mudeli loomiseks on vaja algatada eri osapoolte vajadusi rahuldav ühise rahastusega koostööprojekt. Riikliku 3D-mudeli ajakohasena hoidmiseks ja täpsuse suurendamiseks luua eeldused muude osapoolte tellitud 3D-mudelite integreerimiseks riiklikusse 3D-mudellisse. Andmeuuenduste ühisrahastamise võimaluste väljatöötamine.
- ▶ Alternatiivsete andmekogumisevõimaluste piloteerimine, et muuta 3D-mudeli ajakohasena hoidmine ressursitõhusamaks. Tulevikus on võimalik piisava täpsusega alusandmete uuendus satelliidiandmetelt või stratosfäärilise toimuva seire abil.

- ▶ ETAK-i andmekooseisu uuendamine ja tööprotsesside täiendamine. 3D-mudeli aluseks oleva andmestandardi ja juhendite loomine. Muudatuste sisse viimine asjakohastesse õigusaktidesse.
- ▶ Ehitusgeoloogiliste andmete kogumine, varasemate ehitusgeoloogiliste uuringute digiteerimine, geoloogia 3D-mudeli genereerimine ja levitamine.
- ▶ 3D-mudeli levitamiseks vajaliku tehnilise võimekuse arendamine, sh tehniline võimekus 3D-mudelite vastuvõtmiseks teistelt osapooltelt.

Üks keskseid 3D-lahenduste kasutuselevõtuks vajalikke muudatusi on luua võimekus lisaks 3D-andmete hõivamisele neid ka kolmemõõtmelisena kättesaadavaks teha. Täna kasutusel olev X-GIS kaardiserver on 3D-toeta. Uus platvorm peab tagama, et kõik ruumiandmed oleksid kättesaadavad ühest kohast, ajakohasena, teenusepõhiselt, kõikidele sihtgruppidele ning läbi ühtse kasutajaliidese. 2D-/3D-rakendus on võimalik luua kas X-GIS-i kaardiserveri edasiarendusena, lisades sellele 3D-võimekuse, või mõnel muul platvormil n-ö nullist.

1. Sissejuhatus

Maa-amet on välja töötanud Geo3D strateegia¹, mille keskseks väljundiks on 3D-kaarditeenuste platvorm, mis kujutab temaatiliste andmekihtidega rikastatud Eesti loodus- ja elukeskkonda kolmemõõtmeliselt. Geo3D on Maa-ameti 3D-ruumiandmete hõive, kaardistamise, modelleerimise, andmete jagamise ja visualiseerimise tegevuste üldnimetus.

Maa-ameti arenguperspektiiv on muutuda andmehõive ja kaarditoodete vallas kolmemõõtmeliseks selliselt, et riiklikud registrid (aadressiandmete süsteem, maakataster, ehisregister, planeeringute andmekogu jm) saaksid uutele 3D-mudelandmetele tuginedes paremini teenuseid osutada ning katta ühiskonna kasvavaid vajadusi kvaliteetsete ja tegelikkust adekvaatselt kujutavate ruumiandmete järele. Samuti kavatakse Maa-amet strateegilise visiooni kohaselt luua 3D-kaarditeenuste platvormi, mis vahetab välja kõrge kasutatavusega, kuid tehnoloogiliselt vananenud X-GIS-i kaardiserveri. Sarnaselt X-GIS-iga on uue platvormi eesmärgiks teha ruumiandmed kättesaadavaks ühest kohast, ajakohasena ja kõikidele sihtgruppidele, kuid edasiarendusena kuvada 2D- ja 3D-andmeid koosühtses kasutajaliideses.

Maa-ameti kogemus näitab, et ruumiandmeid kasutavate võtmeklientide jaoks ei ole Maa-ameti 2D-ruumiandmelahendused enam piisavad. 3D-andmetele tuginevad innovaatiliste lahenduste loomisel juba mitmed teadus- ja arendusasutused: näiteks tehisarukorterimajade energiatõhususe arvutamiseks (TalTech), isesõitvate autode labor (Tartu Ülikool). 3D-teenused ja -platvorm peavad seega olema üles ehitatud selliselt, et need oleksid mugavad väga erinevates sektorites, asutustes ja erineva tasemega kasutajate jaoks. 3D-võimekuste arendamine on vajalik ka rahvusvahelistest direktiividest (sh INSPIRE ja avaandmete direktiiv) tulenevate kohustuste täitmiseks. Muuhulgas sätestavad need, et kõik ruumilised alusandmed peavad olema kasutajatele kättesaadavad standardiseeritud ja usaldusväärsetel viisidel e-teenustena nende andmete esmaallikast.

Ruumi kolmemõõtmeliseks mudeliks muutmine on mitmeetapiline protsess, mis hõlmab nii automatiseeritud tehnoloogiat kui ka käsitööd, ning on seotud paljude Maa-ameti tegevustega. Olulisemad etapid 3D-ruumimudelite loomisel on järgmised:

- ▶ Keskkonna kaardistamine peamiselt aeropildistamise ja aerolaserskaneerimise teel
- ▶ Andmete töötlemine ja puhastamine
- ▶ Vastavalt alusandmete täpsusele, kasutatavatele tehnoloogiatele ja andmete kasutusviisidele eri täpsuses (LOD1, LOD2, LOD3) 3D-mudelite loomine
- ▶ Andmete kättesaadavaks tegemine veebirakenduste, liideste või allalaaditavate andmetena

Ärianalüüsi eesmärk on analüüsida Geo3D elluviimisvõimalusi Maa-ametis. Ärianalüüs annab sisendi Geo3D elluviimiseks, strateegia- ja visioonidokumentides välja toodud arengusuundade planeerimiseks, vajaduspõhiselt arendusprojektide käivitamiseks ning asjatute kulutuste vältimiseks. Ärianalüüsi täpsemad eesmärgid on:

- ▶ Maa-ametile ja KeMIT-ile ülevaate andmine huvitatud osapoolte sisulistest vajadustest seoses 3D-ruumiandmelahendustega koos infoga vajaduste ajakriitilisuse kohta
- ▶ KeMIT-i ja Maa-ameti organisatsiooniliste ja tehniliste võimekuste ning arenguperspektiivide kirjeldamine nii 3D-ruumiandmelahenduste kasutajate kui ka võimalike tootjatena
- ▶ KeMIT-i ja Maa-ameti tööprotsesside ja andmestike ühitamise ja parendamise võimaluste kirjeldamine; andmete tarbimise, tootmise ja väärindamise protsessides võimalike vastuolude ja valikukohtade sõnastamine

¹ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geo3D/Geo3D-strateegia-p821.html>

- ▶ Tulevaste arenduste sammude kirjeldamine, sh mahtude ja elutsüklikulu hindamine
- ▶ Huvitatud osapooltele, KeMIT-ile ja Maa-ametile ülevaate andmine arenduste majanduslikust mõjust (sh eeldatav ressurside kokkuhoid)

1.1. Mõisted ja lühendid

Alljärgnev tabel annab ülevaate käesolevas aruandes kasutatud peamistest mõistetest ja lühenditest.

Tabel 1. Mõistete sõnastik

Mõiste	Selgitus
2D	Kahemõõtmelisus (tähistab tekstis valdavalt kahemõõtmelisi ruumiandmeid (X, Y))
3D	Kolmemõõtmelisus (tähistab tekstis valdavalt kolmemõõtmelisi ruumiandmeid (X, Y, Z))
Address	Objekti asukohale osutav kirje või tunnus objekti leidmiseks geograafilises ruumis (ruumiandmete seaduse § 40)
Aadressiandmed	Andmed, mille abil kirjeldatakse ning määratakse aadressiobjekti asukoht (ruumiandmete seaduse § 41)
ADS	Aadressiandmete süsteem
AFP	Aerofotopildistamine
AI	Tehisar, tehisintellekt (ingl <i>artificial intelligence</i>)
AKS	Aadressiandmete ja kohanimede süsteem, mis sisaldab tulevikus ka huviobjektide andmeid
ALS	Aerolaserskaneerimine lidartehnoloogiat (ingl <i>light detection and ranging</i>) kasutades
API	Rakendusliides, tarkvaralahenduste omavahelist suhtlust juhtivate käskude, funktsioonide ja protokollide kogum (ingl <i>application programming interface</i>)
AR	Liitreaalsus (ingl <i>augmented reality</i>)
Avaandmed	Selline avalik teave, mille üldist kasutamist ei ole seadusega või seadusega kehtestatud korras piiratud (avaliku teabe seaduse § 3 ¹). Masinloetavas formaadis andmed, mis on antud vabalt ja avalikult kasutamiseks
BIM	Ehitise digitaalne esitluskuju, mis kirjeldab nii ehitise füüsilisi kui ka funktsionaalseid andmeid
DSM	Maakatte pinnamudel. Kõrgusmudel, mis näitab maapinnale lisaks taimkatte, hoonete ja muude inimtekkeliste objektide kõrgusi (ingl <i>digital surface model</i>)
DTM	Maapinna kõrgusmudel. Kõrgusmudel, mis sisaldab vaid maapinna kõrgusinfot ilma ehitiste ja muude objektideta (ingl <i>digital terrain model</i>)
EHAK	Eesti haldus- ja asustusjaotuse klassifikaator
EHR	Ehitisregister
ESTPOS	Riiklik GNSS (globaalne navigatsioonisatelliitide süsteem) satelliitandmete keskus
ETAK	Eesti topograafia andmekogu

Mõiste	Selgitus
Geo3D	Ruumiandmete tehnoloogia ja protsesside (tehnik, hõive, kaardistamine, väärimine, mudeldamine, analüüs ja visualiseerimine) 3D-võimekuse etapiiviline väljaarendamine Maa-ametis 2026. aastaks
GIS	Geoinfosüsteem
GNSS	Ülemaailmne satelliitnavigatsioonisüsteem (ingl <i>global navigation satellite system</i>)
HAPS	Stratosfääril toimuv maa kaugseire (ingl <i>high altitude pseudosatellite</i>)
INSPIRE	Euroopa Ühenduse ruumiandmete infrastruktuur (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), jõustatud Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiviga 2007/2/EÜ
Katastriüksus	Katastris iseseisva üksusena registreeritud maatükk (maakatastriseaduse § 2)
KeMIT	Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogiakeskus
KOV	Kohaliku omavalitsuse üksus
KPOIS	Eesti maakatastri kitsendusi põhjustavate objektide infosüsteem (kitsenduste infosüsteem)
LOD	Hoonete ruumimudelite detailsusklass (ingl <i>level of detail</i>)
MKM	Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
OGC	Vabatahtlikkuse alusel tegutsev ekspertide, ettevõtete ja tarbijate võrgustik, mille eesmärk on parandada juurdepääsu ruumiandmetele ja asukohateabele. OGC toetab avatud standardite väljatöötamist ja rakendamist.
POI	Huviobjektide andmekogu (ingliseelsest väljendist „point of interest“)
SAR	Tehisavaradar (ingl <i>synthetic aperture radar</i>)
Teenus	Laiale kasutajaskonnale disainitud lahendus. Teenust on võimalik kasutada ilma eriteadmisi omandamata, st piisab päringu tegemisest ja ei eeldata andmetöötlust kasutaja poolt
TIN	Kolmnurkadest moodustatud ebakorrapärane võrgustik pindade modelleerimiseks (ingl <i>triangulated irregular network</i>)
Tootmisahel	Ruumiandmete hõive, kaarditoodete ja ruumiandmelahenduste tootmine
Tõene ortofoto	Ortofoto, mille loomisel kasutatakse maakatte pinnamudelit (DSM), mitte maapinna kõrgusmudelit (DTM). Tõesel ortofotol on objektid kuvatud kallutuseta, maksimeerides seeläbi maapinna nähtavust. Eesti keeles ka: õige ortofoto (ingl <i>true orthophoto</i>)
Voksel	Kolmemõõtmelise andmestiku tüüp, mis kujutab regulaarse suurusega ruumielemente nähtuste 3D modelleerimiseks. Vokselandmestik võimaldab modelleerida ruumilist ja ajalist teavet, seal hulgas näiteks geoloogiliste kihtide omadusi, tüüpi, poorsust, läbilaskvust
WFS	Teenusprotokoll kaardiserveris säilitatavate ruumiandmete jagamiseks (ingl <i>Web Feature Service</i>)
WMS	Teenusprotokoll kaardiserveris säilitatavate rasterkujul georefereeritud kaardipiltide (rasterpiltide) jagamiseks (ingl <i>Web Map Service</i>)

Mõiste	Selgitus
X-GIS	Keskne kaardiserveri kasutajaliides, mille kaudu saab ligi suuremale osale riiklike registrite ruumiandmetest, võimaldades lihtsal moel erinevate andmekogude ruumi- ja kaardistusandmeid koos kasutada

1.2. Analüüsi metoodika ja tegevused

Analüüsi käigus koguti infot tellija lähteülesandes esitatud hetkeolukorda puudutavatele küsimustele vastamiseks ning tulevikulahenduse kirjeldamiseks. Viidi läbi järgmised tegevused:

- ▶ Olemasoleva dokumentatsiooni jm saadaoleva informatsiooni analüüs, mille käigus koondati avalikult kättesaadav ja uurimisülesande kontekstis asjakohane teave. Teavet sünteesiti ja kasutati nii edasise analüüsitegevuste sisendina kui ka raporti lõppjäreluste tegemisel.
- ▶ Intervjuud osapooltega, kes on Maa-ameti 3D-andmeid kasutanud või teadaolevalt kavatsevad tulevikus andmeid kasutada. Hetkeolukorra kirjeldamisel oli tegevuse eesmärgiks koguda informatsiooni kasutajate tänaste 3D-andmetega seotud äriprotsesside kohta, arutada tulevikuvajadusi ning saada ülevaade kasutajate endi arendusplaanidest.
- ▶ Analüüsikoosolekud Maa-ameti esindajatega, mille abil kirjeldati Maa-ameti tänased 3D-andmetega seotud protsessid ja kasutatavad tehnoloogiad ning täpsustati 3D-ruumiandmete haldamisega seotud tulevikuvajadusi.
- ▶ Fookusgrupiarutelud eri osapoolte 3D-andmetega seotud ootuste ja tulevikuplaanide välja selgitamiseks ning analüüsis kirjeldatud muudatusvajaduste tagasisidestamiseks.

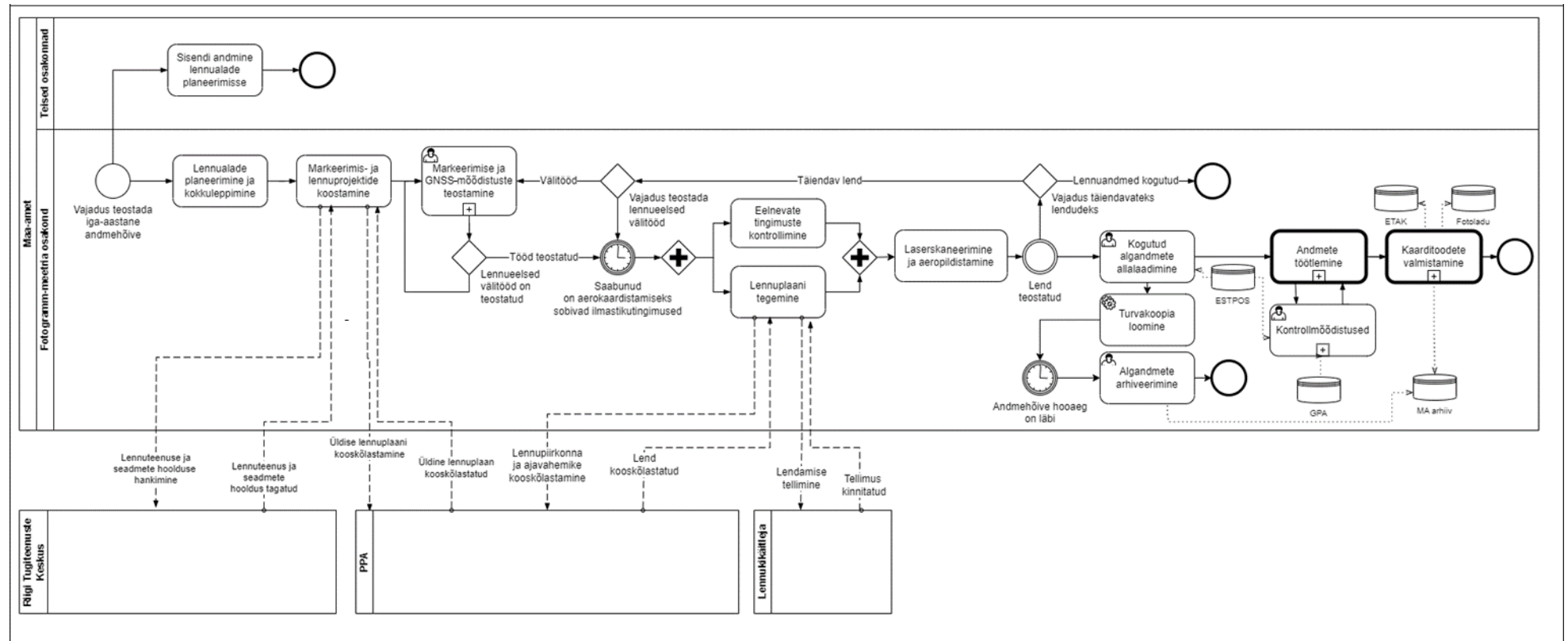
2. Geo3D fookusteemad

Peatükk annab ülevaate fookusteemadest, mis on Geo3D kontekstis olulisimad. Igas alapeatükis on käsitletud vastava teema hetkeolukorra äriprotsess ning tehniline lahendus. Geo3D fookusteemad on järgmised:

- ▶ Andmehõive (ptk 2.1)
- ▶ Eesti topograafia andmekogu (ETAK) (ptk 2.2)
- ▶ Aadresside, kohanimede ja huvipunktide 3D-andmed (ptk 2.3)
- ▶ Geoloogilised 3D-andmed (ptk 2.4)
- ▶ Maakataster (ptk 2.5)
- ▶ 3D-andmete levitamine (ptk 2.6.2)

2.1. Andmehõive

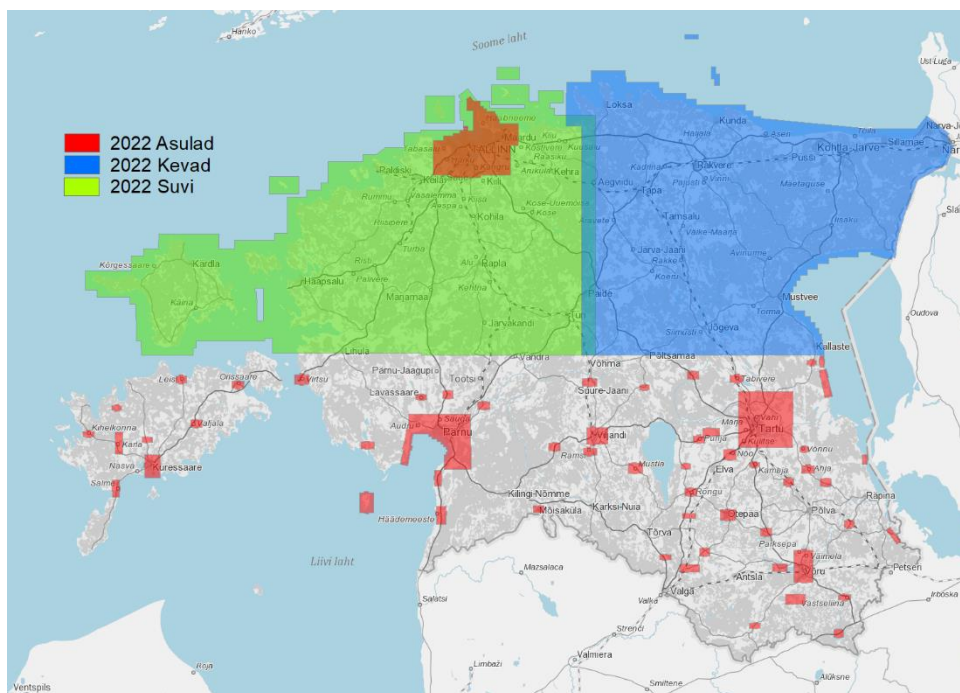
2.1.1. Fotogramm-meetria andmehõive protsess



Joonis 1. Fotogramm-meetria andmete kogumise protsessi kirjeldav diagramm

Andmehõive käigus kogutakse Eesti kohta AFP- ja ALS-andmeid. Tegevuse eesmärk on kaardistada igal aastal ettenähtud osa Eesti territooriumist. Kogu Eesti andmehõive, sealhulgas selleks vajalike lendude teostamine, on Maa-ameti kõrgeima prioriteediga ülesanne.

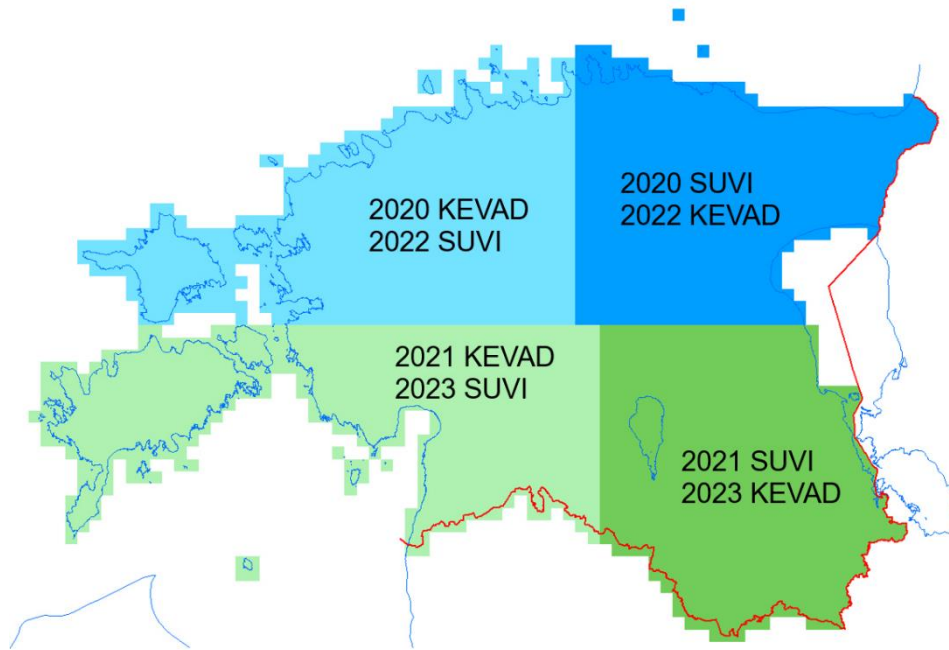
Maa-ameti kõrgeaeropildistamise programm jaguneb kevadiseks ja suviseks AFP-ks. Esmajärjekorras toimub kevadperioodil tavalend ehk kaardistuslend kaardistusandmete kogumiseks kevadise kõrglennuna ja suviti suvine kõrglend ehk metsanduslik lend kogumaks mõõdistusandmeid metsandusliku valevärvi ortofoto tootmiseks. Madallendudena teostatakse täiendavalt lokaliseeritud alade ehk tihealade kaardistuselende. Olulisuse järjekorras järgmise tegevusena teostatakse kaevandustegevuse aerokontrolli. Lisanduvad lennud eriprojektide teostamiseks (näiteks Rail Balticu trassi ja Tallinna-Tartu maantee ümberehitusala kaardistamine).



Joonis 2. Andmehõive plaani näide (2022. aasta andmehõive). Allikas: Maa-amet

Andmehõive protsessi käivitab iga-aastane AFP- ja ALS-andmete uuendamise vajadus, millest lähtuvalt koordineerib fotogramm-meetria osakond läheneval lennuperioodil pildistamist vajavate lennualade planeerimist. Maa-ameti teised osakonnad annavad sisendi lendude planeerimisse, samuti lepatakse kokku parameetrid, mille alusel andmeid koguda (nt lennukõrgus ja piirkond). Geoloogia osakonna sisendi alusel teostatakse kaevandamistegevuse aerokontrolli.

Andmehõive korraldamiseks on Eesti jagatud neljaks sektoriks. Aastas katab Maa-amet kõrglennult kaht sektorit neljast, neist ühe kevadel (võimaluse korral enne puude lehtimist), teise suvel (ajal, mil puud on täislehtinud). Seega ühe ja sama sektori kevadine/suvine andmehõive teostatakse kord nelja aasta jooksul. Planeerimistöodel on kasutusel aerokaamera tootjatarkvara ja Maa-ameti enda veebirakendus.



Joonis 3. Eesti kevad/suvi kaardistussektorid aastatel 2020–2023. Allikas: Maa-amet

Vastavalt konkreetse aasta plaanidele koostatakse markeerimis- ja lennuprojektid. Lendude projekteerimise tarkvarast tehakse väljavõtte/eksport veebirakendusse, mis kujutab kaardile joonistatud alasid, mida käesoleval aastal lendamisega kaetakse. Projektid saadetakse pildiformaadis tutvumiseks Maa-ameti osakondadele infona piirkondadest, mida konkreetset aastal kaardistatakse. Ameti töötaja võib projektidega tutvuda ka asutusesiseses veebikeskkonnas. Geoportaali avalikus veebivaates on näidatud, mis aastatel ja aastaegadel lennati, samuti tulevikuplaanid (välja arvatud tellimyslennud). Markeerimisprojekti sisu on kirjeldatud allpool.

Lennualade planeerimisel arvestatakse Eesti Vabariigi ja Venemaa Föderatsiooni vahelise ajutise kontorolljoonega, mida lennuk ei tohi andmete kogumisel ületada ka nn tagasipöörete ajal. Seetõttu peab piiriäärsetel aladel andmete kogumiseks kooskõlastama üldise lennuplaani Politsei- ja Piirivalveametiga.

Maa-amet valmistab ette hangete tehnilised dokumendid, misjärel hangib Riigi Tugiteenuste Keskusest andmehõive perioodil lendamiseks tugiteenused: lennukikütus, lennuki (mehaanik) ja seadmete (aerokaamera ja aerolaserkanner) hooldus, lennutegevusjuht, piloodid ja kindlustus.

Välitööde käigus paigaldatakse planeeritud lennupiirkonnas loodusesse valgest kilest ruudukujulised markerid, mille asukohad mõõdistatakse GNSS-RTK² meetodil sidumaks aerofotod plaaniliselt ja kõrguslikult maapinnaga. Mõõdistusandmeid kogutakse ka kõvadelt pindadelt, kilemarkerit võib asendada näiteks teemärgis, kivi või muu selgelt äratuntav objekt. Iga-aastase markeerimise käigus paigaldatakse 400-700 kilemarkerit, millele lisandub veel ligikaudu 500 tunnetuslikku markerit. Markeerimise ja GNSS-mõõtmistööd teostatakse AFP-andmete tasandamise eesmärgil, võimaldamaks hilisemas aetrotriangulatsioonis õige asukoha täpsemat määramist.

² Ingl *global navigation satellite system real-time kinematic*. GNSS-RTK on kõrge täpsusega kinemaatiline positsioneerimistehnoloogia. Vt nt <https://doi.org/10.3390/rs12060949>



Joonis 4. Maastikule paigaldatud 60 x 60 cm kileruut geodeetilise punkti markeerimiseks. Allikas: Maa-amet

Kui lennueelsed välitööd on teostatud, tuleb oodata lennuks sobivate ilmastikutingimuste saabumist, sest andmete kogumine tuleb planeerida pildistamiseks sobiva ilma järgi. Eestis on aastas ainult ligikaudu 2-3 nädala vältel sobivad ilmastikutingimused kõrgaeropildistamisega lendudeks. Piiratud ajaperioodi tõttu püütakse leida andmehõive teostamiseks n-ö „pilvede vahelt auke“. Täiendavalt leiab juurde võimalusi vaid madallendudeks.

Lendu hakatakse planeerima kohe, kui on oodata pilvevaba ilma. Kontakteerutakse piloodiga, Eesti-Vene piiri äärsete lendude korral kooskõlastatakse lennuplaan Politsei- ja Piirivalveametiga. Lennukikäitleja poolt on paika pandud pilootide valvegraafikud. Lennueelsel õhtul või lennupäeva hommikul enne lendu kontrollitakse lennuks vajalikke tingimusi, sealhulgas GNSS-satelliitide signaali õigsust ja terviklikkust, GNSS-tugijaamade andmeedastust, lennubade kehtivust ja piloodi olemasolu. Lennuplaani võidakse kohandada ka lennu käigus.

Andmehõiveks teostatakse AFP (sh kaldfotod) ja ALS ühekorraga. Maa-ameti lennuk lendab lennuplaanijärgselt planeeritud piirkondades eelnevalt projekteeritud AFP- ja ALS-joontel ning kõrgustel. Tööde tulemusena kogutud andmeid töödeldakse, misjärel valmivad ALS-punktipilved ja aerofotod.

Andmehõive toimub vastavalt lennuprojektile tegevuse prioriteetsuse alusel. Tegevuse prioriteetsus sõltub kohast, kus andmeid kogutakse. Mida suuremat ala kaetakse (ja sellest tingituna kõrgemalt lennatakse), seda raskem on pilvevaba aja vähesuse tõttu andmeid koguda. Nii on kõrglennu tööd kõrgeima prioriteediga. Madallennu andmehõive on väiksema prioriteediga, madalaima prioriteediga on kaevandamistegevuse aerokontroll.

Üritades võimalikult palju andmeid koguda, tehakse ühel lennul kaardistustöid sageli erinevas järjestuses. Näiteks lennatakse kõrgelt ning kui tekib pilvkate, siis lennatakse teise asukohta ja proovitakse koguda teisi andmeid. Eesmärk on lennata maksimaalses lennumahus, et kasutada ära kogu paagis olev lennukikütus.

Madallendudel kaetakse igal aastal suuremad linnad (Tallinn, Tartu ja Pärnu), teisi piirkondi harvem. Tihealade kaardistuslendude maht varieerub aastati. Nii kaetakse Tallinna piirkonda sõltuvalt aastast kas vähem või rohkem, sest linna tuumikosa kõrval tuleb kaardistada ka linnalähedast piirkonda, kus on palju hooneid ja käimas aktiivne ehitustegevus. Samuti kaardistatakse teisi tiheasustusalasid teatud aastate tagant või tellimustööna. Tellimustöö võib tuleneda nii Maa-ameti seest kui ka väljastpoolt. Näiteks teostatakse töö eriprojektina juhul, kui Maa-ameti katastri registriosakonnal on vajadus saada madallennul AFP ja tiheda punktipilvega ALS-i andmestikku mõnest väikeasulast.

Lennukõrgus otsustatakse tuginedes toodetava ortofoto vajalikule täpsusastmele. Kõrgusest oleneb ortofoto piksli suurus maapinnal (GSD, ingl *ground sampling distance*) ehk eraldusvõime, mis näitab väikseima jagamatu ülesvõetava ala suurust maapinnal. Tiheasustusega aladel kogutakse andmeid alates 10 cm pikslisuurusest, mujal, kevadistel lendudel 20 cm, suviti 25 cm pikslisuurusega. Üksikuid projekte teostatakse 800 m kõrguselt - siis on GSD ligikaudu 5 cm.

Aerokaamera võimaldab kõrgemalt pildistada, kuid aerolaserskanneriga saab kvaliteetsema, s.o tihedama punktipilve maapinnale lähemal lennates. Kuna 3D-andmed on peamiselt seotud punktipilvega ja sõltuvad ALS-andmete täpsusest, ei ole kõrgemalt lende mõistlik teha, sest nii väheneb andmetihedus. Täna lennatakse mõlema seadme jaoks optimaalsel kõrgusel. Kevadine andmete kogumine tehakse 2400-2500 meetri kõrguselt. Suvel pildistatakse 3000-3100 meetri kõrguselt, sest siis on laserandmete kogumise osatähtsus väiksem, kuna laserimpulss ei läbi hästi puude lehestikku.

Lennu lõppedes laaditakse AFP- ja ALS-andmed alla algandmetena (toorandmetena) aerokaamera ja -laserskanneri andmekandjatelt. Algandmete varundamiseks tehakse turvakoopia. Turvakoopiat säilitatakse ühe hooaja vältel.

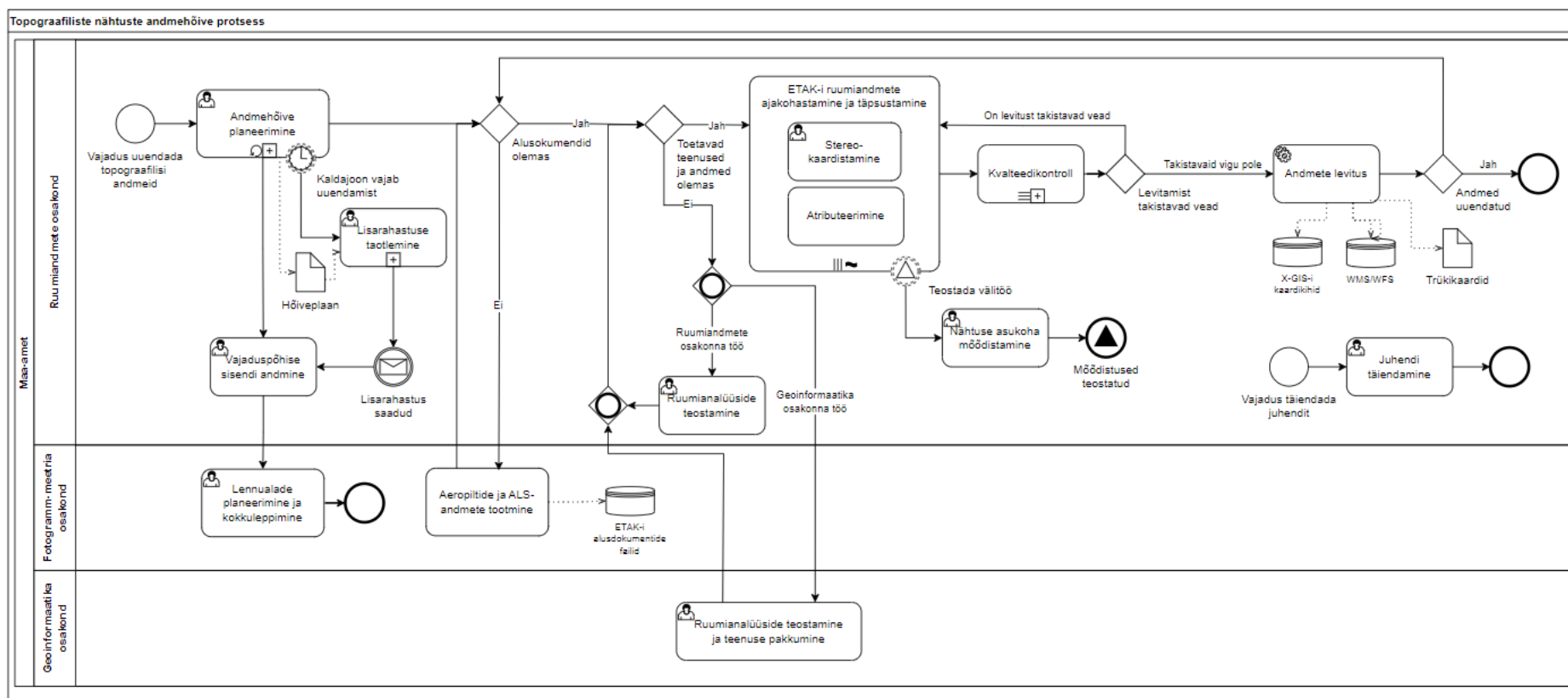
Lennult kaardistamisel tagatakse asukoha esmane täpsus GNSS-IMU (IMU - ingl *inertial measurement unit*) seadme trajektoorist. Lennutrajektor arvutatakse PPK (*post processed kinematic*) meetodil ja GNSS-i tugijaamade andmetel. Lennuki GNSS-antenn ja GNSS-vastuvõtjad on seadmed lennuki asukoha täpseks tuvastamiseks. Lennuki asendi määratleb IMU-seade. Nende seadmete töö tulemusena saavad andmed esmase georefereeringu, mida hiljem aerotriangulatsiooni/tasandamise toimingute ja kontrollmõõdistustega täpsustatakse.

Andmetöötlemiseks vajalike andmete kontrolli ja täpsuse tagamiseks (andmekvaliteedi tagamiseks) teostab Maa-amet GNSS-mõõtmise välitöid ehk kontrollmõõdistusi. Kuna lennukiga mõõdistatakse ja määratakse koordinaate maapinnale 1-3 km kõrguselt, võib täiendava kontrollita juhtuda, et tekivad olulised mõõdistusvead, mis võivad ulatuda kuni 1 meetrini. Seetõttu tuleb siduda lennuki mõõdistused maapealsete kontrollpunktidega, mis saadakse maapealsete GNSS-mõõtmiste abil ning mis võimaldavad viia võimaliku vea minimaalseks ja tagada, et AFP-asukoha täpsuse keskmine ruutviga pärast aerotriangulatsiooni teostamist ei ületaks plaaniliselt 1 maapinna pikslit ja kõrguslikult 1,5 maapinna pikslit. ALS-i kõrgusliku täpsuse keskmine ruutviga peab olema väiksem kui $L / 10\,000$ m, kus L on lennukõrgus meetrites. Plaaniline täpsus peab olema väiksem kui kahekordne kõrgusliku täpsuse keskmine ruutviga.

Välitöödel kogutakse andmekvaliteeti tagavaid kontrollpunkte RTK (real-time kinematic) GNSS-seadmete abil, mis mõõdavad ESTPOS-i võrgus. ESTPOS pakub algupäraseid originaalandmeid, mida kasutatakse ka lennutrajektoori arvutamisel. Mõõtmised viiakse läbi kas kohapealse sauapõhise kontaktmõõtmisena (näiteks teepinnalt) või sõites autoga, mille katusele on paigutatud maapinnast teadaoleval kõrgusel GNSS-seade, mis kogub teatud intervalliga teepinna kõrgusandmeid. Saadud kõrgusväärtusi kasutatakse nii laserandmete tasandamisel kui aerotriangulatsioonis. Võrdlusbaasina on olemas ka eelmiste aastate mõõdistusandmed, mida vaikimisi ei kasutata. Andmete järeltöötlemise tulemusena valmivad kaarditooted.

AFP ja ALS-i algandmed, olulised vahetöötlusandmed ja lõpptooted archiveeritakse Maa-ameti püsiarhiivi järgneva hooaja alguses, tavaliselt jaanuaris. Andmed archiveeritakse välistele kõvaketastele kahe eraldi koopiana, mida hoitakse kahes erinevas füüsilises asukohas. Suure andmemahu tõttu ei hoita juba täna kõiki andmeid alles. Andmehõive protsessi tulemusena on iga-aastased kaardistusandmed kogutud ja välitöödega andmekvaliteet tagatud.

2.1.2. Topograafiliste nähtuste andmehõive protsess



Joonis 5. Topograafiliste nähtuste andmehõive protsessi kirjeldav diagramm

Protsessi eesmärk on kaardistada ja hoida ajakohasena Eesti topograafiliste nähtuste andmed. Protsessi reguleerivad ruumiandmete seaduse kaks alamakti: „Eesti topograafia andmekogu asutamine ja andmekogu pidamise põhimäärus“ ning „Topograafiliste andmete hõive kord ja üldist tähtsust omavad topograafilised nähtused“. Detailed kaardistusreeglid ja töökirjeldus on toodud dokumendis „Topograafiliste andmete kaardistusjuhend“³.

Looduslike protsesside ja inimtegevuse tulemusena on situatsioon looduses pidevas muutuses ning sellest tuleneb vajadus pidevalt topograafilisi andmeid uuendada. Andmed hõivatakse alati kõige uuemate kevadise AFP käigus kogutud fotogramm-meetriliste andmete alusel, ülejäänud fotomaterjali kasutatakse vajaduspõhiselt. Ruumiandmete osakond planeerib oma andmehõive toimingud lennuplaanide järgi. Kuna iga-aastane lennuplaan on vaikimisi kõigile teada, siis eraldi dokumenti andmehõiveplaanina ei koostata. Erandiks on kord kaheksa aasta jooksul uuendatav kaldajoone hõiveplaan koostamine, mille alusel taotletakse lendamise lisarahastust. Kui andmehõiveks vajatakse täiendavat fotomaterjali, näiteks mõne kaardilehe trükkimiseks või suurprojekti nagu Rail Balticu kaardistamiseks, antakse lennuplaani koostamiseks sisend fotogramm-meetria osakonnale.

Fotogramm-meetria osakond teostab ALS- ja AFP-tegevused, millest tulenevad andmed on ETAK-i vektorandmete alusdokumentideks. Alusdokumente hoitakse failidena KeMIT-i failiserverites.

Alusdokumentide põhjal teostatakse kaardistustööd ehk ajakohastatakse topograafilisi andmeid. Ruumiandmete osakonnas töötab 18 stereokaardistajat (nn stereotöökohad), lisaks andmehaldurid ja kaks kvaliteedikontrollijat. ETAK-i andmete tootmissüsteem baseerub standardisel GIS-programmil, töötatakse Esri ArcGISi tarkvaraga.

Üldjoontes teostatakse kolme tüüpi kaardistustöid (nn kolm kaardistusvaala):

- ▶ Eelisuuendamine - andmete ülejäänud andmestikust kiirem uuendamine ühe nähtuse või nähtusklassi ulatuses. Näiteks ehitistega seoses on aadressisüsteemi kontekstis vajadus kogu kevadine lennuala kaardil ajakohastada, et ehitiste andmed ei oleks vanemad kui neli aastat. 2023. aasta keskpaigast alates võetakse eelisuuendamisele ka muid nähtuseid (päikesepargid, 2024. aastal ka kohalikud teed).
- ▶ Täiskaardistus - uuendatakse 1 : 10 000 mõõtkavas kaardilehtede kaupa kõik topograafilised nähtused, st ajakohastatakse ja kontrollitakse andmed terve kaardilehe ulatuses
- ▶ Vajaduspõhine kaardistamine - tuleneb konkreetsest vajadusest, mis ei piirdu vaid kevadise lennualaga. Sel juhul uuendatakse väikesel alal topograafilisi andmeid värskeima alusdokumendi põhjal. Näiteks võib ruumiandmete osakonna poole pöörduda maamõõtja, katastripidaja või Maa-ameti teise osakonna töötaja, kes vajab ajakohaseid topograafilisi andmeid näiteks pooleliolevas menetlusprotsessis.

Ruumiandmed on kaardistatud ruumikujudena (punktid, jooned, pinnad) ning nendega seotud tärkandmetega. Kaardistustööde käigus täpsustatakse ja muudetakse nii ruumikujud kui tärkandmeid, näiteks lisatakse uued hooned, rajatud teed ja õuealad, täpsustatakse hoone ruumikuju juurdeehituste korral või viiakse tärkandmetesse sisse hoone tüübi või tee laiuse või katte muutused. Kui kaardistatud nähtus on looduses hävinud, siis vastav objekt kustutatakse. Muudatused tuvastatakse fotode võrdluses visuaalsel vaatlusel käsitööna. Andmeid uuendatakse enamasti stereofotogramm-meetriliselt (stereos), aga ka 2D-s ortofotode alusel. Viimast rakendatakse juhul, kui käsitusel on nähtus, mille puhul pole asukohatäpsus nii oluline või on nähtuse ruumikuju võimalik määratleda tasasel maapinnal ja avatud maastiku tingimustes piisava täpsusega. Välitöö osakaal on minimaalne, vaid osade nähtuste puhul nende asukoht looduses mõõdistatakse.

³ https://geoportaal.maaamet.ee/docs/ETAK/ETAK_juhend2016.pdf

Igal aastal suudetakse ajakohastada ligikaudu 10%, kuid aeropildistatakse 25% riigi territooriumist. Kaardistamisel tõstetakse uuendamise kõrval ka nähtuste asukohatäpsust, mistõttu ei jõutagi topograafilisi andmeid aeropildistamisega samas tempos uuendada. Andmete uuendamise kiirus sõltub kaardistajate arvust. Hetkel on stereotõtatajaid andmete uuendamise vaates ebapiisavalt, aga uute stereotõtatajate loomine on kulukas.

Täna leidub kuni kakskümmend aastat uuendamata andmeid. Näiteks tuleb osade andmete uuendamisel piisava asukohatäpsuse saamiseks kõiki punkte, jooni ning pindu nihutada, mis on ajamahukas töö. Andmete uuendamisega saaks järjele mõne aastaga juhul, kui palgata tänasest poole rohkem stereokaardistajaid. See tööjõuvajadus oleks ajutine, sest järjele jõudmisel piisaks plaanipärasest andmete uuendamise tsüklist püsimiseks 18-20 kaardistajast. Tehnoloogia ei ole siinkohal takistuseks, kui välja arvata arvutite töö- ja võrgukiirus, mille taga töötaja tegevused ootavad. Tasapisi andmete keskmine vanus väheneb, kuid puudu jääb tööjõust ja seetõttu on uuendusprotsess pikaldane.

Stereokaardistuses määratava ruumikuju kõrval kirjeldatakse nähtusi atribuutidega. Nähtust kirjeldavad atribuudid kogub või parandab kaardistaja näiteks tee katte või laiuse või hoone tüübi kohta. Atribuutide haldamine, sealhulgas andmeobjektidele teiste registritega seose loomine ning hoidmine, on andmehalduri tööülesanne. Atribuudid lisatakse käsitsi, samuti seosed teiste registritega. Edaspidi toimivad registritega loodud seosed võimalusel automaatselt.

Erinevatel nähtusklassidel on seosed erinevate registritega. ETAK-i objektidega on seotud aadressiandmete süsteem, kohanimeregister, teeregister, Eesti looduse infosüsteem, kultuurimälestiste register, ehitisregister ja maaparandussüsteemide register. Näiteks on aadressiandmete süsteemist seos hoonete aadresside ja aadresside identifikaatorite ning ehitisregistrist seos ehitiste koodidega. Mitmete teiste riiklike andmekogudega (nt metsaregister, põllumajandustoetuste ja põllumassiivide register) ei ole seoseid loodud, sest nähtuste definitsioonid erinevad.

Lisaks nähtusi kirjeldavatele atribuutidele ning registriseoseid näitavatele atribuutidele salvestab süsteem igale objektile metaandmed selle sisestamisaja ja sisestaja ning muutmisaaja, muutja ja kasutatud alusdokumendi kohta.

Andmekogu andmete kvaliteedi eest vastutavad nii andmehaldurid kui kvaliteedihaldurid, kes jooksutavad kvaliteedikontrolle ning parandavad andmevigu. Kvaliteedireegleid ja -kontrolle on sadu, näiteks täitmata atribuudi tuvastamine, kus kaardistatud hoonel on määramata tüüp (elukondlik vm) või kraavil puudub laius või atribuut on loogilisest vahemikust väljas. Kontrollitakse ka ruumikuju, et need ei oleks iseendaga kattuvad või ristuvaid, et ei esineks kiile jne. Kvaliteedikontrollid võib jagada kolme kategooriasse:

- ▶ Nulltolerantsiga vigade kontrollid
- ▶ Mittevastavuste kontrollid
- ▶ Vajaduspõhised kontrollid

Nulltolerantsiga kvaliteedikontrollid (üle 250 kontrolli) on sellised, mida jooksutatakse igapäevaselt ning kus mittevastavused on *alati* vead, näiteks täitmata atribuut või geomeetriaviga, mis tuleb kohe parandada. Need kontrollid on seotud andmete levitamisega. Levitamise eel teostatakse samad kvaliteedikontrollid eesmärgiga mitte levitada (tootmisserverist levitusserverisse ja sealt edasi) potentsiaalselt ebakorrektsed andmeid. Kui vigu leitakse, siis seda konkreetset andmekihti või andmekihtide komplekti ei levitata.

Tööpäeviti kell 15.20 käivitub nulltolerantsiga öhtune automaatkontroll. Kontrollid on täpselt samad nagu igaõises levitamisprotsessis. Öhtuse automaatkontrolli eesmärk on lühendada vigade parandamisele kuluvat aega (järgmise hommiku asemel saab kaardistaja aruande tööpäeva jooksul

tehtud vigadega juba tööpäeva lõpul) ning tagada andmete takistuseta levik. Spetsiaaltarkvara edastab kontrolli tulemused kaardistajale tööpäeva lõpuks e-kirjaga. Peale automaatkontrolli käivitamist (ajavahemikus 15.20-17.00) kaardistaja poolt tehtud vigu parandab kvaliteedihaldur, kes tegeleb igapäevaselt andmevõrdluste ja vigade parandamisega.

Teise andmekontrollide liigina rakendatakse selliseid, mille tulemusel leitavad reeglile mittevastavused *enamasti* on vead, aga esineb ka erandeid. Kontrollid jooksevad igaõiselt ning tulemusi saab alla laadida vastavast veebikeskkonnast. Nende kontrollide hulka kuuluvad ka andmehaldurile vajalikud sünkroonsuskontrollid välise registriga. Samas keskkonnas on võimalik jälgida graafikutelt mittevastavuste ajalist dünaamikat ning samuti vaadata, millal andmed on viimati levinud. Kvaliteedihaldur saab seadistada ka muudatuste ülempiiri, millest suurema muudatuste arvu korral andmekiht ei levi, et välistada tahtmatud suuremahulised muudatused.

Kui kaardistaja on oma kaardistusala tööloigul kaardistamise lõpetanud, siis pärib ta ka mittevastavuse automaatkontrollide tulemused ja parandab vead.

Kolmanda kontrollide alamhulga moodustavad vajaduspõhised kontrollid. Neid tehakse vajaduse ilmnemisel ning neid ei automatiseerita kas tingituna nende ühekordsusest või põhjusel, et neid on vaja jooksutada harva, näiteks üksiku puu olemasolu kontrollitakse kord aastas uue kõrgusmudeli valmimisel. Kvaliteedi kontrollimisel kasutatakse enamasti ArcGISi tarkvara võimalusi. Andmete ajakohastamisel ja täpsustamisel on olulisel kohal teostatavad ruumianalüüsid ja pakutavad ruumiandmeteenused. Ühe ruumianalüüsi teostamisvajaduse näitena ei tohi ALS-i käigus tuvastatud puudega ala olla põld, mistõttu tuvastatakse kõrgeaeropildistamise järel kõik alad, kus puittaimestik on ALS-mudelis kõrgem kui 8 meetrit, aga ETAK-is on vastav ala põld, rohumaa või märgala.

Automaatkontrolle kõikide toimunud muutuste tuvastamiseks ning andmekogus muudatuste tegemiseks kasutusel ei ole. Ka kõrgusmudelite vahelist automaatvõrdlust ei tehta. Automatiseerimist on küll katsetatud, kuid seni kättesaadav automaatvõrdlussisend pole paraku piisavalt müravaba, mistõttu teeb kaardistaja järeltöötuse ning andmete muutmise käsitööna, mis annab oluliselt kvaliteetsema tulemi.

2.1.3. Andmehõives kasutatavad tehnoloogilised lahendused

Maa-ameti andmehõive tugineb AFP ja ALS-i andmetele. Olemasolev tootmistehnoloogia (aerofotokaamera ja aerolaserskanner) on aga jõudmas oma kasutusea lõppu ja vajab uuendamist. Seadmete uuendamisel on oluline teada, millised on kogutavate andmete kasutuseesmärgid. Oluline on teada ka IT-taristu uuendamise üldist vajadust, sest praegune andmesidevõrk, andmetöötuse serverid, tööjaamad, andmetöötuse klaster ja tarkvara ei ole mõeldud ega võimelised 3D-valdkonda teenindama. Seadmed ja taristu peavad olema tulevikus sellised, et oleks võimalik täita Geo3D eesmärgid. Järgnevalt anname ülevaate Maa-ameti andmehõives hetkel kasutusel olevatest tehnilistest lahendustest.

Lennuk

Maa-ameti andmehõives kasutatavad aerofotokaamera ja laserskanner on paigaldatud väikelennukile Cessna Grand Caravan 208B. Lennuk on vajaliku tehnika kandmiseks ümber ehitatud. Ümberehitusel on tehtud põrandasse kaks kaameraava, mis on väljastpoolt kaetavad liugklappidega (elektriline ja mehaaniline liigutamine). Paigaldatud on spetsiaalne GNSS-antenn koos neljakohalise jagajaga, võimsam generaator, voolupistikud (12 V, 28 V, 220 V) ning summutile heitgaaside kõrvaesuu. Lennuki parameetritest annab ülevaate allolev tabel.



Joonis 6. Maa-ameti kasutatav väikelennuk. Allikas: Maa-amet

Lendude meeskonnaks on 1-2 inimest ning lennuaeg seirelendudel kiirusel 100 sõlme ca 6 tundi ja kiirusel 160 sõlme ca 5 tundi (+ 45 min varu).

Tabel 2. Lennuki parameetrid. Andmed: Maa-amet

Atribuut	Väärtus
Pikkus	12,7 m
Tiivaulatus	15,9 m
Kõrgus	4,5 m
Tühikaal	1944 kg
Maksimaalne standardkaal	3969 kg
Maksimaalne kandevõime	2041kg
Reisikiirus (10 000 ft)	341 km/h
Varisemiskiirus	113 km/h
Lennuulatus	1680 km
Lennulagi	7224 m
Keskmine kütusekulu	170 l/h
Mootor	1× Pratt & Whitney Canada PT6A-114A McCauley, 675 hj (turbopropeller)

Ortofotod

Ortofotode ülelende tehakse kahes erinevas detailsuses: üle-eestiline tavalend ning asulate madallend. Mõlema tulemusel saadakse traditsiooniline RGB (*red-green-blue*) foto. Vastavalt ülelennu eraldusvõimele on avaandmetena kättesaadavad ortofotod jaotatud kas 1 : 10 000 mõõtkavas kaardilehtede ruudustiku järgi (5 x 5 km) või 1 : 2000 mõõtkavas kaardilehtede ruudustiku järgi (1 x 1 km). Eesti topokaardistuse ning muude riiklike vajaduste täitmiseks toodetud tavalennu

ortofotod on pikslisuurusega 20-25 cm ja katavad kogu riigi territooriumi. Tiheasustusega alade madallennu ortofotod toodetakse pikslisuurusega 10-16 cm. Lisaks saadakse üle-eestilise tavalennu käigus tänu lähiinfrapunakanali sensorile ka metsanduslikud ortofotod: valevärvi CIRfotod (*color infrared* fotod) ja valevärvi metsanduslikud NGR-fotod (*near-infrared, green, red* fotod). Metsanduslikud nn valevärvi ortofotod annavad võimaluse efektiivselt eristada taimkatteta alasid, erinevaid metsatüüpe, niiskeid alasid, mistõttu leiavad nad kasutust teadusasutustes, põllumajanduses ja metsanduses. Tavapärasest ortofotost erineb metsanduslik ortofoto värvikanalite poolest. Valevärvi ehk CIR -foto puhul on punane värv vahetatud lähiinfrapunaga, roheline punase ja sinine rohelise vastu. Tulemuseks saadakse CIR-NRG foto. Metsandusliku (puuliikide eristamiseks kasutatava) valevärvi foto ehk NGRi puhul vahetatakse punane värv lähiinfrapuna ja sinine punase vastu, roheline jääb samaks. Kõigi saadud ortofotode lõppformaadi andmestruktuuriks on rasterpilt GeoTIFF- või ECW -vormingus ning need on kättesaadavad geoportaalis.



Joonis 7. Maa-ameti kasutatav kaamera Leica ADS100-SH100. Allikas: Maa-amet

Aerofotode tegemiseks kasutab Maa-amet alates 2016. aastast digitaalset ribasensorkaamerat Leica ADS100-SH100. Kaamera parameetritest annab ülevaate allolev tabel.

Tabel 3. Kaamera parameetrid

Atribuut	Väärtus
Salvestatud kanalid	12 multispektraalset kanalit (<i>red+green+blue+near infrared</i>)
Kogutavate vaadete suunad	Otse alla (0 kraadi), tahavaade (19 kraadi) ja ettevaade (26 kraadi)
Ribasensorelemendi laius	20 000 pikslit (5 µm piksel)
Kaamera radiomeetriline eraldusvõime	12 bitti, võimalik saavutada kuni 3 cm lahutusvõimega pilti
Kogukaal	120 kg

Maa-ameti ortofoto on traditsiooniline aerofoto, mis tähendab, et on kõrvaldatud moonutused, mis tekivad maapinna reljeefist, kaamera kaldest maapinna suhtes pildistamise hetkel ja kaamera joonprojektsioonist. Traditsioonilist ortofotot eristab tõesest ortofotost (*true orthophoto*) aga kõrguslike objektide täpsus: Maa-ameti traditsioonilisel ortofotol on täpse asukohaga vaid maapinnal asuvad objektid, mis raskendab masinõppe rakendamist. Kõrguslike objektide (nt puud ja kõrghooned) kõrvalekalle kujutatakse moonutatult sõltuvalt objekti kõrgusest ja kaugusest pildi tsentrist.



Joonis 8. Traditsioonilise ortofoto (vasakul) ja tõese ortofoto võrdlus (paremal). Allikas: ArcGIS Reality

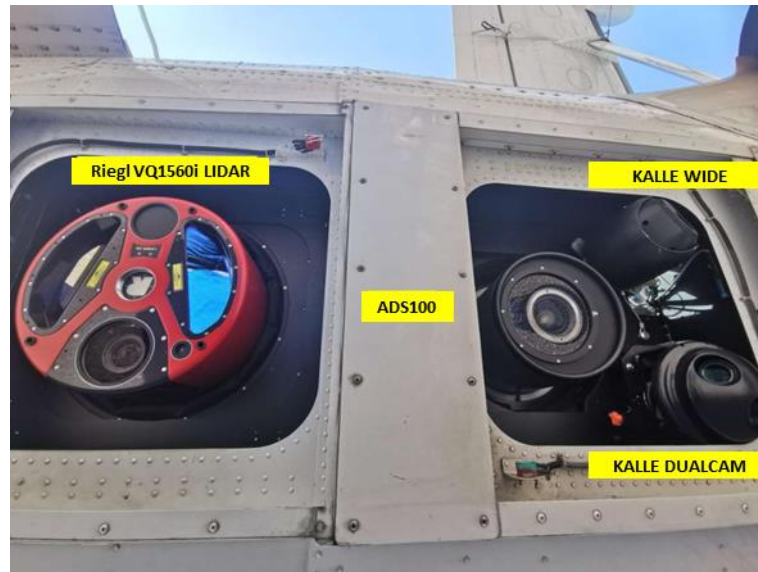
Lisaks mõjutab 3D-andmete moodustamist praeguse kaamera vaatenurk. Leica ADS100 on ribasensorkaamera, mis teeb ainult otse allavaate (0°) ja väikese nurgaerinevustega (ettevaade 26° ja tahavaade 19°) aerofotosid, mis ei kujuta piisavalt vertikaalpindu, et neid oleks võimalik kasutada 3D-s oluliste hoonete fassaadide ja katuste välisilme loomiseks.

Kaldfotod

Maa-ameti kaldfotodid on kogutud kaardistuslendude ajal alates 2006. aastast. 2022. aasta seisuga oli neid kokku ligi 5,5 miljonit. Alates 2014. aastast on kasutusel süstemaatiliselt pildistav fotorobot - kaldkaamera süsteem, mille pilte on võimalik vaadata ka täislahutusega. Osa fotodest on geopositsioneeritud, kuid olenevalt ajast ja pildistusmeetodist võib asukohatäpsus kõikuda. Fotod on tehtud eelkõige kaardistusobjektide täpsustamiseks. Kaldfotode pildistamise kõrgus varieerub valdavalt vahemikus 1000–3800 meetrit ning iga foto pildistuse aeg on fikseeritud kuupäeva täpsusega. Kaldkaamera süsteem on ehitatud nii, et see oleks kasutatav $110\text{--}120^\circ$ allavaatenurga ulatuses. Optimaalseks lennukõrguseks on 800–5000 m ($180\text{--}400$ km/h). Fotode eraldusvõime oleneb lennukõrgusest (nt 1200 m pealt 7–10 cm). Kaamerad pildistavad ümber oma telje keereldes ja töötavad kogu lennu jooksul, kui ilm lubab. Lisaks on osa fotosid pildistatud lennuki aknast tavakaameraga.

Kaldkaamera süsteem koosneb kahest komponendist:

- ▶ Kahe kaameraga (85 mm objektiiiv) KALLE DUALCAM
- ▶ Laia vaatega ühe kaameraga süsteem (35 mm objektiiiv) KALLE WIDE



Joonis 9. Kalkkaamerate asukoht lennukil. Allikas: Maa-amet

Kaamerad koosnevad juhtarvutist Novatel SPAN CPT (IMU + GPS), kaamera liikumise juhtkontrollerist, kaameraaamist, kerest, jälgimiskaameratest ja fotokaameratest.

KALLE DUALCAM koosneb kahest Sony A7R3 hübriidkaamerast⁴, mis keereldes pildistavad mõlemad 1 pildi sekundis (2 pilti sekundis, 24 pilti ringi peale), pildistamisel kasutatakse digitaalset katikut (*rolling shutter*), allavaate nurk on 45°, jõudlus 7200 fotot tunnis, salvestatakse RAW-formaadis 1 : 2500 säriaajaga, automaatse ISO-ga. Mälukaardid 2 x 1TB SSD + 2 x 500 GB SSD.

KALLE WIDE koosneb ühest Sony A7R4 (63 megapiksli) täiskaader hübriidkaamerast, mis keereldes pildistab iga kahe sekundi tagant ja teeb ringi peale 8 pilti, pildistamisel kasutatakse digitaalset katikut (*rolling shutter*), allavaate nurk on 37° (aga seadistatav 0-90°). Objektiiviks Zeiss Loxia 35mm fiksoobjektiiv, vaateväli 60 x 40 kraadi. Mälukaart 1 x 1 TB.

Kogutud kaldfotod on peale fotode järeltöötlust kättesaadavad fotoladu.maaamet.ee lehel.

3D-objektide loomisel pole aga praeguseid kaldfotosid võimalik kasutada. Neil puudub piisava täpsusega asukoht/orientatsioon ning eraldusvõime, et neid saaks kasutada arvutuse käigus hoonete tekstuuride eraldamiseks või pildilt tuletatud punktipilve loomiseks.

Aerolaserskaneerimine

ALS-meetod põhineb aja mõõtmisel, mis kulub laserimpulsil tee läbimiseks laserist maapinnani ja tagasi. Määrates skaneerimise ajal lennuki positsiooni maapealse GNSS-baasjaama suhtes kogu trajektoori vältel, saadakse lennuki täpne asukoht momendil, mil laserimpulss teele lähetati. Teades lennuki hetkeasukohta (GNSS), asendit (IMU), impulsi lähetusnurka, impulsi kestust ja atmosfääri andmeid, on võimalik välja arvutada laserpunkti peegelduse asukoht maapinnal. Lasermõõdistuse tulemusel saadakse tihe punktipilv, mille iga punkt omab x, y, z väärtust. Töödeldud ja klassifitseeritud andmestik on geoportaalist kättesaadav LAZ-formaadis ning 1 : 2000 kaardilehtedena.

⁴ Sony A7R3 (42,4 megapiksli, 7956 x 5312) täiskaader 35,9 x 24 mm sensor, pikslisuurus 4.5 µm. Objektiiv: Zeiss Loxia 2.4/85mm fiksoobjektiiv, vaateväli 30 x 20 kraadi

Allalaaditavad punktipilved on klassifitseeritud vastavalt Ameerika Fotogramm-meetria ja Kaugseire Ühingu (ASPRS) punktipilve klassifitseerimise standardile:

- ▶ 1 - klassifitseerimata punktid (Unassigned)
- ▶ 2 - maapind (Ground)
- ▶ 5 - multipeegeldusel tekkinud esimesed ja vahepeegeldused (High Vegetation)
- ▶ 6 - ehitised (Building)
- ▶ 7 - anomaalsed maapinnast madalamad punktid (Noise)
- ▶ 9 - veekogud (Water)
- ▶ 17 - mitmetasandiliste ristmike teise tasandi maapinna punktid (Bridge Deck)
- ▶ 18 - anomaalselt kõrged punktid (High Noise)



Joonis 10. Maa-ameti kasutatav laserskanner RIEGL VQ-1560i. Allikas: Maa-amet

Kõrgusinfo kogumiseks kasutab Maa-amet alates 2017. aastast laserskannerit RIEGL VQ-1560i. Laserskanneri tähtsamatest parameetritest annab ülevaate allolev tabel.

Tabel 4. Laserskanneri parameetrid. Andmed: Maa-amet

Atribuut	Väärtus
Pulsi sagedus	Kuni 2 MHz
Täpsus	20 mm
Laseri klass	3B
Maksimaalne mõõdistuskõrgus (peegelduvus 20%, nähtavus 40 km)	3100 m
Maksimaalne mõõdistuskõrgus (peegelduvus 60%, nähtavus 40 km)	4700 m
Laseri lainepikkus	1064 nm
Laseri impulsside arv õhus	Kuni 20

Atribuut	Väärtus
Laseri kiire hajumine	≤ 0,25 mrad
Vaateväli (FOV)	58°
Lisaks kaamera	PhaseOne iXU-RS 1000, 100 megapikslit (11 608 x 8708) koos 50 mm objektiiviga
Maksimaalne lennukõrgus	4700 m

Skaneerimist tehakse vastavalt vajadusele ja piirkonnale kolmes erinevas detailsuses: tavalend, madallend ja metsalend. Tavalennuga kogutakse üle-eestiline punktipilv. Madallende teostatakse igal aastal tiheasustusalade katmiseks, metsalend vastavalt vajadusele metsamajanduslikes piirkondades. Erinevate lendude parameetritest annab ülevaate järgnev tabel.

Tabel 5. Lendude parameetrid. Allikas: Maa-amet

Lennukõrgus	1200 m	2000 m	2600 m	3100 m
	KEVADINE LEND	KEVADINE LEND	KEVADINE LEND	SUVINE LEND
Lennu otstarve	Tiheasustusalade kaardistamine	Pildistuse prioriteediga kaardistamine	Üle-eestiline kaardistamine	Metsanduslik kaardistamine
Keskmine punktihedus	18 p/m ²	3,5 p/m ²	2,1 p/m ²	0,8 p/m ²
Keskmine punktivahe	0,26 m	0,64 m	0,72 m	1,64 m
Impulsisagedus	2 x 1000 kHz	2 x 350 kHz	2 x 350 kHz	2 x 150 kHz
Lennukiirus	203 km/h	241 km/h	278 km/h	278 km/h
Laseri võimsus	100%	100%	100%	100%

Aerolaserskanneril on kaks laseri kanalit, täislaine salvestuse võimalus ja võimekus mõõta kuni 1,33 miljonit mõõdistust sekundis. Seadmel on ette-taha vaatamise võimekus, mis võimaldab kõrgusinfot koguda erinevate nurkade alt, vähendades nn pimedaid alasid. Lisaks on seadmel tänu kahele laseri kanalile ka unikaalne skaneerimise viis, mis tekitab ebakorrapärase mustrit, võimaldades kõrgusinfot veelgi detailsemalt koguda. Aerolaserskanner on paigaldatud gürostabiilsele alusele SOMAG GSM4000, mis tagab ühtlase paigutusega punktipilve.

Hetkel saadav punktipilv annab ülevaate erinevatest objektidest, kuid sellel on 3D-mudeli loomise seisukohalt mitmeid puudusi. Näiteks ei kata aerolaserskannerid täielikult vertikaalseid pindu (hoonete fassaad, puude tüvi, liiklusmärgid jne). Allpool on toodud näited kolmest erinevast punktipilvest: Maa-ameti lennukiga laserskaneering, maapealse skaneerimise punktipilv ja lennuki kaldaerofotodelt tuletatud punktipilv.



Joonis 11. Maa-ameti lennukilt aerolaserskaneerimise teel saadud tihe koloreeritud punktipilv (589541_2020_tava). Andmestikus puuduvad vertikaalsete pindade, fassaadi punktid. Allikas: Maa-ameti geoportaal, aerolaserskaneerimise kõrguspunktid⁵



Joonis 12. Viini maapealse skaneerimise teel saadud tihe lidarmöödistuse punktipilv, mis sisaldab vertikaalsete pindade punkte. Andmestik sisaldab vaid tänavavaateid, puuduvad hoonete katused. Allikas: Viini ruumiandmed⁶



Joonis 13. Müncheneri linnamudeli kaldaerofotodelt tuletatud punktipilv, mis on genereeritud kasutades Leica CityMapper-2 kaamera pilte ja sisaldab nii pealtvaate kui ka vertikaalsete pindade punkte. Allikas: Müncheneri 3D näidis⁷

⁵ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/ruumiandmed/korgusandmed/aerolaserskaneerimise-korguspunktid-p499.html>

⁶ <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/mobile-mapping/>

⁷ <https://www.arcgis.com/apps/instant/3dviewer/index.html?appid=2d25155c46dc4361887118885b747894>

Droon

Lisaks eelnimetatud andmehõive vahenditele on Maa-ametil ka droon DJI Mavic 3E RTK, mis on kasutuses eelkõige drooni võimaluste ja tööprotsessides rakendamise katsetamiseks ning mida kasutatakse vaid test- ja näidisalade pildistamiseks. Andmehõiveks seda ei kasutata.

ESTPOS

Asukohamääramise juures on kaks olulist komponenti: kosmose taristu (st satelliidid) ja maapealne taristu (st geodeetiline taristu: geodeetiline süsteem ja geodeetilised võrgud, sh GNSS-tugijaamade võrk). GNSS on tänapäevase ülemaailmse asukohamääramise teabe esmane infoallikas, mis võimaldab ja tagab asukohamääramise riiklikus geodeetilises süsteemis. Maa-amet on Eesti geodeetilise süsteemi haldaja ning ESTPOS on Maa-ametis tegutsev riiklik globaalse satelliitnavigatsiooni -satelliidiandmete keskus. ESTPOS-i jaoks oluline taristu, Eesti geodeetiline süsteem, toetab Euroopa Ühenduse ruumiandmete infrastruktuuri INSPIRE ruumiandmete kättesaadavust ja koostalitlusvõimet. Eesti GNSS-tugijaamade võrk ESTPOS on üks koordinaatsüsteemi aluskomponentidest, mis tagab ka geodeetilise süsteemi ajaliste muutuste monitooringu ning täpse asukohapõhise info reaal- või lähireaalajas kättesaadavuse kogu riigis. ESTPOS on täpseks ja usaldusväärseks sillaks Eesti ruumiandmete taristu aluseks oleva geodeetilise süsteemi ning ülemaailmse navigatsioonisatelliitide süsteemi globaalse koordinaatsüsteemi vahel. GNSS-tugijaamade võrgud võimaldavad pakkuda asukohamäärangut sentimeetri täpsusklassis. Näiteks on GNSS-asukohamäärangut võimalik kasutada keskkonnaseires oluliste nähtuste positsioneerimisel ja nende muutuste jälgimisel. Samuti on GNSS-tugijaamad võimelised tuvastama millimeetri tasemel maa- või veepinnapinna pikaajalisi liikumisi, mis annavad väärtuslikku infot kliimamuutuste uurimisel.

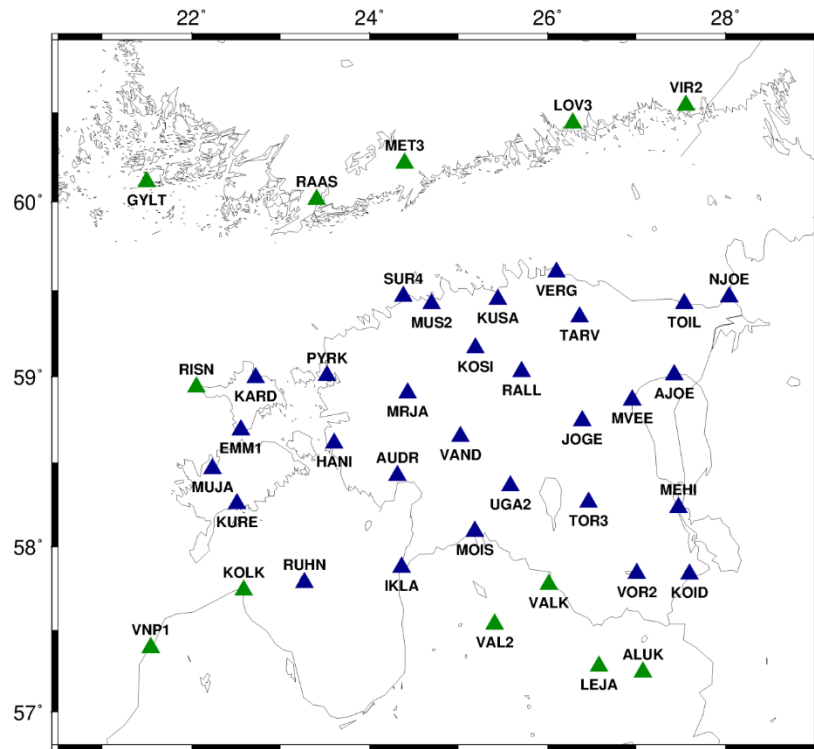
Hetkel kuulub Maa-ameti ESTPOS-i võrku 29 GNSS-tugijaama. GNSS-tugijaamade vahekaugus on ca 50 km ning andmeid on võimalik salvestada salvestustihedusega kuni 2 Hz. Võrk põhineb ühtsel Leica tehnoloogial: kõikides tugijaamades on kasutusel Leica GR25 tüüpi GNSS-vastuvõtjaid ning Leica AR25 (Choke Ring) tüüpi antennid koos antennikattega LEIS. Tugijaama koordinaatide täpseks määramiseks kasutatakse satelliitgeodeetilisi mõõtmisi, mis põhinevad satelliitidelt saadetavate raadiosignaalide levikuaja määramisel. Vastuvõtjad salvestavad satelliitidelt saadetavaid andmeid ning arvutavad nende alusel GNSS-antenni täpsed asukoha koordinaadid. Lisaks on paigaldatud 14 asukohas meteosensorid Vaisala WXT520, mis võimaldavad fikseerida GNSS-püsijaama asukohas täpseid ilmastikuolusid ning anda väärtuslikku infot troposfääri seisundi kohta.

Maa-ametil on toimiv koostöö ka Läti ruumiandmete informatsiooni agentuuriga LGIA - Latvian Geospatial Information Agency ja Soome maamõõduameti ruumiandmete instituudiga FGI, mis on võimaldanud tagada reaallajalise RTK-teenuse parema kvaliteedi Eesti piirialadel Läti ja Soomega. Lisaks tihendab ESTPOS-i võrku ka Ristnas asuv Veeteede Ameti GNSS-püsijaam RISN.

Tabel 6. ESTPOS-i tarkvarad ja nende kasutus

Protsess	Tarkvara	Kommentaar
Andmete kogumine	Erinevad skriptid	Andmete kogumine GNSS tugijaamade koordinaatide arvutamiseks (GNSS tugijaamade vaatlusandmed, täpsed efemeriidid ja kellaparandid, pooluse andmed, tarkvarapõhised failid jms)

GNSS-tugijaamade koordinaatide arvutus	GNSS Bernese 5.2/5.4	GNSS-tugijaamade koordinaatide arvutus
GNSS-tugijaamade aegread	CATREF	GNSS-tugijaamade aegride arvutus
GNSS-tugijaamade monitooring	GNSS Spider (Site Server, Network Server)	GNSS-tugijaamade monitooring andmevahetuse üle, failitoodete ja reaalaajatoodete konfigureerimine, litsentside haldus jms
ESTPOS-i kasutajate haldus	Spider Business Center	Veebipõhine tarkvara kasutajate ja kasutajalitsentside haldamiseks
GNSS-tugijaamade kvaliteedi kontroll	G-Nut/Anubis, erinevad skriptid	GNSS-tugijaamade andmete (vaatlusandmed, reaalaaja andmevood) kvaliteedi kontroll
GNSS-mõõtmised	Leica Infinity, ICON	GNSS-mõõtmiste andmetöötlus
Andmete archiveerimine	Erinevad skriptid	ESTPOS-i tugijaamade vaatlusandmed, serveri logid jms



Joonis 14. Eesti GNSS-tugijaamade võrk koos teiste, väliste GNSS-tugijaamadega. Allikas: Maa-amet



Joonis 15. Suurupi tuletorn ja selle katusel olev GNSS-tugijaama antenn. Allikas: Maa-amet



Joonis 16. GNSS-antenn koos antennisambaga ning GNSS-vastuvõtja. Allikas: Maa-amet

ESTPOS-i teenuste kasutajateks on hetkel põhiliselt riigiasutused (sh Maa-amet, ca 1/3 ulatuses riigiasutuste kõikidest kasutuskordadest) ja avalik-õiguslikud kõrgkoolid. ESTPOS-i pakutavad GNSS-tugijaamade andmed tagavad ka Maa-ameti ALS-i ja AFP kasutamiseks vajalikud asukohaandmed ning georefereeringu.

ESTPOS-i pakutavateks teenusteks on RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) andmevood (pidev reaalaajaline andmeedastus tugijaamadest), võrgu-RTK parandid (võrgulahendus, üksikjaama lahendus), DGNS (Differential GNSS) parandid, GNSS-tugijaamade staatiliste andmete allalaadimine ja GNSS-arvutusteenus. RTCM andmevood edastavad kasutajatele tugijaamades kogutavaid mõõtdandmeid ja võimaldavad kasutajatel teha neist endale vajaminevaid andmetooteid (erinevate salvestusintervallide ja pikkustega mõõtfailid). GNSSi reaalaaja mõõtmisteenusega edastatav parand võimaldab saavutada lõpptarbijatel enda GNSS-mõõteseadmega 1-3 cm täpsusega asukohamääramist, DGNS-parand aga kuni 10 cm täpsust. Kord nädalas toimub Maa-ametis tugijaamade andmete järeltöötlus, mille käigus arvutatakse tugijaamade koordinaadid, mis koondatakse muutuste jälgimist võimaldavateks aegriksadeks. Aegriksade alusel toimub ka tugijaamade stabiilsuse monitooring ja vajadusel ka tugijaamade koordinaatide uuendamine.

GNSS-tugijaamadega seotud tegevustes on oluline roll infotehnoloogilisel taristul (sh arvutusserver, andmehoidla, andmeside ja andmeedastus). Maa-ametile pakub selles osas tuge Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogiakeskus (KeMIT). ESTPOS-i GNSS-RTK tugijaamade võrgu rekonstrueerimine toimus viimati aastatel 2014-2016. Seadmed hangiti 2014. aastal ning on jõudmas oma kasutusea lõppu, kuna need ei võimalda täielikult kasutada/salvestada kõigi nähtavate GNSS (GPS, GALILEO, GLONASS, BeiDou) satelliitide signaale. Lisaks on oluline, et ESTPOS võimaldaks tulevikus tuvastada ka satelliitnavigatsioonisüsteemide signaalide segamist vaenuliku huvigrupi poolt. GNSS-signaalide segamise tõttu võib asukohamäärangu viga küündida mitmesaja meetrini, mis on suur sisejulgeoleku ja riigi kaitsevõime risk.

Kvaliteetse ja täpse georefereeringu tagamiseks ning parema satelliidiandmestiku kasutamiseks on oluline ESTPOS-seadmete täielik uuendamine lähitulevikus. Uuendatud GNSS-tugijaamade seadmed ja ESTPOS-i võrgu tarkvara võimaldaksid lisaks GPS- ja GLONASS-signaalidele kasutada ka näiteks GALILEO ja BeiDou satelliitide signaale.

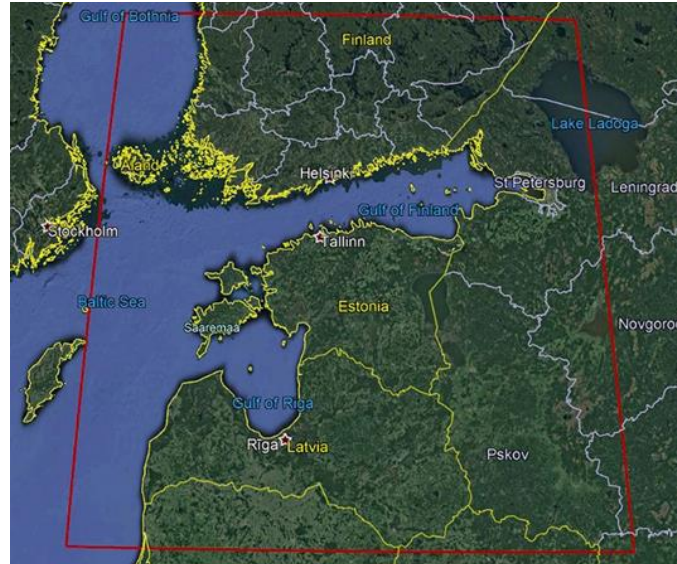
ESTHub

Andmed

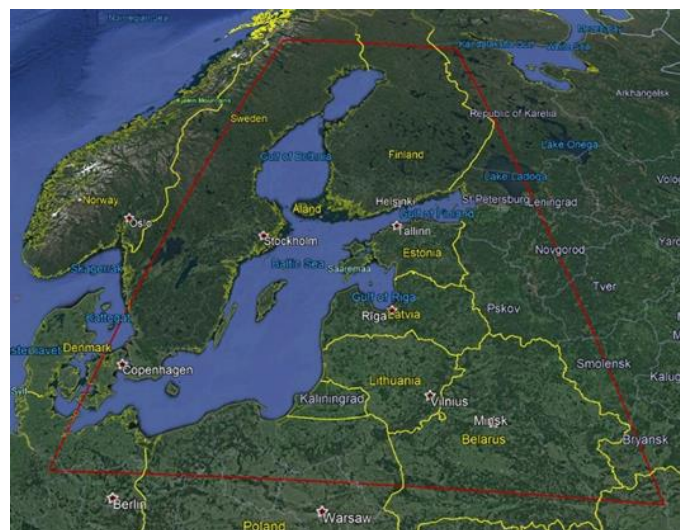
Riiklik satelliidiandmekeskus ESTHub toetab strateegias „Eesti 2035“ seatud ettevõtluskeskkonna arendamise eesmärke, soodustades teadus- ja arendustegevust kaugseires. ESTHub on Eesti rakendusliku kaugseire kompetentsikeskus, mis on loodud eelkõige selleks, et lihtsustada riigiasutuste, ülikoolide ning teadusasutuste tööd, kes soovivad töötada välja satelliidiandmetel põhinevaid

teenuseid. EstHUB vahendab Eesti kohta Copernicuse programmi Sentineli ja Landsat 8 satelliitseire andmeid ning võimaldab neid kiiremini alla laadida kui *Copernicus Open Access Hub*-ist⁸.

Sentinel-1, -2 ja Landsat 8 puhul laaditakse alla ja arhiveeritakse ESTHubis andmeid ca 200 km ulatuses riigipiirist ning Sentinel-3 andmed katavad kogu Läänemere ja selle lähiümbruse. Andmete talletamiseks on EstHubil enda andmeladu ja arvutuskeskkond. Hetkel töötatakse selle nimel, et hakata vahendama ka Sentinel-5 ja -6 andmeid.



Joonis 17. Sentinel-1, -2 ja Landsat 8 andmete ulatus. Allikas Maa-amet⁹



Joonis 18. Sentinel-3 andmete ulatus. Allikas: Maa-amet¹⁰

ESTHub tugineb kolmele peamisele komponendile. Esimesed kaks on standardtarkvarad: failihoidla DHuS (Data Hub System) ja kaugseire suurandmete spetsialiseeritud hajusarvutussüsteem Calvalus. DHuS-i andmevoo tulumaks tarbijaks on täna PRIA rohumaade niitmise tuvastamise süsteem. Calvaluse funktsionaalsuse olulisim kasutaja on Keskkonnaagentuuri operatiivne jääseire rakendus.

⁸ <https://scihub.copernicus.eu/>

⁹ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Riiklik-satelliidiandmete-keskus-ESTHub-p443.html>

¹⁰ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Riiklik-satelliidiandmete-keskus-ESTHub-p443.html>

Kolmas, Maa-ameti enda arendatud igaüherakendus Satiladu, toob Eestis kaugseire suurandmed ka mittespetsialisti (ametnik, õpetaja, aktiivne kodanik jt) töölauale.

Sarnaselt teiste Euroopa kaugseireandmeid tarbivate riikidega on ka Eesti võtnud suuna andmete teenuspõhisele jagamisele. Tänapäevaks on see realiseeritud multispektraalse satelliidi Sentinel-2 andmete jaoks, kuid nähakse, et süsteemi on vaja lisada ka teiste Copernicuse programmi satelliitide andmed. Sellest tulenevalt on ESTHubi arengukavas võetud eesmärgiks paindlikkuse tõstmine, seda eelkõige teenusepõhisele rõhudes, kuid ka tarkvara valikute loomiseks andmelattu ja arvutuskeskusesse.

Eestil on keskmisest Euroopa riigist rikkalikum hulk täpseid, kogu riiki katvaid ruumiandmeid (nt Eesti topograafia andmekogu), mis annab parema stardipunkti ka masinõppe võimaluste edendamiseks. Seetõttu nähakse ka ESTHubi teenustel potentsiaali tõsta topograafia andmekogu andmehõive efektiivsust. Praegustel avaandmetena pakutavatel satelliidiandmetel on aga ebapiisav eraldusvõime. Lisaks raskendab aastaringsete automaatsete lahenduste loomist Eesti ilmastikust tulenev pilvevabade piltide vähenenud arv. Maa-amet on katsetanud andmehõivet peamiselt satelliidifotode andmetega, radari andmetega on kokkupuude olnud väiksem. Küll aga nähakse vajadust kombineerida omavahel radari-, vektor- ja rasterandmeid, et leida viise ETAK-i andmete tootmise lihtsustamiseks. Satelliidiandmestiku lisamist tootmisahelasse peetakse äriprotsessis oluliseks.

Andmete jagamine

Sentinel-2 satelliidiandmed on kasutajatele kättesaadavad veebirakenduses Satiladu¹¹, kus andmed uuenevad iga päev ja on avalikult kättesaadavad samal õhtul. Satelliidipilte on võimalik filtreerida ja otsida vastavalt kuupäevale ning lisada GIS-programmi edasiseks töötamiseks, laadides alla QGIS-i (avatud lähtekoodiga GIS-tarkvara) tööfaili või kasutades WMS-viidet.

Euroopa Kosmoseagentuuri satelliit Sentinel-2 toodab igapäevaselt pilte nii nähtavas valguses kui laiemas spektrivahemikus (433-2280 nm). Üks punkt (piksel) pildil vastab 10 meetrile looduses. Satelliidipildid Eesti ala kohta on Satilaos saadaval alates 2015. aasta juuli seisuga. Satilaos on kättesaadavad vabalt valitud piirkonna kohta Eesti alalt järgnevad andmetooted.

Tabel 7. Satilaost kättesaadavad andmed ja nende kasutus. Andmed: Satiladu (Maa-amet)¹²

Tähis	Andmed	Kasutus
RGB	Harilikud värvifotod satelliidilt	<p>RGB-pilt ortofotodega võrdlemiseks</p> <p>Erinevalt ortofotodest uuenevad RGB-pildid Satilaos igapäevaselt ja on seega väga heaks esmaseks indikaatoriks neile, kes otsivad maastikul toimunud muudatusi. Erinevalt ortofotodest on selle optilise satelliidipildi peal (sageli) ka pilved, mis on ühest küljest maapinna andmeid varjutav asjaolu, kuid teisest küljest andmed omaette (pilvetüübid, levik, sh ka näiteks varjutatud alade järgi võimalik välja selgitada statistiliselt päikeseküllasemaid alasid).</p>

¹¹ <https://satiladu.maaamet.ee/>

¹² <https://satiladu.maaamet.ee>

Tähis	Andmed	Kasutus
NDVI	Lähiinfrapunakiirguse ja punase lainela abil arvatud NDVI-indeksi kaart	<p>Taimestiku kasvu intensiivsuse ja leviku ulatuse hindamiseks</p> <p>Kui taimkate on puuduv, hõre või fotosüntees mingitel põhjustel häiritud, peegeldub alalt rohkem punast valgust kui lähiinfrapunakiirgust. Seega on võimalik hinnata NDVI kui arvutusliku taimkatteindeksi abil taimkatte tihedust ja taimetervist (nt põllumassiivide ühtlus, külmakahjustus), olles kasulik ja rakendatav nii teadlastele, ökoloogidele kui ka põllumeestele. Indeksi väärtustele vastab kaardil värvigradient, mis annab esmase hinnangu ja hiirega üle kaardikihi libistades näidatakse piksli NDVI-väärtust.</p>
NDPI	Lühilaine-infrapunakiirguse ja roheline lainela abil arvatud NDPI-indeksi kaart	<p>Veekogude veepiiri eristamiseks, taimkatte veesisalduse hindamiseks</p> <p>Kui alalt peegeldub rohkem lühilainelist infrapunakiirgust kui rohelist valgust, on indeks positiivse väärtusega. Mida kõrgem indeksi väärtus, seda väiksem on (taimkatte) veesisaldus vaadeldava ala pinnase ülemises kihis. Veekogude ja veega küllastunud maa puhul on NDPI-väärtused madalad, üldjuhul negatiivsed. Seega on vastav valemipilt sobiv näiteks üleujutuste tuvastamiseks, põllukultuuride veepuuduse hindamiseks, põua jälgimiseks, tuleohtu hindamiseks. Indeksi väärtustele vastab kaardil värvigradient, mis annab kasutajale esmase hinnangu.</p>
NRG	Valevärvipilt (lähiinfrapuna, punane, roheline)	<p>Talvise maakatte visualiseerimiseks</p> <p>NRG-pildid sobivad hästi talviste satelliidipiltide uurimiseks. Saab ülevaate metsakoostisest, kuna talvine fotosünteesiv taimkate paistab silma oma punase värviga. Siiski pole kasutus piiratud ainult talviste oludele. Suviste olude puhul on lehelise pinnaga taimkate erkpunane ning okkalise pinnaga taimkate tumepunane. Eristuvad erinevad maastikutüübid. Veekogud, mis on kinnikasvanud, paistavad sinisena ja selged veekogud mustana. Universaalselt on see spektrite kombinatsioon kasutuses just primaarselt metsanduslikeks otstarveteks.</p>
NGR	Valevärvipilt (lähiinfrapuna, roheline, punane)	Erinevate maastikutüüpide esiletoomiseks, metsamuutuste visualiseerimiseks

Tähis	Andmed	Kasutus
		Spektrite intensiivsusi on seadistatud selliselt, et valemvärvipilt on väga sobiv metsameestele kasutuseks. Ka toonid on valitud metsandusliku ortofoto näitel. Lehtpuud on kuvatud tumeoranžina, okasmetsad rohelisena, lagedad alad (ka tehispinnad ja kahjustusega puud) helesinised. Muuhulgas paistavad oranžina ka niitmata põllumassiivid. Turbaväljad on tumesinised. Puhtad veekogud mustad, rohke taimestikuga veekogud rohekad. Võimalik, et üks olulisim rakendus sellel spektrite kombinatsioonil puutüüpide eristuse kõrval on just kuivanud puude leviku tuvastus.
PNB	Valemvärvipilt (NDPI, lähiiinfrapunane, sinine)	Maakattetüüpide valemvärvipilt erinevate maastikutüüpide esiletoomiseks Taimedes sisalduv klorofüll peegeldab hästi lähiiinfrapunakiirgust. Heas seisus taimedel on ka madal NDPI-väärtus, mis märgib, et veesisaldus on neil piisav. Seetõttu on terve taimkattega alad sellise kombinatsiooniga valemvärvipildil rohelised. Erksad helerohelised on sellised alad, kus klorofüll sisaldus taimedes on suur ja ka veesisaldus piisav. Eristuvad hästi tehispinnad ja -struktuurid (sh asustused), karjäärid, märgalad ja turbaväljad, erinevas staadiumis põllumassiivid.
NGP	Valemvärvipilt (lähiiinfrapuna, roheline, NDPI)	Maakattetüüpide valemvärvipilt erinevate maastikutüüpide esiletoomiseks Heas seisus taimedel on ka madal NDPI-väärtus, mis tähendab, et veesisaldus on neil piisav. Taimkattega alad sellise kombinatsiooniga valemvärvipildil on kollasest oranžini. Tumeoranžid on sellised alad, kus klorofüll sisaldus taimedes on suur ja ka veesisaldus on piisav. Eristuvad okas- ja lehtpuud. Hõreda taimkattega põldude värv varieerub vastavalt kasvustaadiumile rohelisest helesiniseni. Turbaväljad ja rabad eristuvad selgelt.
NDR	Valemvärvipilt (lähiiinfrapuna, NDVI, punane)	Taimkatteseisundi valemvärvipilt Taimkatteindeksi abil saab hinnata vaadeldava ala taimkatte tihedust ja selle tervist. Mida kõrgem on indeksi väärtus, seda rohkem rohelist on vaadeldavas piirkonnas. Kollastena paistavad lopsakad põllumaad. Eristuvad leht- ja okaspuu. Hõreda taimkattega põllumassiivid on roosad, niidetud-küntud massiivid lillast tumesiniseni. Turbaväljad ja tehisalad on tumesinised, rabad

Tähis	Andmed	Kasutus
		tumelillad. Talvisel ajal paistab lumi välja erksa tooniga.
PDB	Valevärvipilt (NDPI, NDVI, sinine)	Taimkattehäiringute valevärvipilt Vaadeldavad on võimalikud taimkattehäiringud. Hästi paistavad välja sellised alad, kus NDVI-väärtus on väike, NDPI-väärtus suur. Eristuvad niidetud ja küntud põllumassiivid, turbaväljad. Kui on tegemist tiheda taimkattega alaga, kus NDVI-väärtus on suur ja NDPI-väärtus madal, paistab ala erksa rohelisena. Eristuvad leht- ja okaspuud. Talvisel ajal on võimalik tuvastada, millised alad on lumikatte all, millised mitte. Lumi paistab sinisena, fotosünteesivad taimed kollasena, oranžina taimkatteta alad ja rohelisena hõreda taimkattega / õhukese lumekatte all alad.
NDN	Valevärvipilt (lähiinfrapunane, NDVI, lähiinfrapunane)	Veekogu piiride valevärvipilt Veekogu ja muude maaüksuste tugeva värvikontrasti tõttu on veekogude piirid hästi välja toodud. Sellised alad, kus on NDVI-väärtus kõrge ja peegeldub ka palju lähiinfrapunakiirgust, on pildil valged (näiteks niitmata põllumassiivid, lehtmetsad). Okasmetsad on rohelised ja ka sellised põllulapid, kus lopsakat taimekasvu veel ei ole. Hästi eristatavad on ka tehisalad. Talvisel ajal saab tuvastada, millised alad on lumikatte all ja seega eristada ka lumikatteta alasid.
PDN	Valevärvipilt (NDPI, NDVI, lähiinfrapunane)	Veekogu piiride valevärvipilt Veekogu ja muude maaüksuste tugeva värvikontrasti tõttu on veekogude piirid hästi välja toodud. Talviste olude vaatamisel on võimalik tuvastada alad, mis ei ole lumikatte all. Hästi paistavad välja okaspuud, mis kõrge NDVI ja NDPI tõttu on pildil kollased. Lumikatteta lagedad alad on silmatorkavalt rohelised. Lumi on tumesinine. Suvel tehtud piltidel paistavad niitmata põllud ja lehtpuud helesinisena. Niidetud või lagedad alad on punased. Oranžid või punased on ka turbaväljad.
NNR	Valevärvipilt (lähiinfrapunane, lähiinfrapunane, punane)	Metsanduslik talvine valevärvipilt Taimkattega alade värv varieerub suvisel ajal rohelisest helekollaseni. Suvisel ajal on taimkate tihedam ning seetõttu ka tagasipeegeldunud lähiinfrapunakiirguse hulk suurem. Seega on taimkattega alad rohelised või eriti suure klorofüllisisalduse puhul ka kollased. Niidetud või

Tähis	Andmed	Kasutus
		lagedad alad on sinised. Mida niiskem ala on, seda tumedamana see paistab. Talvisel ajal, kui taimkate on hõredam või lumega kaetud, saab tuvastada okasmetsa sellele iseloomuliku rohelise värvi järgi.
DNP	Valevärvipilt (NDVI, lähiinfrapuna, NDPI)	Veekogu piiride valevärvipilt Veekogu ja muude maaüksuste tugeva värvikontrasti tõttu on veekogude piirid hästi välja toodud. Võimalik eristada selliseid alasid, kus puudub taimkate ja mis kannatavad ka veepuuduse all. Kui fotosünteesi osatähtsus ala kohta on väike ja pinnase ülemine kiht on kuiv, paistab see selgelt välja. Niidetud ja küntud põllumassiivid on eristatavad. Tehisalad ja pilved on pildi peal rohelised. Talvisel ajal paistab lumi rohelisena. Eristuvad hästi lumikatteta alad.
	Kasutaja poolt häälestatud valevärvikaardid	Erinevate andmeuuringute jaoks Hetkel on Satilaos võimalik kasutajal valida 6 erineva spektriparameetri vahel, mida asetada 3 erineva nähtava spektri kanali sisse, luues ja disainides omalahendusi uute valevärvipiltide näol. Üks kasutusnäide on ökoloogi poolt Satilaos välja töötatud valevärvipildi kombinatsioon, mida on nüüdseks rakendatud MaaeluGIS kaardirakenduse koosseisus. Arendatud kaardikiht võimaldab teha mesinikel otsuseid tarude paigutamise kohta. Töödeldud variandis on varakülvatud/tihe taliraps tumekollane, hiliskülvatud raps helekollane ja künnimaad lillad. Rohekaskollane indikeerib talirüpsi põldu. Tulevikus oleks kasulik lisada juurde spektriosi, mida pole veel eraldi parameetrina mooduli valikutesse kaasatud (Sentinel-2-l on 13 erinevat kanalit).

Lisaks pakub ESTHub riigiasutustele ka veebikeskkonda andmete töötlemiseks. Nii ei pea kasutajad andmeid alla laadima, vaid saavad teha suuremahulised töötused andmete juures.

Vajadused

Kuigi ESTHub sai algselt arendatud riigisektori hüveks, nähakse vajadust pakkuda teenust rohkem ka erasektorile. Sihtgrupina nähakse ka koole ja tudengeid.

Protsessides oleks võimalik ära kasutada täpsemaid satelliidiandmeid. Praegune 10 m piksliga Sentinel-2 ei võimalda tuvastada hooneid. Hetkel kasutatakse Sentinel-2 andmeid, et eristada okas- ja lehtpuid ning vastavalt sellele visualiseerida 3D-puid. Satelliidipiltide alusel ETAK-i andmete uuendamiseks on proovitud kasutada ka AI-d, kuid andmetel pole piisavalt hea eraldusvõime. Satelliidiandmete kasutamist ETAK-i uuendamisel ei peeta võimalikuks enne, kui riik hakkab ostma 1 m piksli suurusega satelliitpilte, millel on võimalik tuvastada ka hooneid. Hetkel avaandmetena

kättesaadavate satelliidipiltide kasutamise võimalust nähakse pigem trendide tuvastamiseks kui täppisandmete tootmiseks.

Satelliidipiltide kasutamist raskendab ka halvem asukohatäpsus. Praegu suudetakse tagada lennuki andmehõivel saadud andmete kvaliteet, kuna töötusi ja kontrolle peab tegema vaid korra aastas. Igapäevane uute andmekihtide tekkimine satelliitidelt ei võimaldaks aga igapäevast andmete töötlust ja kontrolli, mistõttu võiks asukohaviga olla kohati isegi kuni 6 meetrit. Asukoha täpsust peetakse prioriteediks. Näiteks kasutab Eesti topograafia andmekogu andmeid maakataster. Kaldajooni ning vooluveekogusid kasutatakse piirilementidena ning kõlvikuid maatüki kõlvikulise koosseisu leidmiseks. Lisaks kasutatakse Eesti looduse infosüsteemis ning maaparandussüsteemide registris ETAK-i ruumikujusid veekogude ja eesvoolude ruumikujudena, mõlemad andmestikud on aga kitsenduste andmete (maakasutuse, ehitamise jm piirangud) lähtejooneks. Maakatastri piiriandmete täpsus on tiheasustusalas 10 cm ning hajaasustuses 40 cm. Seetõttu ei tohi ka topograafiliste andmete hõivamisel liikuda madalama asukohatäpsuse suunas.

Aerofotodistamise ja laserskaneerimise tarkvaralised lahendused

Järgnevalt kirjeldame AFP ja ALS-i tarkvaralisi lahendusi läbivalt erinevates protsessides alates andmehõive planeerimisest kuni lõpptoodeteni välja, mis antakse teistele osakondadele sisendiks.

Tabel 8. Aerofotodistamise ja aerolaserskaneerimise tarkvara andmehõivest kuni lõpptooteni. Andmed: Maaamet

Protsess	Tarkvara	Kommentaar
Planeerimine	Leica MissionPro, Riegl RiPARAMETER	Kasutatakse riistvara tootja poolt pakutud tarkvara
Tarkvara lennukis	Leica FlightPro, Riegl RiACQUIRE, Applanix POSTrack	Tarkvara vastavalt andmehõive seadmele
Kaldaerokaamera	Arduino raamistik	Süsteemi juhtimise jaoks on omaloodud kohandatud kood
Fotode maha laadimine	Erinevad skriptid	Fotode serverisse salvestamiseks kasutatakse oma arendatud lahendust
Kaldaerokaamera failid		Füüsiline kopeerimine võrku
Kaldaerofotode järeltöötlus	Adobe Photoshop ja selle laiendused, vabavara	Kasutatakse vastavalt vajadusele erinevaid fototöötluse lahendusi, nt ImageMagick
Trajektoori arvutus	Novatel Inertial Explorer, Applanix POSPac MMS	Aerokaamera ja -laserskanneri trajektooride arvutamine
ALS-i toorandmete töötlus	Riegl RiPROCESS	Lennukist tulevate toorandmete töötlus ja LAZ-failide genereerimine
ALS-i järeltöötlus	TerraSolid, LAsTools	Moodulid TerraScan, TerraMatch, TerraModeler, mida kasutatakse andmestiku kaardilehtedeks jaotamiseks, tasandamiseks ja teatud määral klassifitseerimiseks. Lisaks kasutatakse LAsToolsi tarkvara andmete klassifitseerimiseks ja erinevateks andmetöötlusprotsessideks. Graafiline keskkond Microstation peale ehitatud
Aerofotode esmatöötlus	Leica XPro (moodulid Data Preparation, Block Preparation)	Kasutatakse riistvaraga kaasa tulevat lahendust
Aerotriangulatsioon	Leica XPro (moodul Triangulation) + ORIMA	Aerofotode tasandamine
Aerofotode ja ortofotode genereerimine	Leica XPro (moodul Product Generator)	Siin etapis kasutatakse jagatud arvutustehnoloogia protsesse
Mosaiikimine	Trimble Inpho OrthoVista, ERDAS	Lisaks kasutatakse ka omaloodud veebikeskkonda

Protsess	Tarkvara	Kommentaar
	IMAGINE MosaicPro, ArcMap	
Ortofoto tootmine	Vabavara (GDAL jne)	Antud protsessi on loodud oma arendused ortofotode ühtlustamiseks ja viimistlemiseks
Kõrgusmodeli töötlus	ERDAS IMAGINE LPS	Kõrgusmodeli töötluks kasutatakse moodulit Terrain Editor
Kontroll ja vaatlus	ArcMap, MicroStation	Vajadusel andmete muutmine ja lisatöötlus

AFP- ja ALS-andmete tootmises on vajalik kasutada laia spektrit erinevaid tarkvaralahendusi. Andmete tootmisel ollakse sõltuvad riistvara tootja poolt pakutavatest lahendustest. Andmete töötlemisel on kasutusel kooslus nii erinevatest valmistarkvaradest kui ka enda arendatud lahendustest. Protsessideks valitakse jooksvalt sobivamaid vahendeid vastavalt kogemustele ja konkreetsetele juhtumitele (vt eelnev tabel).

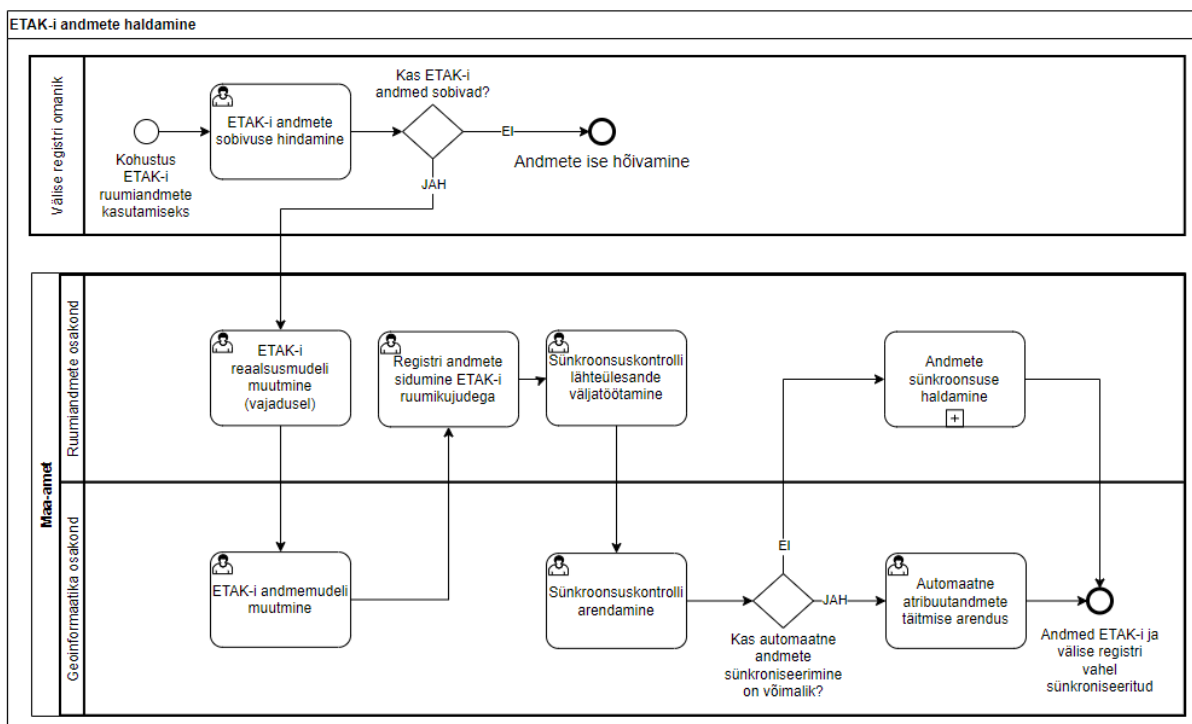
2.2. Eesti topograafia andmekogu tegevused

2.2.1. ETAK-i andmete haldamise protsess

Eesti topograafia andmekogu ehk ETAK-i eesmärgid on:

- ▶ Hallata ja korraldada kogu Eestit katvate topograafiliste ruumiandmete, toodete ja kaartide tootmist
- ▶ Varustada ühiskonda ajakohaste ja kvaliteetsete andmete, andmeteenuste ja kaartidega
- ▶ Varustada omavalitsuste andmekogusid topograafiliste ruumiandmetega
- ▶ Täita Euroopa Parlamendi ja Euroopa Nõukogu poolt Euroopa Ühenduse ruumiandmete infrastruktuuri rajamiseks välja antud direktiive

ETAK on ruumiandmete allikaks mitmetele teistele andmekogudele. Alloleval joonisel on kujutatud ETAK-i seoseid välise registritega.



Joonis 19. ETAK-i andmete haldamine

Ruumiandmete seaduse¹³ § 69 kohaselt on välise registri omanikul kohustus kasutada ETAK-i ruumiandmeid, kui andmehõivel või andmete kasutamisel tuleb lähtuda topograafilistest ruumiandmetest. Väline register hindab ise, kas ETAK-is olemasolevad andmed on neile sobivad ning rahuldavad nende vajadusi. ETAK-i andmete kasutamise kohustus sobivate andmete puhul on loodud eesmärgiga, et riigi ressursside eest ei toimiks topelt andmehõivet.

Kui ETAK-i andmed on välisele registrile sobilikud, siis tekitab Maa-amet loogilise vastavuse, et osapooled mõistaks antud nähtust ühtemoodi. Kui nähtusest on Maa-ametil ja välisel osapoolel erinevad arusaamad, siis muudab Maa-amet vajadusel ETAK-i realsusmuudelit ja andmemudelit. Sellele järgneb välise registri andmete sidumine ETAK-i andmetega ehk objektile (nt punkt, joon või pind) pannakse külge välise registri identifikaator. Selgemate objektide puhul toimub see automaatselt,

¹³ <https://www.riigiteataja.ee/akt/114032023039?leiaKehtiv>

kuid osadel juhtudel sekkub Maa-ameti töötaja, kes seob andmed ära käsitööna. Näiteks ei pruugi objekt olla välises registris ja ETAK-is samamoodi tükeldataud (nt kraav võib pikalt edasi minna, kuid eesvool võib ära lõppeda, eesvoolu lõppemise kohast tuleb siis kraav tükeldataud, et õigele osale saaks identifikaatori külge panna).

Kui välise registri andmed on seotud ETAK-i objektidega, siis toimub ETAK-is sünkroonsuskontroll, mis kontrollib, et ETAK-is olev objekt ja tema indentifikaator vastaksid välise registri andmetele. Juhul, kui sünkroonsuskontroll puudub, luuakse see. 2023. aasta seisuga on ETAK-il loodud automaatne sünkroniseerimine ADS-i, kohanimeregistri (KNR-i) ja EHR-iga, sest nende puhul on objektid ETAK-i omadega väga sarnased. Automaatset sünkroniseerimist on katsetatud ka teeregistriga, kuid nende andmestik on vananemas ja andmed võrreldes ETAK-iga niivõrd erinevad, et ei nähtud võimalust automaatse sünkroniseerimise loomiseks. Teiste välise registritega 2023. aasta seisuga automaatne sünkroniseerimine puudub. Sellisel juhul tehakse see käsitööna ruumiandmete osakonna halduri poolt, kes teeb käsitsi vastavad parandused ning loob ETAK-is sünkroonsuse. Samuti on paika pandud reegel, et ETAK-i pädevus on määrata ainult ruumikujusid. Näiteks aadressi määramisega peab tegelema ADS-i vastutaja. Kui ADS-is ja ETAK-is on aadressiandmed erinevad, siis ETAK-i jaoks on tõeliseks ADS. Lõpptulemusena on välise registri ja ETAK-i vahelised andmed sünkroniseeritud.

ETAK-i andmestik

ETAK-i andmeid kasutavad näiteks Keskkonnaagentuuri Eesti looduse infosüsteem (EELIS) ja Põllumajanduse- ja Toiduameti (PTA) maaparandussüsteemide register. ETAK-is on 2,5D-andmestik, mis tähendab, et erinevatel ruumiobjektidel on kõrgusinfo olemas (nt hoonetel räästa kõrgus), kuid puudub informatsioon katuse kuhu kohta. Sisuliselt toimub ETAK-i andmete kaardistamine 3D-keskkonnas, kuid andmete ajakohasuse tagamiseks ei ole hetkel olemasoleva tehnoloogilise lahendusega 3D-andmete tootmine piisavalt kiire. Seetõttu piirduakse hetkel ka vaid 2,5D-andmete tootmisega. Kombineerides ETAK-i 2,5D-andmeid teiste andmestikega (nt maapinna mudeliga, ALS-punktipilvega), on võimalik tuletada 3D-andmestik.

ETAK on ruumiandmete allikaks mitmetele teistele andmekogudele, mistõttu on oluline, et ETAK-i 3D-võimekus oleks piisav, et tagada kvaliteetne andmestik kõikidele ruumiandmete kasutajatele nii avalikus kui ka erasektoris. See aga nõuab suuri kulutusi, mis hõlmavad kompetentsi arendamist, töökoha riistvara ja litsentsi maksumust ning tööjõukulu. Seetõttu on oluline, et 3D kasutuselevõtuga paralleelselt rakendatakse masinõpet ja tehisintellekti. Tehisintellekti abil on võimalik operaatori tööd kiirendada 1,5-2 korda. Väiksem kasu tehisintellektist on piirkondades, kus andmed on vanad ja ebatäpsed.

Samuti raskendab tehisintellekti kasutuselevõttu liiga kõrge ALS-andmestik või madala eraldusvõimega ortofoto. ETAK-i andmemudel ning sealne andmestik ei ole täna sobilik 3D-analüüside teostamiseks, sest andmeid on vähe ning analüüsid nõuavad palju käsitööd ja teiste andmestike kaasamist.

2.2.2. ETAK-i andmete haldamisel kasutatavad tehnoloogilised lahendused

ETAK-i vektorandmed on sisendiks teistele registritele ja andmekogudele ning nende alusel koostatakse kaardirakenduste hübriidi ja aluskaarti, mistõttu on andmete kvaliteet ja ajakohasus võtmetähtsusega. ETAK-i andmete tootmisel ja uuendamisel kasutatakse aerofotosid, maapinna ning maakatte kõrgusmudelit, erinevaid kõrgusandmetuletsi, varjutuspilte ja kaldaerofotosid. Andmete tootmine toimub eraldi toodangu andmebaasis, selleks kasutatakse ArcGISi tarkvara¹⁴ ning spetsiaalseid stereokaardistamise tööjaamasid. Andmeid hallatakse keskses Esri ArcSDE andmebaasis. Andmete uuendamine toimub suures osas käsitsi, mistõttu on uuendamise ja asukohatäpsuse paranemise tsükkel aeglane. Muudatuste ning uute ja hävinud objektide

¹⁴ Kasutusel versioon 10.4

tuvastamiseks kasutatakse eelkõige visuaalset võrdlust aerofotoga, aga ka geoanalüüsi tööriistu, väliseid andmebaase/registreid ja andmekihte. ETAK on liidestatud seitsme erineva registriga (aadressiandmete süsteem, kohanimeregister, teeregister, Eesti looduse infosüsteem, kultuurimälestiste register, ehitisregister ja maaparandussüsteemide register), et pakkuda teistele registritele ruumiandmeid, rikastada ETAKi andmestikku ning lihtsustada objektide tuvastamist. ETAKi andmebaas sisaldab ca 4,8 miljonit objekti, mille käsitsi uuendamine on väga aeganõudev. Selleks, et andmestiku ajakohasus vastaks riigi ja avalikkuse ootustele, uuendatakse mõnda andmekihti igapäevaselt (nt hooned) ning mõnda vajaduspõhiselt, näiteks registrite koostöös (nt teed, vooluveed, kõlvikud).

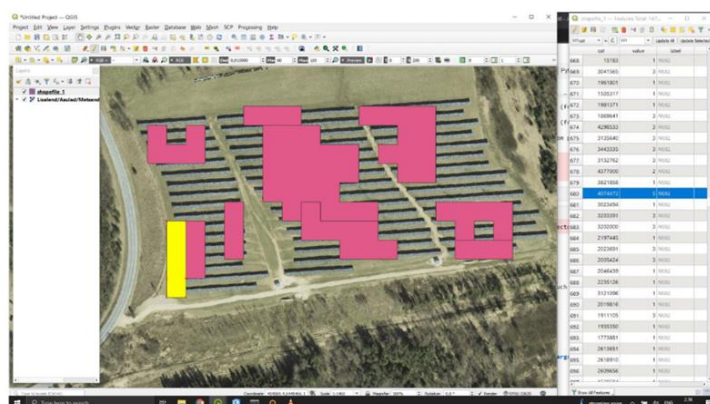
Andmekvaliteedi tagamiseks kasutatakse erinevaid ArcGISi tarkvara tööriistu, nagu atribuutide domeenid, topoloogiakontrollid ja eeldefineeritud mallid objektide sisestamiseks. Metaandmete lisamine on automatiseeritud, et vähendada inimese poolt tehtavaid vigu. Lisaks tehakse kvaliteedikontrolli nii atribuutidele kui geomeetria. Kontroll on üles ehitatud nii, et selle tulemusel saadetakse asjakohasele e-mailile tekstipõhine raport probleemsetest objektidest, mis tuleb andmeparandajal käsitsi üle kontrollida ja parandada.

Tehisintellekt ei ole hetkel ETAK-i andmeuuendusel kasutusel (kuigi on kasutusel muudatuste avastamiseks). Lisaks ETAK-i andmetele sooviks Maa-amet leida AI-lahendusi ka ALS-andmete punktipilvede klassifitseerimiseks ning paranduste tegemiseks. Varasemalt on ALS-andmetel kasutatud TerraSolidi lahendusi.

Viimastel aastatel on Maa-amet uurinud AI kasutuselevõttu ja integreerimist tööprotsessidesse. AI rakendamiseks on katsetatud satelliidipiltidelt ning ortofotodelt objektide tuvastamist, kasutades ArcGISi platvormi ja tööriistu ning QGISi ja GitHubi avatud lisandprogramme.

Satelliidipiltidelt päiksepaneelide ja -parkide tuvastamiseks kasutati QGISi (Semi-Automatic Classification Plugin, dzetsaka) ja GitHubi vahendeid. Pikslisuuruse tõttu ei andnud see aga oodatud tulemusi. Täheldatud on töövahendite piiratust.

Lisaks on testitud ortofotolt objektide tuvastamist ArcGIS Pro keskkonnas, kasutades geoportaalis ArcGIS Living Atlas of the World leiduvaid eeltreenitud süvaõppemudeleid. Eeltreenitud süvaõppemudelite puhul on tugevuseks peetud nende pidevat uuenemist ja lisandumist ning lihtsat rakendamist. Päikseparkide tuvastamiseks on katsetatud sama geoportaali päiksepaneelide tuvastamise süvaõppemudelit ning järeltõtlust vigade eemaldamiseks ja lähedalasuvatest paneelidest päiksepargi polügoonide moodustamiseks. Tulemused on olnud rahuldavad ning neid on rakendatud ETAK-i päikseparkide kihi uuendamiseks (vt allolevad joonised).



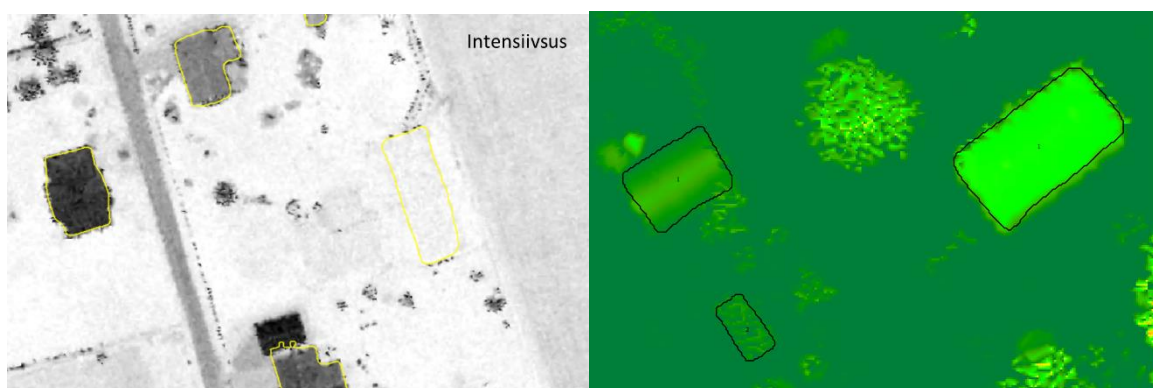
Joonis 20. Ortofotolt päiksepargi tuvastamise tulemus. Allikas: Maa-amet



Joonis 21. Eeltreenitud mudeliga päikesepargi tuvastuse sammud sisendist väljundini. Allikas: Maa-amet

Lisaks on katsetatud hoonete tuvastamise süvaõppemudelit, mis ei andnud rahuldavaid tulemusi. Eeltreenitud mudeli parendamiseks tehti peenhäälestus, rakendades Eesti andmetelt näidiseid, kuid saadud tulemused ei osutunud siiski rahuldavaks. Katse tulemusel nähakse hoonete tuvastamisel potentsiaali pigem nullist oma süvaõppemudelite treenimises, kasutades Eesti andmestikku. Uue süvaõppemudeli treenimisel on suurem vabadus kasutatava andmestiku ja eesmärkide osas. Sellest tulenevalt on katsetatud ArcGIS Pro vahenditega nullist süvaõppemudeli treenimist ja hoonete tuvastamist, kasutades Maa-ameti ortofotot ja ALS-punktipilvi. ALS-punktipilvede mudelisse lisamisega saab vähendada valepositiivseid tulemusi, fotolt tuvastatud hoonekontuur on suurema tõenäosusega hoone, kui ta ka ümbritsevast kõrguslikult erineb. Mudeli treenimine on aga ajakulukas - parameetrid valitakse katse ja eksituse meetodil ning analüüsi arvutusmaht on suur. Ühe tunniga tuvastatakse hooned 200 km² suurusel alal. Kevadise lennu alal hoonete tuvastamiseks kulub üle 60 tunni töötusaega.

Maa-ameti treenitud mudeli tulemused osutasid peale järeltöötlust oluliselt kvaliteetsemaks: Järva-Jaani kaardilehe näitel oli täpsus 94,5% ja Viljandi kaardilehel 89,4%. Treenitud mudelis oli valepositiivseid oluliselt vähem (umbes 100) võrreldes eeltreenitud mudeliga (umbes 400).



Joonis 21. Maa-ameti treenitud mudel võimaldas kõrgusandmestikku kasutades täpsustada vastavalt kõrgusele ja struktuurile, kas tegemist on päriselt hoonega. Allikas: Maa-amet

Siiski võib seda pidada liialt suureks veaks, kui arvestada, et Edela-Eesti katses teeb see hinnanguliselt juba umbes 100 000 valepositiivset juhtumit. Juhul, kui piirkonda poleks kaardistatud, oleks mudeli 90-95% täpsusest kasu, kuna praegu on aga 99% Eestist kaardistatud ja otsitakse 1% (ehk muutust),

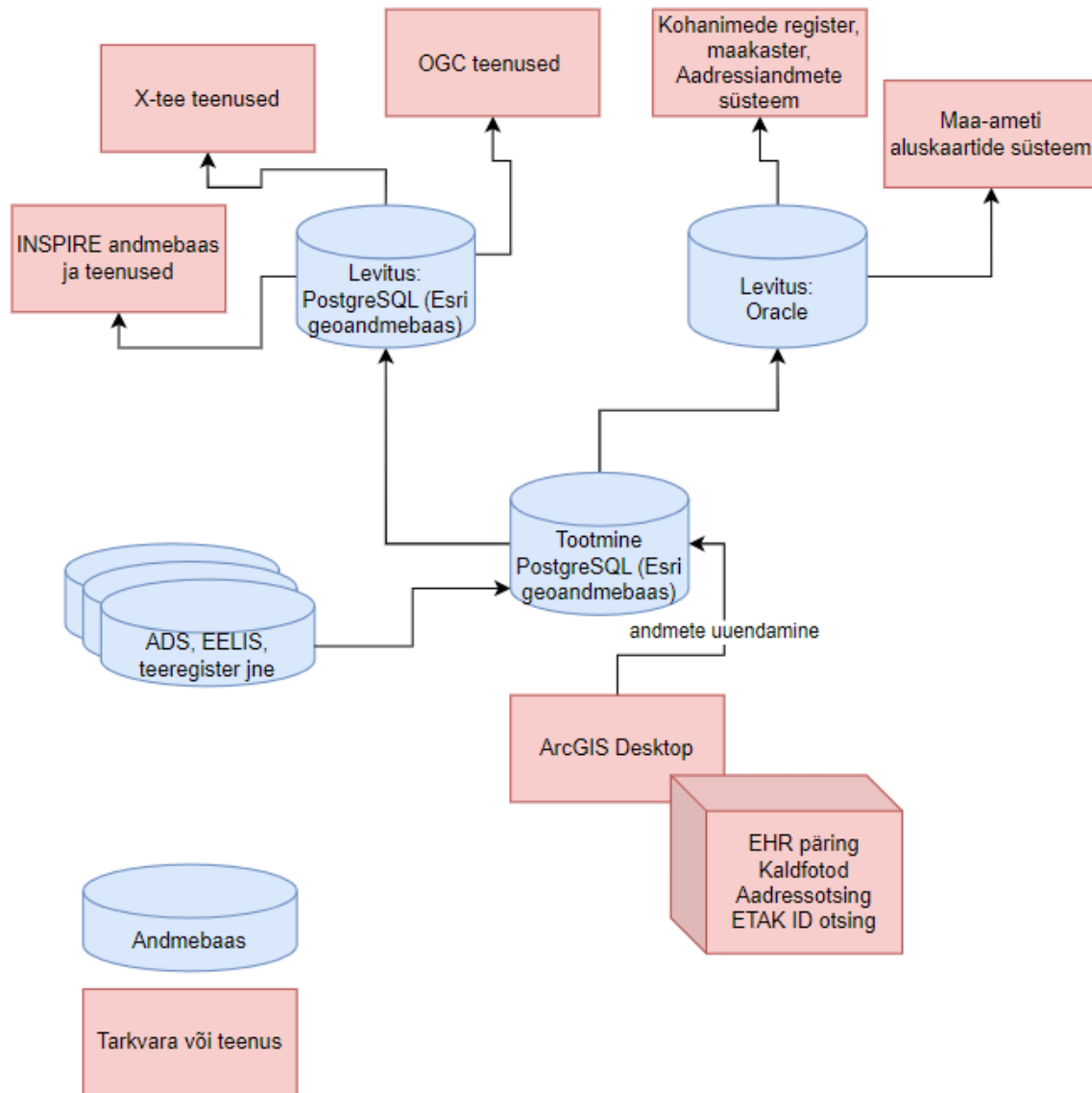
siis mudelid uuenduse tööjõudvajadust ei vähenda ega protsessi ei kiirenda: valepositiivsed ja -negatiivsed juhud vajavad omakorda tuvastust ning ülevaatusi.

Edaspidiseks katsetuste eesmärgiks on leida viise, kuidas muuta AI-lahendusi kvaliteetsemaks, saavutamaks 99% täpsus. Välja on toodud kõrgusobjektide vigade paranduse vajadus, võttes kasutusele tõese ortofoto. Täpsust võib parandada ka väiksem pikslisuurus ja suurem punktipilve tihedus. Veel tähtsustatakse riistvara võimekust, mis võimaldaks AI kasutuselevõttu ja ressursimahukaid analüüse. Sellest tulenevalt soovitakse vaadata ka pilvepõhise andmetöötluse poole.

AI kaudu muutuste tuvastamise eeskujuks peetakse Soomet, kus on jõutud 97,6% täpsuseni. Selle juures aga rõhutatakse, et AI eesmärgiks on töö efektiivsemaks tegemine, mistõttu senikaua, kui ei leita nõela heinakuhjast ja masin pole inimesest efektiivsem, pole lahendusest kasu. Maa-amet on ka välja toonud, et juhul kui 99% täpsuseni jõudmine osutub ebarealistlikuks või praegusest ressursikulukamaks, on mõistlikum praeguse stereoperaatorite ehk andmete käsitisi uuendamise lahenduse jätkumine.

ETAK-i andmete haldamise ja levitamise üldine arhitektuur

Andmeid hallatakse peamiselt standardses ArcGISi tarkvara raamistikus ja keskse andmebaasina kasutatakse tootmises Esri geoandmebaasi PostgreSQL platvormil. Andmete levitamiseks kasutatakse nii PostgreSQL (Esri geoandmebaas) kui ka Oracle'i baase. Andmete haldamise tööriistana on kasutusel nii ArcGIS Desktop kui ka sinna juurde arendatud spetsiaalsed lisandprogramme oma konkreetsete kohandatud töövoogude täitmiseks. Väline süsteem valib omale sobilikul kujul andmed vastavalt PostgreSQL või Oracle'i baasist.



Joonis 22. ETAK-i andmete haldamise ja levitamise lihtsustatud skeem

3D-andmete tootmine

ALS-i tulemusena saadud punktipilvest ning olemasolevatest ETAKi räästakontuuri ehk LOD0 kontuuridest luuakse MicroStationi platvormil töötava programmiga TerraScan DGN failiformaadis hoonete LOD2-mudelid. Seejärel konverditakse mudelid Esri tarkvaras kasutatavaks 3D-ruumikuju klassiks (*multipatch feature class*). Esri tarkvaras luuakse ruumikujudele vajalikud seosed ETAKi hoonetega ja lisatakse atribuudid (viited registritesse, laserskaneerimise aasta, metaandmed mõõdistamise ja modelleerimise aja kohta) lõppkasutajale arusaadaval kujul.

Tabel 9. 3D-kihid avalikus rakenduses. Andmed: Maa-ameti

Kiht	Objektiklass	Vaatamisteenus	Andmete kättesaadavus
Hooned LOD2	Multipatch	3D object	Geoportaal, AGOL-is (Esri ArcGIS Online-s) feature service (3301), SLPK (Esri Scene Layer Package), i3s (3301, 4326)

Hooned LOD1	Multipatch	3D object	Geoportaal, AGOL-is feature service (3301), SLPK, i3s (3301, 4326)
Kohtuhoone tekstuuriga (Tallinn)	Multipatch	3D object	AGOL-is i3s (3301)
Punktipilved	Point Cloud (LAS)	Point Cloud	Geoportaal (LAZ) kaardilehtede kaupa, AGOL-is SLPK, i3s (3301) tiheasustusaladel
Liikluskorralduslikud rajatised	Multipatch	3D object	Geoportaal, AGOL-is SLPK, i3s (3301, 4326)
Katusealused	Multipatch	3D object	AGOL-is SLPK, i3s (3301, 4326)
Elektrituulikud	Punkt	Point	AGOL-is SLPK, i3s (3301, 4326)
Taimkate (analüütiline)	Punkt	Point	AGOL-is SLPK, i3s (3301)
Taimkate (realistlik)	Punkt	Point	AGOL-is SLPK, i3s (3301)
Nõmme võrkudel	Mesh	Integrated Mesh	AGOL-is SLPK, i3s (3301)
Kõrgusudel	Raster	Elevation	Geoportaal kaardilehtede kaupa, AGOL-is SLPK, i3s (3301, 4326)

Uute LOD2-hoonete loomiseks on katsetatud mudelite kõrguste ja tahkude arvu võrdlemist, et välja selgitada parima kvaliteediga mudel. Praegu pole aga uusi mudeleid ulatuslikus mahus andmete puudumise tõttu loodud. Katsetusi on aga tehtud ligi 100 000 hoone peal Edela-Eesti hajaasustusaladel, millest on uuendatud umbes 10 000 hoonet ning 2022. aasta ülelennuga lisandunud hooned.

LOD1-mudelid on loodud LOD2 maksimaalsete kõrguste alusel. Kuna mõningatel ETAKi hoonetel puuduvad LOD2-mudelid (on kas liiga uued, pindalaliselt liiga väikesed vms), kasutatakse genereerimisel ka teisi meetodeid. Mudelid vormistatakse 3D-ruumikujudena.

LOD1-mudelite loomiseks kasutatakse tähtsuse järjekorras järgnevaid meetodeid:

1. LOD2 maksimaalne kõrguse
2. EHR API hoone kõrgusinfo
3. ALS-iga tuletatud hoone maksimaalne kõrgus
4. ETAK-is kaardistatud räästajoone kõrgus
5. Protseduuriliselt määramine
 - Tüüp 30 - 1 m
 - Hoone pindala alla 20 m² - 3 m
 - Tüüp 20 - 5 m
 - Tüübid 10, 40, 50 - 8 m

Sildade ja katusealuste LOD1-kujude loomiseks kasutatakse ETAK-is digitud väliskontuuri z-koordinaate. Katusealuste puhul uuritakse seost lõikuva hoonega ja kõrgusmudeliga, et välja selgitada, kas kuju saab edasi anda kõikide verteksite või vaid ühe abil. Sildade puhul hinnatakse seost kõrgusmudeliga: kas on võimalik kuju 3D-vaates edasi anda. Võimendamiseks (ehk 3D-objekti paksuseks) määratakse katusealuste puhul –0,5 m, sildadel –2 m ja tunnelitel maapinnani. Mudelid vormistatakse *multipatch*-idena.

Elektrituulikud on loodud ETAK-i kõrgusatribuudi alusel. Mudelid on punktobjektid, millele on antud kuju Esri 3D-sümboloogia galeriist.

Kõrgusmudeli jaoks mosaiigitakse DEM-kaardilehed (*digital elevation model* kaardilehed) kokku üheks DEM-iks ning luuakse kõrgusmudeli teenus ArcGIS Online'is.

Punktipilvede loomiseks teisendatakse LAZ-formaat LAS-formaadiks FME-ga ning luuakse punktipilve *package*-id valitud asulates.

Taimkatte loomiseks genereeritakse R-i programmeerimiskeele lidR-i paketti kasutades madallennu punktipilvest CHM-mudel (*canopy height model*), millele rakendatakse puuvõrade tuvastamise algoritmi. Määratakse geomeetriselised filtrid puuvõra objekti kõrguse, pindala ja kompaktsuse alusel ning filtreeritakse erinevate ETAK-i nähtusklasside abil välja tuvastatud puud, mis on tõenäoliselt tehisobjektid. Puuvõra tsentrid märgitakse punktobjektina, millele antakse vastavalt kõrgusele 3D-kuju Esri 3D-sümboloogia galeriist. Tulemusena on kättesaadavad analüütilise ja realistiku 3D-visualiseeringuga puudekihid. Analüütilised mudelid kasutavad lihtsamaid geomeetrisi kujundeid, realistlikud on veidike sarnasemad looduslikele puudele. Lisaks omistatakse leitud puudele ka puude klass (okas- või lehtpuu) kasutades ESTHubi Sentineli NDVI-andmestikku. Taimkatet tuvastatakse hetkel vaid aastatel 2020–2022 lennatud asulates.

Peamine andmetöötlus kõikide 3D-andmete töötlemiseks käib Esri tarkvaraga (ArcGIS Pro 3.0) ja automatiseerimiseks ArcPyga (Python 3.7 ja 3.9). Väiksemad katsetused ja tööloigud on tehtud vabavaraliste GIS-tööriistade või FME-ga.

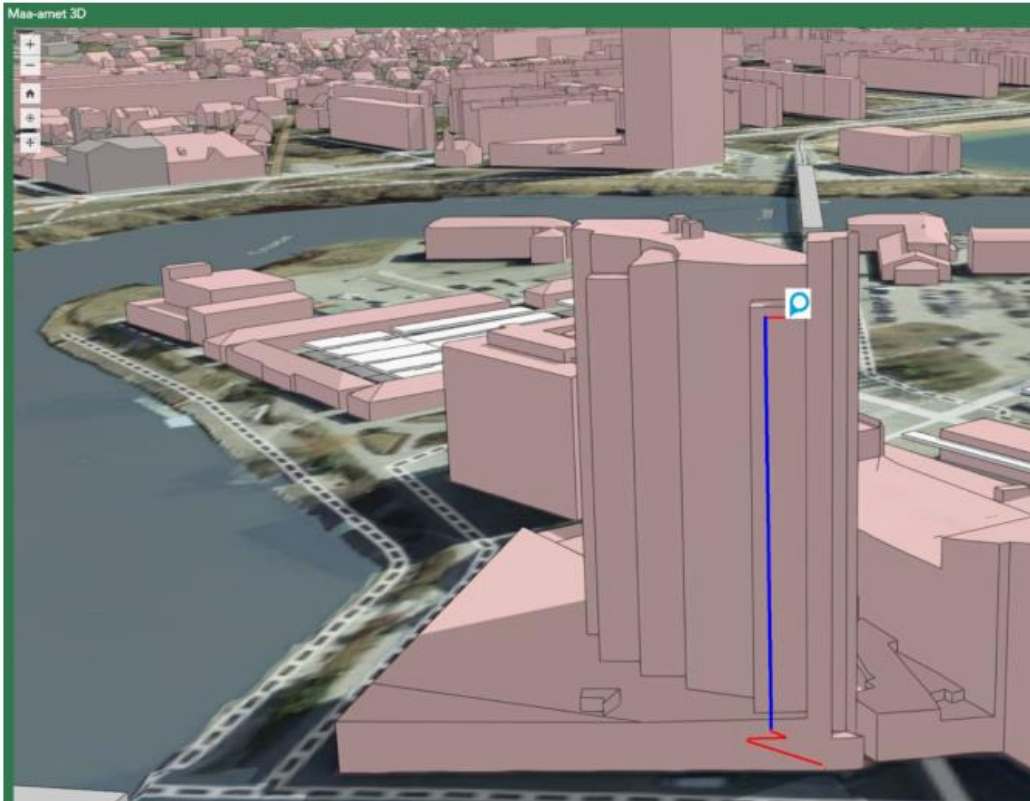
Praegune 3D-andmete (hoonete, rajatiste, maapinna ja loodusobjektide mudelid) tootmise esmane lahendus loodi prototüübina 2021. aastal ALS-punktipilve ja ETAK-i hoonete kontuuride põhjal. Mudeldamine toimus küll automatiseeritult, kuid automatiseerimata on muudatuste tuvastamine ja selle alusel mudelite uuendamine. Vajalik on uuendada ka ETAK-i andmemudelit. Näiteks on andmemudelis eristamata seinad ja katuse pinnad ning hoone muud osad. Kuigi hoonete mudeldamisel kasutatakse lisaks ETAK-i räästakontuuridele ka EHR-i soklikontuure, siis tihti esineb probleem, et andmebaasides dubleeritud ruumikujud pole omavahel kooskõlas. Samuti on oluline säilitada ja kasutajasõbralikumaks muuta edaspidi ka 3D-andmete manuaalset mudeldamist, sest ainult automatiseeritud mudeldamine ei taga alati soovitud kvaliteeti.

2.3. Aadresside, kohanimed ja huvipunktide 3D-andmed

Kaardistamise ja ruumiandmete töötlemise juures on olulisel kohal ka teised riiklikud registrid (nt EHR, teeregister, planeeringute andmekogu). Kõige olulisemad on aga aadressi- ja kohanimed andmed, mis asuvad Maa-ameti hallatavates ADS-i, KNR-i ja POI andmebaasides. ADS-i, KNR-i ja POI süsteemide uuendamiseks ja ühildamiseks on 2023. aasta esimeses pooles valminud AKSi ärianalüüs¹⁵. Analüüsi käigus tuli välja ka vajadusi 3D-andmete töötlemiseks ja visualiseerimiseks. Üldistatult jagunesid AKSi ärianalüüsist selgunud vajadused kahte gruppi:

¹⁵ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Aadressiandmed/ADS-iga-liidestumine/AKS-arianaluus-p899.html>

- ▶ Ligipääsetavusega seotud andmete kasutamise vajadus - erinevate valdkondade spetsialistid (nt politsei, pääste, häirekeskus, riigikaitse) soovivad AKS-i kaudu saada andmeid aadressil olevate ligipääsetavuse andmete kohta (nt hoone korruselisus, ukse või värava asukoht, trepikoja informatsioon, lifti olemasolu, sissepääsu või sissesõidu informatsioon). Nimetatud lisainformatsioon on nii andmeliselt kui ka kaardivaates oluline, et tagada huvitatud osapooltele täpne ja ajakohane informatsioon operatiivtööde edukamaks läbiviimiseks.
- ▶ Andmeobjektide kasutamise vajadus kolmemõõtmelisena - tulevikulahenduses võimaldab otsida AKS rakenduse kaudu kaardilt aadressi-, kohanime- ja huvipunktide objekte ning vaadata neid kaardirakenduse kaudu kolmemõõtmelisena (lisaks 2D-vaatele). Kaugemas tulevikus võib tekkida vajadus vaadelda kolmemõõtmelisi andmeid ka näiteks liitreaalsuse abil.



Joonis 23. Näide ligipääsetavusest Positiumi kontoris Maa-ameti 3D-kaardil. Allikas: AKS-i analüüs

Eelnevalt nimetatud 3D -vajaduste ja -funktsionaalsuste teostamiseks on vaja teha loodavas AKS-is järgmised põhimõttelised sammud:

- ▶ Andmemudeli täiendamine - andmetabelites peab olema loodud võimalus kõrgus- ja ligipääsetavusandmete haldamiseks. Nende andmete hõive ja haldus toimib sarnaselt hetkel kasutatavate atribuutidega. Andmemudeli muudatuste puhul on oluline arvestada INSPIRE direktiivist tulenevate nõuetega.
- ▶ Andmeobjektide täiendamine - ruumiandmete esitamiseks kolmemõõtmelisena on oluline otsustada, milliseid andmeobjekte on vaja täiendavalt koguda ning hoida süsteemi sees, et parandada ligipääsetavuse info kasutamist teenustes. Koos täiendatud andmemudeligal on võimalik kuvada kolmemõõtmeliste punktide, joonte või pindade olemasolul kaardirakenduse kaudu keerulisemat ruumilist pilti.
- ▶ 3D-objektide täiendamine - ruumiandmed peavad olema visualiseeritavad, et luua kolmemõõtmeline realistlik kujutis ruumist ja selle objektidest. Näiteks otsides korteri aadressi, näeb kaardil kolmemõõtmelise korteri kujutist kolmemõõtmelise maja sees. See eeldab, et

rakendus on liidestatud väliste süsteemidega (nt EHR, ETAK), kust on võimalik pärida andmeid ning kasutada neid kaardil kuvamiseks.

- ▶ Andmete kvaliteedi tagamine - kolmemõõtmeliste andmete korral muutub oluliseks täiendavate kontrollireeglite lisamine ja nende jälgimine. Näiteks on oluline eristada objekti absoluutset ja suhtelist kõrgust.

Ärianalüüsi raames tuleb arvestada AKS-i analüüsist välja tulnud vajadustega, mis on seotud kolmemõõtmeliste andmetega. Selle jaoks on oluline, et Geo3D projekti tulemusena on loodud tehniline lahendus, mis võimaldab andmehõive käigus koguda kolmemõõtmelisi andmeid ning neid hallata ja töödelda. Hallatavaid 3D-andmeid peab olema võimalik kuvada lõppkasutajale AKS-i avaliku rakenduse (sh kaardirakenduse) kaudu.

2.4. Geoloogilised 3D-andmed

2.4.1. Ehitusgeoloogiliste andmete teke ja kasutamine

Ehitusgeoloogiliste uuringute läbiviimine on reguleeritud ehitusseaduse alusel kehtestatud majandus- ja taristuministri 24. aprilli 2015. aasta määrusega nr 32 „Ehitusgeoloogilisele uuringule esitatavad nõuded“, mis sätestab, et ehitusgeoloogilise ehk geotehnilise uuringu läbiviimise eesmärk on koguda ehitise planeerimiseks, projekteerimiseks ning ehitamiseks vajalikke andmeid pinnasekihtide ja maapõue kohta.

Uuringuga kogutakse andmeid ehitise projekteerimise tarbeks ehitusaluse pinnase, pinnasevee ja muude maasiseste mõjurite kohta. Samuti selgitatakse uuringus välja projekteerimise seisukohalt olulised pinnaseomadused ning hinnatakse nende normväärtuseid, mis on vajalikud geotehniliste arvutuste tegemiseks. Selliseid uuringuid tehakse teede, raudteede, hoonete, tööstusehitiste, tehnovõrkude ja muude rajatiste ehitamiseks või rekonstrueerimiseks.

Ehitusgeoloogilised tingimused ei ole igal pool ühetaolised. Varasemate uuringuandmete (kaevandid ja puuraugud) põhjal (kui selliseid on läheduses tehtud) võib üldjoontes prognoosida geoloogilist lõiget mingis asukohas. Kui on olemas usaldusväärsed andmed geoloogilise ehituse, pinnaseomaduste ja pinnaseveeolude kohta ning geotehnilise projekteerimise kogemus, on võimalik lihtsat ja kergemat ehitist projekteerida ka ilma pinnaseuuringuta. Kvaliteetsem eelinfo ja olemasolevad andmed aitavad täpsemalt edasist uuringuvajadust kaaluda.

Eeluuring tehakse võimalusel varasemate andmete analüüsimisega, mille käigus kasutatakse arhiivimaterjale ja geoloogilisi kaarte. Ehitusgeoloogiliste uuringute puhul on uuringuala määratud tulevase ehitise asukohaga. Ehitusgeoloogia andmekogust (varasema nimega ehitusgeoloogia fondist) võetakse andmed, mis sisaldavad täpsemat infot varasemate uuringute kohta. Kui on olemas kaasaegsed, hiljutised uuringupunktide andmed, siis kasutavad ettevõtted neid enne ehitusgeoloogilise uuringu tegemist. Taustainfoks kasutatakse kõiki saadaolevaid andmeid, st ka vanemaid uuringuaruandeid ja geoloogilist kaarti. Ehitusgeoloogia andmekogu detailandmete vaates on esitatud täpsem info aruande kohta ja aruande PDF-failid. Ehitusgeoloogia kaardirakendus esitab uuringuaruannete alad ja lingi detailandmete vaatesse. Ehitusgeoloogia andmekogu aruannetes on paljude uuringupunktide kohta olemas näiteks varasemate uuringupunktide keemiliste ja füüsikaliste analüüside jms detailinfo, mida masinloetaval kujul või kaardirakenduses kuvatavate andmetena varasemate uuringupunktide kohta ei ole. Täiendavalt on võimalik kasutada geoloogiliste uuringute aruannete alade infot, mille kaudu jõutakse geoloogiafondis hoitavate aruannete andmeteni.¹⁶

Eeluuring võimaldab hilisema põhiuuringu sisu ja mahtu säästlikumalt kavandada. Põhiuuringu eesmärgiks on usaldusväärseks ja ökonoomseks projekteerimiseks vajalike algandmete hankimine, otstarbeka ehitusmeetodi valikuks vajaliku info hankimine ja võimalike ehitustöid raskendavate asjaolude väljaselgitamine. Geotehnilises väliuuringus ehk põhiuuringus teostatakse uuringupunktides visuaalset vaatlust, puurimist, šurfimist, pinnase ja veeproovide võtmist, laboriteimide tegemist, pinnase välikatseid ning erinevaid mõõtmisi (vahekaugused, kõrgused, veetaseme sügavused jms). Kogutakse geoloogilisi andmeid: näiteks millised on setted ja kivimid (lubjakivi, savi jms), mis on kihi paksus ja mis sügavusel need paiknevad (võrreldes merepinnaga ja lähtepinnaga). Osade uuringupunktide kohta tehakse ka laboratoorsed uuringud, et määrata andmed setete ja kivimite tugevuse ja muude asjakohaste näitajate kohta. Selleks talletatakse andmeid analüüsipunktide sügavuse kohta ja määratakse erinevate füüsikalise-keemiliste parameetrite alusel kivimi kvaliteet ehitusgeoloogilisest vaatepunktist.

¹⁶ <https://fond.egt.ee/fond>

Kameraalses etapis toimub väliuuringu ja laboriteimide tulemuste andmetöötlus ning analüüsimine, mille põhjal koostatakse geotehnilise uuringu aruanne, kuhu lisatakse kõik edasiseks geotehniliseks projekteerimiseks vajalikud andmed. Kasutatakse nii olemasolevaid puuraukude andmebaase, ehitusgeoloogia andmebaasi kui ka Eesti Geoloogifondi materjale. Määruse nr 32 alusel tuleb uuringu tulemus vormistada aruandena, mis koosneb seletuskirjast ja lisadest (nagu joonised, plaanid, tabelid). Sageli teevad uuringu läbiviijad uuringu tulemustest ka 3D kuvamise võimekusega faili. Uuringuandmete töötamiseks ja aruannete vormistamiseks kasutatakse näiteks CAD-tarkvara ja uuringupunkti andmed talletatakse DWG, DGN ja teisi failitüüpe kasutades. Vormistusele pole kehtestatud ühtseid nõudeid ja igal uuringuettevõttel on oma väljatöötatud tava ehitusgeoloogilise uuringu aruande vormistamiseks. Näiteks Transpordiametis on koostatud geotehniliste uuringute juhiseid, mille alusel uuringuid tellitakse.

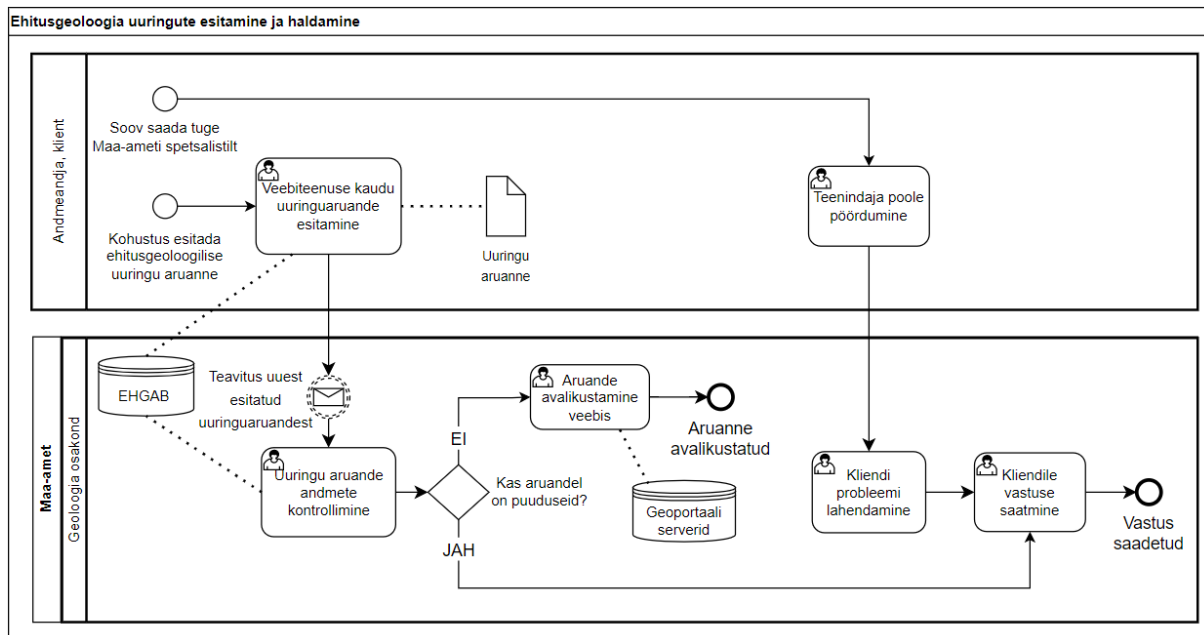
Uuringuaruanne peab sisaldama vähemalt uuringu maa-ala piiritlust; uuringu tegemise aega; uuringu teinud isiku andmeid; uuringu teinud isiku poolt konkreetse uuringu eest vastutavaks määratud pädeva isiku nime ja andmeid ning kaasatud isiku nime; uuringu tellija andmeid; maa-ala plaani uuringupunktide asukohtade ja suudmete kõrgustega ning koordinaatidega kehtivas geodeetilises süsteemis; standardkohase uuringu tegemisel viidet standardile, millele vastavalt on uuring tehtud; uuringu meetodika iseloomustust ja uuringumahte; täpseid viiteid varasematest uuringutest kasutatud andmete sisu ja mahu kohta; kõigi kaevandite kirjeldusi, välikatseid ja laborimäärangute üksiktulemusi; uuringu tulemustest johtuvaid järeldusi ja soovitusi koos põhjendusega; uuringu tulemuste saajatele üle antavate dokumentide loetelu ja väljastusviisi.

Ehitiste planeerimiseks ja edukaks teostamiseks on vaja tõest ja väga täpset infot asukoha geoloogia kohta. Arendajad ei saa alati usaldada olemasolevaid ehitusgeoloogiliste uuringute andmeid. Varasemate uuringute andmekvaliteedi probleemid võivad tuleneda sellest, et varasemad uuringud ei ole tänaste uuringute kvaliteedile (täpsus, sügavusse minemine jms) piisavalt lähedased. Tänapäevaste andmete alusel on teatud piirkonnad Eestis väga hästi läbi uuritud, uuringupunkte on väga palju ja andmeid on piisavalt, nii et uuringupunktide vahelistele aladele andmete ülekandmine (vahepealse uurimata piirkonna modelleerimine) on asjakohane. Piirkondades, mis on aga vähem uuritud, kus punktid on väga hajusad, võib modelleerimine olla väga suure veaprotsendiga. Vähem uuritud piirkonnad on sellised, kus ehitiste ehitamise huvi on väiksem, mistõttu uuringupunktide andmete juurdetekkimine on aeglane. Sellised on näiteks paljud Lõuna-, Kesk- ja Lääne-Eesti piirkonnad. Samas Ida-Virumaal ja Harjumaal, kus on punkte palju ja kihistud homogeenised, on vähem geoloogiliste struktuuride katkemisi ning ürgorud on suhteliselt hästi tuvastatud, mistõttu modelleerimise veaprotsent on suure tõenäosusega väiksem. Andmete kasutajate jaoks on oluline, et usaldusväärsusega seotu on hästi selgitatud, sealhulgas on olulised usalduspiirid. Andmete kasutajale peab olema arusaadav, et uuringupunktide eemale jääva ala geoloogia andmed võivad olla veaprotsendiga sõltuvalt modelleerimisel aluseks võetud alusandmete hulgast, piirkonna geoloogiliste kihtide muutlikkusest, uuringupunktide kaugusest ja uuringute läbiviimisel kogutud andmete kvaliteedist.

2.4.2. Ehitusgeoloogiliste uuringute esitamise ja haldamise protsess

Ehitusgeoloogia andmebaas (edaspidi EHGAB) loodi geotehnika komisjoni töö tulemusena 1964. aastal tollase Ehituskomitee juurde territoriaalse fondina ehitusgeoloogiliste, geotehniliste ja geotehnilise kontrolli alaste uuringutulemuste säilitamise, süstematiseerimise ja korduvkasutamise eesmärgil. Tänapäevaks on EHGAB-is ligikaudu 40 000 ehitusgeoloogilise uuringu aruannet. EHGAB-i ülesanne on varustada projekteerijaid, planeerijaid, ehitajaid, teadlasi, maaomanikke, kinnisvara hindajaid ning keskkonnakaitse spetsialiste ehitusuuringu teabega. Ehitusgeoloogia andmekogu aruanded avalikustatakse ehitusgeoloogia kaardirakenduse kaudu. Kaardirakendusest on võimalik leida, kas huvipakkuva ala kohta on tehtud uuringuid, ning nende olemasolul välja otsida aruannete elektroonsed koopiad või pärida uuringute esmaseid andmeid. Kaardipildil on näha tehtud

tööde asukoht, kuid aruannete leidmiseks on võimalik kasutada ka otsingut. Alloleval joonisel on välja toodud ehitusgeoloogia uuringute esitamise ja haldamise protsess.



Joonis 24. Ehitusgeoloogia uuringute esitamine ja haldamine

Ehitusgeoloogilisi uuringuid teostavad vastavat pädevust omavad ettevõtted, kes on esitanud majandustegevuse registrisse majandustegevuste ehitusuuringute tegevusalal. Eestis on ligikaudu kümme ettevõtet, kes Maa-ametit ehitusgeoloogiliste andmetega varustavad. Ehitusgeoloogilisele uuringule esitatavate nõuete määruse¹⁷ § 3 kohaselt on ehitusgeoloogilise uuringu teostajal kohustus esitada aruanne nii ehitisregistrile kui ka Maa-ametile. Praktikas kõik uuringute teostajad oma aruandeid Maa-ametile ei esita, kuna soovivad müüa oma uuringuid rohkematele klientidele. Kuigi määruse kohaselt on kõigil kohustus uuringuaruandeid esitada, siis esitamata jätmise korral puudub määruses ettekirjutuse ja trahvimise õigust sätestav paragrahv. Samuti nõuab säte topelt andmete esitamist, mis on vastuolus avaliku teabe seaduse § 43¹ lg-ga 3, mis sätestab andmete ühekordse küsimise põhimõtte. See tähendab, et ettevõtjad ei peaks riigiasutustele edastama sama informatsiooni rohkem kui üks kord. Kooskõlas andmekaitseõuete ja muude piirangutega vahetavad riigiasutused omavahel infot.

Ehitusgeoloogilise uuringu aruannet on teostajal võimalik esitada Maa-ameti kodulehe kaudu, täites selleks ettenähtud vormi¹⁸ ning lisades juurde uuringu tulemust kirjeldavad dokumendid PDF-kujul. Mitte ükski riigiasutus täna masinloetavaid ehitusgeoloogilisi andmeid ei kogu ega esita, sest määrus seda ette ei näe.

Peale uuringuaruande esitamist läbi Maa-ameti portaali näeb Maa-ameti töötaja üles laetud aruannet. Seejärel kontrollib Maa-ameti töötaja failide asjakohasust, uuringu koordinaate ja muid esitatud andmeid, ning aruande andmetele lisatakse uuringuala ruumikuju. Järelevalvet uuringu läbiviimise üle Maa-amet ei teosta. Kui aruandes ilmseid puuduseid ei esine, siis salvestatakse uuringu andmed andmebaasi ning avalikustatakse kaardirakenduse kaudu. Üldjuhul on kõik uuringuaruanded avalikud, kuid mõningatel juhtudel võivad aruanded olla ka salastatud (näiteks riigikaitsealistel põhjustel). Salastatud uuringuid hoitakse Maa-ameti andmebaasis ning neid on võimalik kätte saada, pöördudes Maa-ameti poole. Juhul, kui aruande esitamisel esineb puudusi (näiteks uuringuala või puuraukude

¹⁷ <https://www.riigiteataja.ee/akt/128042015012>

¹⁸ <https://www.maaamet.ee/egf/index.php?lht=uus>

koordinaadid on valed või on esitatud mitteasjakohased failid), siis võtab Maa-ameti töötaja uuringuaruande esitajaga e-posti teel ühendust ning palub puudused kõrvaldada.

Üldiselt saavad aruannete esitajad ja kliendid oma toimingud tehtud iseseisvalt e-teenuse kaudu. Mõningatel juhtudel soovib aruande esitaja või klient pöörduda oma küsimusega Maa-ameti poole, kes pakub e-teenuse juures kasutajatuge. Järgnevalt on toodud loetelu põhilisematest pöördumistest:

- ▶ Klient ei leia otsitavat uuringuaruannet
- ▶ Uuringu failid ei ole loetavad ning palutakse need välja vahetada
- ▶ Kliendil on soov tulla Maa-ametisse kohapeale lugema paberaruannet
- ▶ Muud tehnilised probleemid (Maa-ameti leht ei avane jm)

Pöördumised on tavaliselt telefonikõned või e-kirjad ning Maa-ameti töötaja tegeleb küsimuste lahendamisega jooksvalt teiste tööülesannete kõrvalt.

Seos ehitisregistriga

Ehitusgeoloogiliste uuringute seos EHR-iga on ainult õiguslik. Ehitusseadustiku¹⁹ § 14 alusel antud määruse²⁰ kohaselt tuleb uuringuaruanne esitada elektrooniliselt nii Maa-ametile kui ka EHR-ile 10 päeva jooksul alates uuringuaruande valmimise päevast. Nagu eespool kirjeldatud, ei esita praktikas kõik uuringute teostajad aruandeid Maa-ametile. Sellega seoses on Maa-amet teinud ettepaneku muuta ehitusseadustikku, et eemaldada dubleeriv aruande esitamine ning lisada seadusesse ettekirjutuse ja trahvimise võimaluse paragrahv, et tagada aruannete täielik esitamine. Antud ettepanekut tänaseks ellu viidud ei ole.

EHR-is pole välja arendatud ehitusgeoloogiliste uuringute jaoks spetsiaalset teenust, vaid neid aruandeid esitatakse ehitusprojektide koosseisus ning mitte väga süsteemselt. Samuti ei jõua EHR-ile esitatud uuringute aruanded süsteemselt Maa-ametini. Küll aga toimub infovahetus teistpidi: Maa-amet saadab EHR-ile WFS-teenusega uuringu andmed, kustkaudu saab EHR informatsiooni uuringualade kohta. Samuti kasutab EHR Maa-ameti avalikke andmeid läbi kaardirakenduse.

Tulevikuvaates ei nähta mõtet aruannete esitamist ja haldamist Maa-ametis ja EHR-is dubleerida. Kuna EHR-is puudub vastav võimekus ning Maa-ametil on see olemas, siis on loogiline, et tulevikus toimuks kõikide ehitusgeoloogiliste uuringute aruannete haldamine Maa-ametis. Selle jaoks on vajalik vaid eespool mainitud seadusemuudatus.

2.4.3. Geoloogiliste andmete tehnoloogilised lahendused

Geoloogilised andmed saabuvad Maa-ametisse süsteemselt maavarauuringute ja ehitusgeoloogiliste uuringute andmetena. Maa-amet ise geoloogilisi andmeid välitöödega ei tooda. Täiendavalt lisatakse andmebaasidesse erinevates teadusprojektides avalikustatud geoloogilisi andmeid (nt ülikoolide uuringud ja Eesti Geoloogiateenistuse kaardiandmed). Kõik eeltoodud andmed on visualiseeritud ja avalikustatud avaandmetena Maa-ameti geoportaalil. Praegused Maa-ameti geoloogilise kaardi visualiseerimise teenused kujutavad 2D-kaarte, maapõue läbilõikeid joonistena ja kaardistuseks kasutatud andmepunktide andmeid. Geoportaalil on kättesaadavad geoloogiline baaskaart 1 : 50 000, maavarade register, ehitusgeoloogia andmekogu, puursüdame andmebaas, põlevkivi altkaevandatud alad, geoloogilised kaardid 1 : 400 000, geoloogiafondi aruannete alad, määrusega kinnitatud kaevandamiseks sobivad turbaalad, rikutud ja korrastatavad turbaalad. Kõik eelnev on punktide, joonte ja polügoonidena visualiseeritult nähtav ka X-GIS 2 kaardirakendustes.

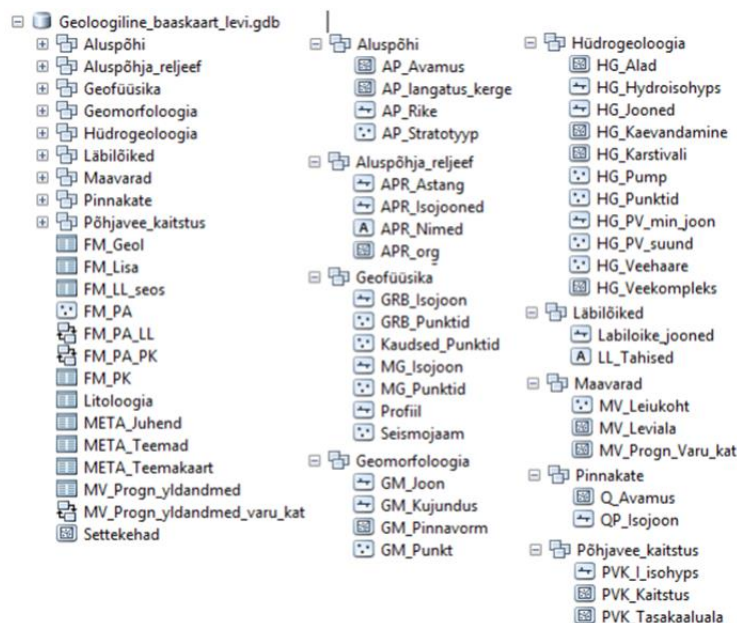
¹⁹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001?leiaKehtiv>

²⁰ <https://www.riigiteataja.ee/akt/128042015012>

Maapõue kohta annavad olulist teavet puursüdamikud. Puursüdamike andmebaas sisaldab Eesti geoloogilise baaskaardi andmepunktide infot, sealhulgas riigi omandis olevate puursüdamike (~ 25 000 kasti) ja neist võetud proovide kirjeldusi ning fotosid. Puursüdamike andmebaas põhineb MySQLi tarkvaral. Andmetabelid sisaldavad erinevaid puursüdamikke puudutavaid parameetreid. Asukoha andmeid x-, y-, z-koordinaatidega ning puursüdamiku sügavuse informatsiooni sisaldab tabel „pa“, puursüdamike erinevate geoloogiliste kihistute sügavused ja paksused on talletatud tabelis „geol“. Koordinaadid, kihistute paksused ja sügavused võimaldavad ka puursüdamike asukoha ning kihistute lokaliseerimist ja visualiseerimist.

3D-modelleerimise puuraukude andmete põhjal teeb keerulisemaks aga see, et paljudel puursüdamikel on osad vahemikud kirjeldamata ning osad parameetrid (näiteks asukoht) ebaselged. Nii puursüdamike kui kõigi teiste geoloogiliste uuringupunktide andmete kasutamisel 3D-mudeldamiseks tuleb arvestada andmetike eripärade ja hinnata andmete usaldusväärsust.

Geoloogiliste kaartide (mõõtkavas 1 : 400 000) andmekihid aastatest 1997-2006 on alla laaditavad formaatides Esri SHP, Esri MPK ja MapInfo TAB. Samades formaatides on saadaval ka geoloogiline baaskaart (mõõtkavas 1 : 50 000). Komplekti kuuluvad pinnakatte, aluspõhja, hüdrogeoloogia ja põhjavee kaitstuse teemakaardid ning neid täiendav andmestik (faktiline materjal ehk uuringupunktid, geofüüsika, maavarad; vt allolev joonis). 2023. aasta seisuga on ca 100-st Eesti maismaad hõlmavast baaskaardi lehest geoloogiline andmestik olemas ligikaudu 60 kohta, kuid suur osa sellest on veel digitaliseerimata ja süstematiseerimata. Digitaliseerimata geoloogiline kaardimaterjal on kättesaadav geoloogiafondist aruannetena.



Joonis 25. Geoloogilise baaskaardi andmebaasi (1 : 50 000) sisu ja struktuur. Allikas: Maa-amet

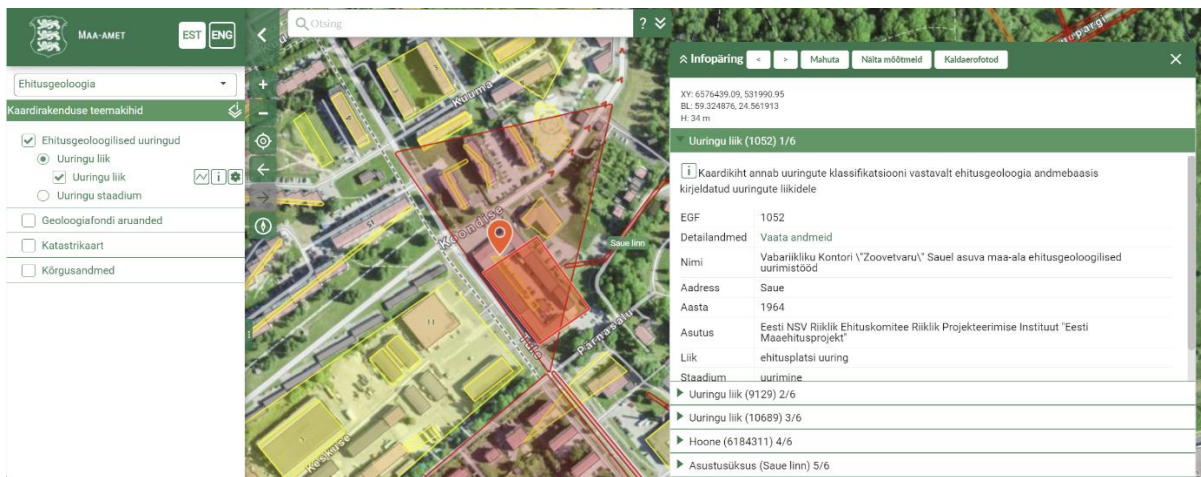
Maavarade andmeid hoitakse maavarade registris. Andmekogu sisaldab Eesti maismaal, piiriveekogudes, territoriaal- ja sisemeres ning majandusvööndis paiknevate maardlate, mäeeraldiste ja uuringualade infot. Maavarauuringute andmeid kogutakse aruannete kõrval ka uuringupunktide tasemel, mis on sisendiks geoloogia 3D-andmetike tootmiseks. Maavarade uuringute andmed ja tulemused on riiklikult hästi reguleeritud ning edastatakse Maa-ametile vastavalt maapõueseadusele, uuringu korra määrusele²¹ ja Maa-ameti peadirektori korraldusele. Maa-ametile jõuavad need erinevates formaatides, sealhulgas masinloetavate CAD- ja GIS--andmekihtidena. Seisuga 02. jaanuar

²¹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/127062022032>

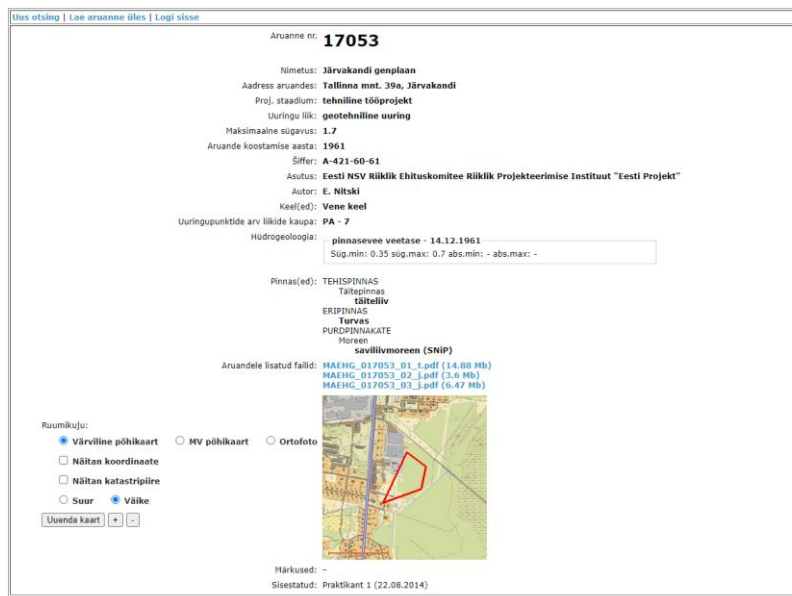
2023 oli maavarade registrisse kantud 965 maardlat. Maavarade registri andmed on allalaaditavad vektorfailidena järgmistes vormingutes: Esri Geodatabase (GDB), Shape (SHP), MapInfo (TAB) ja MicroStation (DGN). Maavarade uuringupunktid on koos geoloogilise kaardistamise faktilise andmestikuga allalaaditavad ka Exceli tabelina (XLSX).

Lisaks on saadaval põlevkivi altkaevandatud alade polügoonid, sealhulgas šurfid punktiden, formaatides Esri SHP ja MapInfo TAB.

Ehitusgeoloogiliste uuringute andmete esitamine Maa-ametile on ebakorrapärasem kui maavarauringute puhul. Ehitusgeoloogilisi uuringuid ja andmeid toodetakse vastavalt ehitaja vajadusele ning Maa-ametile esitatakse ainult PDF-formaadis aruanded. Maa-amet loob igale uuringualale ise ruumikuju ning levitab uuringualade ja aruannete faile X-GISi kaardirakenduse kaudu (vt ka allolevad joonised).



Joonis 26. Ehitusgeoloogia andmestiku infopäring ehitusgeoloogia X-GISi kaardirakenduses. Allikas: Maa-amet²²

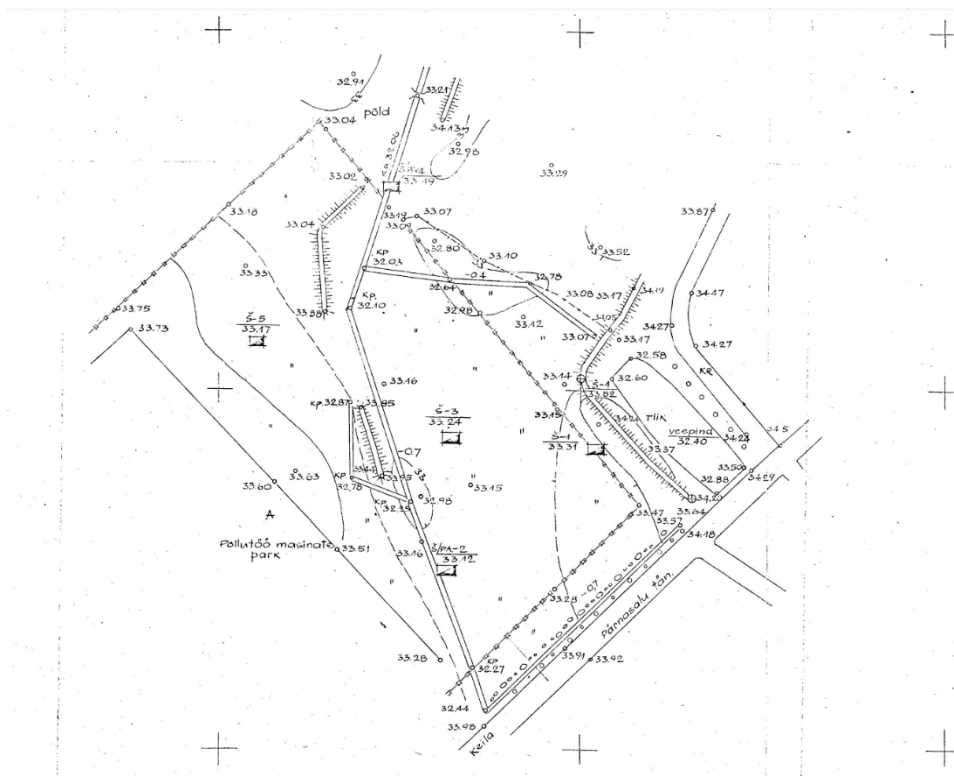


Joonis 27. Ehitusgeoloogilise uurimistöö aruande andmestik Maa-ameti geoportali rakenduses. Allikas: Maa-amet²³

²² <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>

²³ <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>

Ehitusgeoloogilisi andmeid esitatakse ja avalikustatakse täisarannetena, st ilma uuringupunktideta. Olemasolevaid, eelkõige mittemasinloetavaid, ehitusgeoloogilisi aruandeid on Maa-ametile esitatud hetkel ligi 40 000. Andmed on uuringutest, mis on tehtud 1964. aastast kuni tänaseni konkreetsete ehitiste ja rajatiste projekteerimiseks või linnade ja asulate generaalplaanide koostamiseks.



Joonis 28. Ehitusgeoloogilise uurimustöö PDF-faili näidissisu

Eesti Geoloogiateenistus avaldab oma kodulehel geoloogilise kaardi andmeid, mida Maa-amet failidena alla laadib ning avalikustamiseks ette valmistab. Kaardil on nähtused esitatud punkt-, joon- ja polügoonobjektidena Esri GDB- ja SHP-vormingus. Iga-aastase geoloogilise kaardistuse käigus kogutud uute uuringupunktide andmeid ei avalikustata, mistõttu ei ole Maa-ametil olnud võimalik viimastel aastatel uusi kaardistuse uuringupunktide andmeid oma levitusandmebaasi lisada.

Maa-ametile edastatakse ka teadusprojektide raames teostatud uuringute andmeid. Kohustus andmete edastamiseks puudub ning see toimub reeglina läbi isiklike tutvuste. Harvematel juhtudel on Maa-ametile andmete edastamise kohustus kirjutatud ka teadusprojektide rahastustingimustesse. Andmeid saadakse erinevates vormingutes masinloetaval kujul.

Lisaks saadakse geoloogilisi andmeid Keskkonnaagentuurilt (puurkaevude andmed) ning Transpordiametilt (veepõhja reljeef ehk sonari andmed, samasügavusjooned ja -andmed), mis on samuti masinloetaval kujul.

Realistliku 3D-maapõuemudeli koostamiseks on kindlasti tarvis otsese vaatluse teel kogutud andmeid - paljandite, kaevandite ja puursüdamike geoloogilisi kirjeldusi. Sügavamate kihtide kohta saadakse infot eelkõige puuraukudest. Kuna puurimine on kallid ja seda pole võimalik igal pool teha, siis tuleb mudelite loomisel arvesse võtta ka geofüüsika ja teiste kaudsete meetoditega kogutud teavet.

2.5. Kataster

Maakatastri andmekogude hulka kuuluvad e-Kataster ja e-Katastri digiarhiiv, kitsendusi põhjustavate objektide infosüsteem (KPOIS) ning hindamis- ja tehinguregister. Katastri pidamise eesmärk on kinnisasja piiri ja ruumilist ulatust, maa väärtust, maa looduslikku seisundit ja maa kasutamist kajastava informatsiooni registreerimine katastris ning informatsiooni kvaliteedi, säilimise ja avalikkusele kättesaadavuse tagamine. Katastriandmed on aluseks ruumiandmeid sisaldavate infosüsteemide loomisel ja arendamisel. Infosüsteemi kogutavad põhiaandmed on järgnevad:

- ▶ Katastritunnus
- ▶ Katastriüksuse moodustamise viis
- ▶ Katastriüksuse pindala ja ruumikuju (piiripunktide andmed)
- ▶ Sihtotstarve (sihtotstarbed)
- ▶ Pindalad kõlvikute lõikes ja kõlvikute ruumikuju andmed
- ▶ Katastriüksuse maksustamishind
- ▶ Katastripidaja märke
- ▶ Katastriüksuse kitsenduste ruumikuju andmed

Lisaks kasutatakse katastris koha-aadresse (kuuluvad aadressiandmete süsteemi põhiaandmete hulka) ning kinnistusraamatust pärinevaid andmeid (kinnistu number, kinnistamise aeg).

Katastriüksuse moodustamise kord, andmete haldamine, loomine

Katastriüksuse moodustamisel esitab maamõõtja katastrimõõdistamise kohta elektroonilise katastri kaudu mõõdistamise andmed ning dokumendid. Esitatud andmed ja dokumendid moodustavad digitaalse katastrimõõdistamise toimiku. Katastrimõõdistamise toimikusse esitatakse:

- ▶ Info kasutatud mõõdistamiseseadmete, programmide ja mõõdistamisviiside kohta
- ▶ Mõõdistamisandmete algfail
- ▶ Tahhümeetrisel mõõdistamisel mõõdistamise aruanne
- ▶ Reaalajas mõõdistamisel GNSS-mõõdistamise aruanne
- ▶ Staatilisel mõõdistamisel GNSS-mõõdistamise aruanne
- ▶ Mõõdistamisvõrgu koordinaatide arvutamise ja tasandamise materjalid ning andmed mõõdistamiskäikude kohta
- ▶ Mõõdistamisskeem, millel näidatakse lähtepunktid ja mõõdistamisvõrgu punktid koos punkti numbritega
- ▶ Joonlõike skeem, millel näidatakse mõõdistamisvõrgu punktid koos punkti numbritega
- ▶ Piiriandmed
- ▶ Iga piirimärgi kohta info, kas piirimärk on olemasolev, korrastatud, taastatud või paigaldatud
- ▶ Info, mille alusel on piirimärk taastatud või paigaldatud
- ▶ Info piiripunkti plaanilise asendi lubatust suurema erinevuse kohta võrreldes eelneva mõõdistamisega
- ▶ Info vastuoluliste piiriandmete kohta
- ▶ Info maa alla paigaldatud või paigaldamata jäetud piirimärkide kohta
- ▶ Info maastiku situatsiooni ja katastri kõlvikukaardi andmete vastuolude kohta
- ▶ Info kitsendust põhjustava objekti asukoha ja kitsenduste kaardi andmete vastuolude kohta
- ▶ Piiriprotokoll
- ▶ Puudutatud isikute kirjalikult esitatud seisukohad ja taotlused

- ▶ Geokoordineeritud fotod mõõdistatud ja kontrollitud piirimärkidest
- ▶ Koopia piiride maastikul kättenäitamise või kindlakstegemise kutsest ja kutse saatmist või kättetoimetamist kinnitav dokument, kui kutsutud isik ei allkirjastanud piiriprotokolli
- ▶ Muud asjas tähtsust omavad andmed ja dokumendid

Katastrikande aluseks on vajalikud järgnevad dokumendid

- ▶ Katastrimõõdistamise tingimuste taotlus ja väljastatud tingimused
- ▶ Kooskõlastused
- ▶ Katastrimõõdistamise või kaardimaterjali alusel katastriüksuse moodustamise toimik
- ▶ Esindusõigust tõendav dokument, kui kandega seotud isikut esindab volitatud esindaja ning esindaja volitus ei tulene seadusest või juriidilise isiku põhikirjast
- ▶ Kandeavaldus
- ▶ Kinnistu piiride muutumisel kinnistusraamatuseaduse § 13 lg 4 tähenduses omaniku või puudutatud isiku nõusolek maakorraldustoiminguks ja maakorraldusseaduse § 28 lg-s 1¹ nimetatud andmed katastripidaja kinnistamisavalduse tegemiseks
- ▶ Maakorralduskava, planeering, asendiplaan või muud katastriüksuse asukohta tõendavad andmed või dokumendid
- ▶ Määratud sihtotstarbed
- ▶ Kehtivad aadressiandmed
- ▶ Muud katastrikande olulised andmed või dokumendid

Maakatastri koosseisu kuuluvaid kaarte peetakse elektrooniliselt. Katastriüksuse piiriandmed kantakse katastrikaardile katastriüksuste alusandmete järgi ja esitletakse avalikes kanalites.

Kitsenduste infosüsteem (KPOIS)

Kitsenduste infosüsteemi eesmärgiks on maakatastri kitsenduste kaardi pidamine ja avalikkusele kinnisasja piirangute ruumilise info edastamine. Infosüsteem on kasutusel alates 2018. aasta detsembrist ning olemas on avalik kasuajaliides, mis on leitav aadressilt <https://kitsendused.maaamet.ee>. Infosüsteemi kogutavad põhiaandmed on järgnevad:

- ▶ Kitsendusi põhjustavate objektide (KPO) andmed
- ▶ Kitsenduste mõjuala (KMA) andmed
- ▶ Kitsenduste kehtestamise alusandmed
- ▶ Kitsendustega seotud maksusoodustuste andmed

KPOIS koosneb peamiselt andmebaasist ning kliendirakendusest, mille kaudu imporditakse erinevatest andmeallikatest (organisatsioonidest, kes esitavad andmeid registrisse) kitsendusi põhjustavate objektide andmed. Kokku on andmeallikatena kasutusel üheksa riiklikku andmekogu ja erinevad tehnovõrgu objekti omanikud. Maavarade registrist ja kultuurimälestiste registrist toimub andmete ülekanne automaatselt. Teiste andmeallikate puhul teeb Maa-ameti spetsialist enne andmete importi KPOIS-i andmetöötluste.i.

Andmebaasis toimub imporditud ja kinnitatud objektide integreerimine ja piiranguvõõndite arvutamine automaatselt. Andmeid kasutatakse erinevatel kaardikihtidel kuvamiseks Maa-ameti geoportaalis ja X-tee teenuste kykitsendustetrykis ja kyKitsendused kaudu.

KPOISi tehniline arhitektuur

- ▶ Kliendi tase: HTML, Ajax, Javascript, DoGIS, OpenLayers
- ▶ Rakendusserver: Java J2EE, Tapestry 5.3, Tomcat 7, Apache2, MapServer, Centos
- ▶ Andmebaasi tase: Oracle 11g Database Enterprise Edition, Oracle Real Application Cluster, Oracle Spatial, Oracle Topology, Centos

Maakatastri X-tee teenuste alamsüsteemis KPOIS on võimalik teha läbi veebiteenuse WSDL alltoodud tabelis loetletud toiminguid.

Tabel 10. Maakatastri X-tee teenustega tehtavad toimingud

X-tee teenus	Toiming
Maatüki kitsendused (kyKitsendused.v2 ja kyKitsendusedAvalik.v2)	Teenus võimaldab pärida kitsendusi (kitsenduste mõjuala kattumisi) nii katastriüksuse numbril kui ka enda antud geomeetria järgi. Lisaks on võimalik defineerida, mis kuupäeva seisuga andmeid soovitakse
Katastri kitsenduste kaardile andmete lisamine ja seal olevate andmete muutmine (kyKitsendusedLisamineMuutmine.v1)	Antud teenusega on võimalik edastada KPOIS-ile kitsendusi põhjustavate objektide ja nende mõjualade andmeid
Katastri kitsenduste kaardilt andmete kustutamine (kyKitsendusedKustutamine.v1)	Antud teenusega on võimalik kustutada KPOIS-ist kitsendusi põhjustavaid objekte ehk KPO-sid ja nende mõjualasid ehk KMA-sid
Katastri kitsenduste kaardil maamaksusoodustusega kitsenduse mõjuala andmed (kyMaamaksuSoodustused.v1)	Teenus võimaldab pärida katastriüksuse maamaksusoodustusega võõndite suurust
Katastri kitsenduste kaardilt katastriüksuse kitsenduste trükkimise teenus (kyKitsendusteTrykis.v2)	Teenus võimaldab pärida läbi X-tee katastriüksuste tunnuse järgi katastrikaardi mõõtkavalist plaani koos kitsenduste andmetega
Katastri kitsenduste kaardirakenduse veebilingi teenus (kyKitsendusteLink.v1)	Teenus võimaldab saada X-tee abil süsteemi ajutise ligipääsu ilma sisse logimata. Teenus on suunatud väga kitsale kasutajaskonnale ning annab ametniku rollis ligipääsu andmetele. Sisendis küsitakse katastritunnust, et suunata kasutaja mugavalt kohe õige katastriüksuse detailvaatele. Edasi saab aga juba vabalt rakenduses navigeerida ja vaadelda ka teiste katastriüksuste kitsendusi ametniku rollis

X-tee andmevahetusteenuste kasutamiseks esitab teenust kasutada sooviv asutus või isik vormikohase taotluse e-posti aadressile katasterteenused@maaamet.ee. Maatoimingute platvormi infosüsteemide X-tee andmevahetusteenuste kaudu vahetatavad andmed on avalikud andmed, millele on seatud juurdepääsupiirangud vaid seaduses sätestatud alustel ja korras.

KPOIS-is tulenevad kasutaja õigused määratud rollist. Õiguste ja rollide haldus on realiseeritud KPOISi siseselt. Autentimine toimub KeMIT-i AUP tarkvara abil ning välised kasutajad saavad autentida ID-kaardi, mobiil-ID või Smart-ID abil.

Vööndi ehk KMA (kitsenduse mõjuala) genereerimine on KPOIS-i rakenduse kõige olulisem funktsionaalsus. Andmeid on võimalik esitada nii kaardil digides, töötlusesse minevat faili esitades kui ka standardset faili esitades. Kuna mitmed suurkasutajad kasutavad oma objektide halduseks mõnda sisemist platvormi ning soovivad KPOIS-i andmeid kanda eksport-import meetodil, on süsteemi loodud ka KPO-de ja KMA-de failiga importimise ja eksportimise funktsionaalsused. Selleks saavad kasutajad kasutada SafeFME liidest. SafeFME on tarkvara, mida Maa-amet kasutab esitatud andmete KPOIS-ile sobivasse kujusse konverteerimiseks.

Kõlvikute andmed

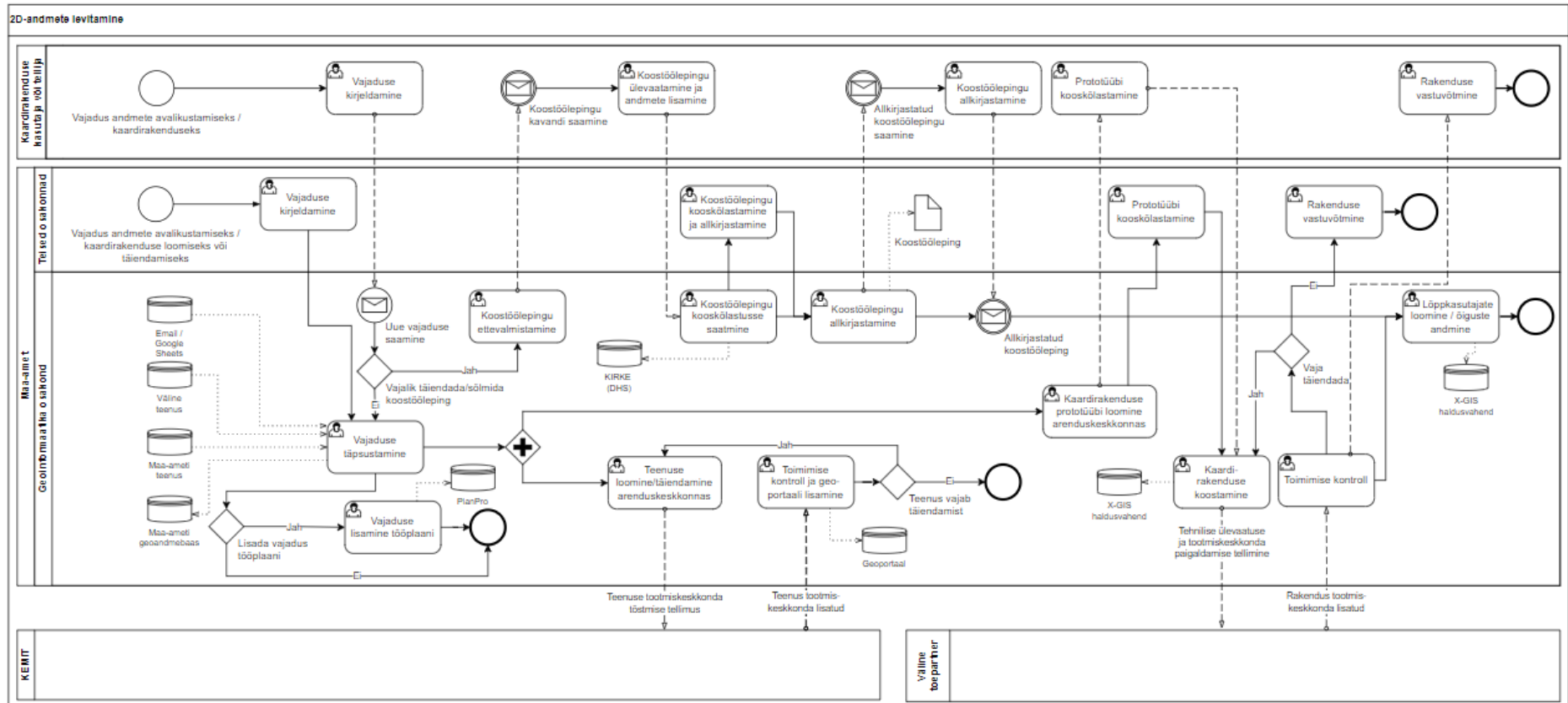
Katastri kõlvikukaardile kantakse Eesti topograafia andmekogu topograafiliste nähtuste põhipindobjektid selliselt, nagu on kirjeldatud allolevas tabelis. Kõlvikukaart genereeritakse ETAK-i andmetest, arvestades vooluveekogude, kiviaedade ja ehitiste paiknemist.

Tabel 11. Katastri kõlvikukaardile kantavad andmed

Kõlvik	Sisu
Haritava maa	Põllu ja aiandusliku maa põhipindobjekt
Loodusliku rohumaa	Rohumaa põhipindobjekt
Metsamaa	Metsa põhipindobjekt
Õuema	Eraõue ja tootmisõue põhipindobjekt
Muu maa	Eelnevalt loetlemata topograafiliste nähtuste põhipindobjektid

2.6. Andmete levitamine

2.6.1. 2D-andmete levitamine



Joonis 29. Andmete kättesaadavaks tegemise protsessi kirjeldav diagramm

Protsessi eesmärk on tagada kaardirakenduste kaudu ruumiandmete kättesaadavaks tegemine, selleks ruumiandmeteenuseid luues ja kaardirakendusi kirjeldades. Tavapäraseks vajaduseks on temaatilise ruumiandmestiku avalikustamine kaardirakenduse kaudu. Näiteks on Päästeameti peetavas andmekogus olevad avalikud varjumiskohtade andmed tehtud kättesaadavaks nii kaardirakenduse kui ka WMS-/WFS-teenusena, mis võimaldab kasutada andmeid ka X-GIS-i väliselt teistes keskkondades ja *desktop*-tarkvarades. Protsessiga võimaldatakse riigi poolt toodetud ruumiandmete kättesaadavus ühe kaardiserveri keskkonna kaudu. Erasektorile Maa-ameti ruumiandmete avalikustamise teenust ei paku, küll aga on ruumiandmeid tootvad ettevõtted oodatud enda andmeid kirjeldama Maa-ameti hallatavas Eesti geoportaali ruumiandmete kataloogis.

Protsess käivitub Maa-ameti või teise riigiasutuse/ministeeriumi/omavalitsuse (tellija) vajadusest kaardandmeid avalikustada ja/või kaardirakendust luua/täiendada. Tellija esitab soovi näiteks e-posti teel, vajaduse selgitamiseks viiakse läbi ka koosolekuid. Formaalset tellimusvormi kasutuses ei ole.

Tellijaja vajadus detailiseeritakse koostöös geoinfosüsteemide büroo peaspetsialistidega. Maa-ametis tegelevad X-GISi kaardirakenduse konfigureerimisega kolm geoinfosüsteemide büroo peaspetsialisti, kes haldavad kogu protseduuri andmebaasist kasutajaliideseni. Konfigureerijad täpsustavad tellijaga andmekoosseisu, kujunduse, soovitud infopäringud ja otsingukriteeriumid (väljade lõikes), kihtide järjestuse legendis jmt.

Maa-ameti sisese tellija vajadused lisatakse PlanPro tööplaani. Näiteks juhul, kui geodeesia osakonnal on vaja geodeetiliste punktide andmed kaardirakenduse kaudu avalikustada, kirjeldatakse vajadus tööplaanis ja määratakse teostamise tähtaeg.

Juhul, kui vajaduse teostamiseks tuleb sõlmida koostööleping, valmistatakse see Maa-ameti poolt ette, kasutades lepingu standardvormi, ja kooskõlastatakse osapooltega. Tellija ise lisab lepingusse tavapäraselt vaid oma kontaktandmed. Koostööleping allkirjastatakse asutuste direktorite poolt KIRKE dokumendihaldussüsteemis.

Koostöölepingu sõlmimine või täiendamine toimub samaaegselt teiste tegevustega. Lepinguprotsess ei tohi muid tegevusi takistada, sest andmeid võib olla vaja kiiresti (mõne päeva jooksul) kättesaadavaks teha.

Riigiasutustega sõlmitakse kaht tüüpi koostöölepinguid, millest üks on andmete avalikustamiseks X-GIS-is (koostööleping andmete avalikustamiseks Maa-ameti kaardirakendustes) ja teine andmete haldamiseks X-GIS-is („Maa-ameti internetipõhiste kaardirakenduste kasutusleping“ ehk nn virtuaalkontori leping). Virtuaalkontori lepingus on kirjas isikud ja nende ligipääsuõigused (rakenduse nimi, vaatamise ja/või redigeerimise õigus). Õigused täpsustatakse lepingu lisas. Virtuaalkontori leping ei tähenda alati muutmisõigust, see sõlmitakse ka mitteavalike andmete vaatamiseks. Näiteks saavad KOV-i töötajad seda tüüpi lepingu alusel X-GIS-is looduskaitsele suunatud kaardirakenduses (I ja II kategooria looduskaitse objektid) andmeid ainult vaadata.

Valdavalt on andmete avalikustamise lepingud asutustega eelnevalt sõlmitud ja neid vaid täiendatakse uue kaardikihi kirjeldusega. Mõlemat tüüpi lepingud sõlmitakse vaid juhtudel, kui tellija soovib nii andmete avalikustamist kui andmetöötlusredaktori kasutamist. Näiteks on Muinsuskaitseametil õigused hallata kultuurimälestiste registri andmeid X-GIS-i virtuaalkontoris.

Koostöölepinguga tellijale rahalisi kohustusi ei kaasne, välja arvatud juhul, kui soovitakse X-GISi funktsionaalsusesse, andmebaasi, X-GISi konfiguratsiooni vm osas muudatusi, mille teostamine nõuab arendustöid.

Nii teenuse kui kaardirakenduse loomise eelduseks on andmed, mida saadakse tellija ruumiandmeteenustest ning võrgukettal jagatud ja e-postiga edastatud failidest (nt erinevad GIS--formaadid, lisaks CSV, XML jne). Näiteks Raviamet esitab igakuiselt e-postiga apteekide andmed. Kui tellijal on WMS-/WFS-teenused olemas, aga puudub vajalik kaardirakendus, siis kirjeldab

Maa-amet need teenused X-GISi kaardikihtidena ja loob kaardirakenduse, mille kaudu saab tellija andmeid oma andmebaasis hallata (nt sadamaregister). Näiteks metsatööde kaardirakenduse puhul haldab WMS-/WFS-teenuse kujundust ja sisu RMK. Andmed võivad olla ka Maa-ameti olemasoleva ruumiandmete teenuse kaudu kättesaadavad. Maa-ameti geoandmebaasi lisatakse eelmainitud andmete kättesaadavaks tegemiseks redigeeritav kaardikiht.

Teenuse arenduskeskkonnas loomisel töötavad Maa-ameti geoinfosüsteemide peaspetsialistid andmebaasiskeemi tabelistruktuuridega. Vahel on vaja uut andmebaasi või eraldi andmebaasiskeemi, mis tellitakse KeMIT-ilt. Andmebaasiskeem võib olla näiteks andmekogu või asutuse põhine: näiteks Päästeametil on üks skeem, Transpordiametil teine. Ühes skeemis võib olla palju erinevaid andmetabeleid ja ruumiandmekihte.

Ametivälisel tellijal puudub ligipääs test- ja *pre-live*-keskkonda, kaardirakenduse ülevaatamine ja kooskõlastamine toimub arenduskeskkonnas testandmete peal. Ligipääs on turvatud kasutajatunnuse ja parooliga. Kui teenus saab arenduskeskkonnas valmis, tõstetakse andmed ja teenused avalikustamiseks tootmiskeskonda. Kuna Maa-ametil endal ligipääs teenuste tootmiskeskonnale puudub, siis teenuse sinna paigaldamiseks koostatakse töökäsk ning tellimuse täidab KeMIT.

Tootmiskeskonda tõstetud teenus läbib toimimise kontrolli ja kui selle käigus leitakse kõrvaldamist vajavaid puudusi, teenust täiendatakse. Valminud teenuse metaandmed kirjeldatakse Eesti geoportaali ruumiandmete kataloogis, kus on kirjeldatud kõik Maa-ameti (ja osaliselt teiste asutuste) ruumiandmekogud ja -teenused.

Kaardirakenduse prototüüp luuakse arenduskeskkonnas kas test- või reaalsetel andmetel toimivana. Prototüüp kooskõlastatakse tellijaga ning seda täiendatakse vastavalt saadud tagasisidele. Prototüübi loomise eelduseks on teenuse olemasolu arenduskeskkonnas. Kuna teenusele puudub arenduskeskkonnas asutuseväline juurdepääs, tõstetakse see vajadusel tootmiskeskonda juba enne kaardirakenduse prototüübi kooskõlastamist. Sel juhul uuendatakse teenust vajadusel jooksvalt.

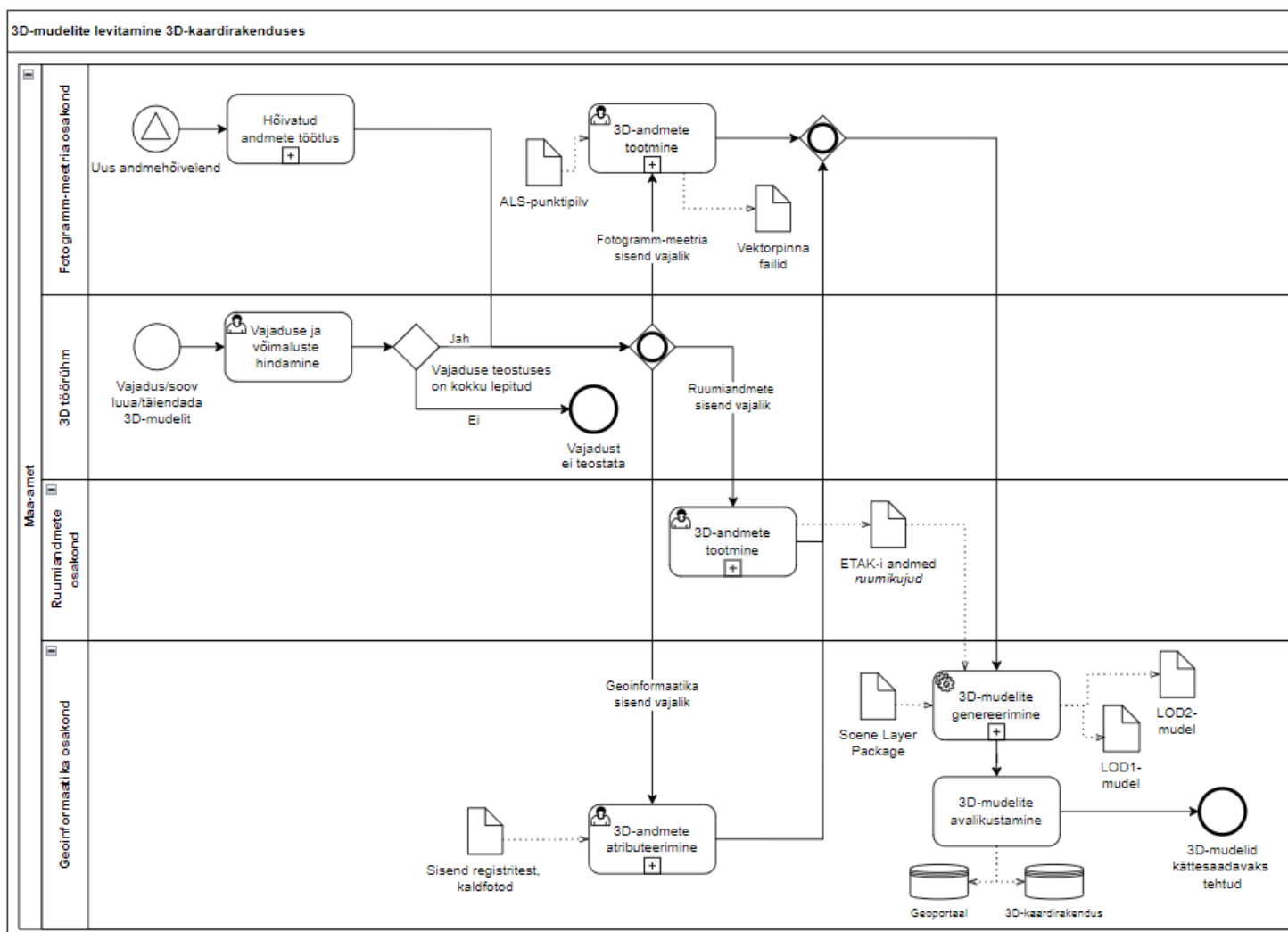
Peale prototüübi tellijaga kooskõlastamist valmib lõplik kaardirakendus. Seda täiendatakse vastavalt tellija soovidele ning vajadustele.

Valminud kaardirakenduse tehniliseks ülevaatamiseks ja tootmiskeskonda paigaldamiseks koostatakse töökäsk, mille täidab väline koostööpartner. Kui kaardirakendus on tootmiskeskonda lisatud, teostab Maa-amet selle toimimise kontrolli. Kui on vaja sisse viia parandusi, tellitakse pärast muudatuste tegemist uus paigaldustöö.

Tellijat teavitatakse kaardirakenduse tootmiskeskonda paigaldamisest, et oleks võimalik kaardirakendus vastu võtta. Vajadusel viiakse läbi teavitus sotsiaalmeedias, Maa-ameti kodulehel ning tehakse pressiteade.

Vajaduse korral luuakse X-GISi haldusvahendi kaudu kasutajakontod ja jagatakse kasutusõigused kõigile tellija poolel juurdepääsu vajavatele kasutajatele. Arendusetapis osalevale tellija kasutajale luuakse kasutajaõigused juba kaardirakenduse prototüüpimise etapis.

2.6.2. 3D-andmete levitamine



Joonis 30. 3D-mudelite 3D-kaardirakenduses kättesaadavaks tegemise protsessi kirjeldav diagramm

Protsessi eesmärk on tagada vajaduspõhiselt uute 3D-mudelite loomine või olemasolevate täiendamine ja uuendamine vastavalt Maa-ameti 3D-mudeldamise võimekusele ning avalikustada 3D-andmestik 3D-kaardirakenduses.

3D-mudelite avalikustamiseks on üks 3D-kaardirakendus vastupidiselt näiteks paljudest kaardirakendustest koosnevale X-GIS-i kaardikomplektile. 3D-kaardirakenduse olulisimateks andmeteks on hoonete 3D-ruumikujud. Võimaluste piires ja piiratud mahus on 3D-mudeldatud ka muid ehitisi ja rajatisi, nagu näiteks sillad. Testimisjärgus ja jooksvalt täienev on samuti piiratud ulatuses kättesaadav taimkatte 3D-andmestik. Samas pole taimkatte andmestiku kättesaadavaks tegemise protsess veel lõpuni välja töötatud.

3D-alusandmed on toodetud peamiselt Maa-ameti kevadise kõrg- ja madallennuga hõivatud alade laserpunktipilvedest ja ETAKi andmetest. Vähesel määral kasutatakse ka muul ajal teostatud lendude andmeid. Alates 2022. aastast kogutakse testandmeid ka Maa-ameti drooniga ning saadud andmeid on 3D-kaardirakenduses näidisandmetena ka avalikustatud.

Protsess käivitub soovist või vajadusest luua uusi 3D-mudeleid või uuendada ja täiendada olemasolevate 3D-mudelite andmekoosseisu ja täpsust. Andmeid uuendatakse uue lennuga teostatud andmehõive andmete alusel.

3D-andmete avalikustamise vajadus tõusetub peamiselt Maa-ameti sees ning seega 3D-andmete tootmiseks eraldi asutustevahelisi koostöölepinguid ei sõlmita. Kuigi teised asutused protsessis aktiivselt ei osale, saavad nad teha ettepanekuid ning teavitada vajadustest või soovidest. Lähitulevikus 3D kasutusvaldkonna laienemisel tuleb hakata koostöölepinguid sõlmima ja protsess muutub sarnasemaks 2D-andmete kättesaadavaks tegemisele.

Maa-amet pakub uudseid viise 3D-andmete kuvamiseks, kui näeb võimalust 3D-teema populariseerimiseks. Näiteks visualiseeriti 3D-vaates Tartu muinsuskaitsealal hoonete klasse ja vaatesektoreid. 3D-valdkonnas tekibki asutustevaheline koostöö niisuguste 3D-lahenduste realiseerimise näidetele. Täna on Maa-ameti juba igapäevaselt 3D-andmeid kasutavad andmetarbijad, näiteks ehitisregister, millega kaasnevad nii kohustused kui ootused teenustasemele.

Maa-ameti geoinformaatika, ruumiandmete ja fotogramm-meetria osakonna esindajatest koosnev töörühm käsitleb iganädalaselt 3D-vajadusi ja -võimalusi. Esmajärjekorras tegeletakse asutuseväliste soovidega. Töörühmas otsustatakse tootmisse võetavad 3D-kaardikihid ja 3D-andmestikud ning jagatakse osakondade vahel tööülesanded.

3D-tootmistöödega on asutuses hõivatud vähemalt 0,5 töökohta. Kui 3D-andmestike prioriteetsus suureneb, tuleb alustuseks vähemalt 1,5 töökohta juurde luua.

Erinevat tüüpi andmestike puhul on 3D-mudeldamiseks kasutusel erisugused protsessid. Hoonete puhul genereeritakse vektormudelid andmekorjajärgselt peale ALS-punktipilvede klassifitseerimist. Kvaliteetse tulemuse saavutamiseks on vektoriseerimisel üheks oluliseks sisendiks ETAKis olemasolevate hoonete 2D-ruumikujud (*roofprints*). Töö tulemiks on tekstfailid, mis sisaldavad pindu kirjeldavaid koordinaatpaare, millest omakorda saadakse andmetöötlusel vektorpinna failid. Vektorpinna failide töötlemisel luuakse atribuutandmetega rikastatud 3D-mudelid. Atribuutideks võivad olla näiteks hoone tüüp, kõrgus ja aadress. Seejärel luuakse 3D-mudelist andmepakett *Scene Layer Package*, mis avalikustatakse 3D-kaardirakenduses *Scene Layer*'ina (i3s). Sisuliselt luuakse punktipilve ja ETAKi hoone kontuuri alusel LOD2-mudel, mida omakorda dubleerib LOD1-mudel. LOD1-mudeli loomiseks kasutatakse ETAK-i hoone kontuuri ja selle maksimaalset kõrguse väärtust; ka see baseerub suures osas punktipilvel. Hoonete 3D-andmed avalikustatakse lisaks alla laetavate failidena.

Lisaks hoonetele prototüübitakse ka mitmeid rajatisi. Näiteks on LOD1 tasemel geoportaalis kättesaadavad sildade andmed. Punktobjektide nagu taimkate ja tuulikud 3D-andmetena

kättesaadavaks tegemise protsess on samuti erisugune. ETAK-i andmete toel on elektrituulikute kõrgused üsna täpselt kaardistatud. Punktiobjektide 3D-mudeleid pole avalikult kättesaadavaks tehtud. Valitud paikadest, näiteks suurematest Eesti linnadest, on 3D-kaardirakenduses kuvatud ka 3D-mudelite aluseks olevad punktipilved. 3D-andmete loomisel ollakse veel ALS-punktipilvest, tihehajaasustusest vm teguritest sõltuvate protseduuride väljatöötamise ja katsetamise järgus.

3D-andmed on võimaluste piires avaandmetena kättesaadavad, kõigi 3D-andmekihtide kättesaadavaks tegemine vajab täiendavat tööjõudu.

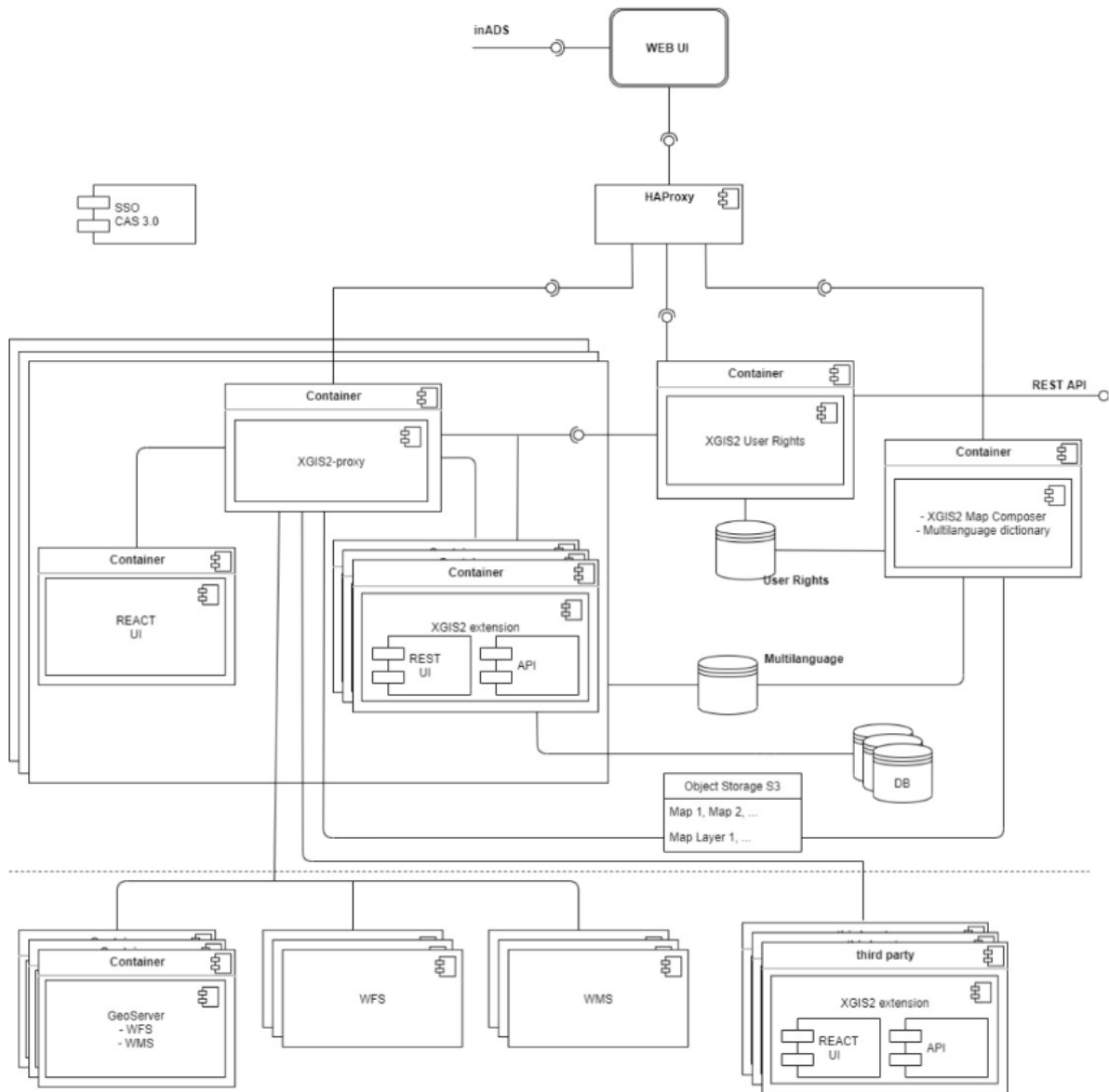
3D-mudelite ajakohasena hoidmisega tegeletakse osalise koormusega teiste töödega paralleelselt. LOD2-mudelid iseseisvalt ei uuene, neid uuendatakse nii tihti, kui on uue lennuga kogutud andmeid. LOD1-mudelite ajakohasena hoidmine toimub automaatselt. Seega on kõige ajakohasemad andmed iganädalaselt uuendatavad hoonete atribuutandmed, mis pärinevad registritest nagu ETAK ja EHR ning seotakse LOD1-mudelis 3D-hoonetega.

3D-ruumikujud genereeritakse ALS-punktipilvest automaatselt, mistõttu pole 3D-mudelid lõpuni korrektsed. Näiteks kahel järjestikusel (aastal) ülelennul hoonest saadakse laserskaneerimisel juhuslike punktidega ALS-punktipilv ning kuigi hoone ei ole ehituslikult muutunud (lammutatud/laiendatud), siis iga uue 3D-mudeli genereerimisel erineb see mõnevõrra eelmisest mudelist. Automaatselt genereeritud 3D-mudelitesse tekib erinevaid anomaaliaid, näiteks ennekõike hajaasustuses on teinekord hoonete katuste osaks genereeritud kõrged tornilaadsed moodustised. Täna puudub teadmine ja oskus tuvastada 3D-mudelite omavahelises võrdluses ainult reaalseid, mitte juhuslikke muutusi.

2.6.3. Andmete levitamise tänapäevased tehnoloogilised lahendused

Tänapäevane X-GISi kaardirakenduse arhitektuur

Ärianalüüs otsib võimalusi uute andmete ja vastava kasutajaliidese integreerimiseks. Alloleval joonisel on näidatud praegune X-GIS-i rakenduse komponentide arhitektuur.



Joonis 31. X-GIS2 kaardirakendus, konfigureerimise liides ning õiguste süsteem. Allikas: Maa-amet

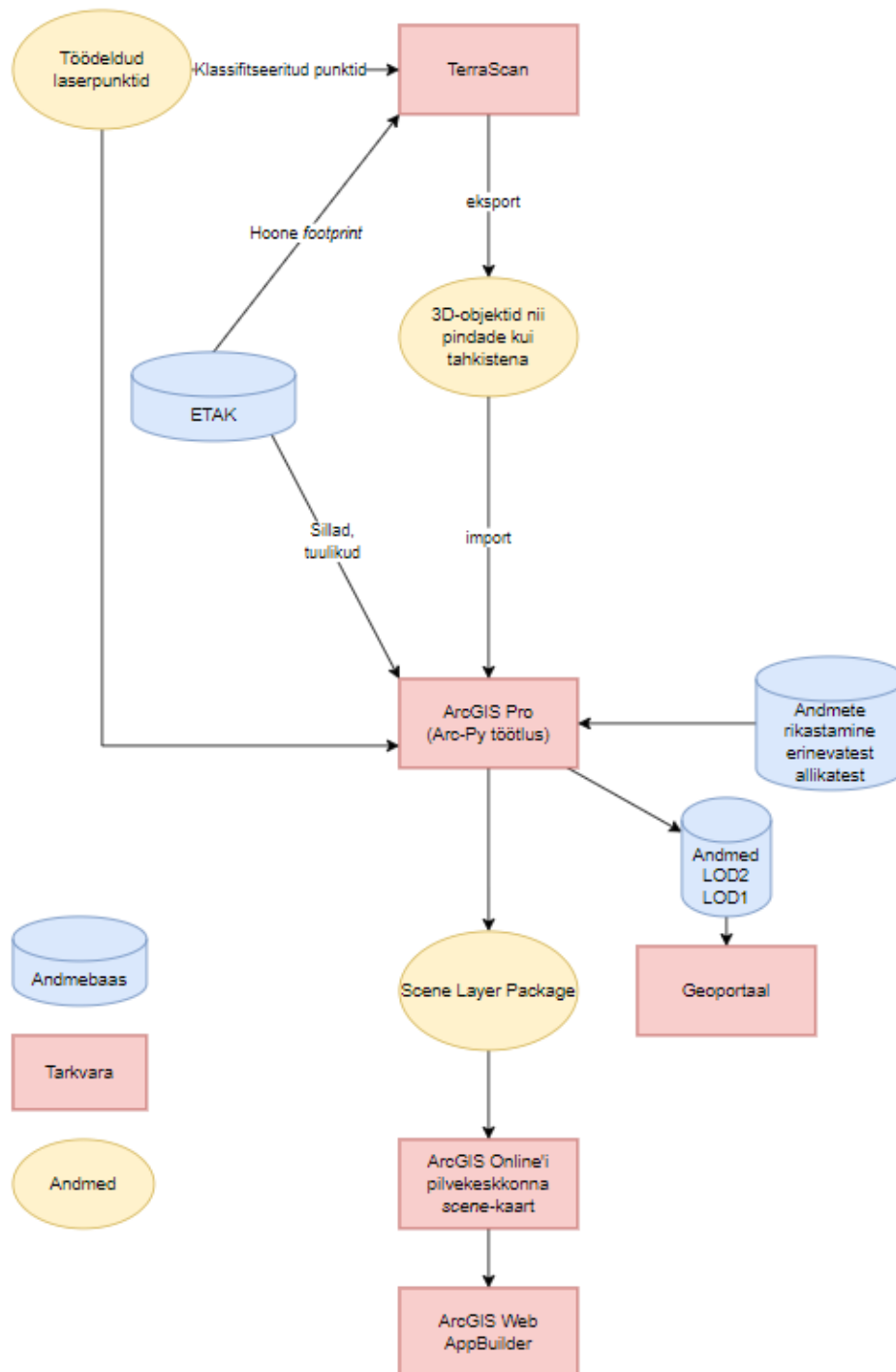
Kõik veebi-GIS-is olemasolevad funktsionaalsused, mida X-GIS pakub, saadakse põhimoodulist ja selle üldkasutatavatest komponentidest ilma, et seda keerukust oleks vaja endal arendada, ning laiendus integreerub kaardirakenduse koosseisu, nagu oleks tegemist ühe tervikliku komposiitrakendusega. Ühes kaardirakenduses võib olla mitu laiendust ja iga laiendus võib sisaldada mitut komponenti. Iga laiendus saab kasutada põhimoodulit, kuid teistele komponentidele ligipääs puudub ning suhtlus

komponentide vahel käib vajadusel sündmuste (*events*) kaudu. X-GISi kohta käivad materjalid on kättesaadavad Maa-ameti geoportaalist.²⁴

Tänane 3D-andmete levitamise arhitektuur

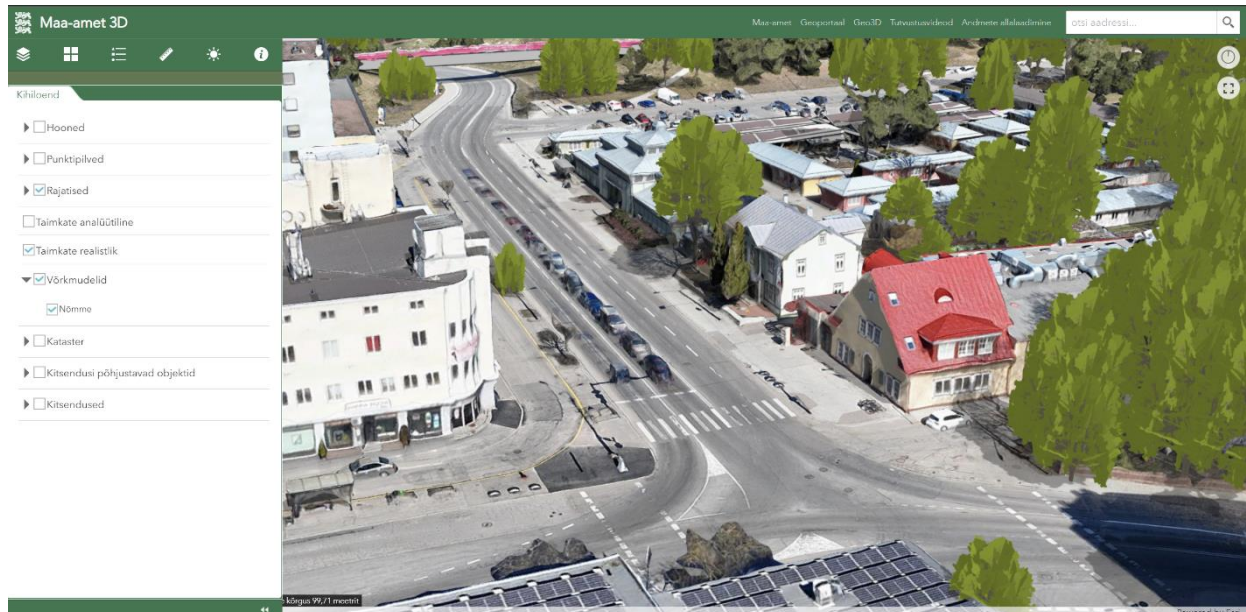
TerraScani abil töödeldud andmed tuuakse ruumiliste (3D) objektidena nii pindade kui tahkistena ArcGIS Pro keskkonda, kus rikastatakse andmestikke vajalike atribuutandmetega, kasutades ArcPy funktsioone. ArcGIS Pro keskkonnast publitseeritakse sobilik andmekomplekt *Scene Layer Package*'i formaadis ArcGIS Online'i pilveteenusesse kaarditeenuseks. Seda kaarditeenust kasutatakse veebikaardi loomiseks ning veebikaart publitseeritakse *Web AppBuilder for ArcGIS* kaardirakendusena. 3D-andmete tootmise detailne kirjeldus on toodud aruande peatükis 2.2.2 (3D-andmete tootmine).

²⁴ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/X-GIS-kasutajaliides-p675.html>



Joonis 32. Prototüüp 3D-andmete loomiseks ja levitamiseks

- ▶ Andmete levitamise lõpprakendus on saadaval lingilt <https://3d.maaamet.ee/kaart/>.
- ▶ Andmete allalaadimine on teostatav Maa-ameti geoportaalist: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geo3D/Laadi-3D-andmed-alla-p833.html>.
- ▶ Geo3D tutvustav leht ja video asuvad aadressil <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geo3D-p825.html>.



Joonis 33. Maa-ameti 3D-rakenduse näidis Nõmme võrkmodelist (mesh layer). Allikas: Maa-ameti 3D rakendus²⁵

Nii ETAK-i ruumiandmed kui ka 3D-ruumiandmed on Maa-ametist allalaaditavad. Andmeid on võimalik kasutada litsentsilepingu alusel²⁶ nii ärilistel kui mitteärilistel eesmärkidel, neid on lubatud kombineerida muude andmete või teenustega. 3D-andmetest on alla laaditavad LOD1 ja LOD2 hoonete andmed ning LOD1 liikluskorralduslike rajatiste andmed nii kogu Eesti, omavalitsuse kui ka maakondade kaupa. 3D-andmed on alla laaditavad geoandmebaasina (GDB), CityGML-andmestikuna ning Wavefronti andmestikuna (OBJ)²⁷.

²⁵ <https://3d.maaamet.ee/kaart/>

²⁶ https://geoportaal.maaamet.ee/docs/Avaandmed/ETAK_ruumiandmete_litsentsileping.pdf

²⁷ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geo3D/Laadi-3D-andmed-alla-p833.html>

3. Välisriikide kogemus

3.1. Soome

3D-andmehõive ja -töötlus

Aastal 2008 alustati esmakordselt üleriigilise ALS-andmehõive programmiga. Kogu Soome ala hõivamise tööd kestsid 12 aastat kuni 2020. aastani. Sellele järgnes riiklik koostööprogramm „KALLIO“.

Soome riiklikku andmehõivet korraldavad ja rahastavad ühiselt Maanmittauslaitos (Soome maamõõduamet), Metsäkeskus (Soome Metsakeskus), Metsähallitus (metsaamet), Ruokavirasto (toiduamet) ja Suomen ympäristökeskus (Soome keskkonnaamet). Ministeeriumite tasemel osalevad koostöös põllu- ja metsamajandusministeerium, keskkonnaministeerium ja kaitseministeerium. Need organisatsioonid on koondunud riikliku „KALLIO“ koostööprogrammi alla, mis käivitati 2020. aastal ja vältab 6 aastat. Programmi abil parandatakse andmete taaskasutuse kaudu kaardistuse tasuvust. Andmeid saavad kasutada kõik programmis osalevad asutused, ent maamõõduamet tegeleb andmekvaliteedi tõstmiseks vajalike tegevustega ning omab ainsa partnerina õigust jagada andmeid ka väliste osapooltega - selliselt välditakse funktsioonide dubleerimist²⁸. Esimene ALS-andmehõiveprogramm hoonete tuvastamisega ei tegelenud, sest hõivatav punktihedus oli väike. ALS-andmete kogumise eesmärk oli kõrgusmudeli tootmine ja üleujutuspiirkondade kaardistamine, sest oli vaja paremat kõrgusmudelit üleujutuste analüüsiks. Täna kasutatakse tollal kogutud andmeid ka muudel eesmärkidel.

Järgmine, 6-aastane andmehõive programm käivitub 2026. aastal. Uue programmi detaile hetkel veel partneritega arutatakse, kinnitamata on andmehõive teostamise ajaline tsükkel, samuti toodetav laserpunktiühedus ja pildistamise detailsus. Teada on vajadus tihedama punktivilve ja detailsema ortofoto tootmiseks.

Soome-Vene piirialadel, kus lennata ei ole lubatud, hõivatatakse andmed ALS-i asemel AFP-meetodil. Satelliitpilte andmehõives ei kasutata. Põhja-Soomes on palju metsaalasid, mistõttu on andmehõive intervall seal piirkonnas pikem kui mujal.

ALS-andmehõive teenust teostavad kolm ettevõtet ja maamõõduameti oma lennuoperaator. Kogutud andmete kvaliteedikontroll jaguneb kaheks: on ettevõtete poolt toodetud andmete kontroll ja ameti enda kogutud andmete kvaliteedikontroll.

Ka kohalikud omavalitsused toodavad ALS-andmeid, aga neid riiklikus kaardirakenduses täna ei kasutata. Helsinki ja Espoo omavalitsuste hoonete 3D-andmed on imporditud katsetamiseks testkeskkonda, aga pole toodangukeskkonnas kättesaadavad.

Kaardirakenduses kuvatavad andmed on alla laaditavad failidena, mis sisaldavad 9 x 9 km kaardilehealasid (kokku 125 000), tulevikus on plaanis välja arendada API-teenus.

3D-ehitiste andmete tootmine algas testprojektina, mis on üle läinud toodanguks. Hetkel jõutakse 3D-andmeid toota ainult pool sellest, mis aasta jooksul ALS-i abil hõivatatakse. Seetõttu kulub aastaid enne, kui kõik Soome alad 3D-andmetega kaetakse. Toodangut saaks kiirendada tööjõu juurde palkamisega, kuid selleks puuduvate ressursside eraldamine on vähetõenäoline. Määrav roll on ka ehitiste 2D-ruumikujude kvaliteedil, millel 3D-tootmine baseerub, mis aga ei sobitu igas piirkonnas hästi ALS-i teel kogutud andmetega. Seega on alustuseks vaja parandada 2D-ruumiandmete kvaliteeti ja kiirendada nende töötlust.

²⁸ Kansallinen Laserkeilaus- ja ilmakuvausohjelma KALLIO. Seppo Kilpiäinen, 2020

Klientidelt on saadud vähe tagasisidet hoonete 3D-andmete kasutamiseesmärkide ja -viiside kohta. Ilmselt 3D-andmeid veel laialdaselt ei kasutata, kuna need on kättesaadavad vaid mõne suurema linna, mitte kogu Soome kohta.

3D-andmete tootmisega seonduvalt tõusetub mitmeid lahendamist vajavaid probleeme:

- ▶ 3D-ruumikujud kipuvad olema 2D-ruumikujude suhtes nihkes.
- ▶ 2D- ja 3D-andmed ei ole omavahel identifitseeritavas seoses, nii võib ühe ja sama ehitise 2D- ja 3D-ruumikujusid pidada erinevateks objektideks.
- ▶ Standardiseerimise protsess on pooleli.
- ▶ Klientide 3D-toodete kasutusvajadused pole teada.

Nimetatud probleemidest tingituna pole 3D-andmete tootmiseesmärk selgelt defineeritud ja 3D-toodangu spetsifitseerimine on alles algusjärgus. Küll on selge eesmärk muuta üleriigiliselt kättesaadavaks kõigi Soome aladel paiknevate hoonete 3D-ruumikujud ja määratleda 3D-mudelite visualiseerimise täpsusaste.

Arendamisel on topograafiliste andmete andmebaasiloogika muudatused. Uueneb andmete kogumise ja mudeldamise viis, võetakse kasutusele objektipõhine püsiidentifikaatorite süsteem, võimaldamaks jälgida ja salvestada iga topograafilise nähtusega ajas toimunud muutusi ehk kaardistada objekti elutsükkel. Igal objektil, nagu puu või maja, hakkab olema püsiidentifikaator ja igale muudatusele omistatakse ajatempel. Plaanitud on välja arendada teenus, mis võimaldaks alla laadida andmemuudatusi. Seni tuleb andmetarbijal endal muudatused tuvastada.

Praegu 3DCityDB andmebaasis hallatavate hoonete 3D-geomeetriad on plaanis arenduse teises etapis üle viia topograafiliste andmete andmebaasi. Töö tulemusena integreeritakse omavahel 2D- ja 3D-andmed - nii kirjeldatakse hoone andmebaasis ühe objektina, millel võib olla mitu erinevat ruumikuju.

Tulevikus soovitakse kaardirakenduses kasutada kõrgeima võimaliku detailsusastmega 3D-andmeid, sõltumata sellest, kas tootjaks on maamõõduamet, partnerid või kohalik omavalitsus. Andmed võivad olla toodetud nii LOD3-tasemel kui BIM-mudelitena. Riigiüleiselt ühesuguse detailsusega 3D-mudelite saamiseks tuleb eelnevalt kokku leppida andmete ühtlustamisviisi. BIM-mudelite puhul on kohandamist üritatud, kuid see jääb vastavaid konverteerimistoiminguid kirjeldavate standardite puudumise taha.

Sildade ja tunnelite 3D-andmete levitamisel on suur roll Soome maanteeametil. Eesmärk on needki rajatised tulevikus 3D-toodangusse hõivata. Kui arendustega niikaugemale jõutakse, konverteeritakse maanteeameti andmed 3D-toodangu jaoks vajalikku formaati.

Kuna ALS-punktipilvede ja aerofotode andmehõive teostatakse erinevas ajalisel tsüklis ning tulevikus tuleb lisaks arvestada kohalike omavalitsuste kogutud andmete erisustega, siis hakkab 3D-andmeuuendus olema omaette väljakutse.

Tehisintellekti valdkonnas on tulevikus plaanitud proovida teatud punktipilvede klassifitseerimist AI abiga. Hetkel on fookus sellel, kuidas parandada AI abiga ehitiste ruumikujude andmeid.

Andmed

3D-andmete aluseks on ortofotod ja ALS-punktipilved. Nendest omakorda genereeritakse 3D koostamiseks kasutatavad kõrgusmudelid. ALS-andmete ja aeropiltide tootmist juhib alates 2020. aastast riiklik programm „KALLIO“. Kogu riigi ALS-kogumise intervall on 6 aastat (Põhja-Lapimaal 12 aastat) ja AFP-kogumise intervall 3 aastat (Põhja-Lapimaal 12 aastat). Satelliidiandmeid andmehõives ei kasutata, küll aga kasutatakse neid 3-6 aasta tagant muutuste tuvastamiseks enda andmehõive planeerimisel.

Riikliku ALS-i tegevusi teostatakse igal aastal umbes 55 000 km² alal (ca 20 eraldi tootmispiirkonda aastas). Alates 2020. aastast on keskmine laserskaneerimise punktihedus 5 punkti ruutmeetri kohta. Sama andmestikku kasutatakse ka hõrendatud andmestiku koostamiseks, kus punktihedus on 0,5 punkti ruutmeetri kohta. Hõrendatud andmete punktihedus vastab aastatel 2008-2019 kogutud riikliku laserskaneerimise andmetele. ALS-i teostatakse ise oma lidarseadmega ning lisaks tellitakse seda juurde ka kolmelt firmalt (ligikaudu 100 väiksema omavalitsuse jaoks), et uuendada hooneid. Omavalitsused teostavad ise sisse tellitud skaneerimisele kvaliteedikontrolli vastavalt topograafilisele andmebaasile. Andmekorje eesmärgiks on mitte dubleerida juba skaneeritud alasid.

Riiklikke aerofotosid toodetakse igal aastal umbes 110 000 km² alal (ca 40 eraldi tootmispiirkonda aastas). Aerofotosid tehakse kevadel enne puude lehtimist ning suvel koos lehtedega. Suvel teostatakse lende samadel aladel, mida sama aasta ALS-programm katab.

3D-hoonete genereerimiseks kombineeritakse ALS-andmed ja 2D-hoonekontuurid. Hoonekontuure kasutatakse modelleerimistarkvaras Terrasolid TerraScan. Terrasolidit eelistatakse, kuna see on Soome firma, kellega on hea koostöö ning kes pakub efektiivset tuge. Lisaks kasutatakse hoonekontuure punktipilve klassifitseerimiseks ja 3D-hoonete seinapinna modelleerimiseks. Hetkel on olemas vaid LOD1 ja LOD2, milles lähtutakse maapinna ning katuse kõrgusest. Tekstuuriga hoonete tegemiseks võimekus puudub, kuna ei ole kaldaerofotosid. Hetkel on 3D-hooned eraldi andmebaasis, kuid tulevikus soovitakse need ühendada 2D-andmetega. Täpsemalt kasutatakse 3D loomiseks järgnevaid andmeformaate ja tarkvarasid.

Tabel 12. Andmeformaadid ja tarkvarad. Andmed: Maanmittauslaitos

Andmed	Formaadid	Tarkvara
Lidar	LAZ (version 1.2)	Andmehaldus - Lastools (Pythoni skriptid), Terrasolid TerraScan Punktipilve haldus - QGIS, PostgreSQL andmebaas, PostGISi laiendus Lendude opereerimine, esmane andmetöötlus - Leica MissionPro, Hexagon HxMap
Aerofotod	TiFF Tiled	Trimble Inpho, Vexcel Ultramap, EspaCity
Ortofotod	JPEG2000, TiFF tiled	
Kõrgusmodelid	GeoTIFF, ASCII Grid	JAKOmtj (Smallworld), EspaEngine, EspaCity
3D-hooned	CityGML	Haldus - Terrasolid Hoiustamine - 3DCityDB, failide eksportimiseks 3DCityDB eksportija/importija

Kuna hoonete 3D puhul mängib palju rolli kvaliteetne hoonekontuur, otsitakse viise hoonekontuuride parandamiseks. Al ei ole hetkel veel kasutusel, kuid lähitulevikus loodetakse hakata seda rohkem rakendama. Selleks on käivitatud tehisintellekti rakendatavuse programm AI4DB, kus uuritakse topograafilise andmebaasi uuendamise võimalusi. AI4DB projekti peamine fookus on tõese ortofoto (*true orthophoto*) kasutusel kõrgusmodelite ja hoonete kontuuride uuendamise võimalused.

Andmete levitamine

ALS-punktipilved tihedusega 0,5 p/m² on avaandmetena allalaaditavad (Creative Commons Attribution 4.0²⁹ litsentsi alusel). Korduvate ja suuremate ALS-andmete päringute korral saab kasutada tasuta failide allalaadimisteenuse (OGC API Processes³⁰) liidest.

Tihedate, 5 p/m² ALS-punktipilvede kasutamiseks on vaja luba, tasuta litsentsi. Litsents antakse igale tootmispiirkonnale (suurusega umbes 3000 km²) eraldi. Kasutajad ei tohi avaldada andmestikku originaalandmestikule sarnase täpsusega. Tihedate ALS-punktipilvede päringuks peab täitma tellimusvormi, milles on nõutud tellija kontaktandmed.

Lisatasusid rakendatakse andmestiku töötlustele, andmete teenustele, asukohaspetsiifiliste andmekogude pärimisel, failiteenuste kasutajanimede loomisel, kaarditeenuste lepingulisele kasutamisele jne vastavalt hinnakirjadele³¹.

Lisaks on olemas erinevad liidesed, mida on võimalik kasutada API-võtmega:

- ▶ Geokodeerimise teenus
- ▶ Kaardipildi teenus (vektorandmed)
- ▶ Kaardipildi teenus (WMTS), avatud liidese ühendus
- ▶ Topograafilise andmebaasi päringuteenus (OGC API Features)
- ▶ Nomenklatuur (OGC API Features)
- ▶ Ortofoto ja kõrguse mudeli mõõdistusteenus (WCS)
- ▶ Georuumilise faililaiendi teenus (OGC API Processes)
- ▶ Hooned (OGC API Features)

Kasutajaliides

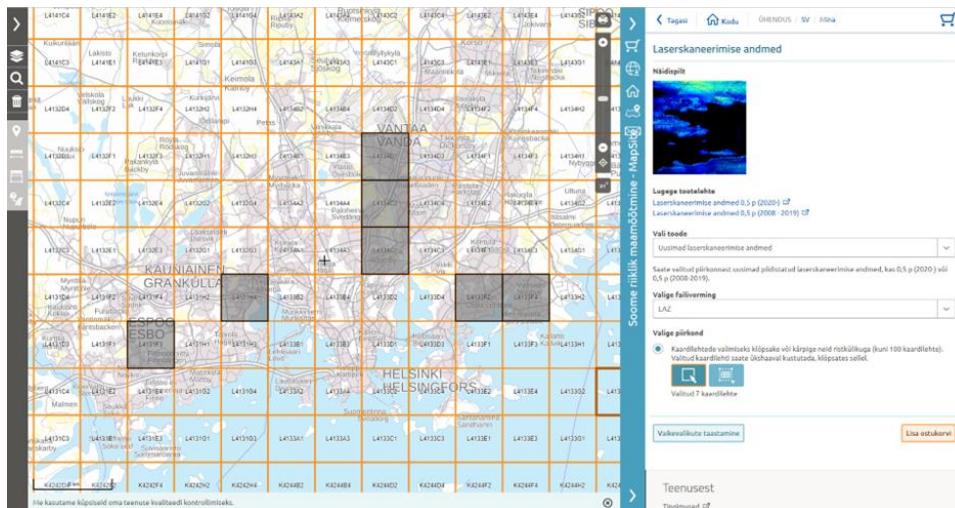
Avaandmetena allalaaditavad ortofotod, ALS-i 0,5 p andmed, 3D-hooned ja ülejäänud raster- ja vektorandmed on kättesaadavad Soome maamõõduameti kasutajaliidestest³². Andmete ulatust on võimalik valida interaktiivselt kaardil soovitud kaardilehte valides (kuni 100 kaardilehte korraga). Lisaks on võimalik täpsustada toote spetsifikatsiooni (nt piksli suurus, ortofoto liik, ALS-i liik) ning soovitud failiformaati. Seejärel küsitakse päringu tegija e-maili ning saadetakse soovitud andmete allalaadimise link e-mailile.

²⁹ <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>

³⁰ <https://www.maanmittauslaitos.fi/paikkatiedon-tiedostopalvelu>

³¹ <https://www.maanmittauslaitos.fi/karttakuvapalvelu#hinnasto>, <https://www.maanmittauslaitos.fi/hinnasto/kartta-ja-asiakirjatuotteet>

³² <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka/liittyvat-palvelut>



Joonis 34. Avaandmete päringu kasutajaliides. Allikas: Maanmittauslaitos³³

WMS, WMTS, vektorandmed

Lisaks võimaldab Soome maamõõduamet vektor- ja rasterandmetele ligipääsu läbi WMS- ja WMTS-kaarditeenusete. WMS- ja WMTS-kaarditeenuses on andmed rasterformaadis, st kaardid koosnevad pikslitest. Vektorandmete teenuses on andmed punktide, joonte ja polügoonidena. Rasterkaartide esitusstiilid on standardiseeritud, kuid vektorandmete esitusstiili saab vabalt muuta.

Teenuseid pakutakse nii tasuta kui lepinguliselt. WMTS-i ja vektorandmete teenuseid saab tasuta kasutada avatud liideseühenduse kaudu. Tasuta WMTS-andmekihi valik ja eraldusvõime on väiksemad kui lepingulisele kasutajale saadaolev. Avatud teenus ei ole loodud suuremahuliste tegevuste jaoks, sellel puudub pidev kasutajatugi.

Liidese lepingulisel kasutamisel tagatakse teenuse funktsionaalsus ja kättesaadavus kasutajatele. Teenusele pakutakse kasutajatuge. Liidese kasutamine lepingu alusel on tasuline ning teenuse kasutamiseks on vaja kasutajanime ja parooli.

Tabel 13. WMS-i ja WMTS-i võrdlustabel toodete alusel. Allikas: Maanmittauslaitos

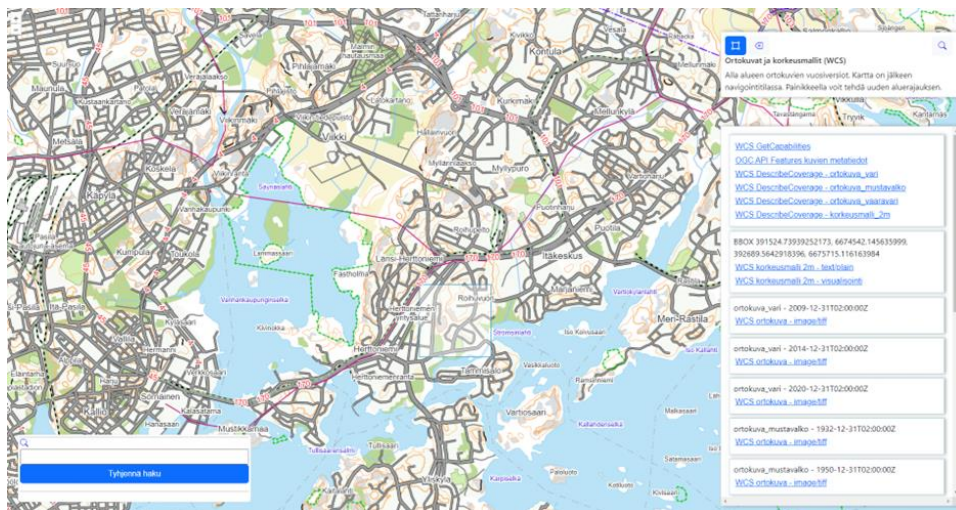
Toode	WMS (lepinguline)	WMTS (lepinguline)	WMTS (avatud)
Topograafiline kaart	X	X	X
Aluskaart	X	X	X
Lihtne kaart		X	X
Kinnisvara piirid ja identifikaatorid	X	X	X
Ortofoto	X	X	X
Valevärvi ortofoto	X	X	
Värviline ortofoto	X		
Ajaloolised ortofotod	X		
Kalde varjund		X	

³³ <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/?lang=en>

Toode	WMS (lepinguline)	WMTS (lepinguline)	WMTS (avatud)
Kõrgusvöönd		X	
Temaatiline raster		X	

Ortofoto ja kõrguse mudeli katvusteenus

Alates aastast 2023 on saadaval ka ortofoto ja kõrguse mudeli katvusteenus (WCS), mis võimaldab otsida rasterortofotosid ja kõrgusmudeleid. Teenuses on võimalik materjalidest soovitud tükid välja võtta, piiritledes interaktiivselt kaardil ala, mille kohta andmeid soovitakse. Võimalik on alla laadida traditsioonilisi RGB, valevärvi ja mustvalgeid ortofotosid erinevatest aastatest. Alla on võimalik laadida kõrgusmudeleid (2 m). Lisaks on kõrgusmudeleid võimalik pärida ka teiste eraldusvõimete lõikes: 2 m, 4 m, 8 m, 16 m, 32 m, 64 m, 128 m, 256 m ja 512 m. Ortofotod on saadaval GeoTIFF-formaadis ja kõrgusmudelid GeoTIFF- või ASCII Gridi formaadis.



Joonis 35. Ortofotode ja kõrgusmudelite ülevaate kasutajaliides. Allikas: Maanmittauslaitos³⁴

3.2. Šveits

3D kasutuselevõtt

Šveits on topograafiliste 3D-andmetega täielikult kaardistatud. Šveitsi topograafiaamet (Swisstopo) sai 3D topograafilise andmebaasi valmis aastal 2019, kõigi objektide kaardistamine kestis ligikaudu 10 aastat. 3D-andmestik loodi varasema andmehõive käigus kogutud andmetele tuginedes. Swisstopo esindaja sõnul annab lisandunud kolmas dimensioon andmekasutajatele lisaväärtust. Varasemalt oli Šveitsi andmebaas kartograafiline. Üleminek 3D-andmetele ei põhjustanud eriti suuri raskusi, sest konkreetseid 3D-andmetega seotud töid ei olnud, kuna juba varasemalt kasutati fotogramm-meetriat ja hallati kolmedimensiooniliselt kirjeldavaid andmeid. Peamine jõupingutus oli seotud üleminekuga topograafilisele andmebaasile. Tegemist oli varasemalt seatud eesmärgiga, millele lisandus 3D-

³⁴ https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/laserkeilausaineisto_5p

funktsionaalsuse kaalutlus. Kuna ka kasutajad avastavad üha enam uute tööprotsesside ja teenuste eeliseid, siis varasemate 2D-kaardistusprotsesside juurde tagasi pöördumist ei soovita.

2D-andmetelt 3D-andmetele ülemineku kulu Šveitsis oli ligikaudu 10 miljonit eurot (täiendav arendus). Igapäevaselt töötab 3D-andmete uuendamisega ligikaudu 20 inimest, aastas kulub ligikaudu 2 miljonit eurot. Muid täiendavaid kulusid Swisstopo hinnangul 3D-haldamisega (võrreldes 2D-andmete haldamisega) ei kaasne, sest tegevused on suuresti sarnased ning kogu kulu on seotud tööjõuga.

Swisstopo kasutab oma andmete loomisel ja haldamisel printsiipi, mille kohaselt kõik andmed peavad olema 3D-s ning see on ka 2D-andmete tootmise alus. 2D-andmed on eritoode. See tähendab, et andmete kaardistamisel ja töötlemisel töödeldakse topograafilise maastikumudeli andmeid, eemaldatakse kartograafia jaoks ebaolulised tunnused ning lisatakse objektidele juurde ka kolmas dimensioon. Näiteks hoone nimetus on ebaoluline, sest see ei anna 3D-vaates lisaväärtust, kuid selle hoone kujutamine kolmemõõtmelisena annab. Samamoodi käitatakse ka näiteks sildade, tunnelite ja muude objektidega.

3D-andmehõive

Swisstopo kasutab maastiku- ja pinnamudelite loomiseks lidarit ja fotogramm-meetriat. Lisaks kasutatakse mehitamata õhusõidukeid ja satelliite, et saada täiendavat informatsiooni piirkondade kohta, kus parasjagu ei lennata. Lennud toimuvad igal aastal ning korraga lennatakse üle 1/3 kogu riigist. Üldjuhul kaardistatakse objektid 20 cm täpsusega, välja arvatud objektid, mida pole võimalik sellise täpsusega määratleda (nt metsad). Lisaks lendudelt saadud objektide kaardistusele on oluliseks sisendiks ka kohalike omavalitsuste poolt kogutud informatsioon.

Üldiselt saadakse kogu vajalik andmekomplekt lennuandmetest ning maapealne kaardistus toimub erijuhtudel. Näiteks kui mõne objekti puhul tekib õhust kogutud andmete töötlemisel küsimusi, minnakse objekti koha peale kontrollima.

Swisstopo üks suuremaid väljakutseid on andmete uuendustsükli lühendamine. Igal aastal avalikustatakse kogu topograafilise andmebaasi uus versioon (mõnda osa uuendatakse ka sagedamini). Märges objekti kohta jõuab tavaliselt võimalikult kiiresti ka kaardile. Näiteks kui kohalik omavalitsus teavitab uue objekti planeerimise tööst, siis nädalaga jõuab see info kaardile. See tähendab, et planeeritav objekt jõuab kaardile, kuid füüsilist objekti veel olemas pole, mistõttu ei saa seda kaardil kujutada ka kolmemõõtmelisena. Kui nüüd objekt ehitatakse valmis, siis hiljemalt kolme aasta pärast (kogu riigi kaardistusperiood lennukiga) ilmub objekt ka kolmemõõtmelisena kaardile.

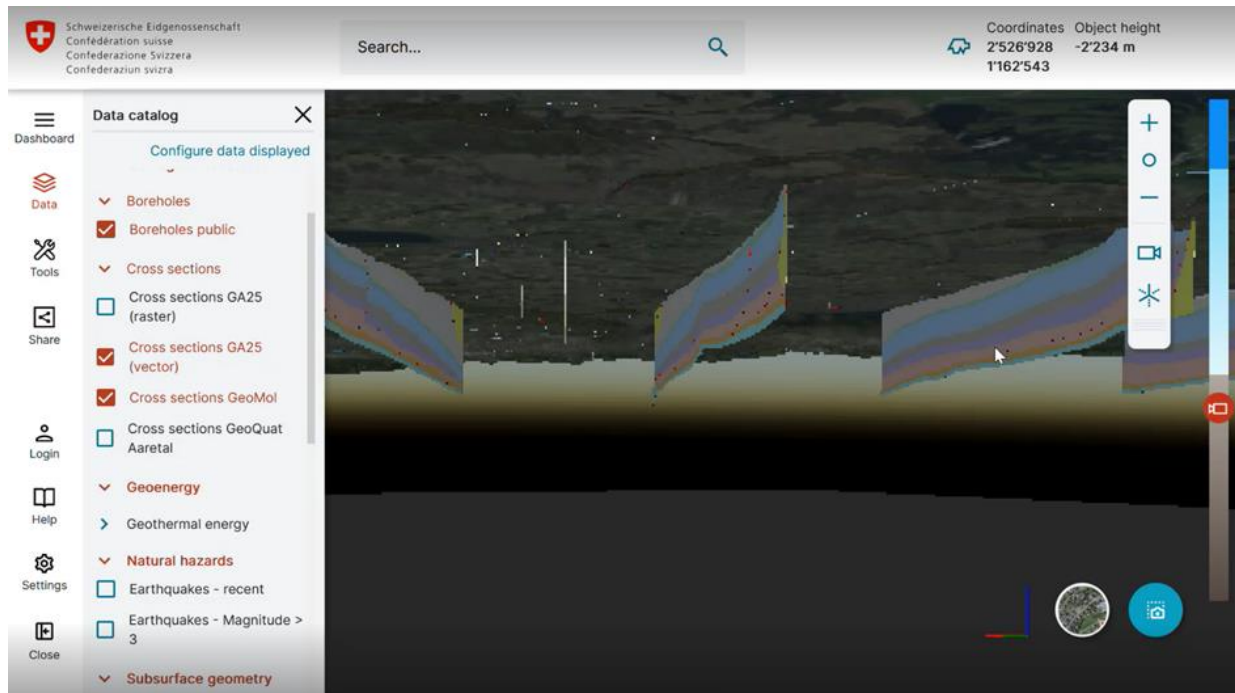
Andmed

Šveitsi topograafilises andmebaasis on ligikaudu 27 miljonit objekti. Andmeid ajakohastatakse pidevalt, tehes ligikaudu 17 000 muudatust päevas. Tuvastatakse inimtekkelisi muudatusi (nt uued tänavad, tänavanimed, hooned), milleks saadakse sisend kohalikelt omavalitsustelt, ning looduslikke muutusi (metsade ja jõgede muudatused jne), milleks saadakse sisend fotogramm-meetriliste vahenditega.

Umbes 3000-4000 muudatust tehakse manuaalselt, ülejäänud automaatselt. Lisaks kasutatakse muutuste kontrolliks kogu andmebaasi topoloogilist kontrolli. Suurem osa maastiku ja vegetatsiooni andmestikust uuendatakse automaatselt, kasutades muutuste tuvastamise tarkvara, millele järgneb operaatori kontroll. Muudatuste jälgimiseks on loodud Swisstopo *heatmap*, mis ei tuvasta üksikobjekte, vaid mille järgi tuvastatakse, mis piirkonnas on muutused potentsiaalselt toimunud, lihtsustades operaatorite tööd. Kui *heatmap*'ilt jääb operaatoril olukord ebaselgeks, tähistatakse piirkond ning saadetakse tihti vaatlejad objekti kohapealset olukorda täpsustama. Selleks on mitu välitöötajat, kes riigis kohapealseid kontrollid teevad.

Andmete töötlemiseks täna veel AI-lahendusi kasutusele pole võetud. Hetkel on AI kasutuselevõttu uuritud metsanduslike ja vegetatsiooni muutuse tuvastamiseks, kuid tulemused ei ole seni olnud rahuldavad. Parimad tulemused on näidanud 80% edu, kuid see jääb alla *heatmap*'i meetodile.

Geoloogia 3D-andmestik on tuletatud puursüdamike baasil ning seda kujutatakse vokselkihtidena. Visualiseerimine toimub eraldi geoloogia veebivaatari abil. Probleemiks on aga, et tänaseni ei ole leitud viisi, kuidas luua side geoloogilise andmestiku ja topograafilise andmestiku vahel, et teha paremini päringuid ja andmestikke koos kasutada. Vokselkihil on hetkel vaid geoloogia informatsioon, koordinaadid ja sügavus. Kogu tootmisliini übertegemisel tulevikus on üheks eesmärgiks tuua topograafilised andmed ja geoloogilised andmed ühte andmebaasi ja ühele platvormile.

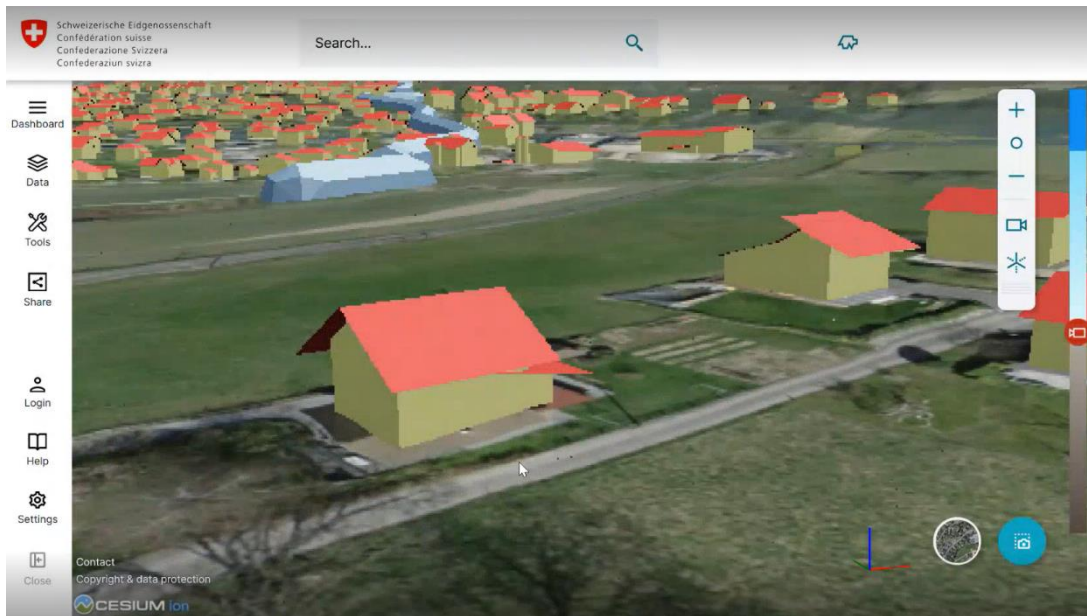


Joonis 36. Näide geoloogia 3D-andmestiku visualiseerimisest. Allikas: Swisstopo³⁵

3D-hooned. Uute hoonete informatsioon (2D-kontuurid) saadakse omavalitsustelt arenduste planeerimise etapis. 2D-kontuur lisatakse lokaalsesse andmebaasi. Kui hoone saab realselt valmis, teavitavad omavalitsused ehituse lõppemisest, misjärel lisatakse andmebaasi kontuurile märged, et hoone on ametlikult valminud. Valminud hoonetele luuakse 3D-kuju kolme aasta jooksul üleriiklikule aeromöödistusele tuginedes. Ebaseaduslikke hooned tuvastatakse samuti kolme aasta tagant, tuginedes samadele andmetele.

Erinevalt Eestist ei kasutata Šveitsis hoonete tuvastamiseks ALS-andmestikku: Swisstopos kasutatakse ainult ortofotosid. Ortofotodelt tuletatakse katusekontuur ja ALS-andmestiku abil rikastatakse seda kõrgusega. Kui olemas on kohaliku omavalitsuse poolt edastatud hoonekontuur, siis selle järgi määratakse seinte asukoht. Kui hoonekontuur seinte moodustamiseks puudub, tuletatakse see ülelennu andmetest. Kõigi hoonete seinad pikendatakse katuseeni ja 3 m maa alla, lähtudes eeldusest, et enamikul hoonetel on ka kelder. Hoone- ja katusekontuuri erinevusest saadakse ka katuseräästa ülekate. Sillad luuakse sarnaselt hoonetega. Neid rikastatakse lisaks kõrgusinfole ka mahu- raskuspiirangute infoga.

³⁵ <https://viewer.swissgeol.ch>



Joonis 37. Hoonete 3D-visualiseerimise näide. Allikas: Swisstopo³⁶

Vegetatsiooni kaardistuseks tuvastatakse puuvõrade ladvad (maksimumkõrgused), mis tähistatakse kolmemõõtmelise punktiga. Punktobjektile on olemas kõrgus, mis defineerib vegetatsiooni kõrguse. 3D-mudel luuakse, pikendades ladvapunkti maani ning andes sellele puu 3D-kuju, lähtudes eeldusest, et 1/3 kõrgusest on tüvi ja 2/3 võra.

Funikulöörade (kõisraudteede), sildade ja tunnelite 3D-s modelleerimiseks rikastatakse vektorandmeid kõrguse ja laiuse infoga. Funikulöörade puhul kogutakse kaablimastide andmeid punktobjektidena ja rikastatakse neid kaabli kõrguse ja infoga, mis annab võimaluse andmeid ja õhuteid 3D-s visualiseerida. Sildade ja tunnelite vektorandmeid rikastatakse 3D-s visualiseerimiseks kõrguse ja laiusega.

3D-andmeid kasutavad Šveitsis muuhulgas:

- ▶ Arhitektid (BIM-mudelite loomine)
- ▶ *Start-up*'id, mis pakuvad linnaehituslikke või arhitektuurialaseid teenuseid, arendusi, rakendusi või tarkvara
- ▶ Šveitsi maanteeamet tee-ehituse kavandamisel
- ▶ Targa linna rakendused
- ▶ Kindlustusfirmad (kasutavad kõrgusmudeleid)
- ▶ Kaitsevägi (oluline kaalutus 3D-andmete loomiseks, kasutavad simulatsioonideks väljaõppet, sh sildade info), politsei (eelkõige vektorandmed), pääste (kaabelteed), lennundus (kaabelteed ja 3D-vektorandmed)
- ▶ Matka- ja navigatsioonifirmad

Andmete haldus

³⁶ <https://viewer.swissgeol.ch>

Andmebaasis hoitakse katusekontuuri objekti (ilma seinteta), mida on rikastatud erinevate andmetega (hoone tüüp, nimi, aadress, ehitusaasta jne). Samuti on andmebaasis ka puud vaid punktobjektidena, koos 3D moodustamiseks vajalike atribuutidega. Teede kohta on andmebaasis telgjoon ning atribuudid (laius jm). Varasem kogemus on näidanud, et kasutajad visualiseerivad vastavalt vajadusele ja analüüsidele andmeid erinevalt. Valmis mudelite pakkumise asemel soovib Swisstopo rohkem rõhuda andmete rikastamisele, et kasutajad saaksid ise luua endale sobivaid 3D-mudeleid. Eesmärk on kasutada üht ja sama andmebaasi erinevateks eesmärkideks ja erinevate toodete loomiseks.

Kõik andmed on ühes 3D Oracle'i andmebaasis, põhiformaat on Esri SDK, kasutatakse Esri tooteid. Lisaks kasutatakse ka enda arendatud tarkvara (ARCNET või PSI platvormidel põhinevaid), mis võimaldab ArcMapi ja StereoAnalysti vahelist kommunikatsiooni. Selle kasutamise abil on operaatoritel võimalik töötada ühtses andmebaasis.

Kuna ArcMap on jõudnud oma elukaare lõppu, siis on otsustatud asendada see järgmise 4-5 aasta jooksul ArcGIS Proga. Süsteemi migratsiooniks on käivitatud ka projekt, millega planeeritakse kogu tootmisliini ümbertegemist. Eesmärk on, et uues süsteemis oleks senisest paremini liidetud kogu tootmisliin (sh geoloogia) ühes keskkonnas.

Andmete kättesaadavaks tegemine

Andmeid saab vaadata tasuta läbi Swisstopo kaardirakenduse³⁷. Erasektor peab andmete kommertskasutuse eest tasuma, sest Swisstopol on eesmärk tagastada igal aastal 27% neile eraldatud avalikest rahalistest vahenditest. Selleks on loodud litsents andmete kommertskasutuse korraldamiseks.³⁸

Kaardirakendus on ainult üks võimalus andmete kättesaamiseks ja kasutamiseks, kõiki andmebaasi kuuluvaid objekte kaardirakenduses ei kuvata. Kaardirakenduses on võimalik vaadata ühte 3D-visualiseeringu näidist.

Andmeid hoiustatakse Esri formaadis. Sellest tuletatakse DXF-kujul failid arhitektidele CAD-programmides kasutamiseks. Samuti on võimalik andmeid saada ka CityGMLi, DXF, KML ja OBJ formaatides. Alates aastast 2022 tehakse ettevalmistusi, et levitada kõiki vektorandmeid ka BIM-kujul, mida arhitektid on pikalt oodanud³⁹. Andmeid on võimalik alla laadida kas terve riigi kohta või väiksemate alade kaupa. Pakutakse ka API-sid, mida saab integreerida enda andmebaasidesse. Teenuste kaudu on võimalik kätte saada kõiki andmebaasides olevaid objekte.

3D-kasutajaliides

Kuna Šveitsi eesmärk ei ole kõigi andmete visualiseerimine ning nende 3D-rakendus on eelkõige kasutajale visuaalseks näidiseks, siis eesmärk ei ole saavutada kuvatavate näidiste täielik ajakohasus. 3D-vaadet valides kuvatakse vaadeldaval alal kõik olemasolevad 3D-andmed (maapinna kõrgusmudel, vegetatsioon, puud, hooned, sillad, funikulöörid) ning neid pole võimalik eraldi sisse-välja lülitada. Kasutajaliidest on täpsemalt kirjeldatud lisa 1.

³⁷ <https://www.swisstopo.admin.ch/en/maps-data-online/maps-geodata-online/3d-viewer.html>

³⁸ <https://www.gim-international.com/content/article/3d-is-the-new-normal-in-switzerland>

³⁹ Vt ka https://www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/en/swisstopo/geobim/jcr_content/inpagenav/items/198_1657104554821/tabPar/downloadlist/downloadItems/2_02_1657104712077.download/Brosch%C3%BCre_BIMStrategie-swisstopo_2022_E.pdf

4. Kasutajauuringu intervjuudelt kogutud vajadused

Käesoleva projekti käigus viidi läbi intervjuud Maa-ameti teenuseid või andmeid kasutavate väliste osapooltega. Intervjuude käigus koguti osapooltelt kokku 2D-/3D-andmetega seotud vajadused. Neid võetakse tulevikulahenduse väljatöötamisel arvesse. Kokku viidi läbi 20 intervjuud, millel osalesid järgmised osapooled:

- ▶ Kaitsevägi
- ▶ Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus
- ▶ Siseministeeriumi infotehnoloogia- ja arenduskeskus (SMIT)
- ▶ Keskkonnaministeerium
- ▶ Keskkonnaagentuur
- ▶ Keskkonnaamet
- ▶ Riigimetsa Majandamise Keskus (RMK)
- ▶ Transpordiamet
- ▶ Sisekaitseakadeemia
- ▶ Kohalikud omavalitsused - Tallinn, Tartu, Narva, Saaremaa
- ▶ Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
- ▶ Päästeamet
- ▶ Planeerijad - K-Projekt, Esplan, Hendrikson, Pärnu Linnavalitsus
- ▶ Rahandusministeerium

Lisaks viidi läbi kaks fookusgruppi, mille käigus arutleti tänaste probleemide ja võimalike tulevikulahenduste üle. Fookusgruppide arutelude käigus koguti ka ärivajadusi, mis on oluliseks sisendiks tulevikulahenduse loomisel. Fookusgruppid olid järgmised:

- ▶ **Fookusgrupp 1** - Eesti Kunstiakadeemia, Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Ülikool, Tallinna Linnavalitsus, , Proekspert (3 osalejat), 3Di/Hades Geodeesia OÜ
- ▶ **Fookusgrupp 2** - Steiger, Explorer, Inphysica, Eesti Arhitektide Liit, , Asum Arhitektid (2 osalejat), Tallinna Tehnikaülikool

Intervjuude käigus kirjeldati üle saja ärivajaduse, mis parema ülevaate saamiseks on koondatud kokku ning jagatud allpool toodud kategooriatesse. Iga ärivajaduse kohta on võimalik täpsemalt lugeda **lisadest**, kus on välja toodud konkreetne ärivajadus koos kategooriaga ning vajaduse esitanud osapool.

Järgnevalt on toodud lühikokkuvõtte iga kategooria põhilisemate vajaduste kohta:

- ▶ **Andmehõive - kaardistamine**
 - ▶ Andmete ajakohasuse ja parema kvaliteedi tagamiseks peaks Maa-amet andmehõivet sagedamini ja tihedamalt teostama.
 - ▶ Tuleks teha iga-aastased täiendavad kaardistuslennud Eesti kaitseväge harjutusaladel ja üle-eestiline metsanduslik kaardistuslend.
 - ▶ Teiste riiklike andmekogude kvaliteedi ja ajakohasuse tagamiseks tuleks uuendada nende aluseks olevat ETAK-i andmestikku tihedamini.
 - ▶ Andmetiheduse vajaduse rahuldamiseks peaks ALS-punktipilv olema tihedam (nt üks punkt ruutdetsimeetri peale).
 - ▶ Olulisem on saada iga aasta kogu Eestit kattev ortofoto kui tihedam lidaripilv.
- ▶ **Andmehõive - andmekoosseis**
 - ▶ Üldiselt ollakse rahul juba täna kättesaadavate andmetega, kuid soovitakse, et need oleksid detailsemad.

- ▶ 2D-/3D-andmekoosseisus soovitakse saada andmeid hoonete korruselisuse ning korruse kõrguse, ligipääsude (sh ukсед, trepikojad), mitmetasandiliste ristmike, kõrgepingeliinide, sildade jmt kohta.
- ▶ Samuti on avaldatud soovi saada informatsiooni veeteede, õhuruumi ulatuvate piirangute (lennuväljade piirangupinnad, sihimärgid jm), taimestiku, liiklusmärkide, valguspostide jmt kohta.
- ▶ **Andmehõive - seos EHR-iga**
 - ▶ Maa-ameti andmed saaksid olla EHR-iga tihedamalt koostööd tehes ajakohasemad ning selle tulemusena oleksid kättesaadavad rajatiste andmed ka kvaliteetsemad.
- ▶ **Andmehõive - muud**
 - ▶ 3D-mudelid soovitakse näha tänavavaadet ning hoonesisest vaadet.
 - ▶ 3D-kaardi pealt soovitakse saada kätte täpsemalt informatsiooni taimestiku alla jäävate pindade kohta. Seda informatsiooni ortofoto või kaldaerofoto pealt kätte saada pole võimalik.
- ▶ **Andmete kättesaadavaks tegemine - tehnoloogia**
 - ▶ Hetkel on osad kõrgusandmed kättesaadavad LAZ-formaadis, mis ei ole maapinna suhtes normaliseeritud. Selleks tuleb kasutajal teha täiendavaid tegevusi: laadida täiendavalt alla maapinna mudel xyz-formaadis, konverteerida see DTM-formaati, pakkida LAZ-failid lahti LAS-failideks ja sealt siis edasi normaliseerida maapind mudeli suhtes.
 - ▶ Avaandmed peaksid olema ka WGS84 koordinaatsüsteemis kättesaadavad ja vastama OGC standarditele.
- ▶ **Andmete kättesaadavaks tegemine - muud**
 - ▶ Üldine vajadus kaasatud osapooltel on see, et kõik Maa-ameti toodetavad alusandmed oleksid kättesaadavad ning uueneksid võimalikult kiiresti (nt katastriüksuse andmed võiksid uueneda kohe peale sissekande tegemist).
 - ▶ Põhiliselt soovitakse Maa-ametilt saada andmeid oma valdkonna spetsiifikast lähtuvalt. Näiteks soovitakse saada 3D-aluskaarti lõhkekeha ohuala leitavuse eesmärgil; vaadelda objekti erinevate nurkade alt; näha kõrgusandmete juures välist referentsi; saada 3D-andmetena navigatsioonimärke, veest välja ulatuvaid kive, kaldajoont jm; kasutada 3D-hoonete välismõõtmete ja kõrguslike asukohtade visualiseeringuid; saada kaldaerofoto pilti maastikule laiali laotatuna; näha kaardirakenduse kaudu erinevaid piirkondi Google Earth-i stiilis; mõõta kaardilt hoonetevahelisi vahemaid; eristada okaspuid ja lehtpuid.
- ▶ **Ajalooliste andmete kättesaadavus**
 - ▶ Soovitakse näha andmete juures ka nende muudatuste ajalugu ehk ajaloolist vaadet.
 - ▶ Soovitakse saada ajaloolist informatsiooni tänavate ajalooliste nimede, ehituskeeluvööndite, geoloogiliste andmete, hoonete andmete muudatuste ja halduspiiride muudatuste kohta.
- ▶ **Maa-aluste objektide ja kihtide andmed**
 - ▶ Maa-aluste andmetena soovitakse saada täpsemat informatsiooni nii geoloogiliste andmete (pinnas, kihid, põhjavesi jm) kui ka infrastruktuuri (nt kommunikatsioon, elekter, gaas, vesi, parklad, garaažid, tunnelid jm) kohta. Soovitakse, et nimetatud andmed oleksid võimalikult ajakohased ja kvaliteetsed.

5. Geo3D tuleviku terviklahendus

Maa-amet vastutab riigis topograafiliste andmete hõive, töötlemise ja hoidmise eest, koostab riigi topograafilised kaardid ning tagab erinevate ruumiandmete kättesaadavuse läbi Eesti geoportaali⁴⁰. Seoses tehnoloogiliste võimaluste arenemisega ning era- ja avaliku sektori kasutajate vajaduste teisenemisega (vt ka eelnevad peatükid ning käesoleva aruande lisa 2) on Maa-amet seadnud eesmärgiks toota ja levitada kaarditooteid tulevikus kolmemõõtmeliselt. Sarnased muudatused leiavad aset paljudes riikides (vt ka eelnevad peatükid). Näiteks on Prantsusmaal kasutusele võetud kolmemõõtmeline geoloogiliste andmete platvorm⁴¹, Hollandis on 3D-andmete kontekstis uuendatud ruumiandmestandarddeid⁴².

Kolmemõõtmeliste riiklike ruumiandmeteenuste kontekstis on välja toodud, et (äriliste, nt Google'i) 3D-teenuste kasutus on kiires kasvus, eri osapoolte ootused 3D-info kättesaadavuse suhtes on kõrged ning ületavad sageli nii lisainvesteeringuteta pakutavaid võimalusi kui ka riigiasutuste tänaseid õigusaktides antud mandaate⁴³. Katsetatakse ka lahendusi, mille abil on võimalik 3D-mudeleid luua, rikastada ja koos esitleda eri allikatest pärinevate ning eri vormingutes loodud andmete alusel (nt BIM ja CityGML⁴⁴, maapealsete lidariseadmetega kogutud andmed⁴⁵). Lisaks tavapärastele satelliidiandmetele ning maapinna lähedalt (lennukite ja droonidega) kogutud fotodele ja lidariandmetele on arenemas stratosfäärilise toimuva andmekorje tehnoloogiad. Kiired tehnoloogilised arengud tähendavad, et lähema 5-10 aasta jooksul muutub tõenäoliselt 3D-mudelite loomiseks kasutatav sisendandmestik oluliselt, mistõttu on oluline keskenduda uute tehnoloogiate piloteerimisele ka Eestis.

Reaalses maailmas paiknevate ehitiste ja looduslike objektide kohta tekib andmeid erinevate menetluste käigus, mis peaks tulevikus võimaldama 3D-mudelite loomisel andmete taaskasutust. Näiteks ehitiste puhul on ehituslubadega seotud menetlustes levimas BIM-i kasutuselevõtt, mistõttu võivad ehitiste BIM-mudelid olla tulevikus 3D-reaalsusmudeli oluliseks sisendiks⁴⁶. Samas ei rahulda see looduslike objektide 3D-mudelite loomise vajadust.

Riiklikes kesketes ruumiandmeteenustes (peamiselt) kahemõõtmelisuselt kolmemõõtmelisusele üleminekul tuleb rakendada uudseid tehnoloogiaid ja tööprotsesse. Tulenevalt ruumiandmete olulisusest paljudele muudele riiklikele funktsioonidele ja infosüsteemidele on innovaatilisuse kõrval prioriteediks andmekvaliteet. Lisaks tehnoloogilistele uuendustele tuleb tagada asjakohane õigusruum, viia sisse vajalikud muudatused protsessidesse ja Maa-ameti struktuuris (osakondade ülesanded ja koosseis). 3D-andmeid kasutavad väga erinevad osapooled, andmeid kaardistatakse ja 3D-mudeleid luuakse nii täna kui ka tulevikus valdkondlike ülesannete täitmiseks eri asutuste poolt avalikke vahendeid kasutades. Seetõttu on kriitilise tähtsusega tegevuste ja ressursside otstarbeka kasutamise omavaheliseks kooskõlastamiseks koordinatsioonivõrgustiku loomine.

Kolmemõõtmeliste ruumiandmete laiapõhjaline kasutuselevõtt Eesti peamistes ruumiandmeteenustes on eeldus tõhusate ning kasutajate ootustele vastavate avalike teenuste pakkumisele väga erinevates poliitikalavaldkondades ja haldusmenetlustes. Piiranguteta kasutatav 3D-mudel võimaldab ka ettevõtetel äriprotsesse optimeerida ning uusi äriteenused luua. Suure täpsusega 3D-andmestiku

⁴⁰ <https://www.riigiteataja.ee/akt/RAS>

⁴¹ <https://rgf.brgm.fr/>

⁴² https://www.geonovum.nl/uploads/documents/Geonovum%20-%20Framework%20of%20geospatial%20data%20standards%20for%20the%20Netherlands%20v4.0_EN%20DEF.pdf

⁴³ Vt ka https://mdpi-res.com/d_attachment/ijgi/ijgi-09-00107/article_deploy/ijgi-09-00107-v6.pdf?version=1583119528

⁴⁴ samas

⁴⁵ <https://sparkgeo.com/blog/using-mobile-lidar-to-create-3d-models/>

⁴⁶ https://mdpi-res.com/d_attachment/ijgi/ijgi-09-00107/article_deploy/ijgi-09-00107-v6.pdf?version=1583119528

loomiseks teostatav andmekorje ja -töötlus ning 3D-mudeli levitamine on avalik teenus, mida seni ei ole pakutud ning mille kasutuselevõtt eeldab süsteemset võimekuste väljaarendamist. Uute tehnoloogiliste lahenduste eduka kasutuselevõtu eelduseks on strateegiliste eesmärkide seadmine, nii organisatsiooni sisene kui ka partneritevaheline sujuv koostöö, muutusi toetav juhtimine, vajalike pädevuste ja ressursside olemasolu, kasutajate ootustele keskendumine ning uute tehnoloogiate pidev katsetamine (vt ka allolev joonis).



Joonis 38. Uute digilahenduste kasutuselevõttu toetav raamistik⁴⁷

Järgnevates peatükkides on kirjeldatud muudatused, mis on erinevates valdkondades vajalikud seoses 3D-le üleminekul Maa-ametis ja eesti ruumiandmeteenustes laiemalt. Muudatusettepanekud tuginevad käesoleva projekti käigus kogutud teabele, KeMIT-i ja Maa-ameti esindajatelt saadud infole ning aruande autorite teadmistele ja kogemustele. Muudatused on vajalikud nii andmehõive, andmetöötluse kui ka levitamise etapis.

Allolevas tabelis on kirjeldatud kokkuvõtvalt Maa-ametis 3D-lahenduste rakendamisega seotud tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud.

⁴⁷ Bumann, Jimmy & Peter, Marc. (2019). Action Fields of Digital Transformation - A Review and Comparative Analysis of Digital Transformation Maturity Models and Frameworks alusel

Tabel 14. 3D-lahenduste kasutuselevõttuga seotud protsesside tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud

Tugevused	Nõrkused
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Maa-ametis on 3D-andmehõive ning andmete töötlemise oskuste ja teadmistega spetsialistid ▶ Maa-amet hõivab juba täna regulaarselt 3D-andmeid, vajalik on kaasaegsete tehnoloogiate rakendamine ja protsesside muutmine, mitte täiesti uute protsesside väljatöötamine ▶ Maa-amet kui ruumiandmete kompetentsikeskus - 2D- ja 3D-ruumiandmete alane teadmus ja valdkonna ekspertiis on suures osas Maa-ametis olemas. See võimaldab paindlikult ja kiiresti reageerida nii andmete muutmisevajadustele, uute vajaduste kaardistamisele kui ka uute teenuste ning andmekoosseisude loomisele ▶ Maa-ametil osaleb aktiivselt valdkondlikus rahvusvahelises koostöös: koostöövõrgustikud ja -projektid, infovahetus andmehõive, -töötuse ning levituse lahenduste osas (sh platvormid, andmestandardid) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Lisainimressursi puudus 2D- ja 3D-andmete uuendamisel ja töötlemisel. Puudu on rahastusest, millega luua töökohti, vähendamaks andmetöötuse mahajäämust ▶ 3D-alaste teadmistega spetsialistide puudus turul ▶ 2D- ja 3D-nähtuste (nt hoonete ruumikujud) muutuste tuvastamine on paljuski käsitöö ning täna puuduvad piisavalt kvaliteetsed automatiseeritud tehnoloogilised lahendused käsitöö oluliseks vähendamiseks ▶ 2D- ja 3D-andmete 4-aastasest tsüklis ajakohastamiseks puudub piisav inimressurss ▶ Tihedamate punktipilvede andmehõive ja nende pealt 3D-andmete modelleerimine on tehnoloogilise ressursi mahukas (salvestus ja töötlus)
Võimalused	Ohud
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3D-teenuste arendamiseks ja väljatöötamiseks n-ö 3D-andmeteaduse kompetentsikeskuse loomine ▶ Uute ja innovaatiliste 2D- ja 3D-teenuste ja -andmete loomine, nt 3D lennukoridorid, merekaardid, liiklusandmed, korruselisus ▶ 3D-teenuste ja võimaluste osas kogemuste jagamine ning koostöö teiste riigiasutuste ja erasektoriga, kelle ootused ja huvi 3D-andmete kasutuselevõtu osas on suur ▶ Koostööprojektid välispartneritega, kes on sarnastes etappides, valides töötamiseks ja arendusteks sobivaimaid platvorme, andmestandardeid jm ▶ Reglementeeritud kogukondlik 3D-andmete korje standardiseeritud mudeldamisreeglite alusel ▶ 2D- ja 3D-andmete kättesaadavaks tegemise protsessi ühesuguseks muutmine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3D-alaste oskuste ja teadmistega spetsialistid lahkuvad ametist ▶ 3D-andmeteadmus jagatakse eri asutuse vahel, mis läbi väheneb või kaob täielikult täna Maa-ametisse terviklikuna koondunud kompetents ▶ Standardiseerimata kogukondlik 3D-andmekorje, kus erinevad andmeedastajad esitavad 3D-andmeid erinevate andmestandardite alusel. Näiteks võib varieeruda andmete asukohatäpsus, mistõttu ei ole võimalik määrata 3D-objekti asukohta kaardil. ▶ Liigselt 3D-toodete arendamisele keskendumine võib halvendada traditsiooniliste (2D) toodete kvaliteeti ▶ Piiratud ressursi ebaefektiivne kasutamine - 3D-andmete tarbijate soovid on „seinast seinale“, mistõttu võidakse toota andmeid nähtuste kohta ja detailsuses, mida on küll tore sirvida, aga tegelikult vajatavas detailsuses toode jääb tagamata ning see võib põhjustada olukorra, kus 3D-andmetest ei saada maksimaalset kasu ning need ei vasta tarbijate nõuetele.

6. Muudatusettepanekud 3D laiapõhjaliseks kasutuselevõtuks

Tulevikulahenduse realiseerimiseks on käesolevas peatükis toodud välja muudatusettepanekud, mis annavad soovitusi tehnoloogiliste komponentide, uute lahenduste/võimaluste kasutuselevõtmise, koostöövõimaluste, töövoogude parendamise ja andmekoosseisude täiendamise kohta. Muudatusettepanekud on välja toodud järgmiste teemade lõikes:

- ▶ Andmehõive
- ▶ Andmetöötlus, sh ETAK
- ▶ Geoloogia
- ▶ Andmete levitamine

Tulevikulahenduse muudatusettepanekute koostamisel võeti arvesse hetkeolukorra analüüsist kogutud äri vajadused (vt täpsemalt hetkeolukorra analüüs). Muudatusettepanekute fokuseerimiseks toimusid analüüsikoosolekud Maa-ameti ja KeMIT-i osalemisel. Samuti viidi läbi kaks fookusgrupiarutelu, kuhu kaasati analüüsis varem osalenud välised osapooled ja partnerid. Fookusgrupi aruteludel osalenud pidasid muudatusettepanekuid vajalikuks ja asjakohaseks. Fookusgruppides arutati iga muudatusettepanekut detailsemalt, olulisemad detailid ja ideed jõudsid ka käesolevasse aruandesse. Fookusgrupid toimusid järgmises koosseisus:

- ▶ **Fookusgrupp 3** - Keskkonnaagentuur (2 osalejat), Pärnu LV, Tartu LV, Kliimaministerium (2 osalejat), Transpordiamet, Rexplorer, SMIT, Asum Arhitektid, KeMIT
- ▶ **Fookusgrupp 4** - Päästeamet, 3Di/Hades Geodeesia OÜ, Tallinna LV, Kliimaministerium, Kaitsevägi (2 osalejat), Narva LV, Saaremaa LV

6.1. Andmehõive tegevused

Käesoleva projekti raames teostatud kasutajauuringust jäi kajama soov, et andmehõivet teostataks tihedamalt ning hõivatavate andmete kvaliteet oleks parem. Selleks, et tagada andmete kvaliteet (ajakohasus), on oluline, et neid jõutaks samas tempos ka töödelda, mis ei ole tänase ressursi juures teostatav. Alternatiiv on kasutada andmete hõivamiseks oma lennuki kõrval ka teisi võimalusi, nagu rahvahanke tööriist, satelliidiandmed, HAPS-tehnoloogia või teiste osapoolte (KOV, erasektor jm) kaasamine. Välistest allikatest andmete kogumiseks on vaja luua andmekvaliteedi juhised ning standardid.

Samuti on oluline võtta andmete hõivamisel kasutusele kaasaegsemad tehnoloogiad. Näiteks on oluline uuendada GNSS-tugijaamade seadmeid, ESTPOS-i võrgu tarkvara ning kaamera- ja ALS-süsteeme. Uued seadmed võimaldavad koguda detailsemaid andmeid, tuvastada paremini objektide detaile ning suurendada seeläbi töövoogude automatiseerimist ja suuremal määral tehisisintellekti rakendamist.

Muudatusettepanek nr 1 - Uuendada GNSS-tugijaamade seadmete ja ESTPOS-võrgu tarkvara

Kvaliteetsete 3D-andmete hõivamiseks, täpse georefereerimise tagamiseks ning satelliidiandmestiku paremaks kasutamiseks tuleb lähitulevikus teha investeringuid ESTPOSi seadmete täielikuks uuendamiseks. Uuendatud GNSS-tugijaamade seadmete ja ESTPOSi võrgu tarkvara peab võimaldama GNSS (GPS, GALILEO, GLONASS, BeiDou) satelliitide signaale kasutada ja salvestada. Lisaks peab ESTPOS-il olema tulevikus võimekus tuvastada ka satelliitnavigatsioonisüsteemide signaalide segamist vaenuliku huvigrupi poolt: GNSS-signaalide segamise tõttu võib asukohamääramise viga kasvada isegi mitmesaja meetrini, mis tekitab märkimisväärse ohu sisejulgeolekule ja riigi kaitsevõimele.

Muudatusettepanek nr 2 - Uuendada kaamerasüsteemi tõese ortofoto, hoonete fassaadide tootmiseks ja AI rakendamiseks, uuendada ALS süsteemi detailsemate kõrgusandmete kogumiseks

Fotoseadmete uuendamine

AI paremaks rakendamiseks ning moondevaba kõrgusliku tõese ortofoto tootmiseks on kasulik praeguse Leica ADS100 ribasensorkaamera uuendamine kaaderkaameraga. Kuna tõese ortofoto tootmiseks tuleb lennata põiki ülekattega vähemalt 60-70%, et minimaliseerida kõrgemate objektide varjukülgi, on tõese ortofoto lendamise maht ligi 3-4 korda suurem. Sellest tulenevalt tasub kaaluda tõese ortofoto loomist vaid tiheasustusaladel ning hajaasustusaladel jätkata traditsioonilise ortofoto tootmist.

Tõese ortofoto kasutuselevõtt ja uue ALS seadme andmestikuga kombineerimine aitab aga parandada kõrguslike objektide (nt puud ja kõrghooned) täpsust ja tuvastust, luues seeläbi eeldused tulevikus töövoogude automatiseerimiseks ning AI kasutuselevõtuks.

Hoonete fassaadide tekstuuride tootmiseks on vajalik uue koordineeritud pilte koguva kaldkaamera kasutuselevõtt, mis võimaldaks luua 3D-fotovõrkmodelleid (*3D photomesh*) tiheasustusaladel ning katta hoonete mudelid fototekstuuriga. Hetkel turul olevatest aero- ja kaldkaamera süsteemidest saab tuua välja näiteks:

- ▶ Aerokaamerad - ULTRACAM EAGLE 4.1, Leica DMC-4 ja IGI DigiCAM-450
- ▶ Kaldkaamera süsteemid - UltraCam Osprey 4.1, UrbanMapper-2 PERFORMANCE, Phase One PAS 880i NIR, Leica CityMapper-2(L/S/H)

Erinevalt teistest eeltoodud süsteemide alternatiividest on IGI UrbanMapper 2 Performance'i süsteemi eeliseks see, et IGI on ainuke allavaate ja kaldkaameratega süsteem, millel on piisavalt hea eraldusvõime ja sobilik allavaatenurgaga kaamerasüsteem. Selle nadiirkaamera (*nadir camera*) vaatenurk on Maa-ametile sobilikult lai (FOV ca 65°) ning sobitaks hästi hetkel olemasoleva ALS-seadme allavaatenurgaga (58°). IGI UrbanMapper 2 Performance'i kaldkaamerasüsteem sisaldab kokku 8 kaamerat: 4 kaldkaamerat ja 4 allavaatekaamerat (3 x RGB (*red-green-blue*), 1 x NIR (*near-infrared*)). Süsteem võimaldab teostada üleriigilisi kaardistuslende, toota tõest ortofotot ning kaldkaameraga täiendada digikaksikut (toota kõrgusmodelleid, hoonete võrkmodelleid, fassaade ja teksture). 2022. aasta lõpu hinnapäringu alusel oleks selle soetamise maksumus ligikaudu 1,2 miljonit eurot.



Joonis 39. IGI UrbanMapper-2 Performance'i kaamerasüsteem. Allikas: IGI Systems⁴⁸

⁴⁸ <https://www.igi-systems.com/files/IGI/Brochures/DigiCAM/UrbanMapper-2%20PERFORMANCE.pdf>

IGI UrbanMapper 2 Performance'i kaamerasüsteemi tähtsaimatest parameetritest annab ülevaate järgnev tabel.

Tabel 15. IGI UrbanMapper 2 Performance'i kaamerasüsteemi parameetrid

Atribuut	Väärtus
Allavaatekaamera foto suurus	34 500 x 14 100 pikslit
Kaldkaamera foto suurus	14 204 x 10 652 pikslit
Spektrikanalid	RGBI, RGB, CIR, NIR (allavaatekaamera), 4 x RGB (kaldkaamera)
Sensori tehnoloogia	BSI-CMOS
Piksli suurus	3,56 µm
Maksimaalne kaadrisagedus	Kuni 0,6 kaadrit sekundis
Dünaamiline ulatus	83 Db
Analog to digital conversion (analoogist digitaalseks muundamine)	16 bit
Objektiivide fokaalkaugused	60, 110, 150 mm allavaate ja kaldkaamera RGB ning 35, 70 mm NIR
Kogukaal	77,5 kg

Eraldusvõimest maapinnal vastavalt lennu kõrgusele annab ülevaate järgnev tabel.

Tabel 16. Pikslisuurus (GSD) vastavalt lennu kõrgusele

Allavaatekaamera	Kaldkaamera	Lennukõrgus
2,5 cm	3,4 cm	592 m
5 cm	6,7 cm	1185 m
10 cm	13,5 cm	2370 m
15 cm	20,2 cm	3555 m

Olenemata uute seadmete valikust tuleb ka lennuk kohandada uutele seadmetele sobilikuks. Sellest tulenevalt on vaja tagada lisainvesteeringud ka väikelennuki Cessna Grand Caravan 208B ümberehituseks, et kanda uut andmehõive tehnikat. Uue kaamera integreerimiseks lennukisse võivad vajalikud olla näiteks:

- ▶ Lennuki suitsutoru pikendus, et tagada kaldfotode kvaliteet, juhtides väljalaskegaasid kaamera vaateväljast mööda. Kulu suurusjärg on orienteeruvalt 50 000-500 000 €
- ▶ Uued seadmete kinnitusplaadid (projekteerimine, lõikamine, freesimine, viimistlus, paigaldamine). Kulu suurusjärg on 3000-10 000 €

- ▶ Uue kaamera voolujuhtmete lennukile sobivaks tegemine
- ▶ Olemasolevatele KALLE kaldkaameratele uue asukoha leidmine või nende asendamine. Uue kaasaegse süsteemi ehitamise kulu suurusjärg on vähemalt 200 000 €
- ▶ Lennuki kaalude ja raskuste ümberarvutused

Lidarseadmete uuendamine

Hoonete 3D-modelleerimine parema LOD tasemini põhineb suuresti ALS kõrguspunktidel. Mida suurem on antud andmestiku punktihedus ehk detailsus, seda täpsemalt on võimalik modelleerida hooneid ja nende osasid.

Praeguse seadme kõige suuremaks miinuseks on asjaolu, et hajaasustuses ei saada piisava tihedusega kõrgusandmed, mis võimaldaksid luua kvaliteetseid 3D hooneid. Tulenevalt praegusest ALS punktipilve madalast punktihedusest (2,1 punkti/m²) on mitmete hajaasustuses paiknevate hoonete 3D-kujud ebakorrektsed. Täna Maa-ameti väikesel alal teostatav madallend ALS kõrgema punktihedusega (18 punkti/m²) kinnitab, et kogutava ALS andmestiku punktihedus mängib loodavate 3D hoonemudelite korrektsuses suurt rolli. Seega on vajalik ka Maa-ameti ALS süsteemi uuendamine detailsemate ehk võimalikult suure punktihedusega kõrgusandmete kogumiseks. Lisaks on kvaliteetne ja võimalikult detailne ALS punktipilv ka oluline sisend 3D fotovõrkumudelite tootmiseks. Mitmed tarkvarad saavad kasutada samaaegselt kogutud ALS punktipilvi, mis võimaldab koostada 3D fotovõrkumudeleid detailsemalt, täpsemalt ja automatiseeritumalt, vähendades sedasi aeganõudvate käsitsi teostatavate korrektuuride mahtu. Täiendavalt on ALS süsteemi uuendamine oluline ka mitmete teiste asutuste (Kliimaministeerium, Keskkonnaagentuur, Transpordiamet jm), kes on käesoleva analüüsi käigus teostatud intervjuudes välja toonud vajaduse suurema detailsuse ehk punktiheduse järgi.

Hetkel turul olevatest ALS süsteemidest saab välja tuua näiteks järgmised: Leica CountryMapper, Riegl VQ-1460, Optech Galaxy T2000. Süsteemide vahetamise eelarvestamiseks on vajalik hinnapäringute teostamine.

Kuna eesmärk on saavutada Maa-ameti kevadistel hajaasustuspriirkonna kaardistuslendudel võimalikult suur punktihedus, siis tasuks eelistada Riegl VQ-1460 süsteemi, mis võimaldab kõige suuremat punktihedust Maa-ameti poolt kasutataval lennukõrgusel 2400 m ja kiirusel 150 kn. Riegl VQ-1460 süsteem võimaldaks sellisel toota keskmiselt 7,8 punkti/m². Paremusest teine seade Leica CountryMapper võimaldaks koguda keskmiselt 5,8 punkti/m². Senine Maa-ameti ALS skanner kogub keskmiselt 2,1 punkti/m² kohta. Vahe Maa-ameti praeguse skannerija hetkel parima turul oleva seadme vahel on 3,7-kordne.

Muudatusettepanek nr 3 - Kaaluda täiendavate või alternatiivsete andmekorjesisendite kasutuselevõttu

Inimressursi optimeerimiseks tasub silm peal hoida ka uutel andmekorje sisenditel. Kuigi mitte ükski ülelendude alternatiiv (satelliidid, stratosfääri seire) ei taga andmehõive automatiseerimiseks hetkel piisavat asukohatäpsust, eraldusvõimet ega asenda lennukiga andmehõivet, siis võimaldavad need optimeerida operaatorite tööd näiteks muutuste tuvastamisel. Venemaaga piirnevatel aladel lendamise keerukuse tõttu on teinekord samuti vaja kasutada alternatiivset andmekorjet.

Satelliidid

Allikaid andmehõiveks sobivate satelliitide leidmiseks on mitmeid⁴⁹. Eestist üle lendavaid satelliite on võimalik liigitada vastavalt nende funktsioonile, parameetritele, resolutsioonile, pilveisusele, nadiirikaldele, kuupäevale, ulatusele või trajektoorile. Maaseire satelliitide puhul eristatakse optilisi ja radarsatelliite. Optiline satelliit kasutab seireks kaamerat, kasutades valgust erinevates lainepikkustes, sealhulgas nähtavas, infrapuna- ja ultraviolettkiirguses. Optiliste satelliitide pildid on silmale arusaadavamad ja naturaalses toonides ning neid kasutatakse kaardistusel, taimkatte analüüsiks, objektide tuvastamiseks jne. Juba hetkel EstHubis koondatud Sentinel 1, Sentinel 2, Sentinel 3 ja Landsat 8 andmetele lisaks tasub seirata ka kommertssatelliitide arengut ning väljundeid. Näiteid Eestit ületavatest satelliitidest:

- ▶ Maxar WorldView-3, mis on kõrge eraldusvõimega satelliit, mis ületab Eestit iga 6 päeva tagant. Selle pankromaatiline eraldusvõime on 0,31-0,34 m, 8 spektrikanaliga multispektraalne eraldusvõime 1,24 m ja NIR 3,7 m
- ▶ Maxar WorldView Legion, ületab Eestit oluliselt tihedamini, jäädvustades 0,3 m pikslisuurusega pildi.
- ▶ Airbus Pléiades Neo kaks 0,3 m eraldusvõimega optilist satelliiti seiravad orbiidil aastast 2021. Satelliidid on ülemaailmse katvusega ja ületavad Eestit kaks korda päevas.
- ▶ Planet teostab maaseiret rohkem kui 200 satelliidiga orbiidil, tagades igapäevase ülelennu. Vastavalt konkreetsele vajadusele pakutakse 0,5 - 3,7 m eraldusvõimega pilte

Tehisavaradari (SAR) sensorite üha kiirem areng lisab võimalusi seirata maad ööpäevaringselt, ilmastikutingimustest sõltumata. Erinevalt optilistest satelliitidest kasutavad SAR sensorid maa seireks raadiolaineid, mõõtes aega, mis kulub lainetel tagasi peegeldamiseks. Seetõttu ei ole need ilmastikuoludest sõltuvuses ning võimaldavad seiret läbi pilvekatte, suitsu ja taimestiku. Seetõttu on SAR satelliidid kasutusel näiteks maapinna topograafia, merejää, maavärvinate ja loodusõnnetuste uurimisel. Eesti seireks oleks võimalik kasutada näiteks:

- ▶ Sentinel 1 SAR-i sensorit
- ▶ GEOSAR-i satelliidi pilte
- ▶ ICEYE SAR-i satelliitide pilte

Lisaks muutuvad satelliidid üha olulisemaks linnade digikaksikute uuendamisel. Nimelt koguvad üha rohkem satelliite ka kõrgusandmeid, nagu näiteks detailseid võrkmodelleid ja kõrgusmodelle, mida on oma uurimisala kohta võimalik pärida. Selliseid ülemaailmse katvusega satelliitandmestiku baasil tehtud tooteid pakub näiteks:

- ▶ Airbus, tootes 50 cm resolutsiooni ja 1,5 m täpsusega 3D-võrkmodelit, lisaks 5 m resolutsiooniga maapinna ja maakatte kõrgusmodelleid (Airbus WorldDEM).
- ▶ Maxar, kes pakub Precision3D tootes satelliitidelt tuletatud 3D-pinnamodeleid; tekstuuriga TIN-võrkmodelit; ilma tekstuurideta hoonete 3D-modeleid 50 cm resolutsiooniga, 1-3 m täpsusega, Cesium/Esri ArcGIS platvormide integratsiooniga; lisaks RGB värvitud punktipilvi tihedusega 4 p/m² ja täpsusega 1-3 m. Samuti maastiku- ja pinnamodeleid 50 cm resolutsiooniga, täpsusega 1-3 m, vaikumisi GeoTIFF-formaadis. Lisaks toodab Maxar üle 7 m² suuruseid, +/- 3 m täpsusega, vaikumisi Esri SHP formaadis LOD1.3 hooneteid. Seoses Esri ja Maxari partnerlusega, on lähitulevikus võimalik leida Maxar Precision3D tootekomplekti (DSM- ja DTM-mudelid, hoonete ja taimkatte 3D-vektorandmed kõrgustega) ArcGIS Living Atlasest, vaadata integreerituna ArcGIS-i platvormilt ning kasutada vastava laienduse abil ka analüüsiks.

⁴⁹ Näiteks veebilehed https://in-the-sky.org/satmap_worldmap.php ja <https://james.darpinian.com/satellites/>

Kommertssatelliitide andmesiku hind sõltub eelkõige sellest, kui mitme nurga alt teeb sensor pilti, sensori tüübist ja andmete ajakohasusest. Vastavalt sellele, kui mitme nurga alt teeb sensor ühest kohast pilti, eristatakse mono (üks pilt - 2D), stereo (2 erineva nurga all pilti - 3D) ja tristereo (3 erineva nurga alt pilti - 3D) sensoreid. Vastavalt tüübile eristatakse halltoonis (pankromaatiline), multispektraalseid, lühilaineinfrapuna (SWIR) ja kõrgendatud resolutsiooniga multispektraalseid (pan-sharpened) sensoreid. Uusimad pildid on kallimad arhiveeritud piltidest (nt Maxari puhul on arhiveeritud pildid vanemad kui 90 päeva). Konkreetsete sensorite andmestike ruutkilomeetrihinnad on saadaval internetis⁵⁰ või otsepäringute kaudu, allolevas tabelis on toodud näiteid hinna suurusjärgudest.

Tabel 17. Ülevaate mõne eelnimetatud sensori (eraldusvõime 0,3 m) andmete hindadest. Allikad tekstis.

Teenuse-pakkuja	Sensor		Arhiivipildi km ² hind	Värskeimate piltide km ² hind
Maxar	WorldView-3	Mono	18-22€	27-32€
		Stereo	35-44€	54-63€
Airbus	Pléiades Neo	Mono	21€	30€
		Stereo	39€	59€
		Tristereo	51€	76€

Võrreldes tänapäeval laialdaselt kasutatavate optiliste sensori andmete maksumusega on SAR andmehõive kulu suurem ja eeldab suuremat järeltöötlust, mistõttu on ka hind kõrgem.⁵¹ Näiteks 0,25 m eraldusvõimega TerraSAR-X arhiivipilt (hetkel parim saadaolev) maksab ligikaudu 230€/km².

Vastavalt eeltoodud hindadele võib terve Eesti (45 339 km²) kommertssatelliidi andmetega kaardistamise maksumuse suurusjärguks pidada optilise sensori puhul alates 816 102 € ning SAR sensori puhul 10 427 970 €. Kuigi teenusepakkujad pakuvad vastavalt andmete kasutusele ja kasutajale soodustusi (ka kuni -50%), siis ei pruugi nende üleriigiline kasutus osutada tänaste hindade juures mõistlikuks.

HAPS

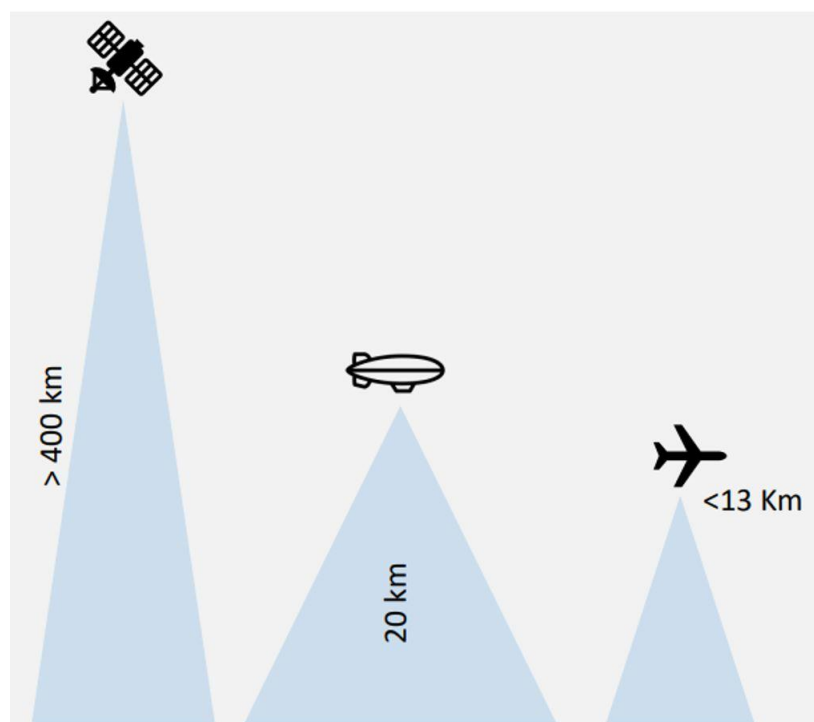
Andmehõive optimeerimiseks tasuks jälgida ka arenguid, mis toimuvad maa seirel stratosfäärist HAPS (*high altitude pseudosatellite*) tehnoloogiaga. Välismaised HAPS-tehnoloogia pakkujad on näiteks Loon, Thales Alenia Space, Stratosyst, Sceye ja Airbus; Eestis tegutseb arenev tehnoloogiaettevõtte VAAL Airships. Kohalik, Tallinna Tehnikaülikooliga koostööd tegev VAAL Airships hetkel veel andmeid ei paku, kuid teeb arendusi, et hakata oma teenust lähiaastatel Eesti turule pakkuma. Ettevõtte maksimaalne eesmärk on eraldusvõime 0,1 m maapinnal, kuid tehniliste lahenduste väljatöötamine võtab aega. Stratosfääris on võimalik seire 20 km kõrguselt nii optilise, SAR- kui lidarsensoritega ja mereradariga. Põhiline piiraja HAPS-platvormile on kandevõime. Hetkel on Eesti ettevõtte arendamas 10-20 kg kandevõimega süsteemi. Tänapäevastel prototüüpidel tuleneb asukohatäpsus HAPS-i enda asukohast ja sensori suunavektorist, aga vajab täpsustamist maapealsete referentside abil. Hetkel süsteem selleks aga puudub, olles arenduse järjekorras.

⁵⁰ Satelliidipiltide hinnakirjade allikaid: <https://geoawesomeness.com/demystifying-satellite-data-pricing-a-comprehensive-guide/>, https://geocento.com/imagery_pricing

⁵¹ SAR andmete maksumusest [Pricing table for some of the SAR sensors today available. | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#), (PDF) [Earth Environmental Monitoring Using Multi-Temporal Synthetic Aperture Radar: A Critical Review of Selected Applications \(researchgate.net\)](#)

VAAL Airships aasta 2030+ väljavaated on HAPS-i platvormi opereerimine mitmetes regioonides üle maailma, pakkudes maa kaugseire- ja sideteenuseid. Maa kaugseire andmekvaliteedi eesmärgiks on pakkuda umbes 0,1 m resolutsiooni ja regionaalselt oluliselt parema ajalise sagedusega andmeid kui satelliidid. Seda toetab ka võimalus lennuplaane vastavalt pilvisusele ümber seada, et andmehõiveks saaks kasutada ka andmehõivet raskendavaid ilmastikutingimusi. Sagedama 3D-mudeli uuenemise ootus ilmnes käesoleva analüüsi raames tehtud kasutajauuringu käigus. Lennukilt tehtava kaugseire puhul piiravad kaardistuse käigus hõlmatava territooriumi ulatust ühe lennuga hõlmatava territooriumi pindala ning ilmastikutingimused. Stratosfääril toimuva seire korral on võimalik sama ajaperioodi jooksul hõlmata suurem territoorium, mis muudab andmehõive ilmastikuoludest vähem sõltuvaks.

Erasektori kaasamine HAPS-i näol võimaldaks erinevalt satelliidi- ja lennukaardistusest seirata ööpäevaringselt, vajadusel pikaajaliselt ühest konkreetsest kohast. VAAL Airships on välja toonud, et HAPS platvorm võimaldaks seiret poliitiliselt sõltumatult, ilma suurte majandusregioonide (USA, EL) piiranguteta ja vastavalt vaid kohaliku piirkonna seadustele. Tulevikus võib regulatsioone aga lisanduda.



Joonis 40. Satelliidi, HAPS-i ning lennuki andmehõive kaardistuse kõrgused. Allikas: VAAL Airships⁵²

Muudatusettepanek nr 4 - Jätkata kõrgtasemel lokaalset kaardistust ja 3D-andmehõivet

Aeromõõtmise keerukus Venemaaga piirnevatel aladel pärsib nendes piirkondades tavapärase aeromõõdistuse rakendamist. Seetõttu on vaja tagada alternatiivne lokaalne andmekorje droonide abil. Dronid võimaldavad suuremat paindlikkust ning väiksematel aladel madalamat opereerimiskulu ja kulutõhusamat andmehõivet. Lisaks leidub palju reaalmaailma objekte, mida ei ole võimalik lennuki pealt soovitud 3D detailsusastmele vastavalt kaardistada. Sellised on näiteks muinsuskaitse all olevad hooned või hoonete kompleksid ja rajatised, sillad, tunnelid. Nende objektide kaardistamiseks on vajalik ka tulevikus ning suurenevas töömahus jätkata kohapealseid kaardistustöid. Selleks on võimalik

⁵² <https://vaalairships.com/>

kasutada tavapärase mõõdistuse alternatiivina ka maapealset mobiilset laserskaneerimist. Eesmärk on toota kvaliteetsemaid 3D-mudeleid, kasutades droone ja muid sobivaid 3D-kaardistusvahendeid. Lokaalse andmehõivemahu suurendamine nõuab nii tehnilise kui ka inimressursi suurendamist.

Muudatusettepanek nr 5 - Kaasata riikliku 3D-mudeli ajakohasena hoidmisse ja detailsuse suurendamiseks lisaks Maa-ametile ka teisi osapooli

Riikliku 3D-mudeli ajakohasena hoidmise ja selle detailsuse suurendamise protsessi saab kaasata ka teiste osapoolte andmeid. Koostöö teiste riigiasutuste, kohalike omavalitsuste, eraettevõtete ja teiste huvitatud osapooltega avab uusi võimalusi andmekvaliteedi ja mudeli täpsuse tõstmiseks. Selleks on ettepanek luua seaduslik alus kohustuseks esitada avalikest vahenditest koostatud 3D-mudelid Maa-ametile. Näiteks kui Tallinna linn loob detailse 3D-mudeli, peaks olema linnale kui tellijale olema kehtestatud seaduslik nõue, et tellitav mudel integreeritakse ka Maa-ameti üleriigilisse andmekogusse koos standardandmete vormingute tagamisega. See tagaks ühtse standardi ja kõrge kvaliteedi andmete kogumisel ning soodustaks erinevate osapoolte panustamist riikliku 3D-mudeli täiendamisse.

Riikliku 3D-mudeli ajakohasena hoidmiseks ja selle detailsuse suurendamiseks on oluline koostada 3D-andmete tootmise juhised ja standardid. Standardite loomine ja kasutamine aitab tagada, et kogutud 3D-andmed vastaksid kvaliteedinõuetele ning võimaldaksid andmete koos kasutamist erinevates rakendustes ja valdkondades. Seejärel on vajalik luua teenused, mis võimaldavad 3D-mudeleid Maa-ametile esitada, mis võimaldaks kaasata 3D-mudeli ajakohasena hoidmisse rohkem osapooli. Samuti on vaja arendada andmekontrollide protsesse ja tööriistu. See tagaks, et kõik esitatud andmed vastaksid kindlatele kvaliteedistandarditele ning oleksid usaldusväärsed ja kasutatavad. Samuti on oluline uurida erasektori andmeallikaid ja nende valmisolekut andmete jagamiseks (näiteks iseliikuvate autode poolt kogutavate andmete osas).

Teenused 3D-mudelite esitamiseks Maa-ametile

Võimaldamaks eri osapoolte (kohalikud omavalitsused, ettevõtted, riigiasutused) 3D-mudelite esitamist Maa-ametile, on vaja luua vajalikud teenused. Näiteks kui Transpordiamet loob droonide abil majakatest 3D-mudelid, siis on Maa-amet huvitatud antud mudelite lisamisest enda andmekogusse. Kaaluda võiks andmete esitamise protsessi standardiseerimist, et tagada sujuv andmevahetus ja ühilduvus erinevate osapoolte vahel.

Oluline on automatiseerida BIM-mudelist lihtsustatud 3D-mudeli loomine (n-ö BIM-hoone väliskesta ekstraheerimine). Märkimisväärne roll on siin automaatikal - käsitsi BIM-idest mudelite loomist ei peeta praktiliseks. EHR-is on vastav võimekus loodud, aga hetkel toodangukeskkonnas juurutamata.

Andmekontrollide protsesside ja tööriistade loomine

3D-andmete kvaliteedi tagamiseks on oluline luua tõhusad kontrollimehhanismid ja tööriistad. Lisaks on vaja tagada, et andmekontrollide protsessid ja tööriistad oleksid tõhusad ja kiired, võimaldades kiiret andmete kontrollimist ja vajadusel parandamist. See tagab kvaliteetsed andmed riikliku 3D-mudeli loomisel ja täiustamisel.

Võib juhtuda, et Maa-ameti enda andmestik osutub detailsemaks kui teiste osapoolte esitatud andmed. Seetõttu tekib küsimus, kuidas korraldada andmeuuendusi ja tagada, et Maa-ameti 3D-mudelis kajastatakse kõige täpsemat ja ajakohast infot. Üks võimalus selle küsimuse lahendamiseks oleks kehtestada ka suunised ja protseduurid, mis reguleeriksid andmeuuenduste käsitlemist ja prioriteetide seadmist. Ka siin tuleks kaaluda koostööd teiste osapooltega, et luua ühtne arusaam sellest, millised andmed on kõige olulisemad ning milliste kriteeriumite alusel peaksid need Maa-ameti 3D-mudelis kajastuma.

Pikemas perspektiivis tuleb rakendada automaatseid uuendusprotsesse (siis, kui need on ressursse arvestades teostatavad), et tagada kiire ja pidev andmete ajakohastamine. Samuti on oluline jälgida ja hinnata regulaarselt andmete kvaliteeti ning vajadusel teha parandusi vastavalt kogutud tagasisidele ja arengule andmete kättesaadavuses. Seadusest tulenevatel juhtudel peaks Maa-ametil olema õigus andmeuuendustest keelduda.

3D andmekvaliteedi juhiste ja standardite loomine

Eestis puuduvad hetkel selgelt väljakujunenud ametlikud suunised 3D-andmehõive ja tootmiskvaliteedi tagamiseks. Maa-ametile saab määrata juhtrolli ning vajalikud ressursid, et koordineerida koostööd riigi- ja omavalitsusasutustega Eesti riiklike 3D andmekvaliteedi juhiste loomiseks. Lisaks võiks Maa-amet olla keskne asutus 3D-andmehõive ja tootmiskvaliteedi standardiseerimise rakendamisel. Oluliseks eesmärgiks võiks seada andmekvaliteedi nõuete kehtestamise erinevates 3D nähtusklassides, sealhulgas ka nende klasside sees esinevate erinevuste, näiteks kaasaegsete ja väärtuslike ajalooliste hoonete andmehõive puhul.

3D juhised aitaksid tagada 3D-andmehõivele ning 3D-mudelite tootmisele ühtlase ja kvaliteetse lähenemise, tagades erinevate rakenduste jaoks usaldusväärsete ja täpsete 3D-mudelite tootmise.

Standardite hulka võiks kuuluda andmekogumisprotokollide ja -meetodite kirjeldused, mis võimaldavad koguda andmeid ühtsel ja kvaliteetsel viisil. Lisaks tuleks kaaluda, kuidas standardiseerida 3D-mudelites esindatud objektide andmeid ja omadusi, et tagada ühilduvus erinevate mudelite ja andmete vahel. Ühtsed 3D-mudeleid kirjeldavad standardid lihtsustavad kasutajate jaoks mudelitega töötamist (sh mudelite kasutamine erinevates rakendustes või ruumiotsustes). Standardi koostamisel peaks arvestama, et see hõlmaks nii LOD1, LOD2 kui ka LOD3 detailsuses andmeid. Üks oluline põhjus selleks on, et lähima viie aasta jooksul ei pruugi Maa-amet suuta katta kõiki LOD1 ja LOD2 detailsuse vajadusi, eriti maapiirkondades, samas kui suuremates linnades on omavalitsused ise võimelised LOD3 -tasemel andmeid looma. Tallinna linn plaanib hankida kogu linna hoonete andmehõive LOD3 detailsuses⁵³. Seetõttu peaks standard olema laiapõhjaline ja kohalduv mitte ainult Maa-ametile, vaid ka teistele huvitatud osapooltele, sealhulgas kohalikele omavalitsustele, tagamaks, et loodavad andmed oleksid ühtsed (kooskasutatavad).

Lisaks hoonetele peaks standard hõlmama ka teisi objekte, olgu need inimtekkelised, näiteks sillad või viaduktid, või looduslikud elemendid, nagu puud, haljastus ja metsad. Standardi loomisel tuleks arvestada ka teiste huvitatud osapooltega, näiteks Transpordiameti, Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti, Riigimetsa Majandamise Keskuse ja võib olla ka Erametsaliiduga, ning kaasata neid protsessi. Eesmärk on jõustada riiklikult ühtne standard, mida avalikult hangitud mudeldamise tööd peavad arvestama. Eraettevõtjad saavad valida, kas nad soovivad seda standardit rakendada või mitte. Standardi haldamise küsimus võib jääda eraldi arutluse alla, kuid oluline on tagada, et standard kehtestatakse õiguslikule alusele tuginedes. See on vajalik, et tagada erinevatest toormaterjalidest ja võimalik, et ka erineva tehnoloogiaga loodud 3D-andmete ristkasutatavus, võimaldades kasutada ühtseid ja omavahel kooskõlas olevaid toorandmeid. Andmestandardi loomisel tuleb kaaluda olemasolevate rahvusvaheliste standardite kohaldatavust (vt ka ptk 6.4). Tagada tuleb standardi kooskõla BIM -standardi ja selle rakendamisega.

⁵³ <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/6341512/general-info>

Muudatusettepanek nr 6 - Võimendada Maa-ameti kuvandit riikliku ruumiandmete kompetentsikeskusena, luues selle osana riikliku 3D kompetentsikeskuse

Maa-ameti spetsialistid omavad laiaulatuslikke teadmisi ruumiandmete, sealhulgas 3D-andmete tootmise valdkonnas. Nende oskuste hulka kuuluvad andmehõive seadmetega, lennuoperatsioonidega seotud tehnilised teadmised ning põhjalikud teadmised valdkonna IT-süsteemidest. Lisaks sellele toimub aktiivne 3D-tootearendus, mis nõuab põhjalikke teadmisi eritarkvaradest ja nende osavat kasutamist. Nende mitmekülgsete teadmiste ja oskuste ühendamise tulemusena on Maa-ametil võimekus paindlikult ja kiiresti ühiskonna vajadustele reageerida. 3D-alaste teadmiste ja oskuste keskne koondamine on kriitilise tähtsusega, et ekspertiis ei killustuks erinevate asutuste vahel ning riiklik koordineerimine oleks tõhus.

Riiklikul tasandil on kolmemõõtmelise andmetöötluse valdkonna areng veel lapsekingades. Kuigi Maa-ametil on juba olemas teatud pädevus ja kogemus, puuduvad praegu spetsiifilised ametikohad kolmemõõtmelise andmetöötluse ekspertidele. Samuti on piiratud ressursid, mis on suunatud andmekvaliteedi tõstmiseks. Sel põhjusel toimub kolmemõõtmelise andmetöötluse tootearendus hetkel pigem kõrvaltegevusena ameti põhiteenuste kõrval.

Arvestades vajadust tugevdada riiklikku kompetentsi kolmemõõtmelise andmetöötluse alal, oleks mõistlik luua Maa-ametis 3D kompetentsikeskus. See keskus peaks mitte ainult koondama ja säilitama olemasolevat ekspertiisi, vaid looma ka uusi spetsialistide töökohti kolmemõõtmelise andmetöötluse ja andmeteaduse valdkonnas. Võimalusi pädevuskeskuse loomiseks tuleb hinnata koosmõjus kavandatava maa- ja ruumi ameti ettevalmistustega. Lisaks võiks kaaluda tihedamat koostööd PRIA ja KAUR-iga kaugseire teemadel, et ühendada mõlema asutuse ekspertiis ja soodustada tehisintellekti kiiremat kasutuselevõttu.

Riikliku 3D kompetentsikeskuse juhtroll võiks seisneda järgmiste võimekuste loomisel ja arendamisel:

- ▶ **Ekspertiis ja teadmised** - 3D kompetentsikeskus aitaks keskselt koondada riigi 3D-teadmised, tagades, et organisatsioon saab pakkuda parimaid tavasid ja uuenduslikke meetodeid 3D-andmete kogumisel ja töötlemisel. See aitab vältida oskusteabe killustumist erinevate asutuste vahel ja hõlbustab 3Dvaldkonna riiklikku koordineerimist.
- ▶ **Valdkonna tugi** - keskus saaks aidata organisatsioonidel paremini mõista 3D-andmete kogumise ja töötlemise võimalusi, eeliseid ja väljakutseid, pakkudes tehnilisi nõuandeid, koolitusi ja konsultatsioone.
- ▶ **Koostöö edendamine** - 3D kompetentsikeskus toimiks platvormina, mis edendab tihedamat koostööd teiste riigiasutuste, näiteks PRIA, ülikoolide, teadusasutuste, omavalitsuste ja erasektoriga. See soodustaks oskusteabe ja ressursside jagamist ning ühisprojektide algatamist.
- ▶ **Teadmiste levitamine** - keskus võib toimida teadusuuringute ja õppematerjalide levitamiskohana, aidates tõsta üldsuse ja spetsialistide teadlikkust 3D-tehnoloogiate potentsiaalst ja rakendusvõimalustest.
- ▶ **Areng ja innovatsioon** - keskus oleks oluline katalüsaator kaasaegsete tehnoloogiate ja innovatsiooniprojektide arendamisel, soodustades tehisintellekti ja muude uuenduslike lahenduste varasemat ja tõhusamat kasutuselevõttu.

Maa-ameti baasil 3D kompetentsikeskuse loomine tugevdaks organisatsiooni positsiooni 3D-andmete hõivamise, töötamise ja tehnoloogiate vallas. Keskkel koondamisel oleks teadmiste süvendamises, tõhusamas koostöös ja riiklikul tasandil paremas koordineerimises võtmeroll. 3D kompetentsikeskuse loomine Maa-ametis võimaldaks riigil vastata kasvavale nõudlusele 3D-andmete ja seonduvate tehnoloogiate järele.

Muudatusettepanek nr 7 - Luua süsteem, mis võimaldab kaardiandmete sagedamat uuendamist soovivatel asutustel rahastada andmehõivet ja -töötlust

Huvigruppide intervjuerimisel on sageli välja toodud soov kiiremini ja ulatuslikumalt kaardiandmeid uuendada, kuid Maa-ameti praeguste võimaluste piirides on andmehõive mahud juba maksimeeritud. Oluliseks takistuseks on andmetöötluse maht, eriti väike stereokaardistajate arv. Seetõttu tuleb kaaluda võimalust lubada huvigruppidel andmehõivet ja -töötlust finantseerida ja tellida. See eeldab loomulikult lisategevuste täiendavat finantseerimist, sh lisalennukite, seadmete jm tagamiseks. Huvigrupid peaksid planeerima selleks varakult oma eelarvetes mitmeaastaseid lisavahendeid ning arvestama järjepidevate kuludega, et olemasolev tehnoloogia ja ressursid oleksid optimaalselt kasutusel.

Muudatusettepanek nr 8 - Võtta kasutusele integreeritud rahvahanke lahendus kaasamaks avalikkust Maa-ameti kaardistusandmete kvaliteedi, täpsuse ja ajakohasuse parandamiseks

Koosloomelist rahvahanke (ingl *crowdsourcing*) tööriista saab 3D-mudeli kontekstis kasutada veatuvastuse mehhanismina, kus kasutajad saaksid teavitada Maa-ametit mobiilselt andmete ebakõladest, nagu 2D- või 3D-kujutiste ebatäpsused (nt hoonete asukoht, ruumikuju või visualiseerimise detailid - nt vead katusekujudes). Lisaks oleks see instrumendiks uute ruumiandmepunktide (nt postiautomaadid) lisamiseks või olemasolevate asukoha täpsustamiseks. Oluline on, et selline süsteem oleks modulaarne ja kohandatav erinevate geoinfosüsteemide ja andmevajadustega (sh aadresside ja kohanimedega süsteemiga AKS).

Rahvahanke tööriista kasutajatel peaksid olema juhendumiseks standardid ja soovitused, mida järgida. Samuti võib rahvahanke platvorm tugevdada andmevahetust eraisikute, omavalitsuste, riigiasutuste ja potentsiaalselt erafirmadega. Seejuures on hädavajalik automaatkontrollide olemasolu tagamiseks andmekvaliteeti ning võimaldamaks laiendada andmete kogujate ringi. Maa-amet on juba varasemalt täheldanud KOV-ide suurt huvi andmete majutamise ja teenuste pakkumise vastu, muuhulgas on saanud päringuid ka näiteks Tartu linnast.

Rahvahange ei peaks keskenduma ainult 3D-le, vaid ka 2D-le. Lisaks võib rahvahange olla ka vahend kiiremate andmeuuenduste jaoks, andes näiteks üliõpilastele või teistele huvilistele vahendid andmete kontrollimiseks ja kinnitamiseks.

Kuna ETAK-i andmetel on õiguslik jõud, siis tuleb tagada, et kõik rahvahanke korras sisestatud andmed läbiksid enne avalikustamist kvaliteedikontrolli ja oleksid kooskõlas seadusega. Rahvahanke korras info ja andmete edastamise protsess peaks olema lihtne ja standardiseeritud ning ka nutiseadmele mugavalt kohanduv. Rahvahanke arendamisele peab eelnema detailanalüüs (nt täpsed funktsionaalsused, tööriista kättesaadavus võrguühenduseta režiimis jm).

Tulevikus võiks kaaluda võimalust integreerida rahvahanke protsessi funktsioone, mis võimaldaksid spetsialistidel teha veaparandusi otse liitreaalsuse platvormi kaudu, pakkudes seeläbi täiustatud analüüsi- ja parandusvõimalusi.

Muudatusettepanek nr 9 - Käivitada Soome „Kallio“ projekti eeskujul asutusteülene ühisprojekt 3D-andmehõive valdkonnas

Eestis puudub hetkel selge strateegiline arendus- ja rahastusplaan, mis suudaks lähitulevikus vastata kasvavatele ja detailsematele 2D- ja 3D-andmevajadustele nii riigi kui ka erasektori poolt. Arvestades sellise plaani olulisust ning selle potentsiaalseid pikaajalisi eeliseid, näeme vajadust koordineerituma

ja ühisel panustamisel rajaneva lähenemise järele. Sellest johtub ka ettepanek käivitada Eesti 3D-andmehõive ühisprojekt, kus erinevad riigiasutused ja kohalikud omavalitsused teevad koostööd aerofotode ja lidariandmete hõivamisel ning kõrgtasemel 3D-mudelite loomisel ja 2D-kaardiandmete täpsustamisel. Eeskujuks võiks võtta Soome Maamõõduameti poolt koordineeritava ja toimiva riikliku koostööprogrammi „Kallio“. Fokuseeritud ressursside abil andmehõive ja -töötluse projekti rahastus ületab kindlasti tavapäraseid ressursse. Täiendavate rahastusallikate leidmiseks võib olla vajalik vaadata Euroopa Liidu finantseeringuga projektide või muude poliitiliste algatuste poole. Kuigi esmane investeering on märkimisväärne, on oodata, et järgnevate aastate jooksul on muudatused ja uuendused projektis odavamad ning neid saab teha väiksemas ulatuses. Projekti üks eesmärke on hoonete ja rajatiste esmalt LOD2 täpsuses ja seejärel LOD3 kõrgtasemel mudeldamine. Ehitiste kõrval on vajalik kokku leppida detailsusnõuded ka teiste oluliste topograafiliste nähtuste 3D-mudeldamiseks.

Ettepaneku aluseks olev probleemi tuum seisneb järgnevates väljakutsetes:

- ▶ **Tehnilised ja inimressursi piirangud ülelendudeks.** Maa-amet seisab silmitsi rahaliste ja tehniliste piirangutega, mis mõjutavad andmehõivet. Finantsiliselt on väljakutseks piisavalt sagedate lendude läbiviimine soovitud detailsuses -andmete kogumiseks. Projekt peab tagama piisava tehnilise taristu ja inimressursi olemasolu.
- ▶ **Erinevad andmevajadused.** Eri riigiasutustel ja kohalikel omavalitsustel on omad ainulaadsed andmevajadused. Maa-amet keskendub peamiselt oma põhitegevuste täitmiseks vajalikele andmevajadustele, mis võib jätta näiteks mõned kohalikud vajadused tähelepanuta või riigiasutustele olulised nähtused piisavas detailsuses kaardistamata. Ühisprojekti eesmärk on leida tasakaal nende erinevate vajaduste vahel ja tagada, et andmete kogumine vastaks võimalikult palju nii riiklikele kui ka kohalike omavalitsuste vajadustele, luues seeläbi ühtsemad alused andmehõivele. Vastavad otsused tuleb langetada koostöös, arvestades saadaolevaid ressursse ja kasutusvajadusi.

Maa-ameti 3D-andmehõive ühisprojekt aitab lahendada mitmeid probleeme, mis takistavad Eesti topograafilistest nähtustest täpsete ja kvaliteetsete 3D-mudelite loomist. Ühisprojekti raames saavad erinevad asutused ühendada jõud, ressursid ja oskused, luues tugeva aluse edukaks 3D-andmehõiveks ning erinevates valdkondades andmepõhiste otsuste tegemiseks.

Lisaks võimaldab ühisprojekt kaasata spetsialiste, kes suudavad tagada andmete kvaliteetse töötlemise ja tõhusama 3D-mudelite loomise. Standardiseeritud andmehõiveprotokollide väljatöötamine aitab ühtlustada erinevate asutuste andmete kvaliteeti ja ühilduvust. Projekti käigus saab võtta Maa-amet arvesse erinevate asutuste ja kohalike omavalitsuste vajadusi, aidates kaasa Eesti topograafilistest nähtustest ühise ja tervikliku andmepildi loomisele.

Koostööprojekt panustaks kogu Eestit hõlmava digikaksiku loomisse. Digikaksik on 3D-andmestiku edasiarendus, mis võimaldab jooksutada erinevaid simulatsioone (nt tänavavalgustus, liikluse optimeerimine) ning seotud protsesse juhtida (nt liiklusfooride tsükli juhtimine vastavalt liiklussuundade muutumisele). Digikaksikusse laekub suurel hulgal infot erinevatest sensoritest (nt tehisintellektipõhine sõidukite loendus, ühistranspordis sõidukaardi valideerimisest tekkiv andmestik) ja andmebaasidest. Kogu riigi digikaksik kombineerib tulevikus nii linnade digikaksikud kui ka targa tee või muu taristuvaldaja kaksikud, aga ka looduslikud nähtused (maapinnast puude mudeliteni). See võimaldab mudeldada näiteks CO₂ sidumist, muldade erosiooni, põuatundlikkust, sadude korral mudeldada ja ennustada jõgede läbimurdekohti jne.

Koostööprojekti eesmärk on viia läbi arenguhüpe, mille tulemusena hõivatakse ja toodetakse kokkulepitud Eesti topograafilistest nähtustest kõrgtasemel 3D-mudel (nt hoonete puhul LOD3-mudel tekstuuride, eendite, katusekujude ja teiste detailidega) ning edaspidi tehakse jooksvalt täiendavaid muudatusi vastavalt regulaarsele andmehõivele.

Muudatusettepanek nr 10 - Luua 3D-andmete kvaliteedi kontrollimehhanismid ja vastav kvaliteedikontrolli protsess

3D-andmete tootmise juures puudub täna Maa-ametil selge nägemus, kas ja milliseid kvaliteedi kontrollimise mudeleid oleks vajalik 3D-andmete kvaliteedi tagamisel kasutada. On vaja uurida olemasolevaid 3D-andmete kvaliteedi kontrollimise mudeleid ning selgitada välja, milliseid mudeleid võib olla tarvis välja töötada. Lisaks tuleb neid mudeleid testida ning sobivad mudelid kasutusse võtta. Samuti on vajalik välja selgitada, millised on sobivad kvaliteedi kontrollimise protseduurid, nt kas on vaja teha öiseid protseduure⁵⁴, kes või mis ja millal andmeid kontrollib jne, loomaks sarnaselt 2D-andmete kontrollimisele ka 3D-andmete kvaliteedikontrolliprotsess. Kvaliteedikontrollid võivad hõlmata näiteks geomeetria kontrolle (terviklikkus, täpsus, ühilduvus), (täpandmete) semantilisi ja loogilisi kontrolle, andmete korrektsuse kontrolle.

Muudatusettepanek nr 11 - Rakendada andmetes muudatuste tuvastamiseks automaatsed töövood

Andmehõive protsessi efektiivsuse ja täpsuse suurendamiseks tuleks rakendada automatiseeritud töövoogusid, mis võimaldavad varasemate andmete võrdlemist uuematega. Üha suurem tähtsus on tehisintellekti (AI) kasutamisel, mis võib tõhusalt tuvastada muudatusi andmestikes, olgu need ortofotod, satelliitpildid, SAR-andmestik, ALS-andmestik või muud allikad. See on möödapääsmatu vajadus ja tehnoloogilise arengu jätkudes tuleb leida viise selle elluviimiseks.

Kuigi antud tegevus on hädavajalik, ei pruugita saavutada koheseid ja lõplikke tulemusi. Praegu on Maa-ametil juba üsna täpsed andmed, mille töötlus ei pruugi AI-süsteemi integreerimisega oluliselt täiustuda. Siiski on oluline säilitada eesmärk katsetada ja arendada AI-süsteemivõimekusi andmehõive töövoogude automatiseerimisel.

⁵⁴ Teadaolevalt ei ole kriitilise tähtsusega kontrollide ajatamine öisele ajale, kuna 3D-mudelisse muudatuste sisseviimine võib toimuda harvemini, kui nt ETAK-i andmetesse

6.2. Andmetöötlus, sh Eesti topograafia andmekogu tegevused

Selleks, et andmehõive käigus saadud andmetest oleks kasu ka lõppkasutajatele, tuleb need enne kättesaadavaks tegemist Maa-ameti spetsialistide poolt töödelda. Hõivatud andmed asuvad erinevates Maa-ameti andmekogudes (ETAK, ADS, KNR jm) või siis välistes registrites (EHR, teeregister jm). Kõikides nendes andmekogudes olevad andmestikud on olulised sisendid tagamaks lõppkasutajale kaardiandmete levitamise läbi kaardirakenduse ja ruumiandmeteenuste. Andmete töötlemisel on oluline määratleda, kus põhiaandmeid hallatakse - olgu selleks siis väline register või Maa-ameti hallatav ETAK. Töödeldud andmed on spetsialistide poolt üle vaadatud, kontrollitud ja vajadusel parandatud või täiendatud ning lõppkasutaja võib olla veendunud, et andmed on kvaliteetsed ja ajakohased.

Samuti on oluline tagada andmete töötlemiseks piisavalt võimekas tarkvara, mis suudab hallata nii 2D- kui ka 3D-andmeid ning võimaldab liidestumist erinevate registritega. Tulevikus on ka oluline, et tarkvaral oleks võimekus tehisintellekti (AI) rakendamiseks, olgu selleks siis tarkvara enda võimekus või lahendus väljaspool tarkvara toimunud tehisintellekti tööprotsesside tulemuste liitmiseks andmebaasis olevate andmetega.

Kõige olulisem osa andmete haldamisel on ETAK, mille andmemudel ja andmestik ei rahulda enam tänaste kasutajate vajadusi (vt ka lisa 1). Hetkel ETAK-is olev 2,5D-andmestik ei ole piisav ja sobilik, et viia läbi 3D-analüüsi ning olemasolevad andmed nõuavad palju käsitööd. Pilootprojektina toodetud hoonete 3D-andmemudelis on eristamata hoonete seinte ja katuste pinnad ning muud hoone osad.

Kasutajate vajaduste rahuldamiseks on oluline, et ETAK-is olev andmestik oleks piisavalt kvaliteetne, ajakohane ja täielik. Selle saavutamiseks on oluline koguda kolmemõõtmeliste andmete tootmiseks vajalikku informatsiooni nii Maa-ameti enda poolse andmehõive kui ka välistest registritest andmehõive kaudu. Selleks, et ETAK-is olevad andmed oleks piisavad, on vajalik andmemudelit täiendada. Samuti on oluline tagada andmete ajakohasus. Kuna andmete töötlemine ja korrastamine on väga ressursimahukas ülesanne, siis tuleb vaadata protsessi automatiseerimise ja tehisintellekti (AI) kasvavas mahus kasutuselevõtu suunas.

Muudatusettepanek nr 1 - ETAK-i ja 3D -andmestiku andmemudeli ja andmekoosseisu muudatused

Kasutajate vajaduste ja soovide rahuldamiseks on oluline, et Maa-amet suudaks toota kvaliteetseid ja ajakohaseid 3D- ja 2D-andmeid. Kõike ei ole tarvis Maa-ametil endal koguda, vaid teatud andmeid hõivatatakse ja hallatakse teistes andmekogudes või registrites. Sellisel juhul tuleb andmete ühekorduse printsiibist lähtudes taaskasutada seal olevaid andmeid (loe täpsemalt järgmisest muudatusettepanekust).

Käesolevas ettepanekus on välja toodud kõige olulisemad andmed, mida Maa-amet peab haldama (hõivama või pärima), et lõppkasutajate vajadused oleksid rahuldatud. Järgnevalt on kirjeldatud olulisemad andmed nii ETAK-i kui ka 3D-andmestiku vaates. Täpsem andmekoosseis koos andmeatribuutide ja seostega tuleb välja selgitada detailanalüüsi käigus.

► ETAK-i andmekoosseisu muudatusettepanekud

- **Liiklemise suunalisus teel** - tänasesse ETAK-i andmekoosseisu nähtusklassi teede atribuudina teede suunalisus juba kuulub ning neid andmeid kogutakse, kuid need andmed pole kasutajate jaoks täna piisavalt ajakohased ja detailsed. Nende andmete ajakohasena hoidmiseks on avaldanud soovi Häirekeskus ja Päästeamet, kelle jaoks on antud informatsioon oluline väljakutsetele reageerimiseks ning teekonna arvutamiseks. Tulevikuks on ettepanek hõivata tihedamini teede suunalisuse andmeid, et tagada nende ajakohasus ning kasutajate soovid. Samuti on liikumisuuna adekvaatseks edastamiseks vajalik muuta ka andmemudelit

detailsemaks (sh sõidurajad, mahapõrderajad jm). Näiteks võiks koostööd teha teeregistriga, kes võiks olla nende andmete hõivaja ning haldaja.

- ▶ **Hoone korruselisus, hoone kõrgus, hoonesse sissepääs, hoone katuse tüüp** - ETAK-is on olemas informatsioon hoonete kohta ning see peab ka tulevikus ETAK-isse jääma. Küll on aga oluline jätkata hoonete kohta käiva andmestiku täiendamist, pärides andmeid teistest registritest (nt EHR, AKS). Seega peab ETAK koosvõimeliselt töötama teiste registritega, et tagada kasutajate vajadused. Põhiliselt on nende andmete kasutajad Kaitsevägi, KOV-id, detailplaneeringute koostajad, Päästeamet, SMIT ja Kliimaministeerium. Kasutajate jaoks on oluline saada mugavalt kätte ajakohane informatsioon hoone kõikvõimalike detailide kohta (nt kas hoonel on viilkatus, kui kõrge on hoone, mitu korrust on hoonel, kus asub hoone sissepääs). Samuti on oluline kasutada nende andmete hõivamisel maksimaalselt AI võimekusi, näiteks maa peal asuvate korruste loendamist. Kuna eriilmeliste hoonete (nt laohooned) puhul ei ole võimalik kõike AI abil tuvastada, on oluline, et oleks olemas inimressurss nende andmete hõivamiseks. Lisaks tasub kaaluda näiteks hoonesse sissepääsude kohta käivate andmete hõivamiseks rahvahanke kasutamise võimalust (loe täpsemalt andmehõive muudatuseettepanek nr 8).
- ▶ **Laevaliinid** - laevaliinid on n-õ maantee jätk veekogu peal, mis läbi kuuluvad laevateed ka ETAK-i andmete hulka. Tulevikus, kui mõni väline register hakkab ka neid andmeid hõivama, siis on oluline registripidajaga kokkuleppeid sõlmida ning hoida ajakohaseid ja kvaliteetseid andmeid ühes registris, kust teine saab neid teenuste kaudu pärida.
- ▶ **Veest välja ulatuvad kivid** - tänases ETAK-is on kaardistatud veest välja ulatuvaid kive küll, kuid ainult suuremaid. Iga kivi kaardistamiseks pole täna piisavalt ressursi. Selliste kivide põhiliseks andmeallikaks on lidari ja ortofotode andmestikud ning tulevikus on kindlasti tegemist väga suure AI rakendamise potentsiaaliga andmehõiveprojektiga. Kõige suurem huvi selliste andmete vastu on Transpordiametil, kes tegeleb mere peal toimuva transpordi korraldamise ja merekaartide tootmisega.
- ▶ **Kõrgtakistused⁵⁵ (nt kõrgepingeliinid, sidemastid, elektriliinid, korstnad, postid)** -täna on need andmed olemas ETAK-is ning osaliselt ka EHR-i juurde kuuluvas võrgurajatiste andmebaasis (VRA). Kõige enam on kõrgtakistusi talletatud kitsendusi põhjustavate objektide infosüsteemis (KPOIS) ja ETAK-is. Kuniks võrgurajatiste andmebaasis andmekvaliteet ei parane, siis on kõrgtakistused oluline osa ETAK-i andmekoosseisust ning nende hõivega tuleb edasi tegeleda. Lisaks elektriliinidele on oluline kaardistada ka elektriliinide poste, et neid paremini 3D-s modelleerida. Täna elektriliini postide andmestikku ETAK-is ega KPOIS-is ei oles. Kõrgtakistuste andmeid kasutab ka näiteks Transpordiameti Lennundusteenistus, kes haldab üle 45 meetri kõrguseid ehitisi. . Kõrgtakistuste ajakohasena hoidmine ja täielik kaardistamine ei oleks liiga mahukas projekt, kuid annab kasutajatele ning 3D-mudelile üldiselt väga palju juurde, mistõttu on oluline nende kaardistamise ja mudeldamisega tegeleda (soovitav kasutada ka näiteks tehisintellekti või andmeomanikelt andmete hõivamist).
- ▶ **Viaduktid, sillad** - tegemist on andmeobjektidega, mille mudelid peaksid lõpptulemina valmima nii ETAK-i kui ka Teeregistri andmetest. ETAK-is on juba hetkel olemas üldine informatsioon viaduktide ja sildade kohta. Teeregistris on oluline saada informatsiooni viaduktide ja sildade täpsemate detailide kohta, et nende andmete põhjal oleks võimalik modelleerida detailne 3D-mudel. Tulevikus luuakse uute sildade ehitamisel ka BIM-mudel, mis on samuti heaks sisendiks 3D-mudeli loomisel. Sildade ja viaduktide andmete kuvamine 3D-s on oluline näiteks planeerijatele oma igapäevatöös.

⁵⁵ Kõrgtakistuse mõistet ei ole õigusaktides defineeritud, enam viidatakse mõistele lennundusest tulenevate kitsenduste kontekstis. Näiteks kaasneb valdkonna eest vastutava asutusega kooskõlastamise nõue enam kui 45-meetriste ehitiste kavandamisel (<https://www.riigiteataja.ee/akt/12995132?leiaKehtiv>, <https://www.riigiteataja.ee/akt/128062023014>).

- ▶ **Taimestik, haljasalad, puuliigid** - ETAK-is on kaardistatud taimestik üldistatud kartograafilistest vajadustest lähtuvana. Varasemalt on 3D-projekti raames kaardistatud puid madallennualadel asuvates asulates (asukoht ning okas- ja lehtpuude eristamine) ning tehtud need kasutajatele kättesaadavaks ka kaardirakenduse kaudu. Samuti on Maa-amet uurinud puude täpsemat kategoriseerimist. Tegemist on olulise vajadusega näiteks Kliimaministeeriumile, RMK-le, Keskkonnaagentuurile, Transpordiametile, KOV-idele ja Päästeametile. Näiteks Kliimaministeerium soovib üksikpuude kaardistust, et oleks võimalik teha aastapõhiseid võrdluseid metsaressursside muutuste ja varude kohta. Küll aga jäävad suurem osa Eesti puudest väljaspoole praegust madallennuala ning seetõttu ei ole võimalik olemasolevate andmete pealt selliseid mudeleid luua. Selle vajaduse rahuldamiseks on vaja täiendavat andmehõivet. KOV-id soovivad samuti üksikpuude kaardistust, et viia läbi linnades olevate puude kohta varjuanalüüsi. Taimestiku ja puude puhul on oluline kaardistada puude kõrgus, liik ning läbimõõt. Tallinna linnal on loodud haljastute infosüsteem⁵⁶, millega koostöös on võimalik luua detailsem ja ajakohasem üksikpuude kaardistus. Samuti on loodud Tartu linna poolt kaart haljastuse ka üksikpuude kuvamiseks.⁵⁷ Päästeameti jaoks on kõige olulisem puu liigi eristus (okaspuud ja lehtpuud), et oleks võimalik määrata kindla piirkonna tuleohutusklassi. Tegemist on kasutajate jaoks väga olulise andmekomplektiga, mis peab olema tulevikus kindlasti ETAK-is võimalikult ajakohasena. Kuna tänane madallennuala ei võimalda üksikpuude kaardistamist, siis ilma täiendava andmehõiveta ei ole võimalik saada detailset üksikpuude kaardistust. Kuigi mõned suuremad KOV-id sellega tegelevad, siis ei ole realistlik, et kõik KOV-id üle Eesti hakkavad sellist kaardistust tegema. Üksikpuude kaarditus vajab täiendavat ressursi, kuid see tuleb läbi analüüsi, kas sellest saadav kasu kaalub ressursi kulu üle.
- ▶ **Modelleeritud metsa 3D-andmed** -Maa-ametil on tööriistad, millega metsa andmeid visualiseerida, kuid arenguvõimalusi on selles valdkonnas veel palju. Suuresti piirab arengut andmehõive kvaliteet. Kvaliteetsemate ja detailsemate andmete hõivamiseks on ressursipuudus, mis ei võimalda ei piisavalt tihti lennata ega teha kogutud andmete põhjal ka kaardistust. Samuti on piiravaks faktoriks kasutusel olev tehnoloogia, kuid tulevikus uue kaamera ja lidari kasutuselevõtmisel see paraneb. Kindlasti on tulevikus oluline, et tegeletakse metsa 3D-modelleerimisega. Täna on Maa-ametis sellega juba algust tehtud prototüübi näol, kus on püütud modelleerida lidarandmeid ja AI-d kasutades puu detailsusega ning määrata neile liik (okas- või lehtpuud). Kogu metsa kohta käiva informatsiooni kogumiseks on soovitatav teha tulevikus koostööd metsaregistri pidajaga, kus kogutakse samuti sarnast informatsiooni, samuti teiste riiklike metsanduses tegelevate asutustega (nt RMK). Kui metsaregister sisaldaks ajakohasemaid ja kvaliteetsemaid andmeid näiteks eraldiste või raietegevuste kohta, siis looks see eeldused neid andmeid kaasates detailsemate metsa 3D-andmete modelleerimiseks.
- ▶ **Detailne linnade aluskaart** - KOV-ide jaoks on oluline, et suuremates linnades oleks olemas detailsem aluskaart. Täna on see olemas juba Tallinnal ning väiksema detailsusastmega ka Kuressaarel. Sellise detailse aluskaardi loomine eeldab väga palju lisaressurssi, mida kõigil omavalitsustel ei ole. Kooskasutuse huvides peab aluskaart tuginema ühtsele andmestandardile, mis peab toetama 3D eesmärke.
- ▶ **3D-mudeli andmekooseisu muudatusettepanekud**
 - ▶ **Ehitiste välisilme** - ülikoolide jaoks on oluline, et Maa-amet looks võimaluse edastada kaardirakenduse või muu vahendi kaudu hoonete välisilmeid, et nende põhjal oleks võimalik

⁵⁶ <https://www.riha.ee/Infos%C3%BCsteemid/Vaata/tlnhaljastud>

⁵⁷ <https://geohub.tartulv.ee/apps/tartu-linna-haljasalad-ja-inventar-2023-2026/explore>

luua virtuaalreaalsust (näiteks isesõitvate autode tarkvara „treenimiseks“ kasutatav mudel). Selleks vajalikud andmed saavad pärineda ETAK-ist, välistest registritest, kaldaerofotodelt ning rahvahanke kaudu kogutud andmetest.

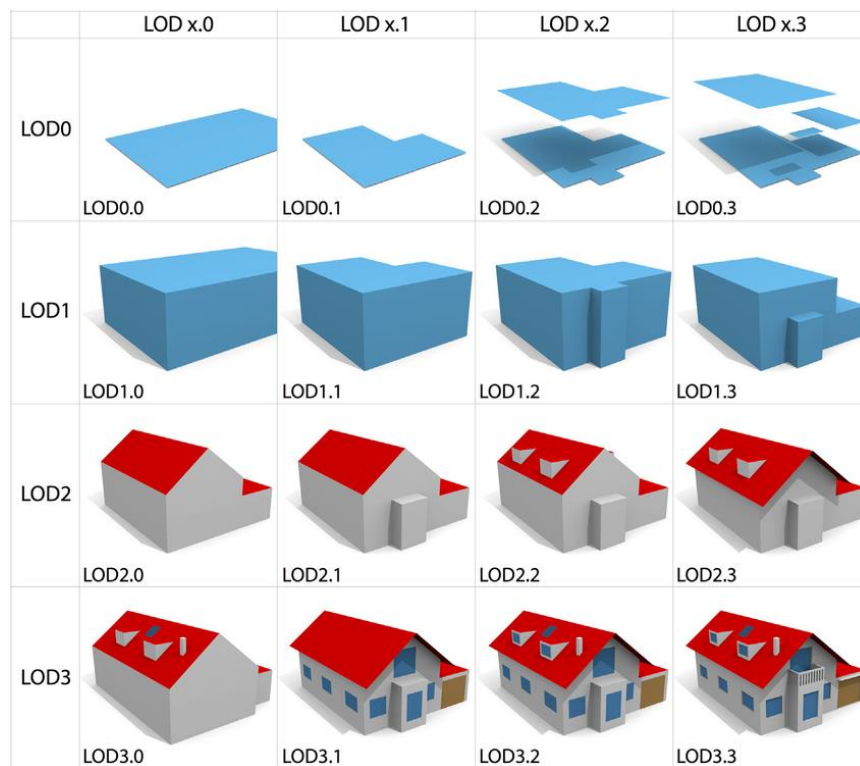
- ▶ **Kitsendused** - kitsenduste alla kuuluvad näiteks kõrgepingeliinid, maa-alused kaablid. Maa-aluste kaablite ja muude tehnovõrkude andmestik on kättesaadav EHR-i juurde kuuluvast võrgurajatiste andmebaasist (VRA) (täna pole need andmestikud veel piisavalt kvaliteetsed) ning selle põhjalt on oluline neid tulevikus visualiseerida ka 3D-s. Andmestik on oluline näiteks planeerijate, Transpordiameti ja Päästeameti jaoks, kes soovivad oma igapäevaste tööülesannete täitmiseks näha, kuidas maa-alused kaablid kulgevad. Kitsenduste puhul on oluline, et kõigepealt oleks kvaliteetselt kaardistatud andmed 2D-s ning alles seejärel saab täiendavate andmete kogumisel liikuda nende andmete 3D visualiseerimise juurde. Kitsendus kui piirangu mõjuala on tänase asjaõigusseaduse järgi seotud omandi ulatuse defineerimisega ning hetkel puudub kolmanda mõõtmelise definitsioon. Tulevikus kitsenduste 3D-s kuvamise vajaduse rahuldamiseks on oluline tegeleda ka asjaõigusseadusesse vastava kriteeriumi lisamiseks vajalike tegevustega.
- ▶ **Kaevandused** - kaevanduse alla kuuluvad nii maa-alused kaevandused kui ka maapealsed karjäärid. Nii kaevanduste kui ka karjääride kohta on olemas maavarade registris andmestik piiride kohta, mida kuvatakse välja ka maardlate rakenduses kahemõõtmelisena. Maapealsete karjääride andmestik on ETAK-is olemas 2D-s. Kasutajate jaoks on oluline, et karjääre kuvatakse ka 3D-mudelis. Maa-aluste kaevanduste 3D-s kuvamine on keerulisem, sest maavarade registris puudub enamasti informatsioon sügavuspiiri ja kaevandustegevuse täpse paiknemise kohta. Kui nende andmete esitamist on tulevikus võimalik ja vajalik reguleerida, soodustab see ka maa-aluste kaevanduste visualiseerimist 3D-s. Viimastel aastatel on hakanud levima praktika, kus kaevandamislubade juures on informatsioon alumise pinna samasügavusjoonte kohta. Tulevikus, kui rohkematel lubadel on need andmed küljes, siis on võimalik kaevandusi rohkem ka 3Dkujul visualiseerida.
- ▶ **Tänavavaade** - tegemist on väga keerulise tootega, mille andmehõiveks oleks vaja soetada uued vahendid (auto, kaamera, maapeale lidar- ja/või fotomõõdistusvahend jm), mida Maa-amet täna planeerinud ei ole. Tegemist pole ka ajakriitilise vajadusega. Alternatiivlahendusena on võimalik tänavavaate mudelit teenusena sisse osta, kui selleks peaks suurem vajadus tekkima. Suurema vajaduse tekkides on vajalik läbi viia täpsem kuluanalüüs, milles käsitletakse vajaminevate vahendite, tarkvarade jm ressursi kulu võrdluses sisseostetava teenuse kuluga.
- ▶ **Hoone sisevaade** - Päästeameti jaoks on oluline, et Maa-ametist oleks kättesaadav hoonete sisevaade, et lihtsustada nende päästetööd. Tegemist on projektiga, mida on hetkel kättesaadavate tehniliste vahenditega väga keeruline teostada. Alates andmete kogumisest kuni nende välja kuvamiseni (sh kuidas lahendada üleminek hoone vaates väljast sisse ja vastupidi). Kaugemas tulevikus on soovitatav seda teemat põhjalikumalt analüüsi ning kasutada alusandmetena näiteks hoone BIM-mudelit. Lähemas tulevikus on ettepanek lahendada hoone sisevaade uste asukohtade põhiselt (nt haigla kabineti uks, kooli loengusaali uks). Soovitatav on kasutada selliste andmete hõivamiseks andmeomanike (nt haigla, kool) sisendit, mitte andmeid ise hõivata.
- ▶ **Teekonna arvutus** - Päästeameti jaoks on oluline saada täpne ja kõige optimaalsem teekond väljakutsele reageerimiseks. RMK jaoks on teekonna arvutus oluline, et optimeerida metsaveoautode sõite. Teenusest tunnevad puudust ka X-GIS kaardirakenduse kasutajad. Tegemist on teenusega, mille alusandmestikuks on teedevõrk (nt liiklemise suunalisus, sõiduradade arv, valgusfoorid, ringteed). Tulevikus on oluline, et nimetatud andmed oleksid kättesaadavad ühest riigi poolt hallatavast registrist. Lisaks sõidu teekonna arvutusele on siinjuures oluline arvestada ka teekonda nõ autost väljakutseni ehk teekond sissepääsuni (sh trepikoda, ukse asukoht, korruse kõrgus jm). Kui sisendandmed on piisavalt kvaliteetsed ja

ajakohased, võib olla kõige kiirema teekonna väljaarvutamise puhul tegemist AI potentsiaaliga projektiga. Täna ostetakse (nt Transpordiamet ja SMIT) teekonnaarvutuse jaoks vajalikke sisendandmeid sisse erasektorist. Tulevikus peaks olema teekonnaarvutuse jaoks vajalikud andmed keskse kaardiserveri funktsionaalsus. Riiklikul teekonnaarvutuse teenuse loomisel on ka sisejulgeoleku aspekt. Kommertsteenuseid kasutades on risk, et teenus muutub tasuliseks või kallineb oluliselt või muudetakse kasutamise tingimusi.

Muudatusettepanek nr 2 - LOD2 kvaliteediaseme hoidmine ning neile fassaadide kleepimine või võrkumodeli alusel 3D tootmine ning drapeerimine⁵⁸

Mudelite detailsusastmed

Hetkel ei leidu maailmas näiteid, kus terve riigi hoonestuse modelleerimiseks oleks kasutatud detailsemaid hoonekujusid kui LOD2. Mitmel juhul LOD3 poole küll pürgitakse, kuid sellega kaasneb reeglina suur inimressursi vajadus hoonete ja nende detailide ajakohasena hoidmiseks.



Joonis 41. Hoonete 3D-mudelite detailsusastmete (LOD) võrdlus. Allikas: Biljecki, Ledoux, Stoter⁵⁹

Maa-ameti praegused hoonete 3D-mudelid on LOD1 ja LOD2 detailsusega. Neist viimane, LOD2, sisaldab kvaliteetse andmestiku korral osaliselt ka katuse detaile (suuremad väljaulatuvad osad ning korstnad).

LOD2.3 ja LOD3 detailsusastme tagamine võib aga olla väga tootmismahukas, nõudes palju manuaalset sekkumist. Ressursi- ja tootmismahuka LOD3 arendamisel võib juhtuda, et detailsus küll saavutatakse, kuid kuna uuendus on aeganõudev, ei suudeta hoida eraldiseisvaid detaile ajakohasena ning kannatab andmestiku kvaliteet. Selliseks näiteks on ka varasemalt kajastatud Šveits, kus

⁵⁸ Võrkumodeli ja vektorkihi (nt hoonekontuuride) omavahel sidumine. Ingl *drapping*

⁵⁹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198971516300436>

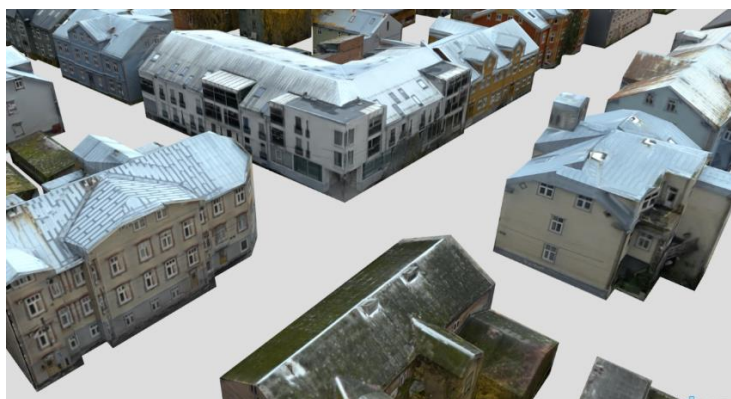
pürgitakse küll LOD2.3 tasemeni, kuid selle aluseks pole olnud ALS andmestik, vaid eraldi hoone- ja räästakontuurid ning andmed erinevatest allikatest. Samuti tunnistatakse ka Šveitsi näitel, et mudelite ajakohastamine on väga kõikumine ning nende uuendamisega tegeleb igapäevaselt üle 20 inimese. LOD3 detailsusastme moodustamisel on reeglina suur osakaal tavapärasel manuaalsel modelleerimisel. Selleks kasutatakse erinevaid 3D-modelleerimistarkvarasid nagu ArcGIS CityEngine, Blender, Sketchup, Maya või AutoDesk 3DS Max ning iga hoone modelleerimine käib eraldiseisvalt.

Veelgi detailsemate mudelite puhul nagu LOD4, mis sisaldab siseruume, või ehitusinfo modelleerimise puhul, tõuseb hallatavate detailide maht ühe objekti kohta tuhandetesse ning sellise detailsusastme saavutamine ja uuendamine ei ole riiklikult mõeldav.

Hoonete fassaadid

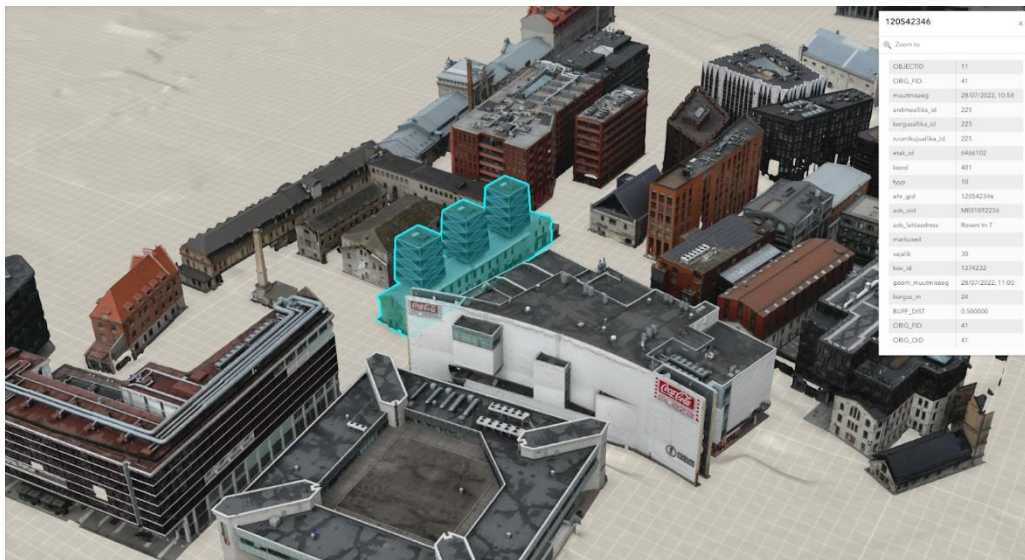
Tuginedes kasutajate vajadustele, domineerib 3D-hoonete ja -keskkonna loomisvajaduses eelkõige visualiseerimise eesmärk - vajadus hoonete välisilme, fassaadide ja linnakeskkonna terviku järele. Terviklahendust eeldab ka virtuaalreaalsuskeskkond, mis esines paljude huvigruppide soovides. Sellest tulenevalt, arvestades huvigruppide ootusi ja 3D kasutusalasid, tasuks kaaluda esialgu LOD2 detailsusastmega piirdumist, panustada ressursid selle ajakohasena ja kvaliteetsena hoidmisesse. Hoonete fassaadide visualiseerimiseks tasuks kaaluda kahte erinevat varianti - kaldfotode kleepimine mudelitele või võrkudeliga fassaadi visualiseerimine.

Üks võimalus on rikas-tada olemasolevaid LOD2 hooned kaldaerofotodelt saadud fassaadide tekstuuridega. Hoonete fassaadide tekstuuride aluseks on orienteeritud kaldaerofotod. Kaldaerofotode alusel on võimalik varasemalt modelleeritud LOD2hoonetele kleepida realistlik välisilme. Vastavalt tarkvarale ja vajadusele on võimalik hoonete fassaade piltmaterjalidest lisada kas täielikult automaatselt või vastavalt üksikobjektidele manuaalselt. Lisaks uute visualiseerimismeetodite kasutuselevõtt aitab optimeerida tootmisprotsessi ning saavutada hoonete tekstuuridele lisaks ka parem detailsus - modellerida ka lisadetaile. Võrkudelilt tuletatud üksikhoonete mudelid kaasavad hoonetele lisadetaile nagu katuseräästad, akna- ja ukseavad, fassaadireljeefsus jne. Erinevalt praegustele mudelitele fassaadide kaldfotodega visualiseerimisest, koonduks võrkudelilt rakendades hoonete 3D ruumikuju ja fassaadide tekstuuride uuendamine ühtseks protsessiks. Mõlema meetodi tulemusel saadud fassaade illustreerivad allolevad näited Tallinnast ja Tartust.



Joonis 42. Automaatselt praegustele Maa-ameti LOD2 hoonetele visualiseeritud (drooni) kaldfotode tulemusel saadud fassaadid. Hoonete detailsus vastavalt ALS andmetel eelnevalt loodud mudelile. Näide Tartust. Allikas: 3Di/Hades Geodeesia OÜ Tartu 3D lennu ja LOD2 hoonete tekstureerimine⁶⁰

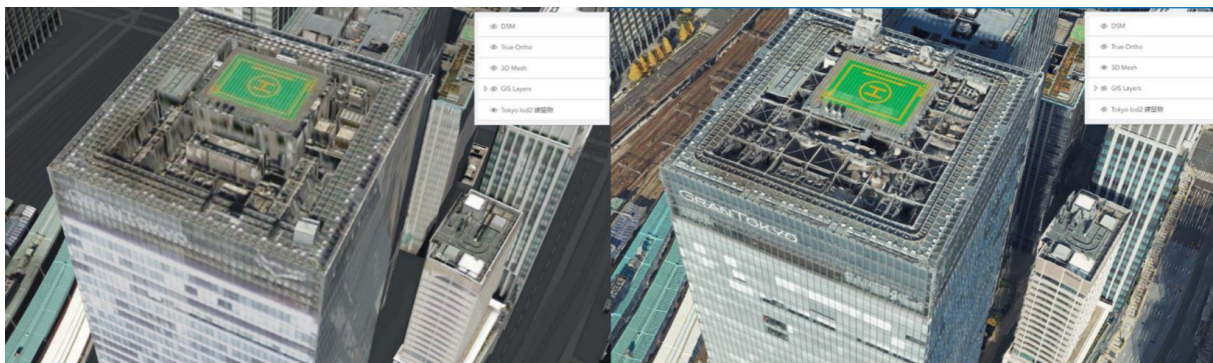
⁶⁰ <https://sketchfab.com/3d-models/tartu-tahe-tanav-lod2-d550e34ee1b5494db9096bfd82d89a67>



Joonis 43. Automaatselt (droni) võrkmodellist genereeritud hoonete mudelid koos fassaadidega. Hoonete detailsus vastavalt võrkmodeli detailsusele. Näide Tallinnast. Allikas: Tallinna Strateegiakeskuse linna hoonete 3D digitaliseerimise hanke (269377) näidis. Tööde teostaja 3Di/Hades Geodeesia OÜ⁶¹

Võrkmodellid

Võrkmodeli aluseks on samuti kaldaerofotod, kuid eelisteks on suurem fotorealaus ning mudeli detailide rohkus (rõdud, korstnad, ukseid, aknad, fassaadi ja katuse struktuurid jne), mis võivad olla analüüside jaoks väärtuslik informatsioon. Võrkmodeli loomine on täielikult automatiseeritud, mistõttu on võimalik tagada alati kvaliteetne mudel.



Joonis 44. Fassaadi tekstuuriga kaetud LOD2-hoone ja sama hoone 3D-võrkmodell. Allikas: ArcGIS Reality

Täisautomaatne võrkmodeli tootmine võimaldab käsitleda ja uuendada suurt hulka andmeid regulaarselt, tuginedes arvutusressursile, mitte inimressursile. Kuigi töövoo automaatsus kergendab 3D moodustamist, tuleb kasutada homogeense ja kvaliteetse andmestiku loomiseks ja hoidmiseks kvaliteedikontrolle ning teha vajadusel andmestikus muudatusi. Võrkmodeli paremaks kasutamiseks on võimalik automaatselt eemaldada liikuvad objektid (autod), peegeldused (klaasfassaadid, vesi ja aknad), luues puhtama linnakeskkonna pildi ning parema aluse analüüsideks. Lisaks modelleerib võrkmodell taimkatet, haljasalaid ja vegetatsiooni, andes aimu selle varieeruvusest. Tervikeskkonna modelleerimine Aerolennuga tehtud võrkmodell võimaldab ka tervikeskkonna modelleerimist, sealhulgas 3D tänavavaadet. Veelgi detailsemaks tänavavaateks on võimalik täiendavalt kaasata ka

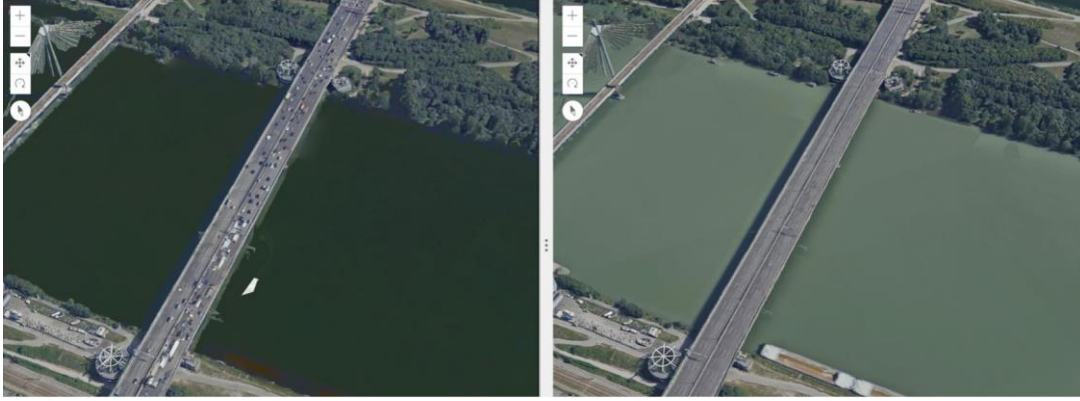
⁶¹ <https://tallingis.maps.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=ab1bcc65831f4200a7fd703522e0f648>

maapinnalt kogutud andmeid kasutades näiteks maapealset laserskaneerimist. Võrkumeli ja vektorkihi (nt hoonekontuuride) omavahel sidumine võimaldab pärida võrkumelilt lihtsalt informatsiooni hoonete ja üksikobjektide kohta (vt allolev joonis). Kasutades võrkumelit ja vektorkihti, on tervikdetailsus visuaalselt kergesti haaratav ja realistlik. Võrkumelist omakorda saab hoone kontuuridega eraldada detailsed üksikhooned ning neid 3D ruumiobjektidena vastavalt vajadusele kasutada. Võrkumelist tuletatud üksikhoonete mudelid kaasavad hoonetele lisadetaile nagu katuseräästad, akna- ja ukseavad, fassaadireljeefsus jne.



Joonis 45. Võrkumeliga drapeeritud vektorkihi (üleval) ja võrkumeliga drapeeritud LOD2 (all) üleujutuse simulatsioon. Allikas: ArcGIS Reality – Utrecht⁶²

⁶² <https://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=bba06f1f762f474f9b5105b85e47f247>



Joonis 46. Liikuvate objektide automaatsel eemaldusel saadud võrkmodel. Allikas: ArcGIS Reality

Võrkmodeli eelised

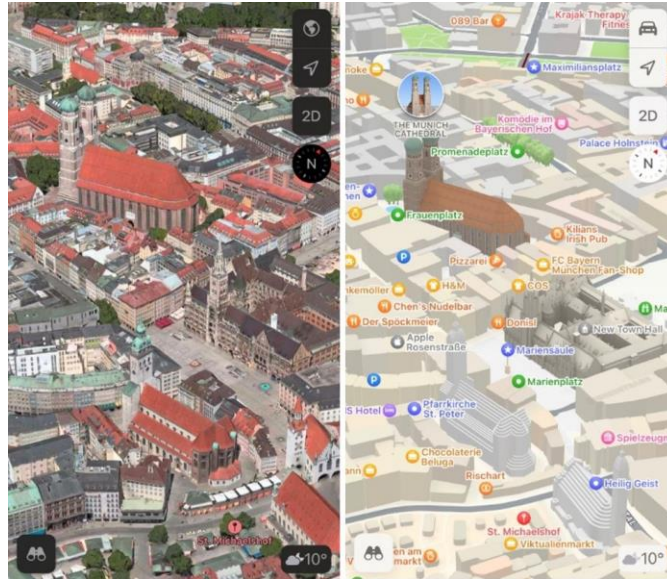
- ▶ Detailid ja visuaalne täpsus - fotogramm-meetriline võrkmodel võimaldab modelleerida hooned koos fassaadi, tekstuuri ja hoone detailidega (näiteks aknaraamid, ukсед, katuseräästad, ornamendid jne). Võrkmodelina koondatakse kõik detailid üheks hooneobjektiks.
- ▶ Kiire genereerimine - automatiseeritud tootmine võimaldab suurtest andmestikest automatiseeritult ja piisava arvutiressursi olemasolul kiirelt mudeleid luua ja uuendada.
- ▶ Paindlikkus - mudel esitab terviklahendust, mitmesuguseid objekte ja maastikke, mitte ainult hooned. Aerolennuga kogutud andmetest loodud võrkmodelit on võimalik kombineerida kõrgema eraldusvõimega satelliidipiltide või droonipiltidega.

Võrkmodeli kasutus

- ▶ Alus analüüsiks: kuigi analüüsiks ollakse harjunud kasutama semantilisi ja 3D-vektormudeleid, siis seda võimaldab ka võrkmodel. Olenevalt tarkvarast võimalused varieeruvad, kuid võimalikud on mõõtmised, varjude, profiili, vaatevälja või erinevad nähtavusanalüüsid. Võimalik on teha näiteks linnakeskkonna soojussaarte analüüsi või eraldi hoonetel modelleeringul päiksepaneelide potentsiaaliks sobivate katuste uurimust.
- ▶ 3D-hoonete uuendamine: võrkmodelitest on võimalik välja lõigata enda uurimisala või vaid hooned. Väljalõigatud hooned on võimalik konverteerida ja salvestada 3D-ruumikujudeks (*multipatch*), millel on võrkmodelile vastav detailsus (fassaadi sopistused, aknad, ukсед, korstnad jne), ning kasutada analüüsiks. Võrkmodelist välja lõigatud hooned saavad olla ka aluseks manuaalsele 3D-modelleerimisele.
- ▶ Taustsüsteem: võrkmodelid sobivad efektiivselt teiste andmete esitamiseks ja visualiseerimiseks, et anda täiendavat konteksti.
- ▶ Kohtuekspertiis ja rekonstrueerimine: õnnetuse või kuriteopaiga analüüsimisel võib tekstureeritud võrkmodel anda efektiivse ülevaate konkreetsete sündmuste ruumilisest paigutusest ja kontekstist.
- ▶ Simulatsioon ja modelleerimine: tekstuuriga võrkmodel saab olla aluseks erinevatele simulatsioonidele, nagu ilmastikunähtused, üleujutused ja nende mõju.
- ▶ Liitreaalsus (AR) ja virtuaalreaalsus (VR): tekstuuriga võrkmodelit saab integreerida AR- ja VR-rakendustesse, et pakkuda realistlikku tausta või keskkonda. Sellist lahendust kasutatakse ka julgeolekusimulatsioonide lavastamisel realistlikus keskkonnas.
- ▶ Fotorealistlik linnapilt: kasutades fotorealistlikku keskkonna visualiseerimist, on võimalik efektiivsemalt kaasata GISi-kaugeid inimesi, kasvatada avalikkuse teadlikkust ning luua sidet mudelite ja inimeste vahel.

- ▶ Ajalooline vaade: võrkmodelite võrdlemine võimaldab visuaalselt näha muutusi erinevatest ajaperioodidest, saab visualiseerida ja analüüsida muutusi maastikes ja linnapildis.

Võrkmodelite uuendamist tuleks teha iga-aastase ülelennu raames või kaaluda muudatuste tuvastamiseks ka alternatiivseid lahendusi nagu satelliidiandmetelt võrkmodelid tootvad Airbusi ja Maxari mudelid.



Joonis 47. Näited Münchenist, kus terve linna digikaksik on loodud võrkmodelist ja LOD1-mudelitest, kuid juurde on lisaks lisatud mõned detailsemad käsitsi modelleeritud ajalooliste hoonete mudelid. Allikas: Digitaler Zwilling München

Muudatusettepanek nr 3 - Koostöö, andmevahetuse ja andmete riskasutuse parandamine teiste registrite, infosüsteemide ja andmeandjatega

Selleks, et pakkuda lõppkasutajatele terviklikku teenust, on otstarbekas teha koostööd erinevate väliste registritega, mis tegelevad ise selliste andmete hõivamise või kogumisega, mis on Maa-ameti kasutajale vajalikud või olulised. Koostöö teiste registrite ja infosüsteemidega on oluline ka Eesti riigis kehtivast andmete ühekordsuse printsiibist tulenevalt, mille eesmärk on, et kui keegi juba kogub mingeid andmeid, siis neid ei tohiks topelt koguda, vaid tuleb riskasutada juba olemasolevaid andmeid.

Kasutajauuringust selgus, et paljud osapooled (nt Kaitsevägi, KOV-id, ülikoolid) soovivad, et Maa-amet teeks andmete hõivamisel koostööd teiste registritega (EHR, teeregister, sadamaregister, metsaregister jm), et tagada nii ajakohasemad ning kvaliteetsemad andmed. Samuti töid kasutajad välja, et koostööd võiks teha ka erasektoriga, kes haldab samuti kvaliteetseid andmeid (nt planeeringute valdkonnas).

Järgnevalt on toodud mõned osapooled, kellega täiendav koostöö tegemine on vajalik:

- ▶ **Teeregister** - teeregister⁶³ haldab paljusid andmeid, mis kasutajauuringu põhjal on kasutajate jaoks olulised ja vajalikud. Kasutajate jaoks on olulised näiteks sõidurajad koos ridade arvuga, stoppjooned, valgusfoorid (koos kõrgusega), ringteed, liiklusmärgid, teekattemärgistus ja teede

⁶³ <https://teeregister.mnt.ee/reet/map>

suunalisus. Praktikaks on teeregistri andmekvaliteet eelnimetatud objektide osas puudulik või ei kuulu andmed täna teeregistri andmekoosseisu⁶⁴. Seetõttu tuleb teha tihedat koostööd teeregistri pidajaga, et tagada andmete loomine, kõrgem kvaliteet ja ajakohasus, mille tulemusena on ka lõppkasutajate vajadused rahuldatud. Samuti on koostöö raames oluline keskenduda ka sellele, et erinevate andmete vahel oleksid seosed (näiteks võiksid olla seotud valgusfooride ja sõiduradade kihid, et oleks võimalik tuvastada, millise sõiduraja kohta milline valgusfoor kehtib).

- ▶ **KOV-id** – kohalikud omavalitsused kaardistavad ka ise detailseid andmeid, näiteks tänavavalgustust. ETAK-is on kaardistatud täna kõrgemad valgusmastid (sadamates ja tööstusrajatistes), kuid iga väiksemat tänavavalgustusposti hetkel ETAK-is kaardistatud pole. Küll aga on need kaardistatud KOV-ide poolt ning hoitakse näiteks Tallinna puhul Tallinna ruumiandmete registri (TAR) aluskaardil. Ettepanek on teha koostööd TAR-iga ning tulevikus ka teiste sarnaste/loodavate registritega, et vastata kasutajate vajadustele.
- ▶ **Transpordiamet (meretransport)** – kasutajauuringust selgus vajadus meremärkide, navigatsioonimärkide ja sadamate järele. Siinkohal on soovitus teha koostööd transpordiametiga, kes haldab andmekogusid ja registreid, kust neid andmeid on võimalik päringu teel kätte saada (nt sadamaregister, meremärkide andmekogu). Hetkel hõivatakse ja hoitakse sadamate andmeid ka otse ETAK-is, kuid tulevikus võiks need andmed jõuda ETAK-isse hoopis üle teenuse sadamaregistrist.
- ▶ **Aadresside ja kohanimede süsteem (AKS)** – loodav AKS-i andmekogu hakkab sisaldama lisaks aadressi- ja kohanimeandmetele ka huvipunktide andmeid. Näiteks soovivad paljud kasutajad saada infot ettevõtete, asutuste ning kultuuri- ja spordiobjektide kohta. Kaitseväge, SMIT ja Päästamet tahavad saada informatsiooni sildade, viaduktide ja autonoomse toitega tanklate kohta. Lisaks kuuluvad kasutajate vajaduste hulka ka ligipääsetavuse andmed, mis on osa AKS-i andmetest (sh trepikojad, korrused ja väravad). Näiteks on päästjate igapäevatööks väga oluline teada, kuidas pääseb hoonele ligi hädaolukorras, kas tee peal on ees takistusi, millisest trepikojast jõuab ukseni, kas hoonele ligipääsemist takistab aed jne. Kuna andmetest saadav kasu on läbi pakutava 3D-rakenduse väga suur, siis on oluline, et ETAK-isse ja 3D-andmemudelis oleksid tulevikus need andmed päritavad ka AKS-ist ja vastupidi. AKS-i kohta täpsemalt vt AKS-i ärianalüüsi aruanne.⁶⁵
- ▶ **Maakataster ja kitsendusi põhjustavate objektide infosüsteem** – Eesti maakataster on kahemõõtmeline, samas on maailmas riike (näiteks Holland, Hispaania), kus on katastritoimingutes teatud juhtudel juba kolmemõõtmelisust rakendatud⁶⁶. Esmaseid 3D-katastri lahendusi on tutvustatud PCC (Permanent Committee on Cadastre in the European Union) konverentsil⁶⁷. Oodata võib, et tulevikus muutub kolmemõõtmeliseks ka Eesti maakataster⁶⁸. Maakatastri kolmemõõtmeliseks muutmine eeldab tehniliste lahenduste kõrval õigusruumi (asjaõigus ja maaomand), protsesside (katastritoimingute tegemine) ning organisatsioonide vastutuse ja võimekuse muutmist⁶⁹. Vastavate muutuste ettevalmistus ja realiseerimine võib osutada tehnilise võimekuse loomisest oluliselt ajamahukamaks ja keerukamaks. Kasutusele võetav 3D-mudel ning selle levitamise platvorm peavad toetama 3D-katastri kasutuselevõttu tulevikus.

⁶⁴ <https://www.riigiteataja.ee/akt/112012016001>

⁶⁵ <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Aadressiandmed/ADS-iga-liidestumine/AKS-arialaluus-p899.html>

⁶⁶ Vt nt https://www.eurocadastre.org/pdf/2022/france2022eu/220524-PCC_CLRKEN%20Paris%20QuestionnaireSummaryReport-final.pdf

⁶⁷ Vt ka <https://www.eurocadastre.org/>. Organisatsiooni veebilehel avalikustatakse ka konverentside ettekanded

⁶⁸ Vt ka <https://kataster.ee/uudised/omandi-ruumiloome-kujunemine>

⁶⁹ Vt ka http://www.gdmc.nl/3dcadastres/literature/3Dcad_2023_02.pdf

Muudatusettepanek nr 4 - Tehisintellekti (AI) kasutuselevõtuks eelduste loomine

3D-mudelite loomiseks ja uuendamiseks väiksema käsitöö osakaaluga on vajalik tagada kvaliteetsed ETAK-i alusandmed. ETAK-i andmeuuenduste automatiseerimislahendusteks on aga vajalik tagada masinõppeks sobiv ortofoto. Erinevalt Maa-ametist toodavad analüüsis lähemalt tutvunud Soome ja Šveits traditsioonilise ortofoto asemel tõest ortofotot, mis tagab kõrguslike objektide asukohatäpsuse ning lihtsustab nii masinõppe rakendamist. Maa-ameti traditsioonilisel ortofotol on täpse asukohaga aga vaid maapinnal asuvad objektid, see raskendab masinõppe efektiivset rakendamist nii praegu kui ka tulevikus.

Nii Maa-ameti varasematele katsetustele kui ka Soome, Šveitsi näidetele tuginedes ei tundu inimressursi vähendavat AI-lahendust hetkel turul olevat. Kuigi Soomes on jõutud hoonete tuvastamisel 97,6% täpsuseni ning Šveits ei jää palju maha, ei ole saavutatud eesmärgilist 99% täpsust, mis teeks praeguse tööprotsessi efektiivsemaks. Seetõttu jätkatakse hetkel nii Soomes kui Šveitsis stereoperaatorite ehk andmete käsitsi uuendamise lahendusega, seirates ja katsetades samal ajal teaduslaboritest saabuvald uusi AI-võimalusi ning luues infrastruktuuri tulevikus 3D-andmetöötluses rakendamiseks. Sellest tulenevalt peaks ka Maa-amet esmalt looma kvaliteetse aluse ja eeldused AI rakendamiseks, tehes investeeringud näiteks tõese ortofoto tootmiseks (loe täpsemalt kaamera soovitusel kohta andmehõive muudatusettepanek nr 2).

Muudatusettepanek nr 5 - Tehisintellekti rakendatavuse analüüsimise hoogustamine: uurimisprogrammi või töörühma loomine, sh erasektoriga koostöö AI rakendatavuse hindamiseks

Luues AI kasutuselevõtuks eeldusi, tuleks silma peal hoida ja katsetada ka üha arenevaid tarkvaralahendusi, et leida tõhusamad ja andmete kvaliteeti tagavad AI-lahendused. Olemasolevale sarnaselt AI-lahenduste katsetamine ülejäänud töö kõrvalt või piiratud kogemusega praktikantidega on võimalik teha vaid sissejuhatus, kuid efektiivse AI -lahenduse leidmiseks ja prototüüpimise hoogustamiseks tasub kaaluda teemasse suurema ressursi suunamist.

Sarnaselt Soomele tasub kaaluda sihipärase rahastusega eraldiseisva tehisintellekti rakendatavuse uuringu programmi või töörühma loomist, mis võimaldaks katsetada ja prototüüpida ETAK-i uuendamise võimalusi, kasutades selleks erinevaid tarkvarasid ja meetodeid. Selleks tasub kaasata ka teadmised ning kogemused teistest avaliku ja erasektori asutustest (nt PRIA, Tartu observatoorium, ülikoolid), kus paralleelselt samuti uudseid lahendusi katsetatakse ja uusi töövooge luuakse.

Tasub kaaluda ka erasektori kaasamist ning AI rakendamise töövoogude tellismustööna sisse tellimist ettevõtetelt, kus kompetents ja kogemused on juba olemas. Tehisintellekti rakendatavuse uuringu peamine fookus peaks olema tõese ortofoto kasutusel hoonete kontuuride uuendamise võimalused ning ka ALS-andmete automatiseeritud klassifitseerimine.

Tehisintellekti sobivuse ja uuenduste analüüsiks tasuks jätkata nii varasemate kui ka uudsete lahenduste prototüüpimist ja analüüsi - QGIS (Semi-Automatic Classification Plugin, dzetsaka), GeoAI, TensorFlow ja PyTorch (TorchGeo). Tasub kaaluda ka kasutuses olevate tarkvarade, näiteks Esri ArcGISi platvormi AI funktsionaalsusi. Andmemahu probleemi lahenduseks tasub testida pilvepõhist rakendust Deep Learning Studio, mis koondab kokku süvaõppe töövoog: näidiste kogumise, mudeli treenimise ja mudeli rakendamise töörühma üleselt. Tasub jätkata ArcGIS Pro olemasolevate AI-lahenduste (Image Analysis Tools, 3D Analysis Tools, ArcGIS API for Python) katsetamist parendatud algandmestikul (tõene ortofoto). Lisaks tasub analüüsida ja prototüüpida automatiseeritud objektituvastust ja klassifitseerimist ka kõrgusandmestikul (punkt pilvel). Punkt pilve parendatud klassifitseerimine võimaldaks vähendada varasemalt eksisteerivaid klassifitseerimise vigu (nt ekslik

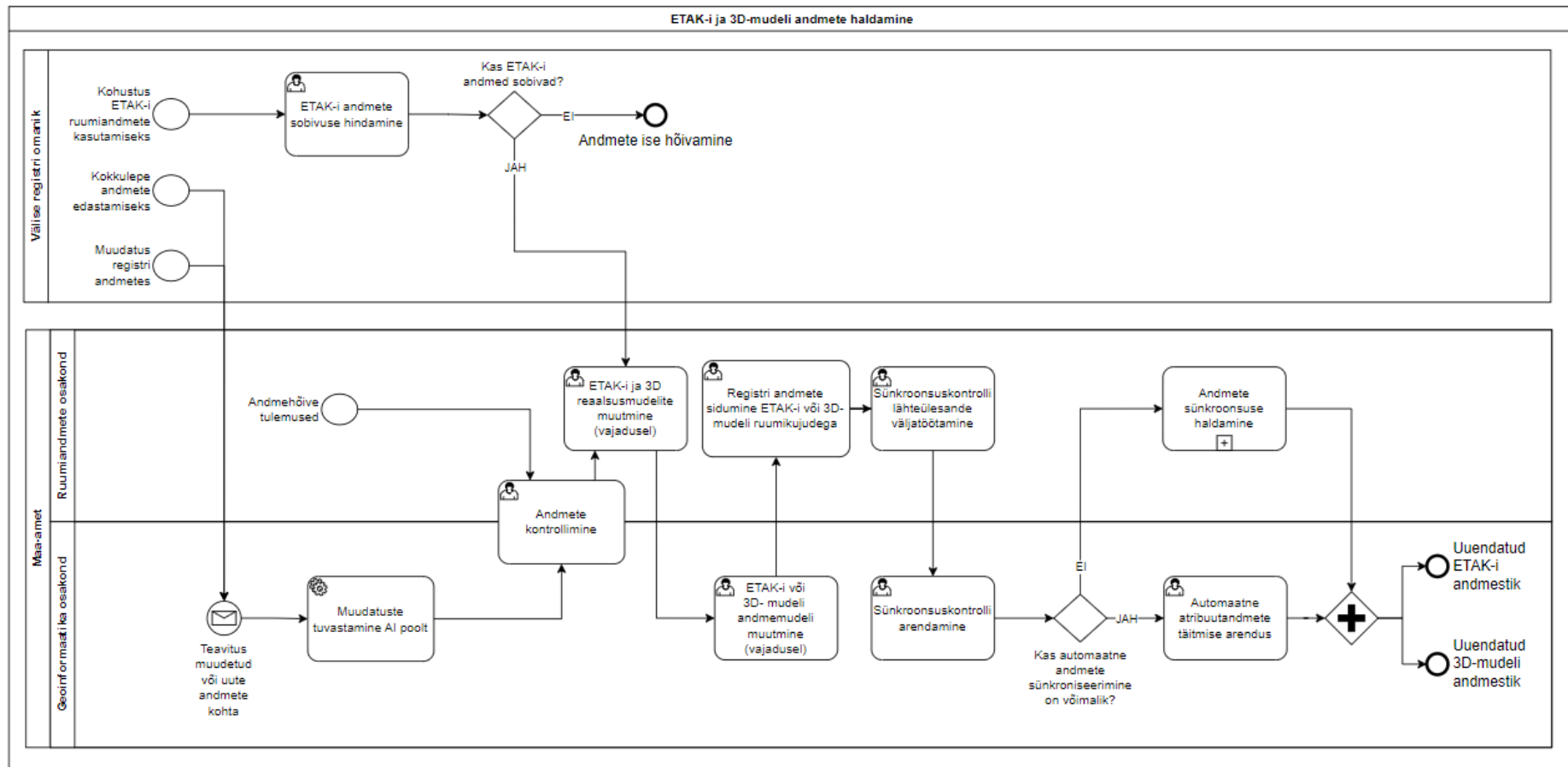
taimkattteks klassifitseerimine elektriliinidel, sõidukitel vm). Lisaks võivad ALS-andmestikuga treenitud süvaõppemudelid automatiseeritult tuvastada veelgi detailsemalt puude erinevusi - varasema satelliidiandmestikult tuletatud leht- ja okaspuu puistu tuvastuse asemel on võimalik analüüsida üksikpuude struktuuri detailsemalt.

Muudatusettepanek nr 6 - ETAK-i ja 3D-andmete haldamise protsessi uuendamine

Tuginedes eelnevatele muudatusettepanekutele, on oluline kohandada ka tänast ETAK-i andmete haldamise protsessi (vt ka hetkeolukorra analüüsi ETAK-it käsitlevat peatükki 2.2.). Kasutajate vajaduste rahuldamiseks on oluline alustada või jätkata koostööd võimalikult paljude väliste registrite või osapooltega, et seeläbi tagada täiuslikum, kvaliteetsem ja ajakohasem andmekoosseis (loe täpsemalt andmetöötuse muudatusettepanek nr 3). Samuti on oluliseks sisendiks ka Maa-ameti enda poolt hõivatavad andmed, olgu selleks siis iga-aastane lend või tulevikus satelliidi, HAPS-i või rahvahanke vahendusel kogutud andmed.

Samuti on oluline võrrelda hõivatud või väliselt osapoolelt saadud andmeid olemasolevate andmetega ning tuvastada nendes muudatused. Siinkohal tuleb katsetada ka tehisintellekti pakutavaid võimalusi. Paralleelselt on vajalik ka inimressurss, kes tuvastab muudatusi, kontrollib neid ning viib vajadusel täiendused ETAK-i või 3D-mudeli andmekoosseisu sisse.

Reaalsusmodelite, andmemudelite ja sünkroonsuskontrollide protsessiloogika on tänaseks Maa-ametis välja töötatud ning tulevikus see 3D-andmete täiendamisel oluliselt ei muutu. Protsessi lõpptulemiks on täiendatud ETAK-i ja 3D-mudeli andmestik. Tutvu täpsemalt kogu protsessiga alloleval joonisel.



Joonis 48. ETAK-i ja 3D-mudeli andmete haldamine

6.3. Geoloogilised 3D-andmed

Hetkeolukorra probleemiks on, et kõik ehitusgeoloogiliste uuringute tegijad ei edasta Maa-ametile uuringupunktide andmeid. Andmete täielikkuse ja kvaliteedi tagamiseks on oluline, et tulevikulahendus võimaldab välistel osapooltel neid andmeid Maa-ametile edastada uuringu lõppemisele järgneva 10 päeva jooksul. Lisaks alates 2021. aastast kogutavatele maardlate uuringupunktide andmetele on oluline esitada ka ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmed e-teenuse kaudu masinloetaval kujul. Vastava esitamise vormi jaoks on vaja kokku leppida standardiseeritud andmemudel, kasutades seal ühtlustatud klassifikatsioone, põhimõtteid ja ärireegleid. Seejuures ei pea ettevõtteid kulutama tänasega võrreldes rohkem aega ega vaja uuel kujul andmete edastamiseks täiendavaid ressursse. E-teenus peab olema kasutajamugav ning andmemudel sisaldama andmeid, mida ettevõtteid tänaseid ehitusgeoloogilisi ja geoloogilisi uuringuid tehes koguvad. Andmed peavad olema sellises koosseisus ja kvaliteedis, mis võimaldab kuvada andmeid 3D-kaardirakenduses kasutajasõbralikke funktsionaalsusi pakkudes olulise inimressursi panuseta.

Muudatusettepanek nr 1 - Koguda ehitusgeoloogilisi andmeid standardiseeritud masinloetava andmestikuna ja tagada andmete Maa-ametile edastamiseks sobiv e-teenus

Lisaks olemasolevatele maardlate uuringupunktidele on vaja luua andmeedastuseks standardiseeritud andmemudel (andmestik) ka ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmete edastamiseks koos selgete ärireeglite, klassifikatsioonide, funktsionaalsete ja mittefunktsionaalsete nõuetega. See tagab, et tulevikus on võimalik geoloogilisi, sh ehitusgeoloogia ja maardlate uuringupunktide andmeid kasutada kaardirakenduses 3D-vaates ning edastada teistele huvitatud osapooltele.

Juba täna koguvad ehitusgeoloogiliste uuringute tegijad andmeid, mille esitamise ja kvaliteedi nõudeid ja viise tuleks modifitseerida selleks, et andmed oleksid masinloetavana kasutatavad, mudeldatavad, 3D-na kuvatavad ja jagatavad. Ehitusgeoloogiliste uuringute läbiviijad teevad uuringu tulemustest sageli ka 3D kuvamise võimekusega faili. Uuringuandmete töötluks ja aruannete vormistamiseks kasutatakse näiteks CAD-tarkvara ning uuringupunkti andmed talletatakse DWG, DGN jt failitüüpe kasutades. Samas, kuna vormistusele pole kehtestatud ühtseid nõudeid ja igal uuringuettevõttel on oma väljatöötatud tava ehitusgeoloogilise uuringu aruande vormistamiseks ning Maa-ametile on võimalik esitada täna aruandeid muuhulgas PDF-failina, siis tuleks edaspidi andmeid koguda ühtlustatud ja 3D-vaate loomiseks sobivas vormingus. On oluline tagada, et andmed oleksid õigesti struktureeritud ja vormindatud, et neid saaks edukalt visualiseerida geoloogilises 3D-kaardirakenduses. Seega tuleks ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmeid edaspidi andmeandjatelt vastu võtta ühtselt standardiseeritud andmestikuna.

Nii nagu on loodud maardlate veebiliides geoloogiliste uuringutega seotud uuringupunktide ja laboriproovide andmete haldamise hõlbustamiseks ning erinevates andmebaasides andmete ristkasutuse võimaldamiseks, oleks asjakohane luua ka ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmete kogumiseks standardiseeritud andmemudel ja ärireeglistik. Andmete esitajal tuleks ette valmistada uuringupunktide ja -kihtide sisendfailid, mille mallfailid oleksid kättesaadavad geoportaalist. Mallis võiksid ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmete edastamiseks olla maardlate uuringupunktide andmete kogumisega analoogselt uuringupunktide, uuringukihtide ja nimekirjade andmed. Uuringupunktide ja uuringukihtide andmed klassifitseeritaks ühtse kokkulepitud klassifikatsiooni (loetelude) alusel. Andmeedastajate poolt esitatud (e-teenuses üles laetud) andmete koosseisu ja kvaliteeti kontrollitaks automaatselt: kas kõik kohustuslikud väljad on täidetud, kuidas järgitakse kihtide kirjeldamise reegleid. Kui kontrolli käigus tuvastatakse probleeme, mille tõttu andmeid pole võimalik vastu võtta, antakse selgesti andmeedastajale teada, et teha tuleb parandused ja importida andmed uuesti. Samuti võiks näidata hoiatusi, kui tuvastatakse ärioloogiliste kontrollide alusel

ebaloogilisi andmeid, mis siiski ei takista andmete edastamist. Näiteks võib standardiseeritud andmestiku loomise aluseks võtta muuhulgas ka Transpordiameti poolt koostatud geotehniliste uuringute juhise, mille alusel Transpordiamet uuringuid tellib.

Täna kogub Maa-amet e-teenusega „Aruande esitamine ehitusgeoloogia andmekogusse“ andmeid ehitusgeoloogiliste uuringute kohta. Kogutavate andmete koosseisu tuleks täiendada esitatava andmestikuga, mis kirjeldaks uuringupunkte, sealhulgas uuringupunkti asukoha koordinaate, uuringupunkti ja tema kihtide kõrgust/sügavust ja muid asjakohaseid geoloogilisi andmeid. 3D-maapõuemudeli koostamiseks on tulevikus vajalik koos kasutada ehitusgeoloogilistes ja geoloogilistes uuringutes kogutud andmeid, sealhulgas paljandite, kaevandite, teiste uuringupunktide (sh puursüdame) ja kaevude geoloogilisi kihte kirjeldavaid andmeid.

Andmete kogumiseks tuleks paika panna ja ühtselt kasutusele võtta andmekoosseisu struktuurile lisaks ka klassifikatsioonid, näiteks selleks, et geoloogilisi kihte ühetaoliselt kirjeldada. Selleks on vaja otsustada, millise täpsusega andmeid kogutakse. Ehitusgeoloogilisel uuringul kasutatakse oma standardeid ja termineid, maavarauuringul on oma nõuded ja mõisted. Seetõttu on pinnase klassifikatsioonid ehitusgeoloogias ja maavarade puhul üsna erinevad. Tuleb hinnata, millise tasemeni on andmed ühiselt kogutavad ja kasutatavad ning määratleda vajadusel mitmetasemelised klassifikatsioonid. Näiteks on geoloogilist kihti võimalik kirjeldada täpsemate mõistetega, nagu tumehall meremuda, tumehall muda, hall savialeuriit, mustad orgaanilise ainega vahekihid, või üldisemate mõistetega, nagu järvemuda, savi, liivsavi, moreen. Geoloogilis-botaanilisi kihte on samuti võimalik kirjeldada kas detailsemalt, nagu r.villpea-sfagnum, ms.pilliroog, või üldisemalt, nagu vähelagunenud turvas, hästilagunenud turvas, või veelgi üldisemalt - turvas. Andmete kogumise puhul on oluline arvestada, kellel on soov neid andmeid hiljem kasutada. Valdkonna spetsialistide jaoks on oluline, et andmed oleksid võimalikult täpsed. Andmeandjad võiksid andmeid soovi korral esitada ka täpsemate loeteludesse kuuluvate alamnimetuste tasemel, mis on klassifikatsioonides seotud üldisemate nimetustega. 3D-kujul oleks kaardiportaalis andmeid asjakohane kuvada üldisemal tasemel, kuid kättesaadavaks tehtud andmete puhul, allalaaditavates andmetes, võiks olla andmeedastajate poolt esitatud detailsema klassifikatsiooniga andmed juhul, kui need andmebaasis eksisteerivad.

Muudatusettepanek nr 2 - Tagada õiguspäraselt, ressursitõhusalt ja kasutajamugavalt ehitusgeoloogiliste uuringute andmete esitamise võimalus

Andmekogumise protsessi tuleks vaadata nii andmeedastajate kasutajamugavuse kui ka ressursikasutuse aspektidest. Oluline on mõista, kelle tarbeks ning milliste eesmärkide ja kasutusotstarvete täitmiseks ehitusgeoloogilise uuringu aruandeid Maa-ametile ja EHR-ile edastatakse. Samuti on oluline arvestada, kellel vastavad uuringupunktide andmed olemas on ning kellel on kompetents neid andmeid struktureeritud masinloetaval kujul esitatavate andmetena edastada. Sellest tulenevad esitatavate andmetega seotud äriprotsessid (andmeedastusteenused), reeglid, struktuurid, formaadid, koosseisud ja täpsusastmed.

Ehitusgeoloogilise uuringu aruande esitamine on eraldi protsess ehk tegemist ei ole ühegi teise kasutaja jaoks EHR-is tehtava protsessi osaga, mille käigus esitataks muuhulgas EHR-ile ka ehitusgeoloogilise uuringu aruanne juhul, kui uuring on ehitusloa taotlemise või teatise esitamise eel läbi viidud. Seetõttu on tegemist eraldiseisva teenusega, mida tuleb pakkuda kvaliteetse ja ajakohase e-teenusena. EHR-il ehitusgeoloogilise uuringu aruande esitamiseks e-teenust ei ole. Ehitusgeoloogilise uuringu failid on mõnedel juhtumitel EHR-i üles laetud ehitusprojekti koosseisus. Maa-ametil on andmete vastuvõtmiseks e-teenus olemas, mida tuleks eespool kirjeldatud standardiseeritud andmeedastuse kontekstis muuta (või luua uus e-teenus). Situatsioon, kus isik peab esitama andmeid

paralleelselt nii EHR-is kui ka Maa-ameti e-teenuses, on vastuolus andmete ühekordse küsimise põhimõttega. Majandus- ja taristuministri 24.04.2015 määruse nr 32 „Ehitusgeoloogilisele uuringule esitatavad nõuded“ § 3 lg 1, mis sätestab, et lisaks ehtisregistrile tuleb ehitusgeoloogilise uuringu aruanne esitada ka Maa-ametile, läheb vastuollu ühekordse andmete küsimise põhimõttega, mis on sätestatud avaliku teabe seaduse §-s 43¹.

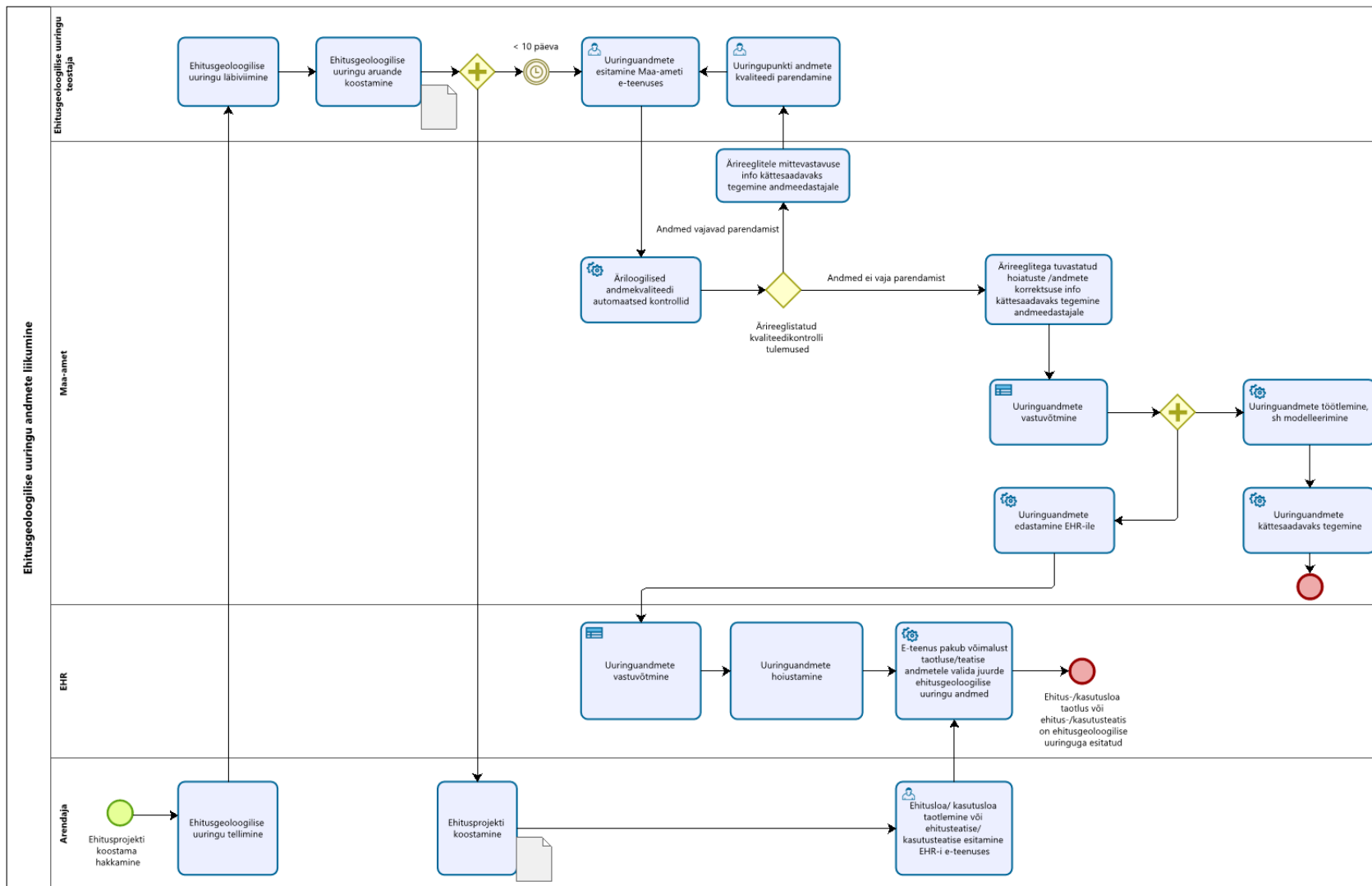
Lisaks sellele toetab „Eesti infoühiskonna arengukava 2020“ riiklike e-teenuste põhjalikku uuenduskuuri, et muuta avalikud teenused kasutajasõbralikumaks ja automaatselt käivituvateks. Ka valdkonna arengukava „Eesti Digiühiskond 2030“ seab proaktiivsete teenuste arendamise esimeseks prioriteediks ja eesmärgiks avalike teenuste pakkumise sujuvamaks muutmiseks, kus riigi toimimise keerukus on teenuse saajale nähtamatu. 3D-kaardirakenduses geoloogiliste andmete kättesaadavaks tegemise roll on Maa-ametil ning maardlate uuringupunktide andmeid juba kogutakse uuringut teostanud ettevõtetelt standardiseeritud andmemudeliga. Nendele asjaoludele tuginedes tuleks muuta ehitusgeoloogilise uuringu andmete masinloetaval kujul esitamine uuringu läbi viinud ettevõtetele mugavamaks, võimaluse piires eeltäidetud andmeid kasutades, ja ühekordseks. Uuringupunktide andmete esitamine standardiseeritud andmemudeli alusel on uuringu läbi viinud ettevõtte kompetents ning kuna ehitusloa taotlemiseks või ehitusteatisest esitamiseks ehitusgeoloogilise uuringu tellinud isik või ettevõtte ei pruugi olla kompetentne vastavaid andmeid riigile standardiseeritult kvaliteetsete andmetena edastama, on asjakohane jätta andmeedastuskohustus uuringut tegevale ettevõttele. Kohati teevad ehitusgeoloogia ja maardlate uuringuid samad ettevõtted. Kuna maardlate uuringupunktide andmeid (aruandeid) tuleb uuringut teinud ettevõtetel esitada Maa-ametile vastavat e-teenust kasutades, siis on loogiline, andmeedastajale mugavust ja harjumuspära tagav ning ilmselt ka ressursitõhusam esitada edaspidi ka ehitusgeoloogiliste uuringute andmed üksnes Maa-ametile. Maa-amet saab andmed EHR-ile ja kõigile teistele andmekasutajatele nende vajaduse korral X-tee liidesega edastada.

3D-kuvamise võimekuse loomiseks on vajalik esmalt standardiseerida ehitusgeoloogilise uuringu andmete esitamise andmemudelit ja ärireegleid ning teiseks leida sobiv e-teenuse pakkumise viis. Suure tõenäosusega on optimaalne arendada e-teenus Maa-ameti tänase teenuse täiendusena, kas ehitusgeoloogilise uuringu aruande esitamise teenust täiendades või riskasutades ja vajadusel täiendades geoloogilise uuringu andmete esitamise e-teenust. Maa-ametile edastatud andmed saavad liikuda X-tee teenusega EHR-ile, kelle ehitusloa taotlemise või ehitusteatisest esitamise e-teenuses oleks taotlejal/teatajal võimalik valida juba EHR-ile jõudnud andmed ehitusgeoloogilise uuringu kohta. Nii oleks likvideeritud tänane andmete topelt esitamise kohtustus ja loodud andmete esitajale mugav e-teenus.

Kirjeldatud teenus likvideerib andmete ühekordse esitamise vastuolu kehtivast õigusruumist. Nii tagatakse, et edaspidi puudub isikul EHR-is ehitusloa taotluse või ehitusteatisest esitamisel kohustus uuesti esitada ehitusgeoloogilise uuringu aruanne, mille on eelnevalt esitanud Maa-ametile uuringu läbiviija.

Tänast probleemi, kus uuringu läbiviijal on küll kohustus ehitusgeoloogilise uuringu andmed 10 päeva jooksul Maa-ametile esitada, kuid kohustuse täitmine on kaootiline ning selle üle puudub järelevalve ja sanktsioneerimise alus, oleks võimalik likvideerida õigusakti vastava järelevalve tegemise pädevuse lisamisega ning haldusmenetluse tegemise õiguse andmisega, millega kaasneks ka sunnivahendi rakendamise võimalus. Lisaks tuleks arutada Kliimaministeeriumi ning Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumi esindajatega EHR-i ja riiklike planeeringute infosüsteemide võimalike arenduste kontekstis potentsiaalseid lahendusi, et planeeringuga või projekteerimistingimustega määratud või projekteerija poolt nõutud geoloogiliste uuringute vajadus oleks EHR-is andmetena kajastatud. Vastav väärtus indikeeriks, et ilma ehitusgeoloogilise uuringu aruannet esitamata ei ole võimalik ehitusloa saada või muud seotud protsessi lõpetada. Nii oleks võimalik motiveerida ehitusloa taotlejaid nõudma ehitusgeoloogiliste uuringute tellimisel vastava valdkonnaga tegelevalt ettevõtetelt

Maa-ametile uuringupunktide andmete esitamist. Andmed jõuaksid Maa-ametilt vajadusel edasi EHRI ja planeeringute infosüsteemidesse ning protsess saaks korrektselt lõppeda. Oluline on arvestada protsessi parendamisel asjaoluga, et juhul, kui ehituse eel on võimalik juba olemasolevate uuringupunktide andmete pealt vajalikke järeldusi teha, siis ei viida läbi uusi ehitusgeoloogilisi uuringuid ega rajata uusi puurauke. Masinloetava uuringupunktide info korduskasutus aitab säästa sama piirkonna järgnevatele uuringutele kuluvat aega ja raha.



Joonis 49. Ehitusgeoloogilise uuringu andmete esitamine ja andmete liikumine osapoolte vahel

Muudatusettepanek nr 3 - Digiteerida varasemalt esitatud uuringupunktide geoloogiat kirjeldavad andmed⁷⁰

Selleks, et edaspidi 3D-kaardirakenduses geoloogilisi andmeid kuvada ja muul viisil masinloetavaid andmeid kättesaadavaks teha, võiks detailset analüüsida vajadusi ja võimaluse korral ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmed digiteerida tasemel, mis võimaldaks varem esitatud andmeid kasutada ühetaoliselt koos tulevikus esitatavate uute standardiseeritud ehitusgeoloogiliste uuringupunktide andmetega. Selleks oleks vajalik analüüsida tehnoloogilisi võimalusi ja ressursitõhusust tagavaid aspekte, et otsustada, milliseid varem esitatud andmeid oleks asjakohane digiteerida ning millised on digiteerimise täpsemad prioriteedid. Muuhulgas tuleks otsustada, millisel ajal esitatud andmeid millises järjekorras digiteerida, milliseid alasid kirjeldavaid uuringupunktide andmeid esmalt digiteerida, millised alad jätta hilisemaks ning millistele andmetele digiteerimisel rõhuasetus paigutada. Selleks võiks välja töötada kriteeriumid, mille alusel varem esitatud uuringupunktide andmeid (dokumente) hinnata ja panna paika digiteeritavate andmete prioriteetide järjestus. Oluline on digiteerimisel tagada, et digiteeritud andmed on kvaliteedilt ja andmekoosseisult võrreldavad uute standardiseeritud andmetega ning koos kasutamiseks sobivad.

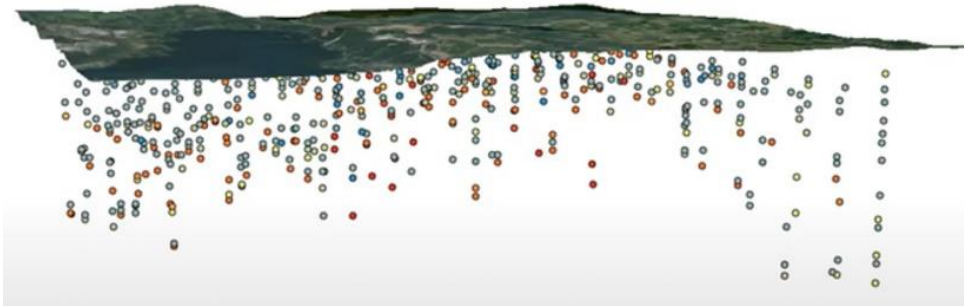
Varem esitatud ehitusgeoloogiliste uuringupunktide aruandeid on seni umbes 40 000. Igas aruandes on keskmiselt kümne puuraugu geoloogiliste kihtide kirjeldused. Igas puuraugus on keskmiselt viis geoloogilist kihti. Hinnanguliselt kulub ühe puuraugu andmete digiteerimisele 30 minutit. Uuemate ehitusgeoloogiliste uuringupunktide aruannete puhul võib olla võimalik struktureeritud andmete automaatne väljalugemine esitatud (PDF-)dokumendist, kuid seda ei ole veel proovitud. Siiski on varasemate ehitusgeoloogiliste uuringute andmete digiteerimisel tegemist suurel määral inimressurssi vajava tööloiguga. Varasemalt esitatud uuringupunktide aruannetest andmete digiteerimise eel oleks vajalik läbi viia tasuvusanalüüs, et hinnata, kas kasutajate arv, andmete kasutusmaht ja kasutajate saadav kasu digiteeritud andmete (sh 3D-na) kättesaadavusest on piisavalt balansis kasutajate vajaduste täitmiseks tehtavate kulutustega.

Muudatusettepanek nr 4 - Määratleda ehitusgeoloogiliste uuringupunktide 3D-modelleerimiseks vajalikud masinloetavad parameetrid

Geoloogiliste puuraukude 3D-modelleerimiseks ja visualiseerimiseks on olulised järgmised parameetrid:

- ▶ Uuringupunkti suudme koordinaadid (X, Y, Z)
- ▶ Puursüdamiku iga kihi ülemise (lasuva) pinna absoluutkõrgus (ja arvutuslik paksus)
- ▶ Kihi kirjeldus (iseloostuvad terminid)

⁷⁰ Digiteerimine kui masinloetavate struktureeritud andmete kättesaadavaks (kasutatavaks) tegemine

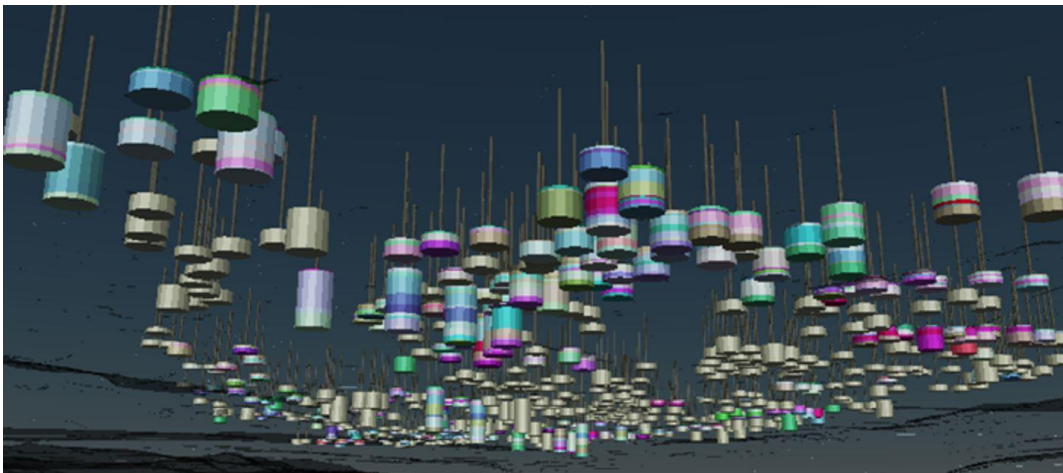


Joonis 50. Näide punkt-vektorkihtidega, kus puurauke iseloomustavad üksteise kohale paigutatud erinevat värvi punktid (kihid). Allikas: Andmed ArcGIS Pro's⁷¹

Eeltoodud parameetrite olemasolul on võimalik koostada puuraukude 3D-mudeleid ning interpoleerida sidusat aluspõhja reljeefi ja teisi pindu.

Muudatusettepanek nr 5 - Modelleerida uuringupunktid tulpadena

Kui välitööde käigus kogutud uuringupunktidel on tagatud 3D-modelleerimiseks vajalikud parameetrid masinloetaval kujul, on võimalik visualiseerida uuringupunktide geoloogilisi läbilõikeid. Lisaks on võimalik mudeliit pärida atribuudiandmeid: kihi tüüpi, omadusi jne.



Joonis 51. Puuraukude 3D-visualiseering (läbilõiked) vastavalt geoloogilistele kirjeldustele. Allikas: Swisstopo⁷²

Andmete visualiseerimiseks on võimalik kasutada erinevaid tarkvarasid.

- ▶ Esri ArcGIS Pro tarkvara töötamiseks ning ArcGIS Online 3D-vaadet publitseerimiseks
- ▶ Lisaks on võimalik geoloogia andmete analüüsiks ja 3D-visualiseerimiseks kasutada ArcGIS platvormi integreeritud lisamooduleid: laiendus Target for ArcGIS puuraukude modelleerimiseks ning Ground Model for ArcGIS Pro lisatööriistad geoloogiliste puuraukude, horisontide, seismiliste andmete, kõrgusmodelite jne loomiseks, haldamiseks, 3D-visualiseerimiseks. Mõned toetatud formaadid: 2D SEG-Y, 3D SEG-Y, 3D ZGY, AGS, LAS, Petrel, Kingdom, OpendVDS (tulekul)
- ▶ Alternatiivina on võimalik kasutada vabavara QGISi laiendust Albion, mis pakub tööriistu geoloogiliste 3D-mudelite loomiseks ning QGISis puuraukude visualiseerimist. Samuti on võimalik

⁷¹ <https://resources.esri.ca/videos/turn-your-borehole-data-into-a-complete-exploratory-3d-model-in-three-easy-steps>

⁷² <https://viewer.swissgeol.ch>

kasutada FME keskkonda andmete töötamiseks ja platvormi Cesium-ion andmete 3D-visualiseerimiseks ja publitseerimiseks

Muudatusettepanek nr 6 - Modelleerida uuringupunktide vahele jääva ala geoloogilist ehitust

Lisaks andmeedastajate käest kogutavatele reaalsele uuringupunktide geoloogiat kirjeldavatele andmetele oleks võimalik uuringupunktide vahele jäävate alade geoloogilisi andmeid tuletada interpoleerides. Samas, erineva täpsusega kogutud andmed teevad uuringupunktide vahele jääva ala modelleerimise ja 3D-kuvamise keeruliseks. Selleks, et nii ehitusgeoloogiliste kui maavara geoloogiliste uuringute andmeid 3D-kaardirakenduses kasutajatele kättesaadavaks teha, on vaja otsustada, kas kuvada 3D-kaardirakenduses üksnes uuringupunktide andmeid, mille andmeandjad on esitanud, või lisada kaardirakendusse ka uuringupunktide vahele jääva ala modelleeritud geoloogiline ülesehitus, mis võimaldaks rakendusest eraldada ka soovitud piirkondade geoloogilisi läbilõikeid erinevates suundades. Näiteks võiks modelleeritud piirkonna andmete juures kuvada kasutajale uuringupunktide kauguse andmeid, mille põhjal mudel vastava piirkonna geoloogilised kihid on interpoleerinud. Samuti oleks asjakohane kuvada kasutajale konkreetsetes uuringupunktides uuringu läbiviimise aasta. See annaks valdkonna spetsialistile andmete kasutajale teabe, mille alusel otsustada, kas vastav interpolatsioon on tõenäoliselt tema vajadustele vastava täpsusastmega. Ajaline mastaap võib olla oluline kontekstis, kus aja jooksul on uuringu läbiviimise meetodid ja täpsused muutunud. Interpoleeritava piirkonna kaugus uuringupunktidest annab andmeid kasutavale spetsialistile info, mille alusel hinnata konkreetset geoloogilist homogeensust arvesse võttes andmete interpoleerimise potentsiaalset täpsust. Piirkondades, mis on vähem uuritud, kus punktid on väga hajusad, võib modelleerimine olla väga suure veaprotsendiga. Vähem uuritud piirkonnad on sellised, kus ehitiste ehitamise huvi on väiksem, mistõttu on uuringupunktide andmete juurde tekkimine aeglane. Sellised on näiteks paljud Lõuna-, Kesk- ja Lääne-Eesti piirkonnad, kus uuringupunkte on tänase seisuga vähe. Samas Ida-Virumaal ja Harjumaal on punkte palju, kihistud homogeensed, vähem geoloogiliste struktuuride katkemisi, ürgorud suhteliselt hästi tuvastatud, mistõttu on modelleerimise veaprotsent seal suure tõenäosusega väiksem. Andmete kasutajate jaoks on tulevikus oluline, et usaldusväärsusega seotu peab olema hästi selgitatud, sh on olulised usalduspiirid.

Ehitusgeoloogiliste uuringute, geoloogilise kaardistamise, maavarauuringute uuringupunktide ja puurkaevude andmete kooskasutamisel loodav mudel võiks kvaliteetsema geoloogilise andmestiku tuletamiseks modelleerimise teel hõlmata geoloogilist infot võimalikult paljudest erinevatest allikatest.

3D-kaardirakenduse loomisel võib alustada üksnes uuringupunktide andmete kuvamisega 3D-vaates ja esitatud andmete kättesaadavaks (sh allalaetavaks) tegemisega huvitatud osapooltele. Seejärel võiks teise etapina detailselt analüüsida ja hinnata uuringupunktide vahele jääva ala andmete modelleerimise eel huvipoolte täpsemaid vajadusi ja võimalusi, sh andmete kasutamise praktilisi funktsionaalsusi, kasutussagedust, kasutajate arvu ja kasutamise mahtusid.

Muudatusettepanek nr 7 - Sidusa aluspõhja reljeefi ja teiste pindade modelleerimine uuringupunktide alusel

Šveitsi ja mitmete teiste riikide näitel on võimalik kasutada maapõue modelleerimiseks multidimensionaalset andmestikku ehk vokselmudelit. Voksel kujutab endast kolmemõõtmelist ruumilist ja ajalist teavet ning eelkõige on see kasutusel atmosfääri, ookeani ja geoloogia mudelite loomiseks. Vokselandmestik võimaldab modelleerida näiteks geoloogiliste kihtide omadusi, tüüpi, poorsust, läbilaskvust jne. Samuti võimaldab vokselandmestik talletada ajalist informatsiooni, mis võimaldab seirata muutusi.

Sidusa geoloogia andmestiku andmetöötlust (kolmemõõtmeline pindade kujutamine, mahtude arvutamine, omaduste analüüsimine), sealhulgas vokslite moodustamist võimaldavad erinevad tarkvaralahendused. Sidusa andmestiku tuletamiseks kasutatakse erinevaid statistilisi interpolatsiooni meetodeid. Geoloogia vokslite loomise üheks võimaluseks on empiiriline Bayesi meetod ja lähima naabri interpolatsioon. Šveitsi näitel on võimalik geoloogia vokselmodelite loomiseks kasutada:

- ▶ Geovariance tarkvara ISATIS Move ja FME tarkvara vokslite täiendamiseks
- ▶ ArcGIS tarkvara lõpliku andmestiku kokkupanemiseks ja visualiseerimiseks

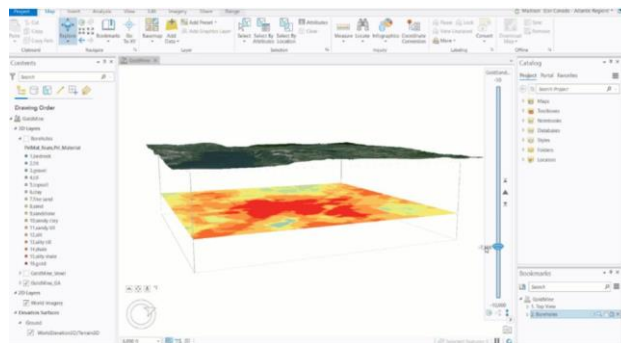
Lisaks on geoloogia modelleerimiseks saadaval mitmed geoloogia modelleerimise tarkvarad.

- ▶ Gocad - tarkvarapakett geoloogiliste andmete modelleerimiseks ja visualiseerimiseks. Sisendiks toetab laialdaselt failiformaate, sealhulgas kõrgusmudeleid ja punkt pilvi.
- ▶ Leapfrog- tarkvarapakett, mida saab kasutada geoloogia modelleerimiseks vokslite loomiseks. Võimaldab importida geofüüsikalisi andmeid erinevates vormingutes, sealhulgas 2D- ja 3D-andmeid.
- ▶ GRASS GIS - tasuta avatud lähtekoodiga tarkvarapakett georuumilise analüüsi ja modelleerimise jaoks. See sisaldab mitmesuguseid tööriistu raster- ja vektorandmetega töötamiseks, sealhulgas tööriistu maastiku ja muude funktsioonide 3D-mudelite loomiseks.

Kuna hetkel toimub Maa-ametis geoloogia andmetöötlus Esri vahenditega, tasuks lähemalt uurida ArcGIS Pro vokslite moodustamise tööriistu:

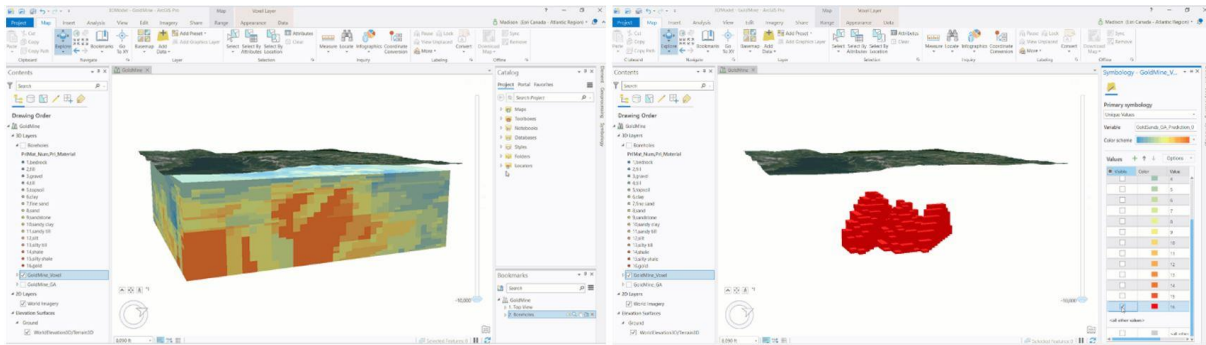
- ▶ ArcGIS Pro Empirical Bayesian Kriging 3D
- ▶ ArcGIS Pro tööriist GA Layer 3D To NetCDF

Esimene neist on geostatistiline interpolatsiooni tööriist, mis kasutab empiirilist Bayesi Krigingi interpolatsiooni punktide tuletamiseks 3D-s. Seda tööriista saab konfigurida kasutama lähima naabri meetodit, mis on soovitatav kvalitatiivsete diskreetsete andmete (nt materjali tüübi) kasutamisel.



Joonis 52. Vokslitel põhinevad pinnad, mis näitavad geoloogilisi omadusi kindlal sügavusel. Liuguriga on võimalik navigeerida sügavuste vahel ja vaadata aluspõhja reljeefi tuletist. Allikas: Andmed ArcGIS Pro's⁷³

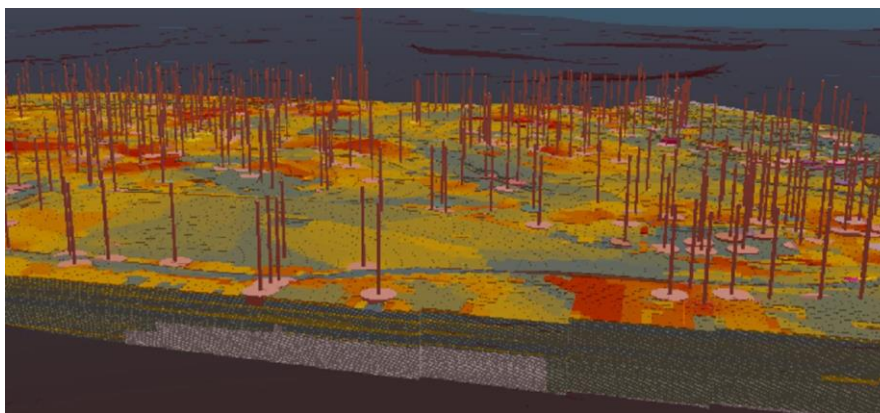
⁷³ <https://resources.esri.ca/videos/turn-your-borehole-data-into-a-complete-exploratory-3d-model-in-three-easy-steps>



Joonis 53. Uuringuala terviklik vokselkiht ning selle konkreetne valitud geoloogiline kiht. Allikas: Andmed ArcGIS Pro's⁷⁴

Mudeli täpsus

Kuna geoloogia andmestik tuleb Maa-ametisse erinevate meetodikatega läbi viidud geoloogilistest töödest, varieerub ka sidusa geoloogia tuletise kvaliteet vastavalt geoloogilise töö tüübile, puuraukude asukohale ja tihedusele. Seetõttu tuleb geoloogiliste andmete kuvamisel jagada infot ka levitatavate andmete täpsuse kohta. Näiteks ehitusgeoloogia puuraukude alusel tuletatud mudelit väikesel pindalal maapinna lähedal saab pidada üsna realistlikuks, kuna ehituspuuraugud tulevad sama tüüpi töödest ja nende vahe on vaid paarkümmend meetrit. Samuti võib oodata head kvaliteeti ka maavarade uuringute puhul. Muudes kohtades peaks üleriiklik geoloogia mudel aga kindlasti väljendama, et mudel on eeldatav ning mudeli täpsus ja õigsus sõltuvad vaadeldavat kihti läbivate lähimate uuringupunktide kaugusest.



Joonis 54. Kitsaste silindritena visualiseeritud puuraugud koos nende kirjelduste alusel modelleeritud vokselkihtidega annavad kasutajale kiire ülevaate 3D-mudeli lähteandmete tihedusest. Allikas: Swisstopo⁷⁵

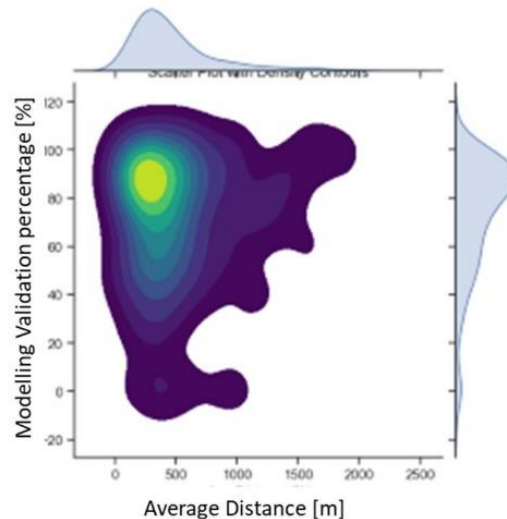
Šveitsi näitel saab aga järeldada, et mudeli statistiline täpsus võib sõltuda ka teistest teguritest, kui puuraukude distants. Näiteks Šveitsi geoloogilise 3D-mudeli koostamiseks kasutati lisaks puuraukude andmetele erinevat geoloogilise kaardistamise infot (seismilised profiilid jne). Šveitsis täheldati, et kvaliteetseks modelleerimiseks on vajalikud:

- Andmete rohkus ja täpsus. Üldiselt, mida rohkem kvaliteetseid andmeid väikese vahemaa tagant, seda parem on mudeli kvaliteet, kuid see muudab ka töötluse keerulisemaks.

⁷⁴ <https://resources.esri.ca/videos/turn-your-borehole-data-into-a-complete-exploratory-3d-model-in-three-easy-steps>

⁷⁵ <https://viewer.swissgeol.ch>

- ▶ Pidev kvaliteedikontroll, ruumiliselt ja atribuutidega ühtlustatud andmekogum, mis hõlbustab ka modelleerimisprotsessi.
- ▶ Tektooniliste iseärasustega ja geoloogiliste rikete kaardistus ja arvestus.
- ▶ Modelleeritavate tunnuste või atribuutide statistiliste omadustega (nt varieeruvus, mudeli variogrammid jne) arvestamine.
- ▶ Andmestikule optimaalse modelleerimis- ja valideerimismeetodi valik.



Joonis 55. Šveitsi kvaternaarse 3D-mudeli kvaliteedi diagramm. Allikas: Swisstopo⁷⁶

Väljakutsed vokselkihi loomisel

Šveitsi näitel saab välja tuua, et laiaulatusliku geoloogia vokselkihi loomisel tasub arvestada mitmete väljakutsetega.

- ▶ Kvaternaari ladestu modelleerimisel täheldati, et kõige keerulisem aspekt on vokselmudeli rakkude arv, mis võib olenevalt detailsusest küündida miljonitesse. Miljonite vokslite korral kasvab andmemaht ning modelleerimise keerukus kiiresti.
- ▶ Visualiseerimise osas seisneb peamine väljakutse vokslite renderdamises ja geomeetria renderdamises konkreetses asukohas. Näiteks on Šveitsi puhul tekitanud probleeme Cesium keskkonnas sügavuste ja vokselkihtide koordinaatsüsteemide muutmise tasapinnalisest koordinaatsüsteemist (EPSG: 2056) geograafilisse koordinaatsüsteemi (EPSG: 4326). Tasapinnaliste vokselmudelite sfääriliseks kujutamiseks Cesiumis tuleb mudeleid kõverdada.

Muudatusettepanek nr 8 - 3D-modelleerida geoloogia varasemate ja lisaandmete alusel

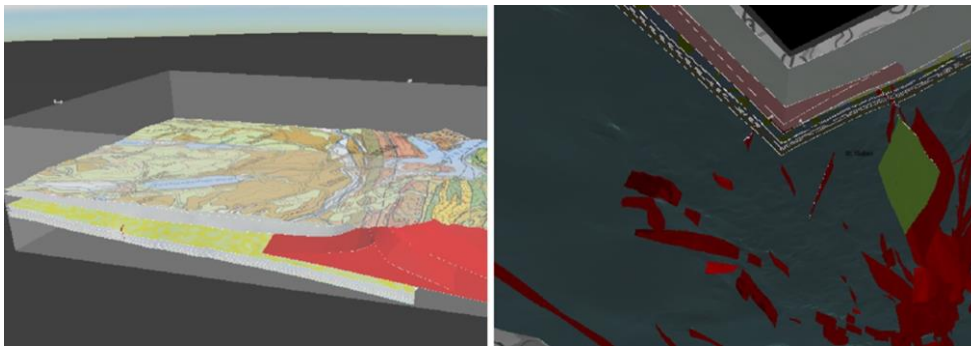
Geoloogia 3D-visualiseerimiseks on võimalik kasutada ka vähem arvutusressurssi ja mahtu nõudvaid polügoonkihte või multidimensionaalsest rastrist tuletatud sidusaid kihte. Lisaks on võimalik rakendada ka erinevate allikate geoloogilisi raporteid, seismiliste uuringute andmeid, vanemaid kaarte, mis ei pruugi vastata masinloetavuse kriteeriumile või millest ei ole vokselmudeli koostamine lihtsalt mõistlik.

Šveitsis kasutatakse sidusate geoloogiliste mudelite loomiseks järgnevaid tarkvarasid:

- ▶ LMKR GeoGraphix SeisVision, Wellbase (seismiline modelleerimine ja kaevude andmete haldus)

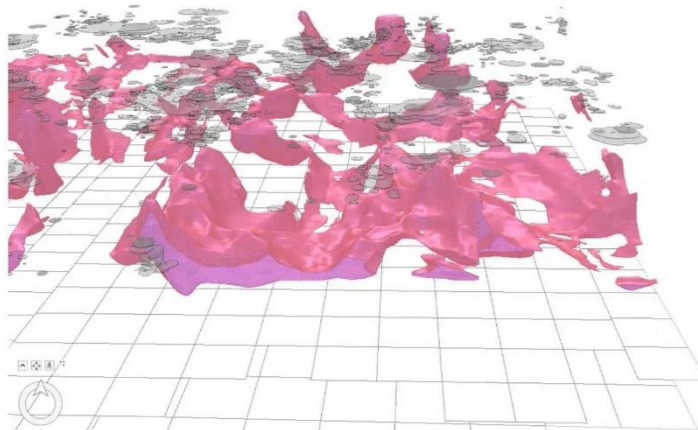
⁷⁶ <https://viewer.swissgeol.ch>

- ▶ Petrosys: geoloogiliste rikete, murrangute ja kihtide modelleerimine
- ▶ ArcGISi platvorm: kaardiandmete kogumine ja haldamine, andmetöötlus (tööriistakastid), intervallkiiruse ja ulatuse interpoleerimine, aja-sügavuse teisendamine
- ▶ Move: geoloogilise profiili mõõdistus ja andmete haldus, üldine horisontide, geoloogiliste kihtide ja murrangute (meshina) modelleerimine ja töötlus
- ▶ Failiformaadid: Excel, CSV, Move'i formaadid, GIS (.shp, .ras), LMKR-i formaadid, Petrosysi formaadid



Joonis 56. Šveitsi erinevad geoloogilised kihid ja geoloogilised rikked. Allikas: Swisstopo⁷⁷

Maapõue 3D-visualiseerimist rakendatakse erinevate nähtuste modelleerimiseks. Geoloogia 3D-modelleerimise näiteid leiab näiteks Euroopa geoloogia 3D-modelleerimise kokkutuleku materjalidest⁷⁸. Ameerika maailmajaost pärinev GOM3 ArcGISi laienduse kasutuse näide⁷⁹ võimaldab lihtsat ligipääsu geoloogia avaandmetele, nende 2D- ja 3D-mudelitele, geoloogia töövoogudele ja tööriistadele. Modelleeritud on erinevad maa-alused objektid (trassid), kaevude asukohad ja andmed, paleontoloogilised kihid, geofüüsikaliselt uuritud süsivesinike leiukohad, geokeemilised proovid, geoloogilised rikked, merepõhja anomaaliad, soolsus jne.



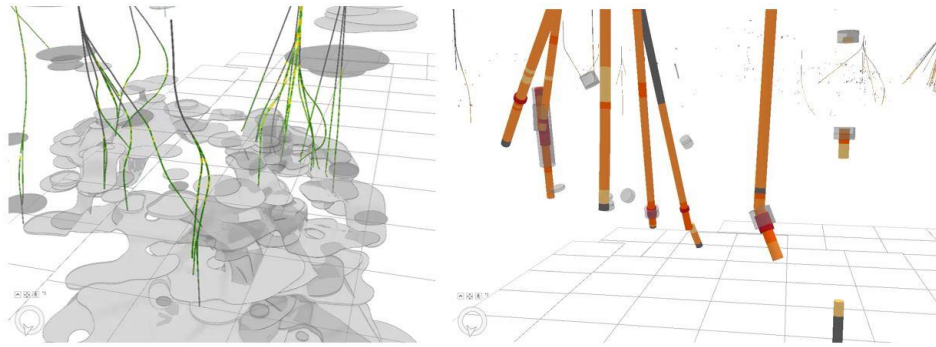
Joonis 57. Liiva (hall) ja soola (roosa) 3D-visualiseering, kus soola asukoht on tuletatud multidimensionaalsest Velocity rastrist. Allikas: ArcGIS GOM3 laiendus⁸⁰

⁷⁷ <https://viewer.swissgeol.ch>

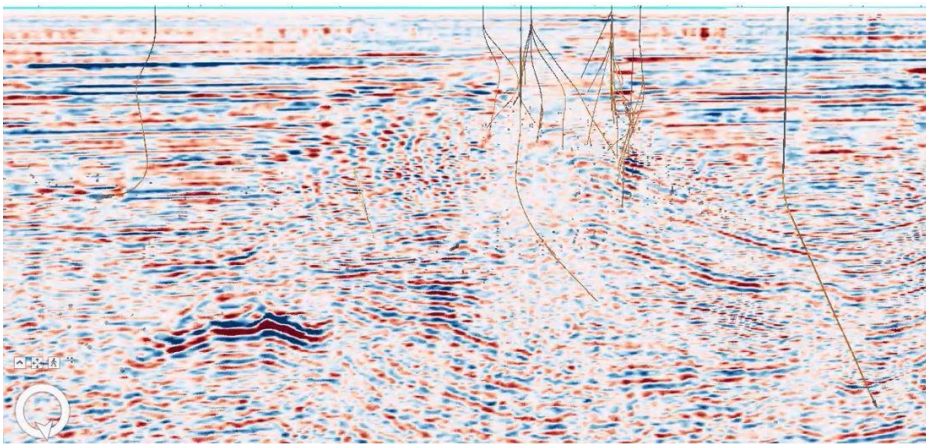
⁷⁸ <https://www.tilmeld.dk/6theuropeanmeetingon3d/abstracts>

⁷⁹ [Earth Science Associates | System](#) ja [Earth Science Associates | Geophysical](#)

⁸⁰ <http://www.earthsci.com/seismic.php>



Joonis 58. Gammakiirguse (rohelist toonid) ja takistuse (oranžid toonid) 3D-mudel. Allikas: ArcGIS GOM3 laiendus⁸¹



Joonis 59. Seismiline rasterandmestik (geofüüsikaline profiil puuraukudega). Allikas: ArcGIS GOM3 laiendus⁸²

Võimalikud geoloogia modelleerimisel esineda võivad väljakutsed Šveitsi näitel:

- ▶ Võimalikult täpsete murrangukihtide modelleerimine - murrangukihid on aluseks horisontide modelleerimisele ja selle täpsus mõjutab ülejäänud mudeli täpsust.
- ▶ Anomaaliade (Z kattuvused või puudumine) vältimine üksikute pindade interpoleerimisel. Selle kontrollimiseks ja korrigeerimiseks on kasutatud interpoleerimisel kihtide paksuse infot ja profiile.
- ▶ Horisondi pinnaosade interpoleerimine topelt-Z väärtusega (*thrust*). Selle lahendamiseks töötati välja kohandatud töövoog Petrosysi ja Move'i abil.
- ▶ Sisendandmete ümbertöötlus võib olla ajakulukas. Šveitsi geoloogia modelleerimise GeoMOL projekti⁸³ alusel täheldati, et modelleerimiseks oli esmalt vaja vanemaid andmeid digiteerida, puuduvatest kohtadest andmeid koguda ja ümber töödelda (seismilised andmed). Hinnanguliselt leiti, et 7 aasta pikkuse projekti juures kulus andmete hankeks, andmete ja atribuutide ühtlustamiseks ligi 3 aastat.

⁸¹ <http://www.earthsci.com/seismic.php>

⁸² <http://www.earthsci.com/seismic.php>

⁸³ <https://www.geomol.eu/geomol/report?lang=2>

Muudatusettepanek nr 9 - Võimalusel täiendavate üldgeoloogiliste uuringute andmete kogumine

Edendamaks geoloogilise mudeli kvaliteeti, tuleks geoloogiliste uuringute teostajatega koostöös analüüsida sisulist vajadust ja võimalusi koguda (üld)geoloogilise uuringu tegemise käigus kogutavate kehva kvaliteediga materjalide andmeid. Mõnel juhul, kui (üld)geoloogilise uuringu käigus teostatakse puurimisi ja juba puurimise käigus südamike vaatlusel või puursüdamike laborianalüüsidel selgub, et materjali kvaliteet on selline, et seda pole mõtet edasi uurida ja aruandes kirjeldada, siis nende uuringupunktide puuraukude andmeid Maa-ametile ei esitata. See tuleneb asjaolust, et sellisel juhul ei soovita maavara varu arvele võtta, mistõttu on andmed küll uuringu teostajal olemas, kuid see info kehva kvaliteediga varust riiklikes andmebaasides ei kajastu ehk taaskasutamist ei võimalda. Seetõttu võiks sektoriga süvitsi analüüsida, kas oleks võimalik osapooltele ressursikuludid põhjustamata muudatusi ellu viia ka selliste andmete kogumiseks. Samuti tuleb analüüsida, kas andmete kogumise kontekstis on põhjendatult vajalik teha õigusaktis muudatus, et lisada uuringupunktide andmete edastamise kohustus ettevõtetele ka selliste uuringute puhul, mille käigus rajatakse puuraugud, uuritakse nende kihte, puuraugud likvideeritakse, kuid maavara arvele võtmist (ja kaevandamisloa taotlust) ei tehta, sest uuringu tulemus ei näe selleks potentsiaali.

Muudatusettepanek nr 10 - Teha andmed huvitatud osapooltele mugavalt kättesaadavaks

Andmeid tuleks 3D-kasutajaliideses võimaldada näha nii ruumilise kujutisena kui ka geoloogilise läbilõikena ja tulpadena. Kasutaja peab saama valida polügooni või vabakäelise valikuga kujutise „maa pinnal“, mille puhul kuvatakse kasutajale 3D-vaates joonobjekti piirkonda jääv geoloogiline ruumiline kujutis. Ruumilise kujutisena peaks olema võimalik vaadata kasutaja poolt valitud ala n-ö kihilise väljavõttena, kus ruumiliselt on võimalik valitud kujutise ümber liikuda ja andmeid vaadelda. Samuti peaks kasutajad saama vaadata valitud maapealse joonobjekti asukoha geoloogilist ristlõiget, kus on näha nii uuringupunktide reaalsed läbilõikepunktid kui modelleeritud andmete olemasolu korral ka uuringupunktide vahele jääva ala modelleeritud andmed.

Seejuures on oluline tähelepanu pöörata, et juhul, kui geoloogilisi andmeid kaasata väga suures mahus, pannes kokku nii andmeandjate poolt esitatud uuringupunktide andmed kui ka punktide vahel modelleeritud geoloogilised andmed, siis kasvab andmemahut tänasega võrreldes oluliselt. Huvitatud osapoolte jaoks on samuti oluline, et andmete kasutamine oleks võimalik viisil, mis ei vaja suurt ressursi ja 3D-kasutajaliides oleks piisavalt kiire.

Samuti on oluline teha andmed huvitatud osapooltele mugavalt kättesaadavaks, luues kaardirakenduse juurde võimaluse alla laadida 3D-andmeid, milles on selgelt eristatud lähteandmed (ehitusgeoloogiliste, maardlate uuringute ja kaardistuse käigus kogutud reaalsete uuringupunktide mõõtmisandmed) ja uuringupunktide vahelised modelleeritud andmed. Andmete kättesaadavaks tegemisel on asjakohane väljendada kasutajatele muuhulgas andmete kogumise aega ja allikat. Näiteks on oluline kasutada geoloogia 3D-vaate loomisel võimalikult palju Eesti Geoloogiateenistuse avalikustatud geoloogilisi andmeid ning 3D-vaate kasutajat sellest ka informeerida. Andmete kättesaadavaks tegemise eel tuleks suhelda erialaliitudega ning teha otsus, millises failivormingus andmeid kättesaadavaks teha vastavalt spetsialistide poolt alla laetud andmete töötlemiseks kasutatavatele tarkvaradele. Vajadused ja tarkvarade kasutus muutub pidevalt, mistõttu tuleks sellised otsused teha vahetult arenduse eel.

Kasutajale tuleb selgelt väljendada, et kõik geoloogilised andmed võivad olla veega sõltuvalt modelleerimisel aluseks võetud alusandmete kvaliteedist, hulgast, piirkonna geoloogiliste kihtide muutlikkusest ja uuringupunktide omavahelisest kaugusest. Näiteks võiks uuringupunktidest eemal olevate modelleeritud andmete puhul kasutajale kuvada erinevaid punktiirjooni ristlõike kuvamisel ning punktiirpindasid alade kuvamisel, kus suurema ebakindlusega (vea tõenäosusega) andmed on

väljendatud hõredama punktiiriga. Arenduse eel tuleks teha teenusedisaini põhimõtteid järgiv kasutajauuring, prototüüp ja kasutajatestimine, et uurida erinevate andmete kuvamise viiside arusaadavust. Kasutajatele võib piisata ka näiteks mudeli „uduseks tegemisest“ sõltuvalt uuringupunkti kaugusest. Kõige olulisem on näidata usaldusväarsuse hinnangut kasutajale üheselt arusaadavalt, mistõttu oleks prototüüpimine ja kasutajatestimine arenduse eel asjakohane läbi viia erinevate potentsiaalsete huvigruppide esindajaid kaasates. Samuti võiks kasutajale kuvada modelleeritud ala andmetele lähimate reaalsete uuringupunktide andmete kauguse väärtusi. Nende väärtuste alusel on andmete kasutajal võimalik hinnata, kui usaldusväärseks ja enda vajadustele vastavaks ta modelleerimise teel tuletatud geoloogilisi andmeid konkreetsel juhul peab.

6.4. Andmete levitamine

Maa-ameti enda, teiste Maa-ameti 2D-teenuste kasutajate ja ühiskonna üldised vajadused kvaliteetsete ja tegelikkust adekvaatselt kujutavate 3D-ruumiandmete ja -kaarditoodete järele aina kasvavad, mis eeldab lähitulevikus 2D-ruumiandmete ja -teenuste kõrvale ka digitaalsete 3D-ruumiandmete ja teenuste lisamist. Eesmärk on, et ruumiandmete hõive ja kaarditoodetele kolmemõõtmelisuse (3D) lisandumine toimuks selliselt, et kõik riigi elutähtsad andmekogud (ADS, KNR, kataster, EHR, planeeringute register jne) saaksid toota uutele 3D-mudelandmetele tuginedes kvaliteetseid andmeid ja osutada teenuseid paremini.

Samuti on 3D-võimekuste arendamine vajalik, et täita rahvusvahelistest direktiividest (nt INSPIRE direktiiv) tulenevaid kohustusi. Direktiivid loovad õigusliku raamistiku ruumiandmete haldamisele, kättesaadavusele, jagamisele, kasutamisele ning nendega seotud kokkulepetele ja protsessidele. Seejuures tuleb seda teha nii, et riigi tasandil toimuks 3D-mudelite loomine, haldamine ja kättesaadavaks tegemine lähtudes andmete ühekordsuse printsiibist.

Selleks, et rahuldada kasutajate vajadusi ja täita rahvusvahelisi nõudeid, tuleb luua võimekus lisaks 3D-andmete hõivamisele neid ka kolmemõõtmelisena kättesaadavaks teha. Täna kasutusel olev X-GIS 2 kaardiserver on ilma 3D-toeta. Vajadus on uue tehnoloogilise lahenduse järele, mis peab tagama nii 2D- kui ka 3D-andmete tootmise, kasutamise ja levitamise ning arvestama seejuures kõikide kasutajate seniste vajaduste rahuldamisega. Uus platvorm peab tagama, et kõik ruumiandmed oleksid kättesaadavad ühest kohast, ajakohasena, teenusepõhiselt, kõikidele sihtgruppidele ning läbi ühtse kasutajaliidese.

Käesoleva ärianalüüsi käigus luuakse kasutajate vajadusi silmas pidades tulevikulahendust illustreeriv *low fidelity* tasemel prototüüp, mis kujutab endas, kuidas andmete levitamine visuaalselt võib tulevikus välja nägema hakata. Loodava prototüübi kohta on võimalik täpsemalt lugeda peatükist 7.

Muudatusettepanek nr 1 - Osapooltele vajalike 3D-andmete neile sobival viisil levitamine (kaardirakenduse kaudu, andmete allalaadimise teel, teenuse kaudu andmete pärimise teel)

Kasutajate vajaduste ja soovide rahuldamiseks on oluline, et Maa-amet suudaks pakkuda kasutajatele täpselt neid andmeid, mis on nende jaoks vajalikud ja lisandväärtust pakuvad. Selleks tuleb vajaminevaid andmeid hõivata ning teha need seejärel kättesaadavaks kasutajale sobival viisil - kaardirakenduse kaudu, andmete allalaadimise teel või teenuse kaudu andmete pärimise teel.

Järgnevalt on välja toodud olulisemad kasutajauuringust välja tulnud ootused funktsionaalsuste, andmete ja nende kvaliteedi osas, mida soovitakse 3D-ruumiandmetena kasutada. Täpsem andmete levitamise viis tuleb välja selgitada detailanalüüsi käigus.

- ▶ **Soov saada ajakohasemat aluskaarti.** Päästeameti ja Häirekeskuse jaoks on oluline, et aluskaardi andmed oleksid ajakohasemad ning nende uuenduste kättesaadavus oleks kiirem. Näiteks on nende jaoks tähtis määrata aluskaardil lõhkekeha leitavuse ohuala ning näha selles alas asuvaid erinevaid objekte. Ühelt poolt on demineerijatel vajadus ajalooliste ortofotode järele, kust on võimalik tuvastada pommilehtrite asukohad ning kanda need andmed tänapäevastele kaartidele üle, et tuvastada võimalike lõhkekehade asukohad. Teiselt poolt on olulisteks objektideks hoonete täpsed asukohad, et päästetöötajad saaksid ohu korral planeerida evakutsiooniga seotud tegevusi.
- ▶ **Soov saada andmeid alla laadida piiritletud ala või üksikobjektina.** Tänapäevase X-GIS-i lahenduses on see funktsionaalsus juba loodud ning kasutajate jaoks on väga oluline, et sama funktsionaalsus laieneks ka 3D-andmetele. Kasutajauuringust tuli see vajadus välja näiteks Sisekaitseakadeemial ning planeerijate puhul. Samuti on kasutajate jaoks oluline, et andmeid oleksid kättesaadavad avaandmetena ning erinevas detailsusastmes (LOD1, LOD2, LOD3). Praegu on 2D-andmed juba

erinevas detailsusastmes kättesaadavad, kuid kasutajate jaoks on oluline, et tulevikus oleksid erinevas detailsusastmes kättesaadavad ka 3D-andmed. Hetkel on Maa-ametil olemas ja võimalik välja anda andmeid ainult LOD1 ja LOD2 detailsusastmes, kuid tulevikus võib olla vajalik ka LOD3 detailsusaste (näiteks arhitektidele vajalik oma töö tegemiseks).

- ▶ **Soov näha kaldaerofoto pildi katvuse jälge kaardil.** Tänapäevane tehnoloogia ei võimalda antud vajadust rahuldada, sest kaldaamera poolt pildistatud andmete asukoha määramine on keeruline (asukoha andmed on olemas, kuid need on ebapiisava asukohatäpsusega). Tulevikus kasutusele võetava kaamera tehnoloogia võimaldab kaldaerofoto pilti paremini laiali laotada ka maapinnamudeli peale.
- ▶ **Soov näha ajas aset leidnud muutusi (n-ö 4D-võimekus).** Ajaloolist vaadet vajavad osapooled nii hoonete, rajatiste kui ka looduskeskkonna osas. Funktsionaalsust kavatakse kasutada nii planeerimisel kui ka tagantjärele asjaolude tuvastamisel.

Automatiseeritud vestlusrobotite kasutuselevõtt andmete levitamiseks kasutatavas veebiportaalis näib perspektiivikas eeskätt tavakasutaja lihtsamatele portaali kasutamise seotud küsimustele vastamiseks, asendades tänases geoportaalis kasutusel olevat PDF-kujul juhendit. Vestlusroboti kasutuselevõtu otstarbekus tuleb välja selgitada detailanalüüsi käigus.

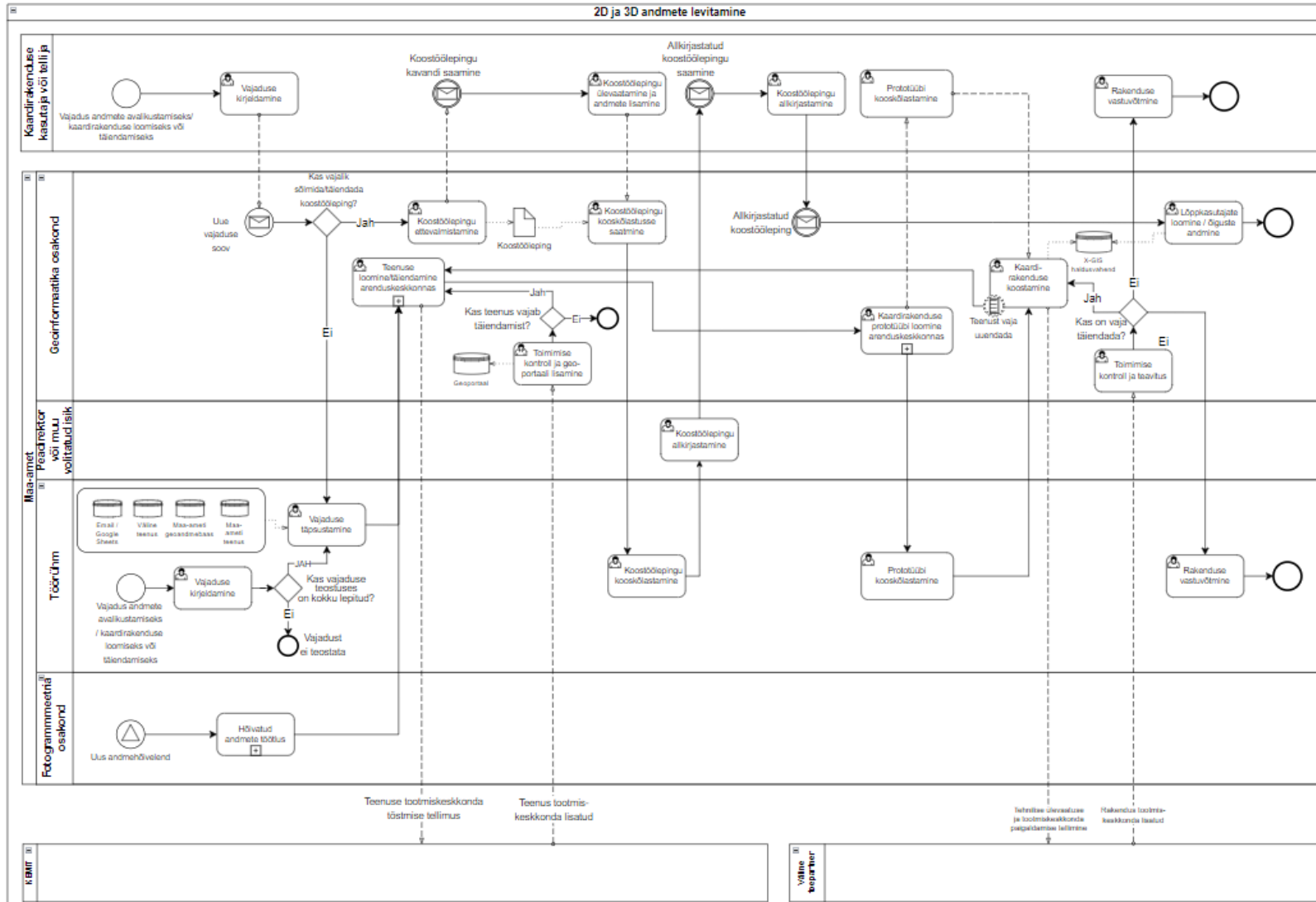
Bürokratt on Eesti digivisiooni kohaselt avaliku sektori asutuste veebilehtedel olevate juturobotite koosvõimeline võrgustik, mis võimaldab inimesel asutustelt vestlusakna kaudu kõnekeelse suhtlusega infot saada. Visiooni kohaselt toimub tulevikus kogu suhtlus terve riigiga eri haldusmenetluste käigus ainult ühe kanali kaudu ja isikule sobival ajal.⁸⁴ Sarnaselt täna kasutusel olevale geoportaalile ei ole 3D-mudeli levitamiseks kasutusele võetava portaali näol esmajärgus tegemist platvormiga isikutega seotud haldusmenetluste läbiviimiseks. Pigem on portaal avaliku halduse teostamist toetav tööriist, mida saavad kasutada nii isikud kui ka valitsusasutuste või kohalike omavalitsuste esindajad. Portaalil puuduvad isiku enda menetlused, mistõttu ei ole loodava portaali kontekstis teadaolevaid kasutuslugusid. Küll aga võib platvorm tulevikus toetada erinevate muude avalike digiteenuste pakkumist läbi isikule vajaliku info kuvamise 3D-lahenduste abil.

Muudatusettepanek nr 2 - Muude osapoolte andmete levitamise ja avalikustamise protsesside ühtlustamine (2D, 3D)

Täna on Maa-ameti sisene andmete levitamise protsess 2D- ja 3D-andmete puhul erinev (loe täpsemalt ptk 2.6), kuid protsessid toimivad hästi. Üheks suurimaks erinevuseks on koostöölepingute sõlmimine kolmanda osapoole andmete X-GIS kaardirakenduses ja teenustes avalikustamise puhul, mis hetkeolukorras on ainult 2D-andmete avalikustamise protsessi osa. Lähitulevikus, kui 3D kasutusvaldkond laieneb, tuleb hakata koostöölepinguid sõlmima ka 3D-andmete avalikustamise juures, mis tähendab, et tänapäevane 2D-andmete levitamise ja avalikustamise protsess laieneb ka 3D protsessile. Koostöölepingu vorm ise on tänapäeval kujul juba piisav ning tulevikus 3D-andmete avalikustamisele uue koostöölepingu vormi loomine ei ole vajalik.

Uute vajaduste, nii väliste kasutajate poolt tulnud kui ka Maa-ameti enda poolt tekkinud, analüüsimiseks, kirjeldamiseks ja täpsustamiseks on oluline, et Maa-ametis oleks loodud tööühm (näiteks täna olemasolev 3D tööühm), kuhu kuuluvad inimesed erinevatest osakondadest. Tööühma eesmärk on uutest andmete levitamise ja avalikustamise vajadustest aru saada ning otsustada, kas vajaduse lahendamine on otstarbekas ja aitab lahendust spetsifitseerida (koostada lähteülesande).

⁸⁴ <https://www.kratid.ee/burokratt>



Joonis 60. Andmete levitamise ja avalikustamise protsessi ettepanek

Muudatusettepanek nr 3 - Andmete formaat ja hoiustamine

Maa-ameti poolt pakutavad andmed peavad olema lõppkasutajale kättesaadavad sobivas formaadis. Samuti on oluline, et kõik andmed, mis esitatakse Maa-ametile oleksid avatud standardites ning failiformaatides. Avatud andmeformaatide kasutamine lihtsustab nii Maa-ameti kui ka välise partneri tööd (nt andmete konverteerimise). Samuti tuli kasutajauuringust välja vajadus andmete kättesaamiseks API vahendusel, mille tarbeks tuleb tulevikus läbi viia detailanalüüs, kus käsitletakse täpsemalt kasutaja ootuseid.

Maa-ametile on teada ehitusvaldkonnas vajadused näiteks IFC ja 3D Tiles formaatide järele. Lisaks tuli kasutajauuringust veel välja vajadus, et andmed oleksid kättesaadavad ka DWG-formaadis. Täna on DWG asemel võimalik saada andmeid DGN- ja DXF-formaatides (näiteks ETAK-i andmed). DWG-formaadis andmed on olulised näiteks planeerijatele, maamõõtjatele, geoloogiliste uuringute tegijatele ja projekteerijatele, kes seda formaati enda igapäeva töös kasutavad. Kuna DGN ja DXF on DWG-formaadile väga sarnased (mõlemal on plussid ja miinused), siis ei ole mõistlik olemasolevaid formaate ära kaotada, vaid DWG formaadi lisamine peaks olema täiendus, mis tuleb eraldi detailanalüüsi käigus läbi mõelda. Et DWG ja DGN ei ole avatud standarditele vastavad andmehiinangud, tuleb detailanalüüsi käigus kaaluda nende toetamist lisaks tehnilistele aspektidele ka kasutajaharjumuste ja -rahulolu seisukohalt.

Samuti tuli kasutajauuringust välja, et andmed võiksid olla WGS84 koordinaatsüsteemis, täna on need L-EST 97 süsteemis. Geodeetilise süsteemi määramise järgi on kohustus kasutada L-EST 97 koordinaatsüsteemi. Tegemist on taaskord otsustuskohaga, kus Maa-ametil on vaja koostöös lõppkasutajatega saada paika, mis koordinaatsüsteemis andmeid levitada ning kui selgub, et WGS84 on mitmele kasutajale oluline, siis tuleb kaaluda selle täiendavat rakendamist.

RMK soovib saada Maa-ametilt ALS laz 1 x 1 km andmeid normeeritud kujul. Hetkel tehakse seda ise, laadides eraldi Maa-ametist alla maapinna kõrgusmudel XYZ kujul, tehes sellest DTM-i ning seejärel normaliseerides laz-andmed maapinna mudeli suhtes. Laz andmete normeeritud kujul kättesaadavus lihtsustaks kasutajate tööd (väheneks andmete konverteerimise ja ettevalmistuse ajakulu). Kuna ALS punktipilvede normaliseerimine on kasutajale teostatav ja lihtne töötlus, siis esialgu on tegemist pigem madala prioriteetsusega tegevusega.



Muudatusettepanek nr 4 – Andmete levitamise teenused

Teenustena 3D-andmete levitamise võimekus

Maa-ameti hetke 3D-andmed on publitseeritud ArcGIS Online'i keskkonda, mis vaikimisi pakub andmeid välja i3S (Esri Indexed 3D Scene Layer) formaadis, mis on standardiseeritud andmete kiireks veebipõhiseks kuvamiseks. Antud formaat on omane Esri tooteperekonnale ning teised platvormid võivad vajada teistsuguseid formaate. Uue Geo3D eesmärgiks on olemasolevate levitamise funktsionaalsuste säilimine ja laiendamine erinevate formaatide ja skoobi ulatuses.

Järgnevalt on välja toodud, mida Maa-amet saab praeguste vahenditega i3S standardil levitada ja mis peaks olema garanteeritud ka tuleviku Geo3D platvormi teenuste kaudu.

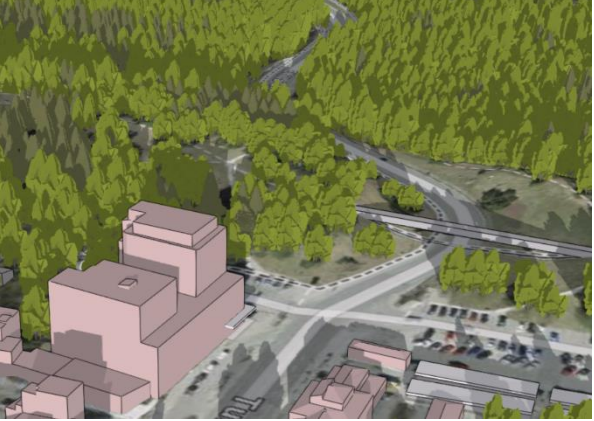
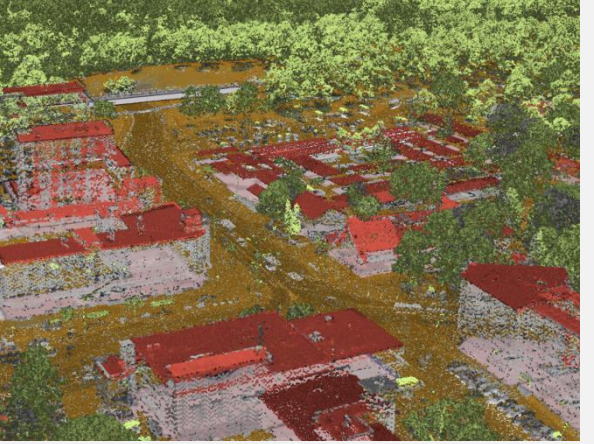
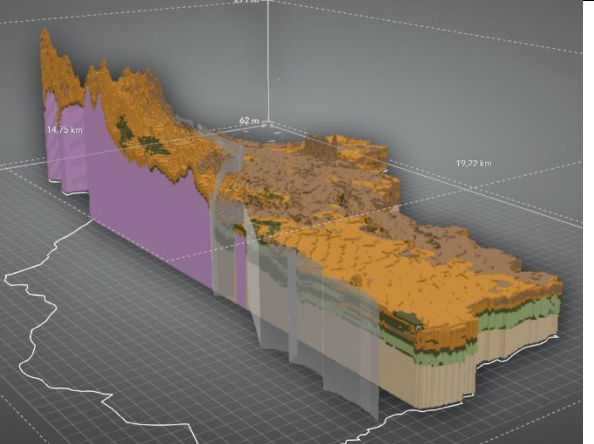
Tabel 18. Täna ja tulevikus vajalik teenustena levitav info

Stseenikihi (Scene layer) tüüp	Näide
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3D objektid (3D OBJECT) ▶ 3D-objektide visualiseerimiseks nagu tekstuuridega modelleeritud hooned 	 <p>Tallinna 3D-rakenduse kuvatõmmis⁸⁵</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▶ BIM Hooned (BUILDING) ▶ 3D hoonete mudelid, mis on toodud BIM mudelist Reviti või IFC kujul, et visualiseerida keerukamaid hoonete detaile ja osi 	 <p>Esri näide⁸⁶</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Võrkmuudel (INTEGRATED MESH) ▶ Võrkmuudelite publitseerimise standard 	 <p>Maa-ameti 3D-rakendus⁸⁷</p>

⁸⁵ <https://gis.tallinn.ee/linnamudel/>

⁸⁶ <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/help/mapping/layer-properties/building-scene-layer-in-arcgis-pro.htm>

⁸⁷ <https://3d.maaamet.ee/kaart/>

<ul style="list-style-type: none"> ▶ <i>Punkt (POINT)</i> ▶ <i>Suure hulga punktobjektide visualiseerimiseks. Võimaldab näiteks kuvada miljoneid puid, omistades punktidele 3D-sümbolid.</i> 	 <p>Maa-ameti 3D-rakendus⁸⁸</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▶ <i>Punktipilv (POINT CLOUD)</i> ▶ <i>Võimaldab kuvada visualiseeritud ja filtreeritud suuremahulisi punktipilvi</i> 	 <p>Maa-ameti 3D rakendus⁸⁹</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▶ <i>Voksel (VOXEL)</i> ▶ <i>Kuvab mitmemõõtmelist 3D- või 4D-andmestikku. Võimaldab hästi visualiseerida geoloogilisi maa-aluseid mudeleid</i> 	 <p>Darmstadt geoloogiline mudel⁹⁰</p>

Levinuimad 3D-ruumiandmete levitamise teenuste standardid ja kirjeldused

⁸⁸ <https://3d.maaamet.ee/kaart/>

⁸⁹ <https://3d.maaamet.ee/kaart/>

⁹⁰ <https://geoxc-apps4.bd.esri.com/geology-darmstadt/>

3D-ruumiandmete levitamise teenuste standardid on reeglid ja kokkulepped, mis määravad, kuidas 3D-ruumiandmeid veebis jagada ja kasutada. Levinuimad 3D-ruumiandmete levitamise teenuste standardid on järgmised:

- ▶ OGC 3D Tiles: avatud kogukondliku algatusega standard, mis võimaldab optimeerida ja edastada 3D-ruumiandmeid, nagu hooned, maapinna kõrgusmodel, punktipilved jne. See standard kasutab erinevaid formaate, nagu glTF, B3DM, I3DM, PNTS jne. OGC 3D Tilesi teenused võimaldavad 3D-ruumiandmeid erinevates kaardirakendustes kiiresti ja sujuvalt laadida ja kuvada.⁹¹
- ▶ OGC CityGML: konsensuslikult vastu võetud „komiteestandard“, mis võimaldab esitada ja vahetada linna- ja maapiirkondade 3D-mudeleid. See standard kasutab XML-põhist formaati, mis kirjeldab hooned, teid, veekogusid, taimestikku ning võimaldab neid kasutada erinevates rakendustes, nagu planeerimine, analüüs, simulatsioon jne. Eksisteerib ka CityGML alamformaadi standard CityJSON 3D, mis on JSON-põhine kodeering 3D-linnamudelite jaoks. CityJSON eesmärk on pakkuda kompaktselt ja arendajasõbralikku vormingut, nii et faile saab hõlpsasti visualiseerida, manipuleerida ja redigeerida. See on loodud programmeerijate vajadusi silmas pidades, nii et selle toetamiseks saab ehitada tööriistu ja API-sid, millest mitmed on enamasti saadaval avatud lähtekoodiga.⁹²
- ▶ OGC IndoorGML: standard, mis võimaldab esitada ja vahetada siseruumide 3D-mudeleid. See standard kasutab XML-põhist formaati, mis kirjeldab siseruumide geomeetriat, topoloogiat, semantikat jne. OGC IndoorGML teenused võimaldavad jagada ja kasutada siseruumide 3D-mudeleid erinevates rakendustes, nagu navigeerimine, evakuatsioon, turvalisus jne.⁹³
- ▶ OGC KML: standard, mis võimaldab esitada ja vahetada geograafilisi andmeid, nagu punktid, jooned, polügoonid, pildid jne. See standard kasutab XML-põhist formaati, mis kirjeldab geograafiliste objektide asukohta, kuju, stiili jne. OGC KML-i teenused võimaldavad jagada ja kuvada geograafilisi andmeid erinevates kaardirakendustes, nagu Google Earth, Google Maps jne.⁹⁴
- ▶ OGC CDB: standard, mis võimaldab luua ja hallata suuri maakera 3D-mudeleid. See standard kasutab binaarset formaati, mis kirjeldab maastiku geomeetriat, tekstuuri, materjale jne. OGC CDB teenused võimaldavad jagada ja kasutada maakera 3D-mudeleid erinevates rakendustes, nagu simulatsioon, treening, virtuaalne reaalsus jne.⁹⁵
- ▶ OGC I3S: kogukondliku algatusega standard, mis võimaldab optimeerida ja edastada 3D-ruumiandmeid, nagu punktipilved, vektorobjektid, rasterpildid jne. See standard kasutab JSON-põhist formaati, mis kirjeldab 3D-ruumiandmete struktuuri, atribuute, stiile jne. OGC I3S teenused võimaldavad 3D-ruumiandmeid erinevates kaardirakendustes kiiresti ja sujuvalt laadida ja kuvada. Näiteks baseerub ArcGISi stseeni kihi 3D veebiteenus OGC I3S standardil, omades teatud versioonidest tulenevaid erisusi ja ka platvormist tulenevaid edasiarendusi.⁹⁶

Eesmärgid ja muudatuste vajadused

Maa-ameti eesmärgid 3D-andmete teenuste levitamisel on:

- ▶ Koguda parema detailsusega 3D-andmeid, mida levitada teenuste ja 3D veebirakenduse kaudu

⁹¹ Rohkem infot: [3D Tiles - Open Geospatial Consortium \(ogc.org\)](https://www.opengeospatial.org/standards/3dtiles)

⁹² Rohkem infot CityGML standardist: [OGC City Geography Markup Language \(CityGML\) Part 1: Conceptual Model Standard](https://www.opengeospatial.org/standards/citygml)

⁹³ Rohkem infot: [OGC® IndoorGML - Open Geospatial Consortium](https://www.opengeospatial.org/standards/indoor)

⁹⁴ Rohkem infot: [KML - Open Geospatial Consortium \(ogc.org\)](https://www.opengeospatial.org/standards/kml)

⁹⁵ Rohkem infot: [CDB - Open Geospatial Consortium \(ogc.org\)](https://www.opengeospatial.org/standards/cdb)

⁹⁶ Rohkem infot: [Indexed 3D Scene Layers \(I3S\) - Open Geospatial Consortium \(ogc.org\)](https://www.opengeospatial.org/standards/i3s)

- ▶ Pakkuda 3D-teenuseid, mida teised organisatsioonid, ettevõtted ja tavakasutajad saaksid oma kaardirakendustes kasutada
- ▶ Põimida oma teenustesse ka teiste andmetootjate andmeid, näiteks kui need on detailsemad või annavad lisandväärtust
- ▶ Omada võimekust pakkuda turvatud 3D-kaarditeenuseid lepingulistele klientidele andmete levitamiseks ja nende süsteemi integratsiooniks

Tulenevalt eesmärkidest on vajalikud järgmised muudatused.

- ▶ Laiendada serveriparki 3D-andmetega seotud teenuste pakkumiseks vajaliku ressurriga. Omada täiendavat serveri ressursi ja kaarditeenuse platvormi, et täita kaarditeenuste pakkumisel teenuste käideldavuse nõudeid. Vajalik täiendav ressurss oleneb Geo3D realiseerimiseks valitud tarkvaralistest komponentidest ja Maa-ameti poolt seatud nõuetest teenuste kättesaadavusele. Need nõuded saab kokku leppida Geo3D uue arhitektuuri kinnitamisel.
- ▶ Pakkuda Eestis enam levinud 3D-kaardimootoritele sobivaid kaarditeenuste standardeid. Eestis hetkel populaarseimad 3D-võimekusega platvormid on 3D Tiles (Cesium) ja ArcGIS Scene Layer (I3S) (Esri platvorm).
- ▶ Arvestada tuleb ka partnerite teenuste kasutamise võimekusega. Valitav platvorm peaks olema võimeline otse või läbi töötamise tarbima väliseid teenuseid (levinumad 3D Tiles ja I3S). Näiteks saaks Maa-amet otse kuvada oma Geo3D veebiplatvormil EHR-i 3D Tiles kaarditeenuseid või Tallinna linna avaldatud I3S 3D teenuseid.
- ▶ Tuleb teostada andmeuuenduse protsesside detailanalüüs ning vastavalt sellele realisatsioon. Tulenevalt andmete olemuse ja formaatide erisusest on vajalik luua mitmeid erinevaid protseduure, kuidas ja millal andmeid teenustes uuendatakse. Osa neist saavad pärida andmeid otse andmebaasist, osadele tuleb luua ja kirjeldada levitusbaasi uuenduse protseduurid.

Muudatusettepanek nr 5 - Uue veebikaardi teenuseplatvormi kasutuselevõtt

Eesmärk on luua 2D-/3D-võimekusega kaardirakenduse platvorm, mille kasutajakogemus ja kasutajaliides 2D ja 3D vaates on võimalikult sarnane ning liikumine kahe vaate vahel sujuv.

Tuleviku Geo3D lahenduse platvormi soovitusel andmiseks valiti välja kolm hetkel eksisteerivat lahendust, et kaardistada lähtekohad ja potentsiaalsed edasiarenduse võimalused:

- ▶ **X-GIS:** keskne kaardiserveri kasutajaliides, mille kaudu saab täna ligi suuremale osale riiklike registrite ruumiandmetest, võimaldades lihtsal moel erinevate ministriumite haldusala andmekogude ruumi- ja kaardistusandmeid koos kasutada. Maa-amet on pika ajalooga ja suure kasutajaskonnaga kaardiserveri tarkvara arendanud juba aastast 2000.⁹⁷
- ▶ **EHR:** ehitisregistri eesmärk on hoida, anda ja avalikustada teavet kavandatavate, ehitatavate ja olemasolevate ehitiste ning nendega seotud menetluste kohta. Antud platvorm omab praegu eksisteerivat 3D kasutajaliidest seotud andmete kuvamiseks.⁹⁸
- ▶ **ArcGIS Online + ArcGIS Web AppBuilder (edaspidi lühendatult ArcGIS):** Maa-amet on alustanud 3D-andmete avalikustamist ArcGIS Online'i platvormil ArcGIS Maps SDK for JavaScript arendusraamistikul põhineval standardlahendusel ArcGIS Web AppBuilder.⁹⁹

⁹⁷ Rakendus on leitav: <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/>

⁹⁸ 3D-kaksiku liides: <https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1/3d>

⁹⁹ Avalik liides on leitav: <https://3d.maaamet.ee/kaart/>

Ükski neist platvormidest ei oma integreeritud 2D-/3D-kasutajaliidest, milles liikumine 2D-vaatest 3D-vaatesse oleks sujuv, kasutajaliides ja -kogemus võimalikult sarnane ning 3D- ja 2D-vaadete vahel liikudes säiliks kontekst (suurendusaste, kihtide valik, tööriista valik jms).

Eesmärk on analüüsida teenuseplatvormi terviklahenduse alternatiive, tuua võrdlustabelis välja erinevate lahenduste lähtekohad, võimekused, võrrelda plusse ja miinuseid ning anda soovitusi. Lahenduste võrdlus viidi läbi küsimustiku vormis, millele vastasid süsteemi arendajad koostöös Maaametiga. Info on toodud allolevas tabelis.

Tabel 19. Veebikaardi teenuseplatvormide võrdlus

X-GIS	EHR	ArcGIS
1. Milliseid veebiplatvorme ja arendusraamistikke/API-sid on platvormi loomiseks kasutatud?		
X-GIS-i arhitektuurijoonise leiab käesoleva analüüsi peatükist 2.6.3. Rakendus baseerub peamiselt React (React) kasutajaliidesel ja Java taustkomponentidel.	EHR 3D-kaksik UI on arendatud CesiumJS raamistikus. Praegu kasutusel olev versioon on 1.105.. Kogu EHR UI arendus on arendatud ReactJS raamistikus, praegu toimub üleminek ReactJS 18.2 versiooni peale. Hetkel on veel kasutusel ReactJS 16.9 versioon. API funktsionaalsused on arendatud Java, Spring Boot Open API 3.0 https://swaggerui.ehr.ee/3_d_kak_siku_api	Rakenduse andmed ja teenused on majutatud ArcGIS Online pilvekeskkonda. Vastavaid REST kaarditeenuseid kasutatakse standardrakenduses https://developers.arcgis.com/web-appbuilder/ , mis baseerub ArcGIS API for JavaScript versioonil 3.x. (uue nimetusega ja edaspidi nimetatud ArcGIS Maps SDK for JavaScript alates JavaScript 4.x versioonist)
Kokkuvõte: 3D-lahendusteks kasutatakse tänapäevaseid ja pidevalt arenevaid raamistikke CesiumJS ja ArcGIS Maps SDK for JavaScript. Tehniliselt on võimalik luua 3D-liidest X-GIS-i platvormi juurde nii CesiumJSi kui ka ArcGIS Maps SDK for JavaScripti baasil. Samuti on tehniline võimekus kaasata mõlemad raamistikud. Integreeritud lahenduse dokumentatsioon on kirjeldatud siin: https://developers.arcgis.com/cesiumjs/		
2. Milliseid veebiteenuste standardeid kasutatakse andmete levitamiseks?		
X-GIS toetab OGC WMS, WFS, WMTS ja WCS teenuste kuvamist.	EHR 3D kaksik pakub peamiselt 3D ruumiandmete allalaadimise teenuseid kaardil selekteeritud mingi huvipiirkonna kohta. CityGML XML, Collada DAE ja XYZ, IFC LOD2 täpsusaste hoonete genereeritud kujutuste tahkude pealt arvatud pinnad JSON vorming-s - vajalik edasiseks hoonete analüüsiks, näiteks renoveerimisvajaduste välja selgitamiseks TalTech-i poolt välja töötatud metoodikat kasutades. EHR toetab WMS ja WMTS teenuste kuvamist.	Põhilised kaarditeenused baseeruvad REST/JSON teenustele: Map Service, Feature Service ja Scene Service. Peamine 3D teenus on: https://developers.arcgis.com/rest/services-reference/enterprise/scene-service.htm Toetatud on ka WMS, WMTS, geojson, csv jt standardid. Allalaadimiseks on võimalik pakkuda geotöötlusteenuste abil kõiki enamlevinud ruumiandmete formaate.

Kokkuvõte: X-GIS baseerub peamiselt OGC teenustel. EHR ja ArcGIS kasutavad sisendiks ja väljundiks erinevaid levinud ruumiantmete standardeid.

3. Millised ruumiantmete formaadid on kasutusel veebiteenuste loomiseks?

<p>Maa-ametil on võimekus veebiteenuseid (WMS/WFS jne) luua erinevate ruumiantmete formaatide peale. WMS/WFS teenuste all on peamiselt SHP ja FGDB failid ning Postgres ja Oracle Spatial andmebaasid.</p>	<p>Ruumiantmebaasiks on kasutusel Postgres + PostGIS ja 3DcityDB laiendus. Kõik mudelid LOD1, LOD2 ja LOD3 kogutakse (LOD1, LOD2 tulevad EHR andmestikust) või imporditakse (LOD2 Maa-ametist) ruumiantmebaasi.</p> <p>3D kaksik kasutab ka aluskaartide või ka 2D andmekihtideks WMS, WMTS ja WFS teenuseid, mida pakuvad Maa-amet, Tallinna linn, Transpordiamet ja teised teenuste pakkujad. Kui kolmandad osapooled annavad andmed väljavõttena, siis on ka 3D-kaksik arhitektuuris teenusserverid, mis võimaldavad WMS, WFS, WMTS teenuseid 3D-kaksik rakendusele serverida või ka 3D Tile teenuseid pakkuda. Näiteks Lennuameti lennukeelu alad (3d-tile teenus), Päästeameti veevõtukohtad ja hüdrandid, Geoloogiateenistuse radoonikaart jne</p>	<p>Esri geoandmebaasi <i>multipatch</i> nähtusklass (https://support.esri.com/en-us/technical-paper/the-multipatch-geometry-type-1483), mida saab talletada nii Postgres, Oracle kui ka Microsoft SQL Server jt andmebaasiplatvormidel.</p> <p>ArcGIS võimaldab publitseerida laia valikut erinevat funktsionaalsust omavaid kaarditeenuseid, muuhulgas ka avatud OGC standardid. Teenuste nimekirja leiab siit: https://enterprise.arcgis.com/en/server/latest/publish-services/windows/what-types-of-services-can-you-publish.htm</p>
--	--	---

Kokkuvõte: kõigi platvormide kirjeldusest käib läbi PostgreSQL-i andmebaasi tugi, mis talletab andmeid rakendusplatvormile omases 3D-andmeformaadis. Tulem 3D-veebiteenustest on kasutusel EHR-is CesiumJS 3D Tilesi teenuseid ja ArcGISi puhul stseeni (*scene service*) teenused. Kõik platvormid on võimelised tarbima OGC WMS- ja WMTS-standardite kaudu levitatud andmeid.

4. Milliseid tarkvarasid kasutatakse andmete ettevalmistamiseks?

<p>GIS andmetöötluseks on kasutusel peamiselt ArcGIS Pro, FME, QGIS, MapInfo.</p>	<p>Kõrgusmudeli ettevalmistus toimub Maa-ameti mudeli (DSM Digital Surface Model) pealt kasutades Cesium Terrain Builder rakendust. Cesium kasutab oma kõrgusmudeli vorming-t - 3D Terrain Tiles.</p> <p>Enamik 3D-andmeid, mida Cesium kuvab, kuvatakse ettevalmistatud 3D-tiledest, mis vastavad 3d-tiles v1.1 standardile. OGC on ka selle standardi oma standardiks võtnud:</p>	<p>ArcGIS Pro + vajadusel erinevad laiendused ja ühilduvad tarkvarad nagu CityEngine, FME jt.</p>
---	---	---

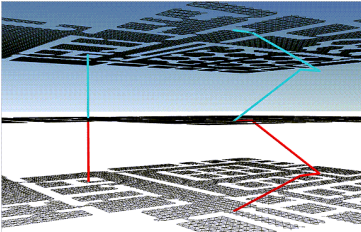
	<p>https://www.ogc.org/press-release/ogc-adopts-3d-tiles-v1-1-as-community-standard/ https://www.ogc.org/standard/3d-tiles/</p> <p>3D Tile-de ette valmistamiseks kasutatakse projekti käigus arendatud GityGML ekspordifunktsionaalsust ja FME Standard Edition teisendusi.</p> <p>Punktipilvede 3D-tiledete ettevalmistamiseks on kasutusel FME Standard Edition.</p> <p>BIM mudeli teisendamine toimub vabavaralise IfcConvert, IfcOpenShell tarkvara abil. Lisaks on kasutusel veel vabavaralisi ja projekti käigus arendatud tarkvarasid, millega teisendatakse andmeid sobivasse vormingusse. Näiteks: i3dm (Instanced 3D tile) vormingusse ja Composite tile vormingusse teisendamiseks kasutame i3dm.export tarkvara. Andmete import GLTF, GLB vormingust on arendatud projekti käigus. Samuti on arendatud CityGML, Collada, XYZ, IFC vormingutesse eksportimise funktsionaalsused projekti käigus.</p>	
<p>Kokkuvõtte: X-GIS-i ja ArcGIS-i puhul on kasutatud andmete ettevalmistamiseks standardseid GIS-tarkvarasid nagu ArcGIS Pro, FME, QGIS jt. EHR kasutab lisaks standardse FME võimalustele ka CesiumJS-i raamistikule spetsiifilist rakendust Cesium Terrain Builder ja erinevaid vabavaralisi standardkomponente nagu IfcConvert ja IfcOpenShell.</p>		
<p>5. Kas ruumiandmete kaarditeenused tulevad otse uuendatavast kesksest andmebaasist või luuakse veebi jaoks eraldi väljavõtte?</p>		
<p>Kasutusel on mõlemad meetodid. Andmete redigeerimine toimub otse andmebaasis (Postgres või Oracle), andmete avalikustamine võib olla samuti andmebaasi põhine (Postgres või Oracle) või failipõhine. Otse tööbaaside pealt andmete avalikustamist ei toimu.</p>	<p>Kõik 3D kaardikihid, mida on vajalik kuvada on-the-fly, on ruumiandmebaasist ette valmistatud 3D Tile-deks ja 3D Tile-sid uuendatakse perioodiliselt. Igal 3D Tile kihil on oma ajaline intervall automaatseks uuendamiseks kuid on võimalik ka läbi haldusliidese tellida uuendamist vastavalt vajadusele. Väljavõtted, mida läbi kasutajaliidese on võimalik teha,</p>	<p>Hetke 3D rakendus on loodud pilvepõhisena eraldi väljavõtte pealt. Tulevikus on ArcGIS Enterprise paigalduse korral võimalik andmeid kuvada teenustesse ka otse kesksest andmebaasist.</p>

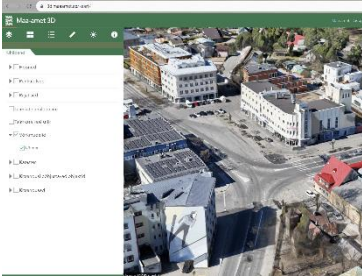
Valdavalt uuendatakse andmeid kord ööpäevas.	genereeritakse ruumiandmebaasist nende küsimise hetkel (CityGML, Collada, IFC, XYZ jne).	
Kokkuvõte: X-GIS tarbib hetkel andmeid nii väljavõttelt kui ka teenuse vahendusel otse andmebaasist. EHR ja ArcGIS kasutavad hetkel väljavõtteid, mille seisu soovitud ajahetkel uuendatakse.		
6. Kas kasutusel olevas kaardimootoris on realistlik arendustööde tulemusena kuvada 2D ja 3D vaateid ühes ainsas kaardiaknas koos? Näiteks välja suunituna kuvatakse 2D vaade, aga piisavalt sisse suumides automaatselt kuvatakse hooneid ja rajatisi 3D-s.		
Hinnanguliselt X-GIS 2D ja EHR 3D kaksiku 3D kasutajaliidesed omavahel kokku panna, et ühtlustada kasutajaliideste kujundus ja kasutusloogika ning et 2D-/3D-kaardi vahel liikumine oleks võimalik nii, et kontekst (zoom, asukoht, ilmakaared, kihid jms) säiliks, see oleks võimalik küll nii, et nii 2D-kaardi seadistus kui ka 3D-kaardi seadistus on ühiste reeglitega kirjeldatud ja see kaardimootor kasutaks ühiseid kirjeldusi aga rakenduskood on siiski erinev. Lisaks on ju ka need küsimused, et ega 2D ju 3D kihte ei saa sellisel kujul näidata, siis peavad olema alternatiivsed kirjeldused. Eks kõik on võimalik teha kui ülesanne on piisavalt hästi kirjeldatud ning tehtav.	Jah, see on teostatav. Cesium võimaldab ise kuvada 2D vaateid aga on olemas ka OpenLayers & Cesium <i>plugin</i> , mis need kaks tarkvara omavahel kokku ühendab. OL-CS <i>plugin</i> -i projekt on aktiivses arenduses, viimane väljalase nädal tagasi. https://github.com/openlayers/ol-cesium/releases Näidete lehekülg annab võimalustest mingi ettekujutuse: https://openlayers.org/ol-cesium/examples/	ArcGIS Maps SDK for JavaScript võimaldab kuvada nii 2D kui ka 3D vaateid ja tänu ühtsele API-le integreerida tihedalt kokku selliste erinevate vaadete omavaheline suhtlus, visualiseering ja funktsionaalsus. Funktsionaalsustelt lähemalt saab lugeda siit: https://developers.arcgis.com/javascript/latest/
Kokkuvõte: 2D- ja 3D-vaate omavaheline integreerimine on võimalik nii CesiumJSi kui ka ArcGIS Maps SDK for JavaScript-i puhul. X-GIS-i juurde 3D-veebiplatvormi planeerides on vajalik arvestada eraldi 3D-kaardimootori ja koodiga, mida on olemasoleva rakendusega võimalik siduda konfiguratsioonifailide abil.		
7. Kuidas toimub kihtide loendisse uute andmekihtide lisamine. Kas see eeldab arendustööd ja uut rakenduse versiooni või saab seda rakenduse peakasutaja teha läbi administraatori kasutajaliidese?		
Selleks on kasutusel vastav administraatorliides. Uue kaardirakenduse loomine andmete töötlustest, baasi panemisest, teenuste loomisest kuni kaardirakenduse kirjeldamiseni on kuni dev keskkonnani Maa-ameti	EHR 3D-kaksik pole arendatud sellisena, et läbi haldusliidese saaks lisada uusi kaardikihte. Sellist nõuet polnud esitatud. Samas uute kaardikihtide lisamine toimub läbi json konfiguratsiooni kirjelduste, mis on väga sarnane sellele, kuidas seda XGIS2 tarkvaras tehakse.	Hetke 3D-kaardirakenduses on kihtide, tärkandmete ja visualiseerimise poolt täielikult Maa-ameti kaardi konfigureerijate teha.

kaardi konfigureerijate teha. Sealt edasi levituse (<i>test - pre-live - live</i>) teeb toolepingu raames koostööpartner.	Seega uute kaardikihtide lisamine läbi haldusmooduli on põhimõtteliselt teostatav kui sellise haldusmooduli järgi on vajadus ning see arendatakse.	
Kokkuvõte: X-GIS-i kaardiliidese sisu uuendamine on peamiselt Maa-ameti käes, arendaja on vastutav sisu <i>live</i> 'i viimise eest. EHR ei oma haldusliidest, konfiguratsioon on tekstifailides. ArcGIS-i rakenduses on nii teenuste ettevalmistamine, publitseerimine, visualiseerimine kui ka infopäringud haldusliidest kaudu Maa-ameti enda poolt teostatavad.		
8. Kuidas toimub objektide infoaknasse uute väljade lisamine? Kas see eeldab arendustööd ja uut rakenduse versiooni või saab seda rakenduse peakasutaja teha läbi administraatori kasutajaliidese?		
See kõik on kaardikihi / kaardirakenduse JSON konfiguratsioonis tehtav.	Eelmise küsimuse vastusega sarnane vastus.	Kasutajaliidese kaudu teostatav.
Kokkuvõte: X-GIS-i ja EHR-i puhul on infoakende muutmine tekstifaili põhine, ArcGIS-i puhul kasutajaliidese kaudu.		
9. Kui tihti uuendatakse olemasolevate rakenduse veebiplatvormi ja API-de versioone?		
Alustarkvarade uuendamine toimub vähemalt kord aastas ja on osa iga-aastaste X-GIS arendustööde paketist.	Enamasti igas arendustsüklis tehakse seda korra. Arendustsüklid poole aasta kuni aastase intervalliga. Samas näiteks ReactJS uuendus tehakse praegu kõikidele EHR-i komponentidele väljaspool 3D-kaksiku projekti.	ArcGIS Maps SDK for JavaScript uus versioon ilmub paar korda aastas. Samuti ilmuvad siis ka uued raamistikul põhinevad rakenduste versioonid. ArcGIS Online kasutamisel uueneb rakenduse versioon automaatselt. ArcGIS Enterprise portaali või <i>Developer Edition</i> rakenduste puhul saab valida omale sobiliku uuendamise hetke.
Kokkuvõte: kõik käsitletavat raamistikud on hetkel pidevas arengus ja saavad perioodiliselt uusi versioone.		
10. Kui palju maksab rakenduse igakuine hooldus? (Majutus, andmebaasid, litsentsid, veebirakenduse haldus, SLA garanteerimine jms kokku)		
Haldus/hooldus - 105 000 eurot (lisandub käibemaks), ainult Dateli kulu; ei kajasta Maa-ameti ja KeMIT-i tööjõukulu. Majutus - 96 000 eurot (lisandub käibemaks), (riigipilve klaster, andmebaasid ja mapserverid) Litsentsikulud - 10 000 eurot (lisandub käibemaks), (kaudne Oracle MIS AA	Majutatakse riigipilve keskkonnas, sõltuvalt kasutatavatest ressurssidest on hinnad, täpsem info KeMIT-il. Kasutatud on enamasti vabavaralisi arendusraamistikke ja andmebaasimootoreid. FME Standrd Edition kasutatakse andmete ettevalmistusel, tarkvara maksumus ligikaudu 2000 eurot, iga-aastane tugi ligikaudu 400 eurot. EHR-i 3D digikaksiku osas ei ole võimalik majutuskulu öelda, sest	Hetke rakenduse jaoks vajalikud litsentsid pakub Maa-ametile KeMIT, kellel on tervet organisatsiooni ja mitmeid allasutusi (Keskkonnaagentuur, Keskkonnaamet, Keskkonnaministeerium, Maa-amet) hõlmav litsentside leping (aastase tasuga kõikide allasutuste peale kokku 250 000 eurot + käibemaks). Maa-amet KeMIT-ile litsentside eest ei tasu.

kasutajaõiguste haldus, FME)	majutus on kogu e-ehituse platvormile ja üksikutele komponentidele eraldi arvestust ei peeta. Kogu e-ehituse riigipilve majutuse kulu on koos käibemaksuga 430 000 eurot aastas.	Kaudseks rakenduse ülalhoiu kuluks tavahinnakirja alusel oleks 600 eurot + käibemaks kuus (AGOL krediitid + töökohatarkvara)
Kokkuvõte: info on integratsioonide puhul tuleviku kuludele sisendiks		
11. Milline on viimasel aastal igakuine keskmine tundide kulu muudatuste ja uute arenduste sisseviimiseks?		
Viimastel aastatel on X-GIS arendustööde maht olnud suurusjärgus 1500-1800 tundi.	Arendusi on aasta jooksul tehtud ~120 000€ mahus ja ligikaudu 2000 tundi.	Hinnanguline: 0,3 täistöökohta
Kokkuvõte: info on integratsioonide puhul tuleviku hoolduste planeerimise sisendiks		
12. Milliseks hindate X-GIS juurde 3D kaardivaate ja funktsioonide arendamise võimekuse loomist tehnoloogilises plaanis.		
Vastus küsimusele nr 6	Vastus küsimusele nr 6	Vastus küsimusele nr 6
Kokkuvõte: 2D- ja 3D-vaate omavaheline integreerimine on võimalik nii CesiumJSi kui ka ArcGIS Maps SDK for JavaScripti puhul. X-GIS-i juurde 3D-veebiplatvormi planeerides on vajalik arvestada eraldi 3D-kaardimootori ja koodiga, mida on võimalik siduda olemasoleva rakendusega konfiguratsioonifailide abil.		
13. Milline oleks umbkaudne tundide kulu arendustöödele, et saada X-GIS-i keskkonda sarnane 3D-võimekus ja funktsionaalsus EHR-i 3D-kaksikuga ja/või Maa-ameti olemasoleva 3D-rakendusega https://3d.maaamet.ee/kaart/		
Seda ei ole võimalik ilma detailsema analüüsita hinnata.	Seda ei ole võimalik ilma detailsema analüüsita hinnata.	Seda ei ole võimalik ilma detailsema analüüsita hinnata.
Kokkuvõte: vaja on teha detailanalüüs CesiumJS ja ArcGIS Maps SDK for JavaScripti võimalikuks integreerimiseks X-GIS-i keskkonnaga.		
14. Milliseid 3D analüüse kasutusel olev veebiplatvorm võimaldab? Näiteks, kas eksisteerib varjude ja nähtavuse analüüs?		
Ei kohaldu	Varjude visualiseerimine ajajoonel ja visuaalne analüüs olemas. https://sandcastle.cesium.com/index.html?src=Shadows.html Nähtavuse analüüs on samuti visuaalne analüüs (inimese vaates digikaksikus liikumine). Keerukamad analüüsivõimalusi on võimalik tasulise Cesium Ion platvormiga kasutada. Hinnastus on välja toodud siin: https://cesium.com/platform/cesium-ion/pricing/	Varju kestvus konkreetsel ajal: https://developers.arcgis.com/javascript/latest/api-reference/esri-widgets-ShadowCast.html demo: https://developers.arcgis.com/javascript/latest/sample-code/widgets-shadow-cast/ Varjude liikumine ajas: https://developers.arcgis.com/javascript/latest/sample-code/widgets-daylight/

		<p>Valmis komponendid, mille hulgas lisaks päevavalgusele ka 3D objektide viilutamine, nähtavusanalüüsid, ilma efektid jne:</p> <p>https://doc.arcgis.com/en/experience-builder/latest/configure-widgets/3d-toolbox-widget.htm</p>
<p>Kokkuvõte: CesiumJS on vaba arendusraamistik võimalusega CesiumJS API abil täiendavaid funktsionaalsusi arendada. Cesium ion pakub tasuta valmiskujul lisafunktsionaalsusi. ArcGISi pilveteenuse või Enterprise'i lahendusega tuleb tasuta kaasa ArcGIS Maps SDK for JavaScripti rakenduste arendusraamistik.</p>		
<p>15. Millised on veebiplatvormi võimalused 3D-s kuvada hoonete korruselisust, treppe ja ruumide jaotust? Kas on olemas või tehniliselt võimalik realiseerida ja visualiseerida 3D navigeerimise funktsioon?</p>		
<p>Ei kohaldu</p>	<p>EHR 3D-kaksikus on realiseeritud autenditud kasutajatele võimalus BIM mudelite ülesse laadimiseks (IFC laiendiga failid). Samuti on realiseeritud võimalus, et läbi BIM-põhise loamenetluse tekivad mudelid (GLTF, GLB mudelid), mis salvestatakse ehitise kihile. See juba sõltub mudelist, et milliseid elemente sisaldab ja kõike mida 3D-kaksik sisse loeb, seda ta ka enamasti kuvab. Jah, saab visualiseerida BIM-mudelis olemasolevaid elemente nagu korruselisust, treppe ja ruumide jaotust.</p> <p>Samuti on ka realiseeritud 3D navigeerimise funktsionaalsus (inimese vaatepunktis 3D-kaksikus liikumine).</p>	<p>Toetab BIM mudelite publitseerimist veebiteenustena, säilitades soovi korral ruumid, trepid ja ülejäänud hoone osad ning varad eraldi objektidena. Kohalduvad tavapärased funktsionaalsused (navigeerimine, otsing, filtreerimine jne)</p> <p>Veebi on võimalik publitseerida korruse-teadlikud kihid, mida saab kasutada valmis Experience Builder mooduliga korrustel navigeerimiseks ja spetsiaalseks visualiseerimiseks:</p> <p>https://doc.arcgis.com/en/experience-builder/latest/configure-widgets/floor-filter-widget.htm#Esri_SECTION1_BD329743286A4CCDAEBDC1B489AA24FE</p> <p>Lisatoode ArcGIS Indoors võimaldab luua sisenavigeerimise võrke hoone ruumides eri korrustel</p>

		<p>lifti abil ja treppidel navigeerimiseks:</p> <p>https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/indoors/create-the-indoors-network.htm</p> 
<p>Kokkuvõte: nii CesiumJS kui ka ArcGIS Maps SDK for JavaScript võimaldavad 3D-hoonete visualiseerimist korruseid, treppe jms eraldades. Mõlemas on toetatud BIM-andmetest lugemine. Navigeerimine on mõlemas vaikselt realiseeritud mudelis ringi liikumise meetodil.</p> <p>ArcGIS-is on teekonna arvutusteks vajalikud teenused loodavad. CesiumJS ei oma <i>native</i> funktsionaalsusena 3D-teekonna leidmist, aga on suuteline kasutama ära näiteks ArcGIS <i>route service</i> teenust teekonna arvutusteks ja visualiseerimiseks:</p> <p>https://developers.arcgis.com/cesiumjs/route-and-directions/find-a-route-and-directions/</p> <p>Tulevikus tuleks arvestada Geo3D raames ka X-GIS 2D navigeerimisega seotust.</p> <p>ArcGIS-il on olemas lisatoode, mis võimaldab ka 3D-teekonnaarvutusi ja sellel baseeruvat navigeerimist hoonete sees (ArcGIS Indoors).</p>		
16. Kas 3D vaates on objektidel toetatud kaardikirjed (label funktsionaalsus)?		
<p>Ei kohaldu</p>	<p>Oleme EHR 3D-kaksikus kasutanud kohanimede 3D märgendite kuvamist. "Kohanimede sildid", milleks on kasutatud 3D märgendite kuvamise funktsionaalsust.</p> <p>Objektidel märgendite kuvamine on toetatud erinevaid mooduseid kasutades. On ka sellised režiimid, kus märgendeid ning muud olulist infot objektidele või objektide kogumitele ja 3D Tile-de boundingbox-e kuvatakse debug režiimis.</p>	<p>Sisaldab kaardikirjete funktsionaalsust ning lisaks paindlikku seadistust suuruse, värvi jms parameetrite osas. Koodi näidised funktsioonist:</p> <p>https://developers.arcgis.com/javascript/latest/labeling/#3d-sceneview-labeling</p>
<p>Kokkuvõte: platvormidel on olemas tekstilise info kuvamise võimekused.</p>		
17. Millised on võimalused punktipilve punktide 3D-vaates kuvamiseks? Mil määral saab veebirakenduses punktide visualiseerimist hallata ja muuta?		
<p>Ei kohaldu</p>	<p>Cesium jaoks valmistatakse punktipilved punktipilvede 3D-tailideks. Kuvamist saab juhtida läbi 3D Tile-de stiilide juhtimise nn 3D Style Language abil. Täpsema info leiab siit:</p>	<p>Punktipilved publitseeritakse <i>Point Cloud Scene Layer</i> teenusena:</p> <p>https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/scene-layers.htm#Esri_SECTION1_5</p>

	<p>https://cesium.com/learn/cesiumjs-learn/cesiumjs-3d-tiles-styling/</p> <p>Näide: punktipilvede klassifitseeritud vaatamine: https://sandcastle.cesium.com/?src=3D%20Tiles%20Point%20Cloud%20Classification.html</p>	<p>E22C6FEA5B34D50ABA6E14970AD857E</p> <p>Punktipilve välimust saab kohandada nii publitseerimisel töökohatarkvaras kui ka juba veebikaardi projektis veebisirvijas:</p> <p>https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/create-maps/scene-style-pcl.htm</p>
<p>Kokkuvõte: punktipilvede publitseerimine on mõlemal platvormil toetatud. Maa-amet saab detailanalüüsis hinnata nende visualiseerimise võimaluste sobilikkust ja paindlikkust.</p>		
<p>18. Millised on võimalused 3D-võrkmodelite (mesh) kaardikihtide kuvamiseks?</p>		
<p>Ei kohaldu</p>	<p>Cesium toetab võrkmodelite kuvamist. Näiteks i3SDataProvider. Meie kasutame i3s teenust, mis vahendab SLPK vormingus võrkmodelideid. i3s on ühtlasi ka OGC Community Standard. https://www.ogc.org/standard/i3s/</p>	<p>Funktsionaalsus on realiseeritud Maa-ameti 3D rakendused ning tagatud Integrated mesh scene layer teenusega: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/the-integrated-mesh-scene-layer-in-arcgis-pro.htm</p> <p>Sisuline kirjeldus: https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/scene-layers.htm#GUID-32A8A8BD-234D-4234-9614-EA8A513C59F6</p> 
<p>Kokkuvõte: CesiumJS toetab võrkmodelideid. ArcGIS Maps SDK for JavaScript omab samuti funktsionaalsust ja näidis on juba Maa-ameti 3D-rakenduses ka realiseeritud.</p>		
<p>19. Kas ja kuidas on rakenduses võimalik minna maa-aluste objektide 3D-navigeerimise vaatesse? Kuidas saab realiseerida geoloogiliste andmete 3D-vaate ja navigeerimise?</p>		
<p>Ei kohaldu</p>	<p>EHR 3D-kaksikus on see võimalus loodud nii, et maapind ja kõik sellel paiknevatel kihtidel saab muuta läbipaistvust. Sellisel juhul</p>	<p>ArcGIS Maps SDK for JavaScript võimaldab maa-aluste objektide nägemiseks muuta nii maapinna</p>

	näebki maa all olevaid hooneosi ja võrgurajatisi. Ka 3D objektide kihtidel saab muuta läbipaistvust.	läbipaistvust kui ka maa-alust navigeerimist tehnovõrkude vahel liikumiseks, geoloogia kihtides navigeerimiseks koos sama funktsionaalsusega nagu ka maapealsete objektidega.
Kokkuvõte: Cesium võimaldab muuta maapinna läbipaistvust objektide vaatlemiseks. ArcGIS Maps SDK for JavaScript võimaldab lisaks maapinna läbipaistvusele ka liikuda oma vaatenurgaga maa alla ja seal ringi navigeerida, säilitades rakenduse funktsionaalsused.		
20. Kas veebiplatvormil on 3D-vaates toetatud vokselkihtide kuvamine, navigeerimine ja lõikega vaatamine?		
Ei kohaldu	Alates versioonist 1.101 sisaldab CesiumJS eksperimentaalset vokselkihtide tuge läbi eraldi laienduse 3DTILES_context_voxels. Näide: link Cesium toetab lõikega vaatamist 3DTiles kihtidel. Üks näide siin: https://sandcastle.cesium.com/?src=3D%20Tiles%20Clipping%20Planes.html	Voksel-teenused on osa ArcGIS Maps SDK for JavaScript standard teenustest, detailsemalt funktsionaalsustest ja koodi näidetest: https://developers.arcgis.com/javascript/latest/api-reference/esri-layers-VoxelLayer.html Vokselkihte on võimalik veebirakenduses visualiseerida meelepärasel viisil, filtreerida klasside kaupa, lõigata, mõõta nii joone kui ka alana.
Kokkuvõte: CesiumJS on planeerinud tulevikus vokselkihtide ametliku toe (hetkel veel eksperimentaalne). ArcGIS Maps SDK for JavaScript raamistikus on vokselkihtide tugi juurutatud koos erinevate veebirakenduses kasutatavate funktsionaalsustega.		

CesiumJS-i ja ArcGIS Maps SDK for JavaScripti raamistike tehniline võrdlus

CesiumJS ja ArcGIS Maps SDK for JavaScript on veebipõhised arendusplatvormid, mida saab kasutada 3D-kaardirakenduste loomiseks. Nende kahe vahel on nii erinevusi kui ka sarnasusi, mida võib arvestada arendaja valikul. Allpool on kirjeldatud platvormide olulisemad erisused.

Erinevused:

- ▶ CesiumJS kasutab avatud lähtekoodiga MIT-litsentsi, mis tähendab, et seda saab kasutada tasuta ja ilma piiranguteta. Keerukamateks analüüsideks ja funktsionaalsusteks on vajalik Cesium ion, mis on tasulise litsentsiga. Ennekõike on tasuline litsents vajalik kui kasutatakse pilvepõhiseid teenuseid ja analüüse. ArcGIS Maps SDK for JavaScript tuleb tasuta kaasa ArcGIS-i pilveteenuse või Enterprise'i litsentsiga.
- ▶ CesiumJS kasutab 3D-andmete esitamiseks 3D Tilesi formaati, mis on optimeeritud suuremahuliste ja detailsete 3D-mudelite jaoks. ArcGIS Maps SDK for JavaScript kasutab i3S (Esri Indexed 3D Scene Layer) formaati, mis on standardiseeritud 3D-andmete vahetamiseks ja kuvamiseks. Baasfunktsionaalsus on mõlemal sarnane. 3D Tiles kasutab binaarset glTF-formaati

geomeetria ja tekstuuride kodeerimiseks. I3S kasutab JSON-i ja binaarseid *ArrayBuffer*-eid (ECMAScript) geomeetria ja tekstuuride kodeerimiseks.

- ▶ CesiumJS ja ArcGIS Maps SDK for JavaScript pakuvad sarnaseid baasfunktsionaalsusi 3D-rakenduses navigeerimiseks. Spetsiifiliste funktsioonide osas on erisusi ja mõned võimalused on teostatavad sisseehitatud vahenditega vaid konkreetsetes raamistikutes.

Sarnasused:

- ▶ CesiumJS ja ArcGIS Maps SDK for JavaScript toetavad erinevaid levinumaid veebiservereid ja võimaldavad kohaldada erinevaid juurutusmustreid.
- ▶ Mõlemad toetavad JavaScripti ja TypeScripti programmeerimiskeeli, mis on populaarsed ja paindlikud veebiarenduses.
- ▶ Mõlemad võimaldavad kasutada erinevaid levinud kaarditeenuste standardeid vastavalt tarbitavale andmestikule ja visualiseerida andmestikke ning aluskaarte jooksvalt vastavalt visioonile.
- ▶ Mõlemad võimaldavad luua interaktiivseid ja realistlikke 3D-kaardirakendusi, kasutades virtuaalse maailma mootorit, mis võimaldab oma ruumiaandmed põimida heli, animatsiooni, valgustuse ja palju muuga.


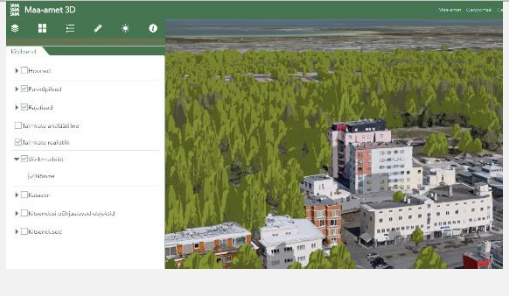
Alternatiivsed raamistikud

Antud analüüsis on käsitletud põhjalikumalt kahte Maa-ametiga seotud platvormi, kuid on veel mitmeid teisi 3D-arenduse keskkondi, mida saab kasutada veebipõhiste 3D-kaardirakenduste loomiseks. Mõned näited:

- ▶ Three.js - JavaScripti raamistik, mis võimaldab luua ja kuvada 3D-graafikat veebibrauseris, kasutades WebGL-i. Three.js pakub palju funktsioone, nagu geomeetria, materjalid, valgustus, animatsioon, varjud, heli, postprotsessimine jne. Three.js on avatud lähtekoodiga ja tasuta kasutamiseks.
- ▶ Babylon.js - tegemist on JavaScripti raamistikuga, mis võimaldab luua ja kuvada 3D-graafikat veebibrauseris, kasutades WebGL-i. Babylon.js on sarnane Three.js-iga, kuid pakub ka mõningaid lisavõimalusi, nagu füüsikamootor, VR- ja AR-tugi, GUI-süsteem jne. Babylon.js on samuti avatud lähtekoodiga ja tasuta kasutamiseks.
- ▶ Mapbox GL JS - JavaScriptil baseeruv raamistik, mis võimaldab luua ja kuvada interaktiivseid kaarte veebibrauseris, kasutades WebGL-i. Mapbox GL JS pakub erinevaid kaardistiile ja andmeid, mida saab kohandada ja muuta. Mapbox GL JS võimaldab lisada kaardile ka 3D-objekte ja efekte, nagu ehitised, maastikud, valgustus jne. Mapbox GL JS on tasuta kasutamiseks teatud piirangutega. Lisaks eksisteerib avatud lähtekoodiga kogukonna projekt MapLibre, mis tekkis Mapbox GL JS-i haruna. MapLibre eesmärk on tagada vektorpõhiste kaartide loomise ja kasutamise vabadus ja avatus.
- ▶ Unity - keskkond on populaarne mängumootor ja arendusplatvorm, mida kasutatakse paljude erinevate žanrite ja platvormide mängude loomiseks. Unity võimaldab arendajatel luua interaktiivseid 2D- ja 3D-maailmu, kasutada füüsikamootorit, heli, animatsiooni, valgustust ja palju muud. Unity toetab mitmeid programmeerimiskeeli, nagu C#, JavaScript ja Boo, ning pakub integreeritud redaktorit, mis võimaldab arendajatel testida ja siluda oma koodi. Unity on saadaval nii tasuta kui ka tasulise litsentsina sõltuvalt arendaja vajadustest ja eesmärkidest. Analüüsis võrreldud platvormidel on mõlemal vastavad liidesed: ArcGIS Maps SDK for Unity ja Cesium for Unity, mis võimaldavad kuvada kaarte ja stseene ning kasutada baasfunktsionaalsusi nagu geokodeerimine, marsruutimine, andmete rikastamine ja ruumilised päringud.

Ruumiandmelahenduste kasutajaliidese ja kasutuskogemuse hindamine 2D-/3D-andmete avalikustamise lõikes

Võrdlus	EHR 3D kaksik	Maa-ameti 3D rakendus
Avavaade Navigeerimine Infopäringud Menüüd		
<p><i>Kirjeldus.</i> Mõlema rakenduse avavaates on kuvatud hoonete 3D-objektid koos maapinna kõrgusmudeliga. Kuna EHR on portaali põhise loogikaga lahendus, siis vasakul paanil on portaali nupud ning kaardi funktsioonide nupud on toodud paremale kaardi peale. Maa-ameti 3D-rakenduses on funktsionaalsused toodud vasakule paanile. Mõlemad rakendused sisaldavad aadressiotsinguid, Maa-ameti 3D-rakendus sisaldab ka huvipunktide otsingut. EHR-i rakenduse kaardi funktsioonid avanevad otse kaardiaknasse, Maa-ameti 3D rakenduse puhul laieneb vasak paan vastavalt teostatavale toimingule. Objektile klikates avaneb EHR-is infoaken staatiliselt paika pandud kohal. Maa-ameti 3D-rakenduse puhul avaneb aken objekti juures, soovi korral on võimalik seda lukustada ekraani äärde staatiliseks.</p> <p><i>Hinnang.</i> Avavaates on kasutajale hea kohe näidata 3D-objekte nagu Maa-ameti 3D-rakenduse puhul, siis kasutaja tunnetab paremini keskkonda, kuhu sattunud on. Funktsiooni nupu avamisel (kihiloend, aluskaardid) tundub intuiitsem paanil avamise loogika, kasutaja näeb korraga tervet kaarti ja saab eraldiseisvalt teha soovitud tegevust. Teatud juhtudel on infoakende liigutamine soovitud esitluskuva jaoks vajalik. Rakendustes hiirega navigeerides esineb erinevusi, kuid kokkuvõttes on see kasutajale harjumuse asi.</p>		
Funktsioonid		
<p><i>Kirjeldus.</i> Rakendustes on baasfunktsionaalsused: varjud vastavalt päevalgusele ja mõõtmise tööriistad.</p> <p><i>Hinnang.</i> Kumbki rakendus ei kajasta raamistike tegelikke võimalusi, kaasatud on kõige elementaarsemad tööriistad. EHR-i 3D-kaksik ja Maa-ameti 3D-rakenduse päevalguse varjude analüüs näitab, kuhu paistab hoonel päike ja kuhu langeb virtuaalmaailmas vari nii hoonetel kui ümbritsevas keskkonnas. EHR-i 3D-kaksiku rakendusse on lisatud rohkem 3D-hoonetest lähtuvaid mõõdistamise tööriistu.</p>		

<p>Kihiloend</p> <p>Andmed</p>		
<p><i>Kirjeldus:</i> Kihiloendist on võimalik lülitada sisse nii 3D-objektidega kihte kui ka 2D-andmete kihte. EHR 3D-kaksik on kaasanud ka väliste partnerite teenuseid nagu 3Di, Maa-amet, Transpordiamet jt.</p> <p><i>Hinnang:</i> 2D- ja 3D-andmeid saab antud kaardimootorites kenasti ühes mudelis koos näidata, samuti on võimalik kaasata väliste partnerite ühilduvaid teenuseid. EHR-i 3D-kaksik on kaasanud rohkem 2D-teemakihte ja Maa-ameti 3D-rakendusse on toodud enam erinevaid 3D-andmete spetsiifilisi kihte nagu 3D-puud, võrkmodel, punktipilved.</p>		

Platvormide võrdlusest tulenevad valikud ja kokkuvõte

Detailsest võrdlusest ja analüüsist selgub, et platvormi valikul on võimalus nii arendada edasi X-GIS-i platvormi, lisades sellele 3D-võimekuse, kui ka arendada valitud platvormil 2D-/3D-rakendus n-ö nullist. Otsustuskohaks saab arenduse lähtekoha valik. Kui 3D-rakendus peab omama kõiki X-GIS-is olemasolevaid funktsionaalsusi ja eksisteerivat 2D-liidest, siis on majanduslikult mõistlik 3D-liides X-GIS-i rakenduse juurde arendada. Arendajate hinnangul on see tehniliselt võimalik. Samas täielik 2D- ja 3D-vaate üksteisega ühildamine sõltub sellest, millised funktsionaalsed nõuded seatakse vaadetele ja nendes kasutatavatele tööriistadele. Tehniliselt saaks 3D-mootor olema erinev 2D-mootorist ja lahendada tuleks väljakutse kasutajaliideste ühildamisel nii välimuselt kui ka funktsionaalsuste kasutamisel.

Rahaliselt soodsam võimalus on arendada nullist iseseisev 3D-rakendus, millel on vaid 3D-spetsiifiline funktsionaalsus. Siis pole vaja realiseerida integratsioone ja sõltuda X-GIS-i rakendusele seatud tehnilistest ja funktsionaalsetest nõuetest. Samas kui soovitakse X-GIS-i rakendusest rohkem olemasolevat funktsionaalsust uude rakendusse taas arendada koos 2D integratsioonidega, siis ühel hetkel tuleb vastu tasuvuspiir, kust edasi tasuks siiski arendada 3D-liides X-GIS-i sisse integreerides. Maa-ameti funktsionaalseks eesmärgiks on saavutada terviklik 2D/3D ühtne rakendus.

Tehnilise poole pealt on Geo3D raames võimalik arendada uus 3D-liides nii eraldiseisvalt kui ka X-GIS-i juurde võrreldud raamistikest nii CesiumJSi kui ka ArcGIS Maps SDK for JavaScripti abil. Samuti on võimalik kasutada mõlemaid koos, ehk katta näiteks CesiumJSi puudujäägid ArcGIS Maps SDK for JavaScripti abil ArcGIS-i platvormi asukohapõhiste teenustega. Detailsemalt on CesiumJS laiendamine ArcGIS Maps SDK for JavaScripti abil lahti kirjutatud siin lingil: <https://developers.arcgis.com/cesiumjs/tutorials/>. Mõlemad raamistikud täidavad ära Geo3D baasfunktsionaalsused, on tänapäevased ja pidevalt arenevad. Lõpliku otsuse saab teha peale tulevase rakenduse detailanalüüsi, mille tulemusel selgub nimekirja soovitatavatest funktsionaalsustest ja nende kasutamise viisidest. Otsustavateks argumentideks võivad saada funktsioonid nagu: hind, geoloogia esitlusviisid, maa-alune navigeerimine, teekonnaarvutused jt. Peale rakenduse detailanalüüsi ja funktsionaalsuste lõplikku nimekirja saavad arendajad valida tööks sobivaima platvormi või erinevate raamistike koosluse.

Muudatusettepanek nr 6 - Maa-ameti praegune ArcGIS Web AppBuilderi põhise 3D-kaardirakenduse uuendamine ArcGIS Experience Builderi raamistikku

Praegu on kasutusel JavaScript 3.x baseeruv Web AppBuilder arendusversioon: <https://developers.arcgis.com/web-appbuilder/>

Uuendada tasuks JavaScript 4.x peal põhinevale ArcGIS Experience Builder arendusversioonile: <https://developers.arcgis.com/experience-builder/>

ArcGIS Experience Builder on sarnase rakenduste loomise võimekusega kasutajaliidesega standard töövahend, kuid erinevalt Web AppBuilder keskkonnast, on aktiivses arengufaasis, omab palju uusi funktsioone, visualiseerimise võimalusi ja täielikult kohandatavat kasutajaliidest. Näiteks areneb iga versiooniga 3D tööriista kast, mis omab praegu juba nii analüütilise kui ka visuaalse eesmärgiga töövahendeid, mille kohta saab lähemalt lugeda siit: <https://doc.arcgis.com/en/experience-builder/latest/configure-widgets/3d-toolbox-widget.htm> .

Kuna Geo3D eesmärkidele vastava lahenduse loomine võtab umbes 1-2 aastat, siis vahepealsel perioodil ei tasu tehnoloogiliselt valitud teel seisma jääda ning tasub ArcGIS Experience Builder rakendusele üle minna. Uue rakenduse loomisele kuluv aeg on koos kujundamise ja testimisega maksimaalselt mõni nädal. Rakenduse uuendamise kasuks räägib kindlasti ka see, et Maa-ametis on olemas kompetents selles raamistikus rakendusi luua ning väliselt ei tule töid sisse tellida. Lahendusele ülemineku miinuseks võib olla see, et kasutajad on juba vana Web AppBuilder kasutajaliidesega harjunud, kuid samas plussiks, et Experience Builderis saab luua kasutajatele veelgi intuitiivsema kasutusloogikaga rakenduse.

6.5. Andmehõive ja kaardistamise tarkvarad

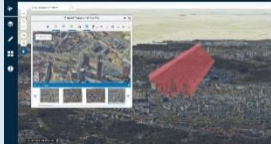
Andmehõive tarkvaralised lahendused

Antud peatükis kirjeldame AFP ja ALS-i praeguste tarkvaraliste lahenduste sobivust 3D loomiseks ja alternatiive läbivalt erinevates protsessides alates andmehõive planeerimisest kuni lõpptoodeteni välja, mis antakse teistele osakondadele sisendiks. Võrdlustabelis kirjeldab Maa-amet kasutusel olevat tarkvara ja kommenteerib selle sobivust. Lisaks tuuakse erinevatele protsessidele välja alternatiivseid tarkvaralahendusi ning võimalusel kommenteeritakse nende olemusi, eeliseid ja üleminekuvõimalusi. Hilisemas detailanalüüsis saab Maa-amet hinnata tehnilisi nõudeid, valida sobiliku litsentseerimismeetodi ja realiseerida mõjuanalüüsi.

Tabel 20. AFP ja ALS tarkvara ja alternatiivid andmehõivest kuni lõpptoodeni

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
Planeerimine	Leica MissionPro, Riegl RiPARAMETER, Applanix POSTrack (Tracker32)	Kasutatakse riistvara tootja poolt pakutud tarkvara	Missionpro on sobilik lennuplaneerimiseks ka laiemalt, kui ainult Leica toodangule		Seadmepõhine - soovitatav kasutada riistvara tootja poolt pakutud tarkvara.
				IGIplan	IGIplan on andmehõive lendude planeerimise tarkvara. Toetades enam kui 600 koordinaatsüsteemi ning kõiki kaameraid ja andureid. Kohaliku koordinaatori tugi, ülemaailmne DEM-i tugi, Online GSD klassifikatsioon, automaatne lennuplaani koostamine, mitmete sensorite tugi ja laialdane import/eksport formaatide võimalus. Mitme anduri tugi.
				TrackAir - snapPLAN	Planeerimistarkvara Track'Air XTrack sisaldab 5 tarkvaramoodulit, mis on ühise andmebaasi abil integreeritud. Kõik need programmid võimaldavad planeerimisprotsessis kasutada rasterkaarte ja DEM-andmeid. SnaPLANi nii automatiseeritud kui ka manuaalse funktsionaalsusega süsteem võimaldab luua ja optimeerida lende. Tarkvara toetab geograafilist ja ruudustikupõhist andmehõive plokkide planeerimist. Võimalik lennu trajektoori on võimalik planeerida käsitsi, automaatselt või vastavalt maastiku kõrguse kõrvalekalletele olemasolevatest DEM-andmetest.

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
Tarkvara lennukis	Leica FlightPro, Riegl RiACQUIRE, Applanix POSTrack	Tarkvara vastavalt andmehõive seadmele	Ainuke võimalus kasutada seadmele kohandatud tarkvara	Seadmepõhine	
Kaldaero-kaamera (KALLE)	Arduino raamistik	Süsteemi juhtimise jaoks on omaloodud kohandatud kood	Vajab kaasajastamist	Oleneb sellest, kas on võimalik uuendada Kalle süsteemi kaameraid, samuti sellest, kas peale aero-kaamera ja laserskanneri uuendamist on lennukis piisavalt ruumi uuendatud Kalle süsteemi jaoks.	
Aero-kaamera andmete maha laadimine	Erinevad skriptid, kopeerimine	Fotode serverisse salvestamiseks kasutatakse oma arendatud lahendust	Probleeme esineb harva.	Seadmepõhine	
Kaldaero-kaamera failid (KALLE)		Füüsiline kopeerimine võrku	Toimib	Lihne failide kopeerimine ühest kaustast teise	
Kaldaero-fotode järeltöötlus (KALLE)	ImageMagick, RawTherapee vabavara	Kasutatakse vastavalt vajadusele erinevaid fototöötluse lahendusi	Paremat lahendust pole leitud, kasutatakse vabavara, pole mõtet muuta.	Adobe Photoshop , Lightroom GIMP	<p>Efektiivne ja lihtne vahend fotode radiomeetriliseks täiustamiseks ja ühtlustamiseks. Võimaldab erinevate lendude andmekogumeid ühtlustada, müra vähendamist, objektiivi parandust, värviparandust jne.</p> <p>GNU Image Manipulation Program (GIMP) on tasuta ja avatud lähtekoodiga rastergraafika töötlustarkvara, mida kasutatakse piltide retušeerimiseks ja formaatide konverteerimiseks. Võimalik laiendada <i>plugin</i>-ate abil ja kasutada skripte.</p>

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
				PhotoPad	Fototöötlustarkvara. Võimaldab eemaldada plekid, parandada värvi, parandada fotode kvaliteeti ja müra, lisada metaandmed; samuti rakendada AI ja masinõpet piltide töötlemiseks.
				Darktable	Darktable on avatud lähtekoodiga fotograafia töötlustarkvara. Värvihaldus, pildikogude haldamine, GPU kiirendatud pilditöötlus.
				DigiKam	digikam on avatud lähtekoodiga digitaalsete fotode töötlustarkvara. Rakendus pakub tööriistad fotode ja töötlemata failide importimiseks, fototöötlemise tegemiseks, fotode haldamiseks, redigeerimiseks ja jagamiseks, haldab töötlemata faile ja võimaldab piltide sildistust.
Orienteeritud kaldaerofotode töötlus				ArcGIS Pro Oriented imagery tööriistad ja selle GitHub repositoorium	<p>Oriented Imagery laiendus võimaldab hallata kataloogis, visualiseerida, kasutada ja analüüsida erinevaid orienteeritud kaldfotode andmestikke 2D- ja 3D-vaates - sealhulgas <i>street view</i>, 360-kraadi, drooni-, lennuki-, video- ja maapealseid pilte. Orienteeritud kaldfotosid saab vaadata ja töödelda, hallata ja jagada kasutades ArcGIS Pro lisandmoodulit Oriented Imagery. Loodud kaldfotode kataloogis on võimalik 3D ruumis näha orienteeritud foto pildistamise asukohta, vaate kaldenurka, ning 3D ja 2D pildil pärida viidatud asukohti ja objekte.</p> 
	Novatel Inertial Explorer,	Aerokaamera ja -laser-	Ainuke võimalus kasutada seadme	Seadme põhinev - seadme tootja poolt ettenähtud tarkvara. Võimalik alternatiiv:	

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
Trajektoori arvutus	Applanix POSPac MMS	skanneri trajektoori arvutamine	tootja poolt ettenähtud tarkvara	OxTS NAVsuite	OXTS NAVsuite pakub tööriistu GNSS-i ja inertsiiaalsete andmete töötlemiseks. See võimaldab andmete salvestamist, töötlemist, visualiseerimist ja analüüsi.
ALS-i toorandmete töötlus	Riegl RiPROCESS	Lennukist tulevate toorandmete töötlus ja LAZ-failide genereerimine	Seadme spetsiifiline	Seadme põhine	
ALS-i järeltöötlus	TerraSolid, LAsTools	Moodulid TerraScan, TerraMatch, TerraModeler, mida kasutatakse andmestiku kaardi-lehtedeks jaotamiseks, tasandamiseks ja teatud määral klassifitseerimiseks. Lisaks kasutatakse LAsToolsi tarkvara andmete klassifitseerimiseks ja erinevateks	Jätkame sama tarkvaraga, kõik sobib. Kui tuleb midagi paremat, oleme valmis muutma töövoogu	ArcGIS PRO	Lidari tööriistad punktipilve klassifitseerimiseks, filtreerimiseks, süvaõppemudelite loomiseks ja rakendamiseks, punktipilve koloreerimiseks ja visualiseerimiseks, pinnamudelite moodustamiseks, statistikute arvutamiseks ja 3D objektide loomiseks.
				TerraSolid TerraScan	Lidarpunktide pilve töötlemise tarkvara, mis pakub tööriistu punktipilve andmete filtreerimiseks, klassifitseerimiseks, modelleerimiseks ja analüüsimiseks. See on ühilduv enamiku lidarsensoritega ja võimaldab töödelda suuri andmekogumeid. TerraScan on tuntud oma kiiruse ja täpsuse poolest punktipilvede töötlemisel
				Applied Imagery LLC - Quick Terrain Modeler	3D punktipilve ja kõrgusmudelite visualiseerimise tarkvarapakettideks lidarandmetele. Võimaldab töötada suurte andmehulkadega, renderdada, kiiret analüüsi ja erinevate väljundite eksporti. Quick Terrain Modeler on tuntud oma põhjalike kvaliteedikontrolli tööriistade poolest.
				QCoherent Software LLC - LP360	Lidarpunktipilve töötlemise tarkvara, mis pakub tööriistu punktipilve andmete filtreerimiseks, klassifitseerimiseks, modelleerimiseks ja analüüsimiseks. On ühilduv enamiku lidarsensoritega ja võimaldab töödelda suuri andmekogumeid. LP360 on tuntud oma lihtsa integreerimise poolest teiste GIS-tarkvarapakettidega .
				Fugro Viewer	Tarkvarapakett, mis võimaldab kasutajatel vaadata, analüüsida ja jagada georuumilisi andmeid. See sisaldab tööriistu punktipilve andmete töötlemiseks, filtreerimiseks, klassifitseerimiseks ja modelleerimiseks.

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
		andmetöötlus protsessideks. Graafiline keskkond Microstation peale ehitatud		Global Mapper	Tarkvarapakett, mis sisaldab tööriistu punktipilve andmete töötlemiseks, filtreerimiseks, klassifitseerimiseks ja modelleerimiseks. Ühildub enamiku lidarsensoritega ja võimaldab töödelda suuri andmekogumeid.
				CloudCompare	Avatud lähtekoodiga tarkvarapakett, mis pakub tööriistu punktipilve andmete töötlemiseks, ja kõrgmudeli modelleerimiseks. Ühildub paljude lidarsensoritega ja võimaldab töödelda suuri andmekogumeid.
				Agisoft Professional	Punktipilvede töötlus ja klassifitseerimine. Automaatne mitmeklassiline punktide klassifitseerimine edasise rekonstrueerimise kohandamiseks.
				DAT/EM Systems International	LandScape 2 - Punktipilve töötlus komplekt, mis sisaldab laias valikus automaatseid ja interaktiivseid tööriistu punktipilve klassifitseerimiseks ning vektorandmete tuletamiseks. Täiustatud digiteerimistööriistade jaoks võib lisada täiendavaid kaasmooduleid DAT/EM Capture™. Toetab laialdaselt formaate ja on lihtsasti liidestatav (AutoCAD, MicroStation, ArcGIS, Global Mapper jne)
Aerofotode esmatöötlus	Leica XPro (moodulid Data Preparation, Block Preparation)	Kasutatakse riistvaraga kaasa tulevat lahendust	Seadme spetsiifiline	Seadmepõhine	
Aero-triangulatsioon	Leica Xpro (moodul Triangulation) + ORIMA	Aerofotode tasandamine	Hetkel puuduvad alternatiivid. Uue kaamera ostu puhul (kaaderkaamera) on võimalik tarkvara valida.	ArcGIS RealityStudio	Üleriigilise reaalsusmudeli loomiseks ja andmekogude töötlemise tarkvara. Reality Studio pakub sisukat aerotriangulatsioonimoodulit, mis hõlmab sidepunktide sidumist, <i>bundle block</i> reguleerimist ja ka käsitsi punktide mõõdistamist, tagades kaldandmete täpse kaasamise.
				Trimble Inpho Match-AT	Täisautomaatne aerotriangulatsioonipakett erinevatele sensoritele. Töötlus on eraldiseisev lennutrajektoorist ning võimaldab ka ebakorrapärasest trajektoori. Automaatne sõimpunktide otsimine, kontroll ja analüüs. Kvaliteedikontroll, GPS-i ja IMU andmete tugi.
				Agisoft Professional ,	Fotogramm-meetriline triangulatsioon. Toetab erinevat tüüpi andmestikku: õhust (nadiir, kaldus), lähi-, satelliidipilte. Automaatne kalibreerimine: kaader, 154sfäärilised ja silindrilised kaamerad. Toetab erinevate sensorite andmestiku koostöötlust.

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
				Agisoft PhotoScan	
				Bentley ContextCapture	Kaamera ja AT parameetrid seatakse automaatselt olenevalt imporditud fotodest ja metaandmetest. Kuid Bentley ContextCapture võimaldab testida ja muuta erinevaid aerotriangulatsiooni konfiguratsioone, neid soovi korral muuta või algeadistada.
				Hexagon, IMAGINE Photogrammetry	Integreeritud tarkvaratööriistade kogum, digitaalse kaardistamise, rasterytööluse, GIS-rasteranalüüsi ja 3D-visualiseerimise vajaduste jaoks. Aerotriangulatsioon andmete sidumiseks ja maapealsete kontrollpunktide lisamine täiendavaks andmetöötluseks, kõrgusmodelite eraldamiseks, redigeerimiseks ja ortorektifikatsiooniks.
Aerofotode ja ortofotode genereerimine	Leica Xpro (moodul Product Generator)	Siin etapis kasutatakse jagatud arvutus-tehnoloogia protsesse	Hetkel puuduvad alternatiivid	Seadmepõhine - kaamera RAW andmetest esmaste aerofotode genereerimine, milleks kasutatakse kaameratootja tarkvara.	
Mosaiikimine	Trimble Inpho OrthoVista, ERDAS IMAGINE MosaicPro, ArcMap	Lisaks kasutatakse ka omaloodud veebikeskkonda	Editeerimiseks veebikeskkond parim. Plaan jätkata samade vahenditega suure tõesäisusega	ArcGIS RealityStudio , ArcGIS Pro Ortho Mapping	<p>ArcGIS Pro Ortho Mapping - laiendus kõrgusmodelite ja traditsioonilise ortofoto mosaiigi tegemiseks. Kujutiste geomeetriliste moonutuste parandamiseks plokkide kohandamine, triangulatsiooni, sõlm- ja kontrollpunktide rakendamine. Suurusepiirangud - 100 GP droonide ja kaaderkaamera andmetele. 1000 GP skaneeritud aeropiltidele. Satelliidipiltide suurusepiirangud puuduvad</p> <p>Reality Studio - Üleriigilise reaalsusmodeli ja georefereeritud õige ortomosaiigi loomise tarkvarakomplekt. Kuna ArcGIS Reality Studio tooted on kõik läbinisti automatiseeritud protsessi tulemus, muutub ka suuremate alade uuendamine pigem arvutusvõimsuse kui inimressursi küsimuseks. ArcGIS RealityStudio võimaldab toota tõesest ortofotot mis tahes kaadersensoriga. Erinevalt traditsioonilisest ortofotost on tõesest ortofoto loomine täisautomaatne toode. Kalduvusefekt eemaldatakse täielikult tuletades hoone asukohad automaatselt kasutades fotogramm-meetrilisi punktipilvi ja detailset pinnamudelit. Olemas liikuvate objektide</p>

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
					eemaldamise tööriistad müravaba tõese ortofoto loomiseks. Kui uus kaamera on kaaderkaamera ja TrueOrtho fotod tehakse ArcGIS Reality stuudioga, pole mosaiikimine enam vajalik. Tõene ortofoto oleks tuletatud rasteriseeritud pinnamudeli põhjal ning talletatud eraldiseisvate plaatide komplektina. Vastavalt vajadustele on võimalik plaatide suurusi muuta.
				Agisoft Professional	Võimaldab luua georefereeritud ortomosaiiki (GeoTIFF ja KML-failid). Võimaldab eksportida suurte projektide jaoks plokkidena ja värvikorrektsiooni. Olemas liikuvate objektide eemaldamise filter. Kohandatud tasapinnalise ja silindrilise projektsiooni valikud lähiprojektide jaoks.
				Hexagon, IMAGINE Photogrammetry	Ortomosaiikide loomine sadadest andmekihtidest. Integreeritud tarkvaratööriistade kogum, digitaalse kaardistamise, rastertöötuse, GIS-rasteranalüüsi ja 3D-visualiseerimise vajaduste jaoks.
				Bentley ContextCapture	Sisaldab Descartes tööriistakasti, millega on võimalik luua sujuva mosaiigi kattuvate erinevatest sisenditest. Lisaks võimaldab värvitöötlust ühtlasema mosaiigi loomiseks.
Ortofoto tootmine	Vabavara (GDAL jne)	Antud protsessi on loodud oma arendused ortofotode ühtlustamiseks ja viimistlemiseks	Kiire, hea, kasutab jagatud arvutust. Võimalusel kohandada uue kaameraga	ArcGIS Reality Suite ArcGIS RealityStudio ArcGIS Pro Ortho Mapping	<p>Üleriigilise reaalsusmudeli loomise tarkvarakomplekt. ArcGIS RealityStudio täisautomaatseks tõese ortofoto tootmiseks, mistahes kaadersensoriga. Kalduvusefekt eemaldatakse täielikult tuletades hoone asukohad automaatselt kasutades fotogramm-meetrilisi punktivilvi ja detailset pinnamudelit.</p> <p>ArcGIS Pro Ortho Mapping - standard laiendus traditsioonilise ortofoto tegemiseks. Kujutiste geomeetriliste moonutuste parandamiseks plokkide kohandamine, triangulatsiooni- ja kontrollpunktide rakendamine. Suurusepiirangud - 100 GP droonide ja kaaderkaamera andmetele. 1000 GP skaneeritud aeropiltidele. Satelliidipiltide suurusepiirangud puuduvad</p>
				Reality Modeling WorkSuite	Bentley Reality Modeling WorkSuite. Sisaldab endas Reality Data Management ja iTwin Capture Modeler paketti. Võimaldab töötada suurte, ülelinnaliste ja paljudest allikatest pärit andmetega, seal hulgas

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
					punktipilvede, aerofotode ja tekstureeritud 3D-meshiga. Võimaldab luua ortomosaiike.
				Agisoft Professional	Võimaldab luua georefereeritud ortomosaiiki (GeoTIFF ja KML-failid). Võimaldab eksportida suurte projektide jaoks plokkidena ja värvikorrektsiooni. Olemas liikuvate objektide eemaldamise filter. Kohandatud tasapinnalise ja silindrilise projektsiooni valikud lähiprojektide jaoks.
Kõrgus- mudeli töötlus	ERDAS IMAGINE LPS	Kõrgusmudeli töötluks kasutatakse moodulit Terrain Editor	Toimib aga tuleb otsida paremaid alternatiive	<p>ArcGIS Reality Suite ArcGIS Reality for ArcGIS Pro</p> <p>ArcGIS Pro Ortho Mapping</p> <p>3D Analyst</p> <p>Arc Hydro</p> <p>*ArcGIS Reality studio</p> <p>Agisoft Professional</p> <p>Socet GXP</p>	<p>Stereopiltide ja fotogrammeetriliste algoritmide alusel on võimalik kõrgusmudeleid luua kasutades ArcGIS Reality for ArcGIS Pro või ArcGIS Pro Ortho Mapping tarkvarasid.</p> <p>ALS andmete alusel on võimalik kõrgusmudeleid teha kasutades ArcGIS Pro 3D Analyst - Surface tööriistakasti. Olemas erinevad tööriistad ja interpolatsioonimeetodid kõrgusmudelite (raster, TIN, kõrguspunktid, kontuurid, pinnad) loomiseks.</p> <p>Arc Hydro - Arc Hydro Terrain Preprocessing toolset sisaldab hüdroloogia lisatööriistad, mis võimaldavad luua maastikumudeleid arvestades lisaks hüdroloogiliste teguritega, täpsema mudeli loomiseks.</p> <p>*ArcGIS Reality studio - ArcGIS Reality aluseks oleva nFrames SURE mootor juba võimaldab kõrgusmudelite tootmist, kuid ArcGIS Reality studiosse integreeritakse üleriikliku kõrgusmudelite loomine 2024. aastal.</p> <p>Kõrgusmudelite (DSM/DTM) genereerimine ja redigeerimine. Algne georeferents põhineb EXIF-i metaandmetel/lennulogil, GCP-andmetel. Konfigureeritavad vertikaalsed daatumid, mis põhinevad geoidi lainetusvõrkudel.</p> <p>SOCET GXP võimaldab pildianalüüsi, fotogramm-meetriat, objektide tuvastust ja 3-D visualiseerimist kaugseire andmetelt. Võimaldab sõlmpunktide töötlust, kõrgusmudelite (DSM, DEM) genereerimist, automaatset objektide tuvastust ja segmenteerimist.</p>

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
				RealityCapture	Ultra-realistlike 3D-mudelite loomise tarkvara. Võimaldab aerofotode ja/või punktipilve baasil luua võrkmodelleid, kõrgusmodelle, punktipilve koloreerimist, georefereerimist, kontrollpunktide kasutust, ruumilisi mõõtmisi jne.
				RhinoTerrain	Kõrgusmodelite loomise tarkvara. Võimaldab geomeetrilisi ja topoloogia arvutusi, algandmete optimeerimist, loodud modelite töötlust ja analüüsi. Toetab hulganisti erinevaid import/exprot formaate: ArcInfo ASCII, USGS DEM, Jaapani DEM, SRTM-i andmed HGT-vormingus, Esri ShapeFile, GeoTiffi, DEM JPGIS GML-failidest, XYZ ASCII, LAS (.las /.laz), Leica Cyclone (.pts), Topcon (.c13), LandXML jne.
Võrkmodeli genereerimine (3D photomesh) (lennuki abil kogutud andmed)				ArcGIS Reality Suite RealityStudio	ArcGIS RealityStudio võimaldab täisautomaatselt toota 3D-võrkmodelleid, mistahes sensoriga OSGB, i3s, 3Dtiles, OBJ ja DAE formaadis. Võrkmodelitelt on võimalik eemaldada automaatselt liikuvad objektid (nt sõidukid), mis loob puhtama mudeli. Samuti võimalik eemaldada peegeldused veepinnalt või hoonetelt. Kvaliteedikontroll ja statistikud igal sammul. Tänu i3S-formaadile on võimalik ArcGIS-i ökosüsteemis kasutada. Mudeli uuendamine toimub automeeritud protsessina ning oleneb eelõige pigem arvutusvõimsusest ja inimressursist.
				Bentley Reality Modeling WorkSuite	Bentley reaalsusmodeli tarkvara, mis sisaldab iTwin Capture Modeler ja Reality Data Management tarkvara. Erineva suurusega projektidele. Võimaldab luua kaldfotodest ja/või punktipilvedest võrkmodelleid, tõesest ortofotot ja kõrgusmodelleid.
				Agisoft Metashape Professional	Ülelinnalise võrkmodeli genereerimine ja tekstuuri lisamine. Võimaldab luua punktipilvi, kõrgusmodelleid, tõesest ortofotot, ja 3D võrkmodelleid. Olemas liides Cesiumis publitseerimiseks.
				RealityCapture	Ultra-realistlike 3D-mudelite loomise tarkvara. Võimaldab aerofotode ja/või punktipilve baasil luua võrkmodelleid, kõrgusmodelle, punktipilve koloreerimist, georefereerimist, kontrollpunktide kasutust, ruumilisi mõõtmisi jne. Lisaks võimaldab luua 3D-andmetest ortograafilisi pilte (näiteks fassaadi pildid).
				Skyline PhotoMesh	Skyline Software tootja tarkvara 3D-mudelite loomiseks. Võimaldab luua võrkmodelleid, tõesest ortofotot, punktipilvi, kõrgusmodelleid.

Protsess	Tarkvara	Kommentaar	Maa-ameti kogemus, hinnang sobivusele	Alternatiivne/uus tarkvara	Kommentaar
					Automatiseeritud töövoog ning sobilik erinevates suurustes projektidele. Võimaldab pilvepõhist arvutust.
Võrkmodeli genereerimine (drooni abil kogutud andmed)	OpenDrone Map, UASMaster	Hetkel kasutanud droonifotode alusel tootmist		<p>ArcGIS Reality Suite Drone2Map SiteScan</p> <p>DJI Terra</p> <p>Pix4D</p> <p>Mapware</p>	<p>Drone2Map - Droonitarkvara automaatseks 3D mesh-i loomiseks, ArcGIS-i ökosüsteemis integreeritud.</p> <p>SiteScan - automaatseks 3D meshi ja kõrgusmodelite loomiseks, ArcGIS-i ökosüsteemis integreeritud. Suure droonipargi ühtseks kasutuseks. Pilvepõhine aeromöödistuste keskkond. Pilvepõhine andmehaldus, - töötlus ja -analüüs. Terviklik töövoog - droonide, lendude, akude, projektide ja meeskonna haldus ja koostöö võimalus. Töötleb kuni 2500 pilti korraga.</p> <p>DJI Terra on lihtsalt kasutatav droonide kaardistamise tarkvara, mis toetab laialdaselt erinevaid sensoreid.</p> <p>PIX4Dmatic - <i>desktop</i>-tarkvara võimaldab töödelda suuri andmemahte, tuhandeid pilte. Täielikult automatiseeritud töövoog, lihtne integratsioon ja kvaliteedikontroll. Väljundid punktipilved, ortomosaiigid, pinna- ja võrkmodelid. PIX4Dcloud - veebiplatvorm kaardistamiseks, töötluks, jälgimiseks ja dokumenteerimiseks.</p> <p>Pilvepõhine tarkvara, mis ühendab kaardistamise alates lennu planeerimisest ja andmete kogumisest kuni ruumianalüüsini. Võimaldab töödelda suuri andmehulki ning luua ortofotosid, kõrgusmudeleid ja võrkmodelid.</p>

AFP- ja ALSandmete tootmises on vajalik kasutada laia spektrit erinevate funktsionaalsustega tarkvaralahendusi. Erinevate mittühilduvate tarkvarade vahel navigeerimine võib aga aeglustada protsesse andmestike ja väljundite ristikasutamisel. Seetõttu tasub tarkvaralahendusi kaaludes eelistada integreeritud ökosüsteeme, mis tabelist ka läbi käisid ning milles on andmehaldus lihtsustatud läbi liidestatud süsteemi, läbivalt erinevates protsessides, alates andmehõive planeerimisest kuni lõpptoodeteni välja.

Kaardistamise tarkvaraplatvormide võrdlus

Antud peatükis anname ülevaate saadaolevatest geograafiliste infosüsteemide platvormidest ning koostame ärianalüüsi detailsusega võrdlustabeli peamistele alternatiividele sobivuse, maksumuse ja ülemineku riskide kohalt.

Geograafilised infosüsteemid on süsteemid, mis võimaldavad ruumiliste andmete kogumist, haldamist, analüüsi ja esitust. Geograafiliste infosüsteemide platvormid on tarkvara- või veebipõhised lahendused, mis pakuvad geograafiliste infosüsteemide funktsionaalsust. Levinumad geograafiliste infosüsteemide platvormid on järgnevad:

- ▶ ArcGIS: ArcGIS on Esri poolt loodud geograafilise infosüsteemi tarkvara, mis koosneb erinevatest komponentidest, nagu ArcMap, ArcGIS Pro, ArcGIS Online, ArcGIS Enterprise jne. ArcGIS võimaldab luua, hallata, analüüsida ja jagada ruumilisi andmeid erinevates formaatides ja projektides.
- ▶ QGIS on avatud lähtekoodiga geograafilise infosüsteemi tarkvara, mis töötab erinevatel operatsioonisüsteemidel, nagu Windows, Mac OS X, Linux jne. QGIS toetab mitmesuguseid vektor-, raster- ja andmebaasiformaate ning pakub erinevaid ruumianalüüsi ja kaardistamise tööriistu.
- ▶ GRASS GIS tarkvara on tasuta geograafilise informatsiooni süsteemi (GIS) tarkvara, mida kasutatakse ruumiandmete haldamiseks ja analüüsiks, pilditötluseks, graafika ja kaartide tootmiseks, ruumiliseks modelleerimiseks ja visualiseerimiseks. GRASS GIS tarkvara pakub raster-, vektor- ja asukohapõhiseid tötlusmootoreid ühes integreeritud tarkvarakomplektis. Tarkvara sisaldab tööriistu maastiku ja ökosüsteemi modelleerimiseks, hüdroloogiaks, raster- ja vektorandmete visualiseerimiseks, asukohapõhiste andmete haldamiseks ja analüüsiks ning satelliidi- ja aerofotode töötlemiseks. GRASS GIS tarkvara on loodud OSGeo fondi poolt ja on OGC kogukonna standard.
- ▶ Hexagon GeoMedia GIS platvorm on geograafilise andmetötluse lahendus, mis võimaldab erinevatest allikatest pärit andmeid ühendada ja analüüsida. Hexagoni GIS platvorm võimaldab luua interaktiivseid kaarte, analüüsida ruumilisi andmeid, teha fotogramm-meetrilisi tötlusi, hallata suuri andmehulki jne.
- ▶ Bentley GIS lahendused on geograafilise informatsiooni süsteemid, mis võimaldavad luua, hallata, analüüsida ja jagada oma geograafilisi, inseneri- ja äriandmeid MicroStation keskkonnas. Bentley GIS lahendused põhinevad OpenCities Map tootel, mis on geograafiline tarkvara digitaalsete linnade jaoks.
- ▶ Mapinfo tarkvara on geograafilise informatsiooni süsteemi (GIS) platvorm, mis võimaldab luua, analüüsida ja visualiseerida ruumiandmeid erinevates valdkondades, nagu planeerimine, keskkond, transport, telekommunikatsioon ja turvalisus. Mapinfo tarkvara koosneb neljast peamisest tootest: MapInfo Pro, MapInfo Manager, MapInfo Stratus ja MapInfo Marketplace. Tarkvara tootja Precisely pakub ka Spectrum Spatial lahendust, mis on enne kõike andmete veebipõhiseks loomiseks ja jagamiseks pilveskeskkonnas.
- ▶ GEsmlworld GIS lahendused on geograafilise informatsiooni süsteemid, mis võimaldavad modelleerida ja hallata erinevaid võrgustikke, nagu elektri-, gaasi-, vee- ja telekommunikatsioonivõrgud. GEsmlworld GIS lahendused põhinevad Smallworld Core Spatial

Technology-I, mis on objekt-orienteeritud, andmebaasipõhine toode, mis pakub sobilikku arhitektuuri paljudele rakendustele, mis vajavad ruumilist informatsiooni. GEsallworld GIS lahendused aitavad peamiselt parandada võrgu planeerimist, projekteerimist, analüüsi ja hooldust.

Tulenevalt nimetatud ja teiste platvormide olemusest, sisalduvatest toodetest, võimalikest kasutusviisidest ja Maa-ameti jaoks vajalike funktsionaalsuste olemasolust on mõistlik käesolevas analüüsis detailsemalt võrrelda ArcGIS ja QGIS platvorme. ArcGIS on võrdluses, kuna on hetkel Maa-ameti ruumiandmete kaardistuse haldamise peamine platvormi komponent. QGIS on lisatud võrdlusesse levinud avatud lähtekoodiga ruumiandmete haldamise platvormina.

ArcGIS ja QGIS on kaks populaarsemat ruumiandmete kogumist, haldamist, analüüsi ja esitamist võimaldavat platvormi. Tarkvarade vahel on mitmeid erinevusi alates funktsionaalsustest ja litsentsimisest kuni kasutajaliidese, andmete toetuse ja geotöötluseni. Allpool on toodud peamised võrreldavad aspektid ArcGIS ja QGIS vahel võrdlustabeli ning funktsionaalsuste loetelude kujul.

Tabel 21. ArcGIS ja QGIS tarkvarade peamised karakteristikud

Kriteerium	ArcGIS	QGIS
Litsents	Kommertstarkvara. Maa-amet omab kõiki vajalikke litsentse tänu KeMIT-i 2025 aasta septembrini kehtivale organisatsioonilepingule, mis tagab nii praegused vajadused kui ka tuleviku arenduste mahud.	Avatud lähtekoodiga tarkvara, mis on tasuta ja vabalt muudetav. QGIS on Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). QGIS arendust koordineerib Project Steering Committee (PSC).
Kasutajaliides	Lihne ja intuiitiivne kasutajaliides, mis võimaldab lisada erinevaid andmeid ühe nupuvajutusega. Nii töökohatarkvara, Enterprise lahendused kui ka pilvetehnoloogia on loodud kasutades tänapäevaseid tehnoloogiaid ja parimaid praktikaid.	Mitmekesine ja kohandatav kasutajaliides, mis võimaldab käivitada kasutajaliidest erinevaid funktsionaalsusi ning andmete importi ja töötluseid.
Andmeformaate toetus	Toetab paljusid vektor-, raster- ja andmebaasiformaate. Projitseerib andmed lennult vastavalt esimese kihi koordinaatsüsteemile. Võimaldab kasutada Python-it ja FME tööriistu läbi Interoperability laienduse väga laia spektri erinevate formaatide toeks.	Toetab üle 70 vektorformaadi ja mitmeid raster- ja andmebaasiformaate tänu GDAL/OGR raamatukogule. Võimaldab määrata globaalseid ja projekteeritud koordinaatsüsteeme kihtidele ning luua kohandatud koordinaatsüsteeme.
Geotöötlus	Pakub võimsaid ja funktsionaalseid laia variatsiooniga geotöötluste tööriistu. Võimaldab luua geotöötluste töövooge ModelBuilderi abil ja omab integratsiooni kõikide Python võimalustega.	Pakub samuti paljusid geotöötluste tööriistu. Võimaldab luua geotöötluste töövooge graafilise modelleerija abil. Samuti on töövood laiendatavad Pythoniga PyQGIS abil, mille spetsifikatsiooni leiab: PyQGIS Developer Cookbook
Tehisintellekt	ArcGIS omab eraldi lahendust Deep Learning Studio, millega kaasnevad valmis mudelite paketid. Samuti on võimalus integreerida Python võimalusi. Detailsemad kasutusnäited: https://www.esri.com/en-us/artificial-intelligence/overview	Ka QGIS toetab AI abil analüüse, mis loob võimaluse luua nutikaid ja innovaatilisi lahendusi erinevatele ruumilistele ülesannetele.

Peamised ArcGIS ja QGIS vahelised erinevused andmete haldamise osas on toodud allpool.

Andmehalduse tööriistad:

- ▶ ArcGIS kasutab andmehalduseks ArcGIS Pro töökohatarkvara, mis võimaldab kasutajatel sirvida, lisada, kustutada, muuta ja korraldada oma ruumiandmeid erinevates kaustades ja andmebaasides. ArcGIS Pro omab võimekust ühenduda erinevate MS SQL, PostgreSQL, Oracle jt andmebaasi platvormidega.
- ▶ QGIS võimaldab kasutajatel sirvida, lisada, kustutada, muuta ja korraldada oma ruumiandmeid erinevates kaustades ja andmebaasides. Lisaks sellele võimaldab kasutajatel luua, hallata ja ühenduda erinevate ruumiandmebaasidega, nagu PostGIS, Spatialite, Oracle Spatial jne.

Andmebaaside toetus:

- ▶ ArcGIS toetab mitmesuguseid keskseid ruumiandmebaaside platvorme (PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle jt). Terviklik ArcGIS funktsionaalsus on kasutatav Esri geoandmebaasi formaadi puhul, aga toetatud on ka andmebaaside *native* ruumiandmete formaadid.
- ▶ QGIS toetab samuti mitmesuguseid ruumiandmebaase, nagu PostGIS, Spatialite, Oracle Spatial, Microsoft SQL Server Spatial jne. QGIS ei paku omaenda geoandmebaasi formaati, vaid kasutab avatud lähtekoodiga andmebaase nagu PostGIS ja Spatialite.

Andmevormingud:

- ▶ ArcGIS toetab paljusid vektor-, raster- ja andmebaasiformaate. ArcGIS projitseerib andmed lennult vastavalt esimese kihi koordinaatsüsteemile. Lisaks on ArcGIS integreeritav kõikide Python andmehalduse tööriistadega, FME tarkvaraga ja omab enda eraldi andmete impordi ja ekspordi laiendust nimega Data Interoperability.
- ▶ QGIS toetab üle 70 vektorformaadi ja mitmeid raster- ja andmebaasiformaate tänu GDAL/OGR raamatukogule. QGIS võimaldab määrata globaalseid ja projekteeritud koordinaatsüsteeme kihtidele ning luua kohandatud koordinaatsüsteeme.

Stereokaardistus:

- ▶ Stereokaardistuse kasutamiseks vajate mõlemas tarkvaraga stereoskoopilist võimekust oma arvutisüsteemis. ArcGIS Pro stereokaardistus on võimalus vaadata ja töötada stereopaaridega ning koguda 3D-objekte. Stereokaardil redigeerimise võimekus on sarnane ArcGIS Pro standardse . andmete loomise ja muutmise võimekusega. Redigeerimise ajal saate kasutada olemasolevaid kihte, sümboleid ja malle. Teie loodud või redigeeritud objektide väljund salvestatakse otse geobaasi andmebaasi ja toetatud on mitme kasutaja samaaegsed redigeerimisvood. ArcGIS Pro toetab Eesti geoidi kasutust. Stereokaardistuse kasutamiseks on vajalik ArcGIS Image Analyst litsents.
- ▶ QGIS-i puhul on stereokaardistuseks võimalik kasutada välist tarkvara nagu EspaCity. See sisaldab mitmesuguseid tööriistu ja funktsioone, mis võimaldavad täpselt mõõta ruumiandmeid, nagu hooned, teed ja maastikuvormid, digitaalsetest aerofotodest. EspaCity on loodud ESPA Systems Oy poolt. EspaCity võimaldab teil vaadata ja töötada stereopaaridega ning koguda 3D-objekte.

Andmete esitlus:

- ▶ ArcGIS võimaldab luua ja kohandada interaktiivseid kaarte ja rakendusi ArcGIS Pro või ArcGIS Online abil. ArcGIS pakub erinevaid kaardistiile ja andmeallikaid ning võimaldab integreerida kaarte erinevate platvormidega, nagu veebilehed, mobiilirakendused, VR/AR jne.
- ▶ QGIS võimaldab samuti luua ja kohandada interaktiivseid kaarte ja rakendusi QGIS Desktop või QGIS Web abil. QGIS pakub samuti erinevaid kaardistiile ja andmeallikaid ning võimaldab integreerida kaarte erinevate platvormidega, nagu veebilehed, mobiilirakendused, VR/AR jne.

3D-andmete loomine ja töötlemine:

- ▶ ArcGIS võimaldab luua 3D-andmeid erinevatest allikatest, nagu vektor, raster- ja punktipilveandmed, CAD- ja BIM-mudelid, satelliit- ja droonifotod jne. ArcGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu ArcGIS Pro, ArcGIS CityEngine, ArcGIS Drone2Map jne. ArcGIS võimaldab ka luua elavaid digitaalseid kaksikuid, mis on dünaamilised 3D-mudelid reaalse maailma objektidest ja protsessidest.¹⁰⁰
- ▶ QGIS võimaldab samuti luua 3D-andmeid erinevatest allikatest, nagu vektor-, raster- ja punktipilveandmed, CAD- ja BIM-mudelid, satelliit- ja droonifotod jne. QGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu QGIS Desktop, QGIS 3D Viewer, LASTools jne. QGIS ei paku omaenda lahendust elavate digitaalsete kaksikute loomiseks, kuid võimaldab integreerida teisi platvorme.

3D-andmete visualiseerimine:

- ▶ ArcGIS võimaldab visualiseerida 3D-andmeid interaktiivsetes stseenides ja rakendustes, mis pakuvad realistlikke ja detailseid vaateid ruumilistele objektidele ja nähtustele. ArcGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu ArcGIS Pro, ArcGIS Enterprise, ArcGIS Online, ArcGIS Earth jne. ArcGIS pakub ka erinevaid 3D kaardistiile ja andmeallikaid ning võimaldab integreerida 3D stseene erinevate platvormidega, nagu veebilehed, mobiilirakendused, VR/AR jne.
- ▶ QGIS võimaldab samuti visualiseerida 3D-andmeid interaktiivsetes stseenides ja rakendustes, mis pakuvad realistlikke ja detailseid vaateid ruumilistele objektidele ja nähtustele. QGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu QGIS Desktop, QGIS 3D Viewer, QGIS Web jne.

3D-andmete analüüs:

- ▶ ArcGIS võimaldab analüüsida 3D-andmeid mitmesuguste geotöötuse tööriistade ja ruumifunktsioonide abil, mis võimaldavad teostada ruumilisi mõõtmisi, päringuid, modelleerimist, simulatsiooni jne. ArcGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu ArcGIS Pro, ArcGIS Enterprise, ArcGIS Online, ArcGIS Insights jne. ArcGIS võimaldab ka analüüsida mitmemõõtmelisi andmeid, nagu aeg ja sügavus ning vokslite kujul, mis on 3D pikslid.
- ▶ QGIS võimaldab samuti analüüsida 3D-andmeid mitmesuguste geotöötuse tööriistade ja ruumifunktsioonide abil, mis võimaldavad teostada ruumilisi mõõtmisi, päringuid, modelleerimist, simulatsiooni jne. QGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu QGIS Desktop, QGIS Processing, QGIS Graphical Modeler jne. QGIS võimaldab samuti analüüsida mitmemõõtmelisi andmeid, nagu aeg ja sügavus ja vokselkihid.

3D-andmete jagamine:

- ▶ ArcGIS võimaldab jagada 3D-andmeid ja stseene veebis ja mobiilis erinevate formaatide ja teenuste kaudu, nagu web scene layer, scene service, web scene, mobile scene package jne. ArcGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu ArcGIS Pro, Enterprise, ArcGIS Online, ArcGIS Enterprise jne. ArcGIS võimaldab ka luua ja jagada 360 VR kogemusi veebis.
- ▶ QGIS võimaldab samuti jagada 3D-andmeid ja stseene veebis ja mobiilis erinevate formaatide ja teenuste kaudu. QGIS kasutab selleks erinevaid tööriistu, nagu QGIS Desktop, QGIS Web, QField jne. QGIS ei paku omaenda lahendust 360 VR kogemuste loomiseks ja jagamiseks veebis, kuid võimaldab integreerida teisi platvorme, nagu näiteks A-Frame.

Sobivaima 3D platvormi tarkvaralahenduse analüüsi kokkuvõte ja soovitused

¹⁰⁰ Vt täpsemalt: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/3d-gis/overview>

Maa-ameti peamine kaardistamise andmete haldusplatvorm on hetkel ArcGIS. Tulevikus ka 3D-andmetöötluse ja levitamise toomine ArcGIS platvormile hõlbustaks 2D- ja 3D-andmete integratsiooni, puuduks vajadus 2D-andmete migreerimiseks teise andmebaasiformaati ning andmetöötluse töövahendeid ei peaks algusest peale looma. Samas tuleks arvestada, et kui hetkel on Maa-ametil vajalikud litsentsid läbi KeMIT-i organisatsioonilitsentsi, siis tulevikus organisatsiooniliste muutuste tõttu võivad ArcGIS tarkvara litsentsi kulud lisanduda ka Geo3D haldamise ja levitamise skoobis.

QGIS-i puhul oleks vaja üle vaadata andmete talletamine, uuesti arendada andmete töötlemise vahendid ning olemasolevate ArcGIS standardtööriistade asemele leida muud komponendid või luua eraldiseisvad skriptid. ArcGIS tooteperekond on laiem ja omavahel integreeritud komponente on Maa-ameti töövooge katvalt platvormi üleselt rohkem. Uutes arendustes on QGIS platvormil arenduskulud, ArcGIS-iga võivad kaasneda täiendavad litsentsikulud. ArcGIS platvormi välja vahetamisel kaasnevad riskid olemasolevate integratsioonide ja tehniliste protsesside katkemisega. Seega on soovitatav ArcGIS platvormil jätkamine, tänapäevasele ArcGIS Pro põhisele haldusele üle minemine ja ArcGIS 3D-andmete halduse juurutamine 2D-andmete kõrvale.

Maa-amet on otsustanud vähemalt aastatel 2024 ja 2025 jätkata ArcGIS keskse kaardistusplatvormiga ning seejärel hinnata täpsemalt vajadusi, tarkvarade võimekusi ja kaasnevaid kulusid. Seejärel on võimalik otsustada tuleviku arengusuunad seoses kaardistusplatvormi kasutamisega.

7. Geo3D prototüüp

Käesolevas peatükis on kirjeldatud tulevikulahenduse prototüüp, mis on loodud madala detailsusastmega (*low-fidelity*) ehk prototüüp ei anna edasi lõpliku disainilahendust, vaid pakub lihtsustatud visuaali tulevikulahenduse protsesside kuvamiseks. Reaalselt toimiv prototüüp luuakse vajadusel ärianalüüsile järgnevate arendusetappide käigus.

Ärianalüüsis on loodud prototüüp kirjeldamiseks kaht erinevat vaadet:

- ▶ Liitreaalsuse (AR) vaade. Liitreaalsuse vaade sisaldab endas visualiseeringuid, kuidas on võimalik ära kasutada olemasolevat 3D-andmestikku. Näiteks visualiseerides mingi teenuse asukohta hoones (korrus, pindala vm), ligipääsetavust teenuseni (teekond, trepid, lift jm) või kasutades tänavavaadet, mis toob esile teiste hoonete varjus olevad hooned koos ligipääsudega.
- ▶ Objektide võrdlemise vaade. Kasutajaliidese kaudu on võimalik vaadelda kindlat objekti eraldi akendes (kahes, kolmes või neljas aknas), kus igas aknas näidatakse sama objekti vaadet erinevas andmekoosluses või erinevate vaatenurkade alt. Näiteks võib olla ühes aknas objekti 2D vaade, teises sama objekti 3D vaade, kolmandas maa-alune vaade ja neljandas objekti tänavavaade.

7.1. Liitreaalsuse (AR) vaate prototüüp

Liitreaalsuse puhul kuvatakse otsepildis reaalse keskkonna "peale" arvuti genereeritud virtuaalsed objektid nii, et kasutajani jõudev pilt on virtuaalse ja reaalse keskkonna kombinatsioon. Keerukamate liitreaalsuse rakenduste puhul on võimalik ümbritsev maailm digitaalselt manipuleeritavaks muuta. Lisaks on võimalik reaalsele maailmale liita 3D-kujutisi, mida on kaamerat liigutades võimalik näha iga nurga alt, justkui oleks tegu füüsilise objektiga reaalses maailmas.

Käesolev peatükk kirjeldab, kuidas kasutada olemasolevat 3D-andmestikku (hooned, haljastus, rajatised, geoloogia, huvipunktid) mobiilis või tahvelarvutis liitreaalsuse (AR) vaates.

Tänapäevane liitreaalsuse rakendus on kasutatav nii nutiseadmes, tahvelarvutis kui ka vastavate prillidega. AR rakendus on ideaalne viis oma ruumiandmete esitlemiseks ja lisafunktsionaalsuste realiseerimiseks nagu näiteks otsing, teekonna leidmine, juurdepääsetavuse ning huvipunktide visualiseerimine jpm. Liitreaalsuse rakendustesse on võimalik põimida keskseid teenuskihte ja ruumiandmeteenuseid, mis võimaldavad liitreaalsuse pilti rikastada ruumiandmestikega.

Prototüüp rakenduse visioonis võiks olla järgnev:

- ▶ Keskne menüü, mis võimaldab ligipääsu baasfunktsionaalsustele (demo pildil paremal)
- ▶ Menüüst avatavad tegevused:
 - ▶ Aadressi- kohanime- ja huvipunkti otsing
 - ▶ Lisakihtide kuvamine AR vaatesse
 - ▶ Teekonnal navigeerimine
 - ▶ Mõõtmine
- ▶ Ümbritsevatele objektidele kihi loendist kasutaja valitud info kuvamine sildi, sümboli või muul visuaalsel viisil (näiteks aadressi-, kohanime-ligipääsu-, huvipunkti-, katastri- ja kitsenduseandmed jne).
- ▶ Ümbritseva keskkonna peale kujutatud navigatsiooni suuna ja teekonna elemendid.
- ▶ Ümbritseva AR vaatega puutetundlik suhtlemine. Näiteks hoonel klõpsates avatakse hoone ETAK andmed või mõne sisselülitatud kihi lisaandmed.

Allpool on näide AR rakenduse vaatest, millel on paremal kirjeldatud menüü. Kuna paremakäeolisi inimesi on rohkem, siis horisontaalses vaates on selline paigutus kõige mugavam rakenduse

kasutamiseks. Menüüd saab kasutaja oma soovi järgi ümber paigutada, salvestades muudatuse personaalsetesse sätetesse. Vaikimisi kuvatakse rakenduses siltidena hoonete peal hoonete kohta lähiaadressi ja hoone tüüpi (vt allolev joonis).



Joonis 61. AR rakenduse vaate näide koos menüüga

Rakenduses võiks lisaks olla võimalus parempoolne menüü peita, et väiksemal ekraanil rohkem AR vaatele keskenduda. Selleks võib olla eraldi nupp, või ekraanil mõni puuduste kombinatsioon (topeltpuudutus, pikalt pealhoidmine vms). Järgmise näitena ongi rakenduses sisse lülitatud kihiloendist huvipunktide info ja menüü peidetud. Huvipunktide infoakent annaks siduda näiteks väliste infoallikatega antud objektist enama info saamiseks. Selleks võib olla vastava asutuse koduleht, sotsiaalmeedia, ühistranspordi peatuste puhul näiteks vastava peatuse ajagraafikute info. Kuna läheduses olevat infot võib olla palju, siis kasutaja võiks kihiloendist saada valida, millist liiki huvipunkte ta eelistab vaadata. Näiteks kui sisse on lülitatud ühistranspordi peatused ja poed, siis kuvatakse nii esiplaanil eksisteerivate objektide infot kui ka läheduses, kuid teiste objektide taha jäävate seotud huvipunktide infoaknaid (vt järgnev joonis).



Joonis 62. AR rakenduse vaate näide ilma menüüta ja koos objekti infoaknaga

Samuti on liitreaalsus väga hea viis ka planeeritavate hoonete ja alade hetkel eksisteerivas keskkonnas visualiseerimiseks või mõne tee rekonstrueerimisel planeeritava haljastuse kuvamiseks. Nii ala

määratlust kui ka atribuutinfot on võimalik esitada nii erinevate hoonete 3D-kujude kui ka alade määratlemiseks - näiteks koerte jalutusväljaku rajamise idee tutvustus (vt järgnev joonis).



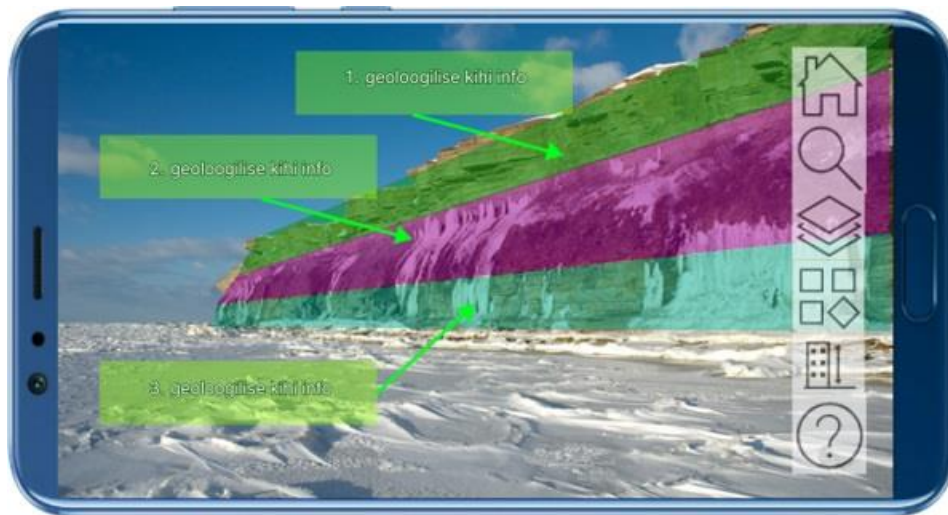
Joonis 63. AR rakenduse näide planeeritava objekti visualiseerimiseks

Teine kasutusviis planeeritavate objektide mastaabi ja olemuse edasi andmiseks on rajatiste reaalsed BIM-mudelid, mis annavad georefereerituna liitreaalsuses hästi kavandatud edasi. Planeeritava viadukti vaade inimsilma kõrguselt on tootud järgneval joonisel.



Joonis 64. AR rakenduse näide BIM mudeli visualiseerimiseks

Liitreaalsusse on teatud piirkondade ja nähtuste puhul võimalik pöimida ka geoloogilisi andmeid. Sellisteks näideteks võivad olla näiteks koopad, kaevandused, pangad, maa-alused ehitised jne. Eelduseks on kasutaja asumine kindlaksmääratud alas ning seadme sobiv vaatenurk. Kasutajal peaks olema rakenduses võimalik selliseid piirkondi eraldi tähistatult otsida, et teada oleks, kuhu tuleb suunduda vastava funktsionaalsuse kasutamiseks. Samuti võiks liitreaalsuse keskkonnas olla antud kohad visuaalselt eristuvalt tähistatud. Üheks illustratiivseks näiteks võiks olla panga paljanduvate maakihide visualiseerimine vastavalt klassifikatsioonile ja kihi informatsiooni tekstiline edasiandmine (vt järgnev joonis).



Joonis 65. AR rakenduse näide geoloogiliste andmete kuvamiseks. Allikas:

<https://www.looduskalender.ee/klint/est/1.html>

Maa-aluse geoloogilise mudeli visualiseerimiseks liitreaalsusest avamiseks on mõistlik AR vaade siduda virtuaalreaalsuses kasutatava mudeliga. Näiteks küsides geoloogilise mudeli infot valitud katastriüksuse kohta, siis „lõigatakse süsteemi poolt välja“ 3D-mudelist ruumiline kuubik antud katastri kohta ja kuvatakse kasutajale navigeeritava ja läbilõigatavana virtuaalreaalsuse mudelina.

Lisaks liitreaalsuses infotekstide ja 3D ruumilistele kujutistele on võimalik AR vaatesse lisada ka 2D-teenuskihte, mis laotatakse graafiliselt maapinnale. Sellisteks kihtideks võivad olla kataster, tehnovõrgud, piirangute kihid jne. Illustreeriv näide piiranguid põhjustavatest objektidest liitreaalsuses on toodud järgneval joonisel.



Joonis 66. AR rakenduse näide maa-aluste tehnovõrkude kuvamise kohta

Hoonetele on võimalik korruste ja akende jaotuse info korral kuvada ka näiteks spetsiifilist korteri või hoone osaga seotud infot. Näiteks on selliste algandmete korral võimalik visualiseerida ka kinnisvarapakkumisi (vt allpool).

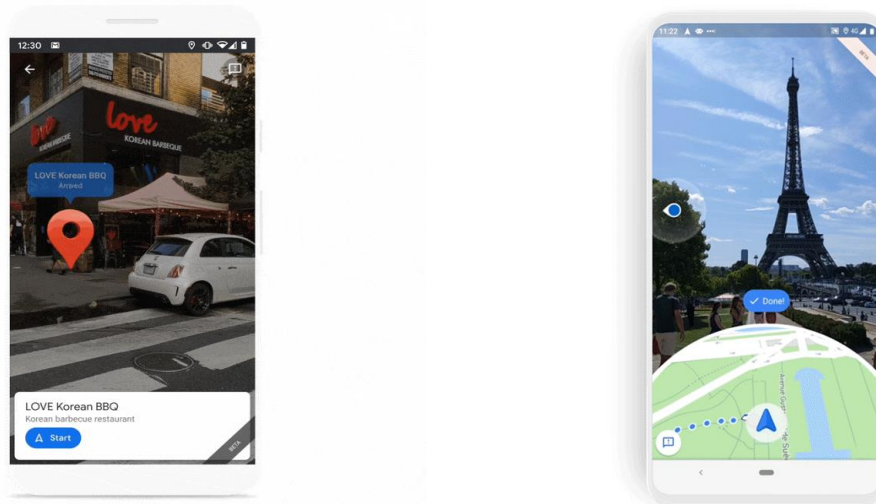


Joonis 67. AR rakenduse näide hoone korruse ja pindala kohta

AR rakenduste juures tuleb arvestada, et seadme positsiooni- ja vaatesuunainfo on harva väga täpne, seega võivad taolised täppisobjektid paista kasutajale reaalse maailma suhtes nihkes.

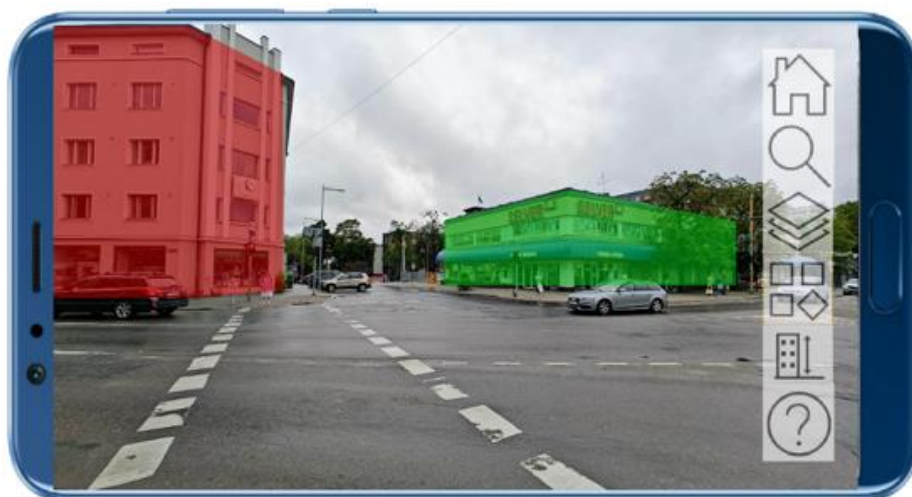
Ligipääsetavus teenuseni (teekond, trepid, lift, ka ratastoolis)

Teekonna kuvamisel hoone või rajatiseni on heaks näiteks Google poolt loodud liitreaalsuse vaade, mis ühendab endas nii 2D-teekonna kaardi, kaamera reaalsuspildi kui ka neile kuvatava infograafika suundade noolte ja informatiivsete tekstidega. Järgnevad kaks .gif animeeritud vaadet kujutavad endas asukoha leidmist ja navigeerimist.



Joonis 68. Animeeritud vaated asukoha leidmisest ja navigeerimisest. Allikas: <https://techcrunch.com>

Ligipääsetavuse integreerimiseks liitreaalsusse saab kasutada nii olemasolevaid algandmeid kui ka liidestuste kaudu muude info kogujatega. Näiteks on Tallinna ligipääsetavuse andmete hulgas (<https://lips.tallinn.ee/est>) saadaval hoonete ja asutuste info ratastooli või lapsekäruga ligipääsu kohta. Lülitades kihiloendist sisse ligipääsetavuse infokihi, saab näiteks visuaalsete läbipaistvate hoonepinna markeeringutega eristada hooned, mis on ratastooliga ligipääsetavad rohelisega, ainult treppidega hooned punasega:



Joonis 69. AR rakenduse näide ratastooliga ligipääsetavuse võimalusega hoonetest

Hoonesisene teekonna planeerimine ja navigeerimine treppe, lifte, uksi ja takistusi arvestades on võimalik vastavate andmete olemasolul valitud lahendusele sobilikul kujul. Sellisel juhul on võimalik

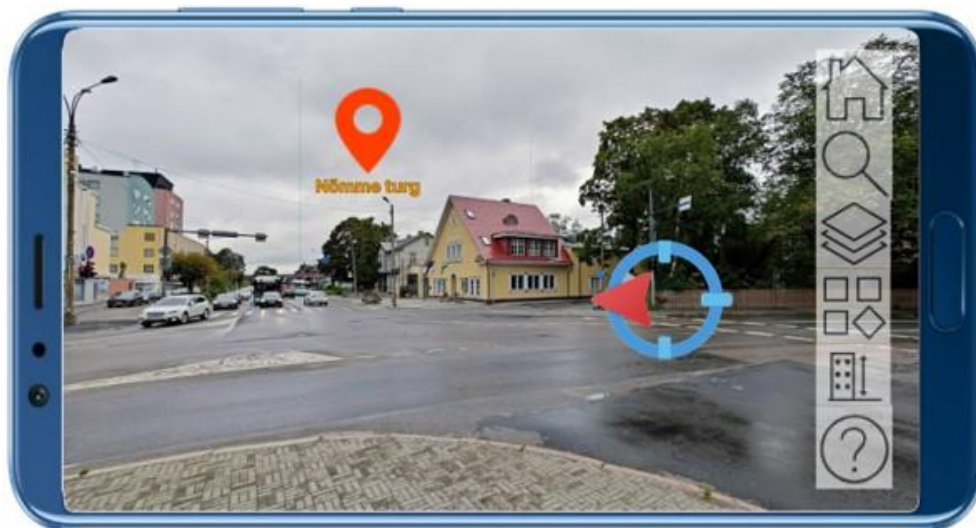
kasutada virtuaalreaalsuse mudelit teekonna arvutuseks, kasutades soovitud reegleid - tulemina kuvatakse teekond ja täpsed navigeerimise juhised.



Joonis 70. AR rakenduse näide hoones sees navigeerimisest (allikas: TalTech ArcGIS Indoors)

Teiste hoonete varjus oleva hoone esiletõstmine tänavavaates ja teekond sinnani

Objektide esiletõstmine reaalmaailma hoonete, rajatiste ja haljastuse tagant on väljakutse. Üks võimalus on kuvada huvipunkti kohal eristuvat märgist. Samuti on võimalik ekraanil näidata suuna graafikat (vaata ka Google navigeerimise näiteid):

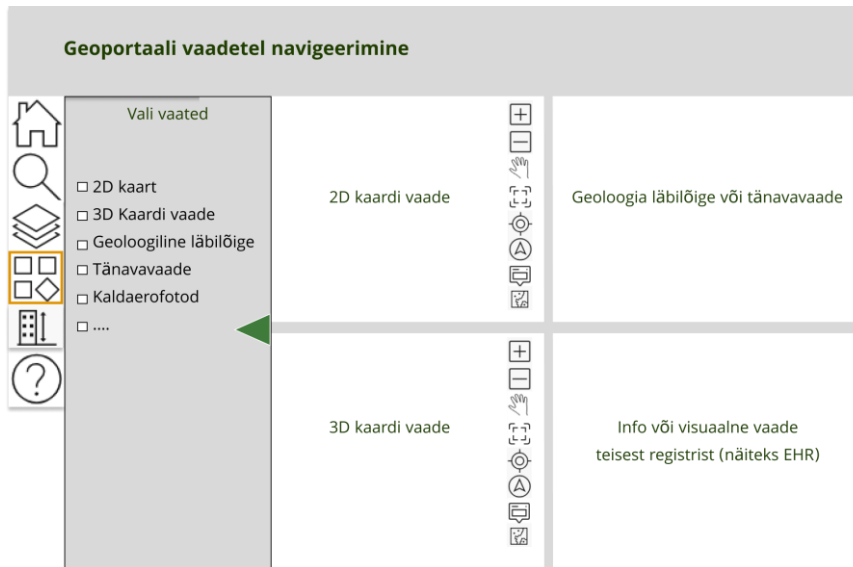


Joonis 71. AR rakenduse vaade objekti esiletõstmiseks

7.2. Objektide võrdlemise vaate prototüüp

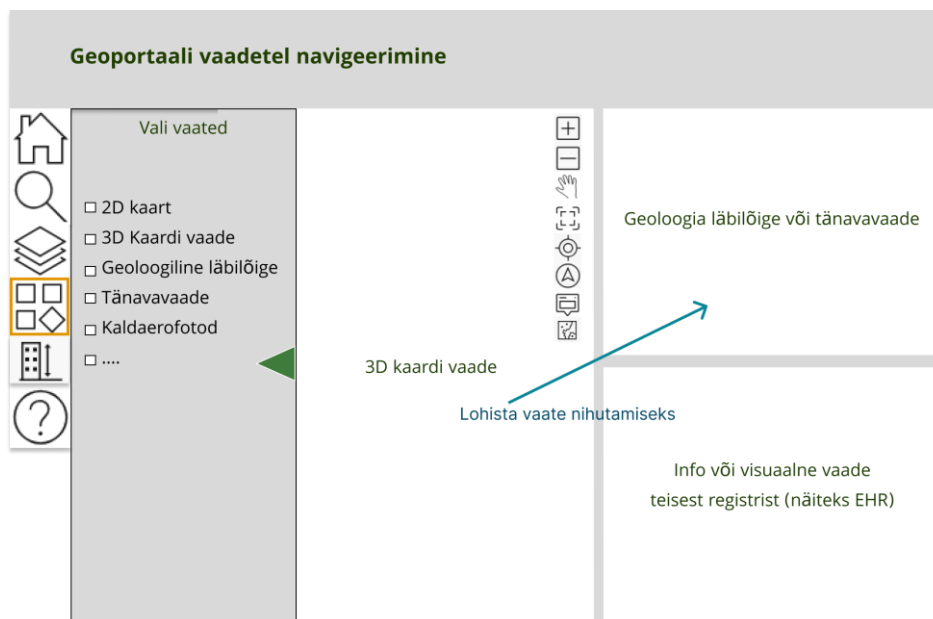
Kasutajaliidese vaate jagamine kaheks kuni neljaks eraldi aknaks, kus igaühes näidatakse sama vaadet erinevas koosseisus või vaatenurga abil.

Tulevase geoportaali üks funktsionaalsustest on töötamine mitme kaardiaknaga korraga. Kui vaikimisi on kaardirakenduses avatud 2D-/3D-vaade, siis kasutaja saab antud akende vaadet kohandada omale meelepäraseks ja vajadustele vastavaks. Üks võimalus vaadete haldamiseks on kasutajal spetsiaalne vaadete menüü, mille abil saab ta lisada meelepärased teemad (näiteks geoloogilise läbilõike, tänavavaate jne). Maksimaalne akende arv on kokkuleppeline arendajaga. Tõenäoliselt on laua- või sülearviti monitori ekraanile mahutada kuni neli vaadet (vt järgnev joonis).

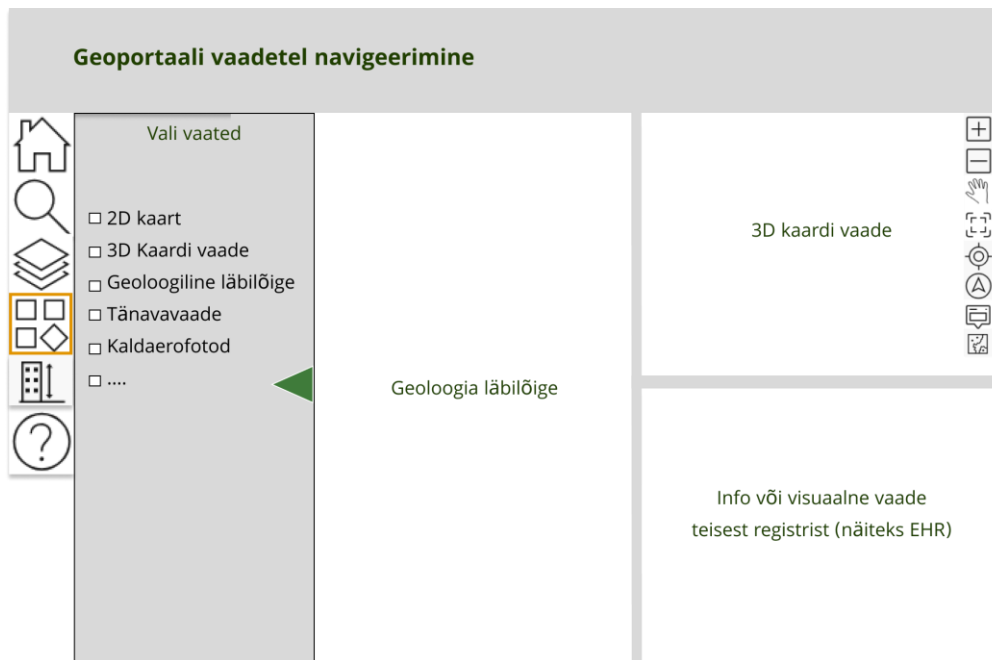


Joonis 72. Geoportaali kasutajaliidese näide mitme kaardiaknaga töötamisest

Kui kasutaja lülitab uue vaate sisse, siis see paigutatakse vaikimisi asukohta. Kasutajal võiks olla võimalus vaateid lohista oma meelepärasesse paigutusse. Näiteks antud juhul vahetatakse 3D vaate ja geoloogia vaate asukohad:



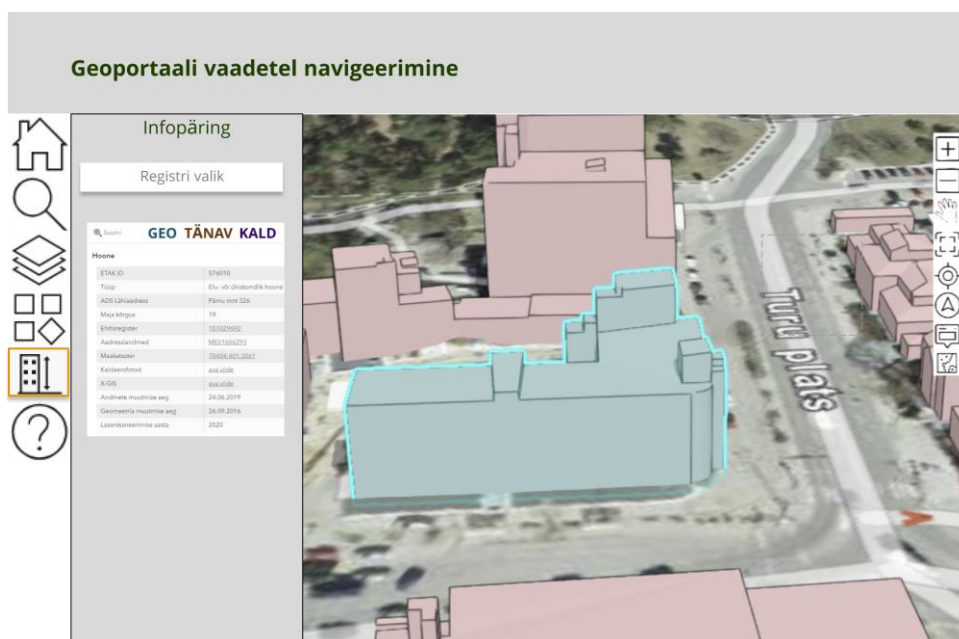
Joonis 73. Geoportaali kasutajaliidese näide mitme kaardiaknaga töötamisest



Joonis 74. Geoportaali kasutajaliidese näide mitme kaardiaknaga töötamisest – vaate lohistamise tulemus

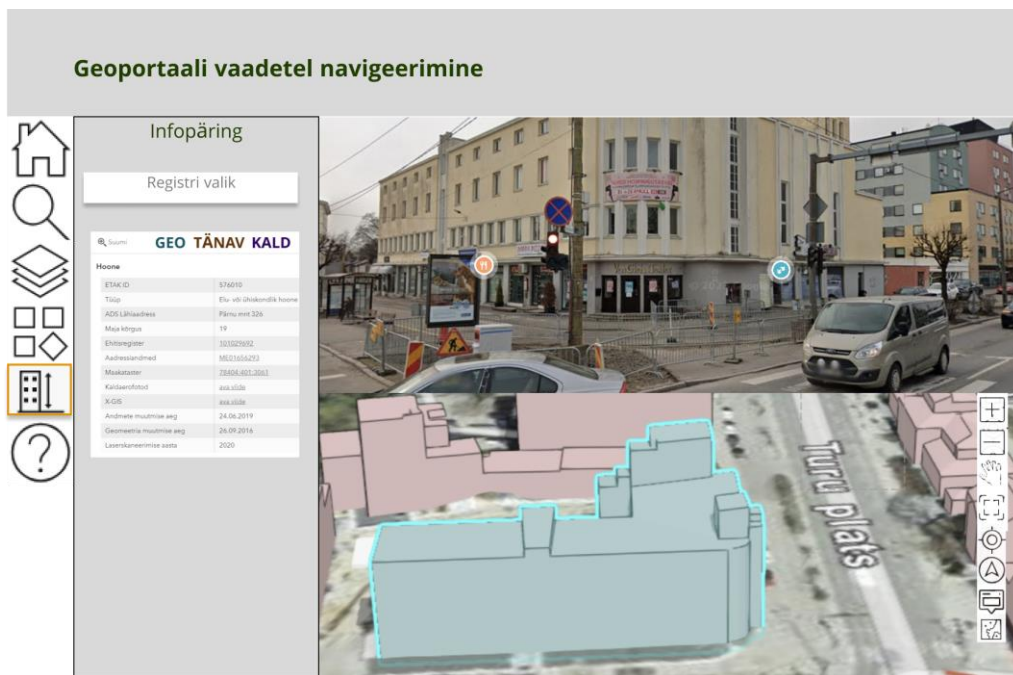
Seadistamise tulemusena võiks antud vaadet olla võimalik salvestada ja kasutama hakata. Soovi korral saab vaadete configureerimise akna sulgeda nupust (pildil roheline nool) ja vaateid kuvatakse suuremal ekraanipinnal.

Samuti võiks vaateid olla võimalik sisse lülitada ja eemaldada rakenduse kasutamise ajal tegevuste käigus. Näiteks infoaknas või muul konkreetse objekti päringu viisil võiks olla võimalik lisada dünaamiliselt uus vaade antud objekti kohta. Järgnevas vaates on infopäringu tulemusel esitatud baasandmete peal nupud, mis avaks spetsiaalse uue vaate antud objekti kohta (näites nimega Geo, Tänav ja Kald):



Joonis 75. Geoportaali kasutajaliidese näide infoakna kuvamisest

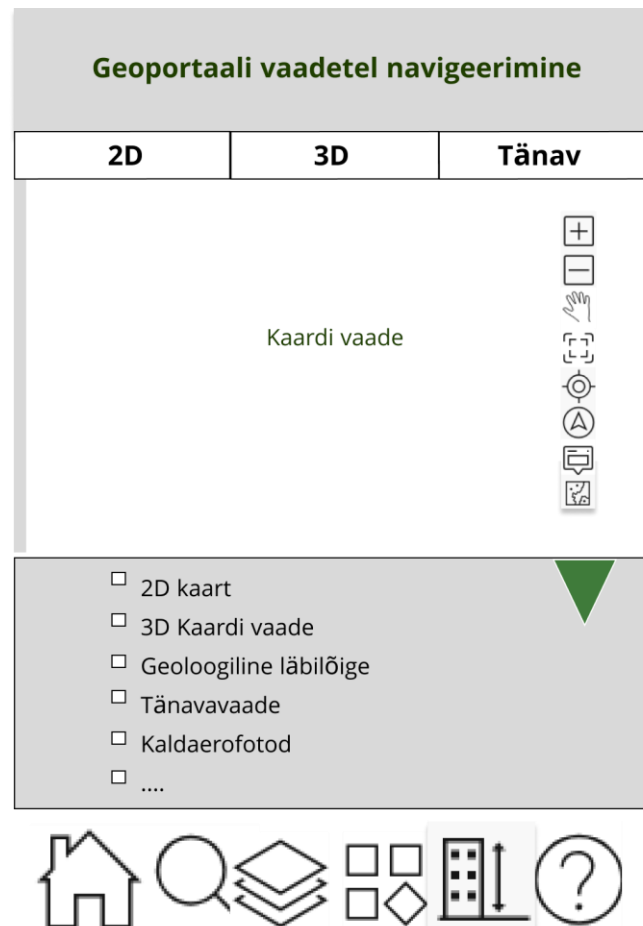
Kui kasutaja vajutab tänavaaete nupule/ikoonile „TÄNAV“, siis lisatakse talle automaatselt vaikimisi asukohta uus tänavavaade antud asukohast (vt allolev joonis).



Joonis 76. Geoportaali kasutajaliidese näide tänavavaatest

Vaateid võiks olla võimalik avada täisekraanil, fookuseerides konkreetsele vaatele. Avatud vaateid peaks kasutajal olema soovi korral ka võimalik sulgeda. Selleks on sobilik näiteks ristiga nupp iga vaate paremal üleval nurgas.

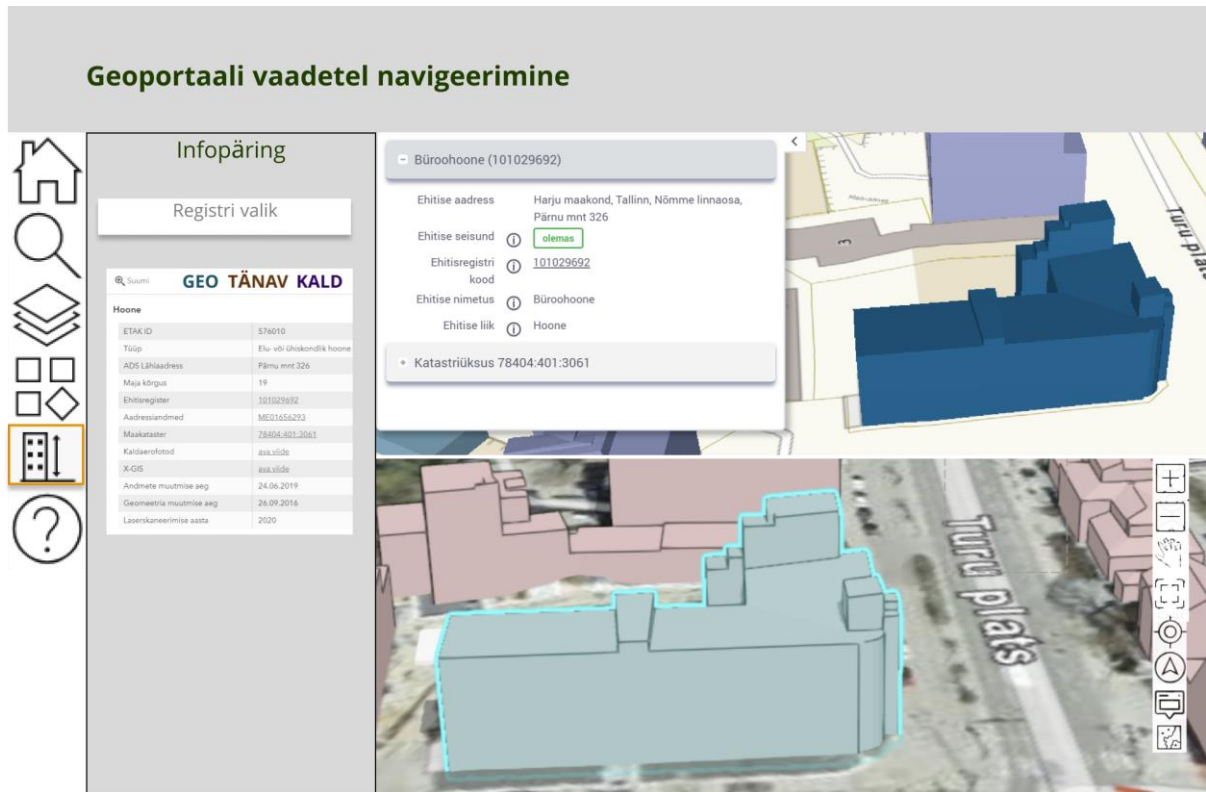
Nutiseadme vaates võib erinevate vaadete koos kuvamine esitada väljakutseid nii koos toimimises kui ka korraga ekraanil näitamises. Lahenduseks tuleks analüüsida tehnilisi võimalusi vaadete kuvamiseks näiteks erinevatel rakenduse põhistel vahelehtedel (vt allolev joonis).



Joonis 77. Geoportaali kasutajaliidese näide nutiseadme vaate kohta

Ühe objekti andmed erinevates registrites (3D-hoone Maa-ameti 3D-mudelid ja ehitisregistris)

Ühe objekti kohta saab paralleelselt infot kuvada ka erinevatest registritest korraga. Näiteks lisades vaadete haldusest lihtsustatud EHR-i liidese Geo3D portaali, on võimalik võrrelda nende ruumikujusid ja tärkandmeid (vt järgnev joonis).



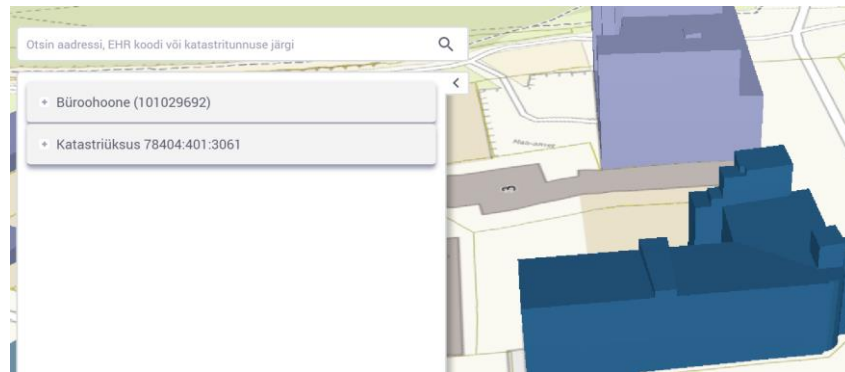
Joonis 78. Geoportaali kasutajaliidese näide vaadetel navigeerimise kohta

Atribuutide kuvamiseks on mitmeid võimalusi. Et olla sõltumatu EHR-i arendustest, siis on mõistlik lubada kasutajatel teha otse hüplikaknapäring EHR-i rakenduse liidese sees. Samas kui fikseerida staatiliselt kuvatav EHR-i info, siis saab selle integreerida Geo3D infoakna loogikasse. Infoaknasse saab integreerida teiste registrite info kuvamise võimaluse. Kasutaja võib valida rippmenüüst soovitud registri (vt järgnev joonis).



Joonis 79. Geoportaali kasutajaliidese näide infopäringu vaate kohta

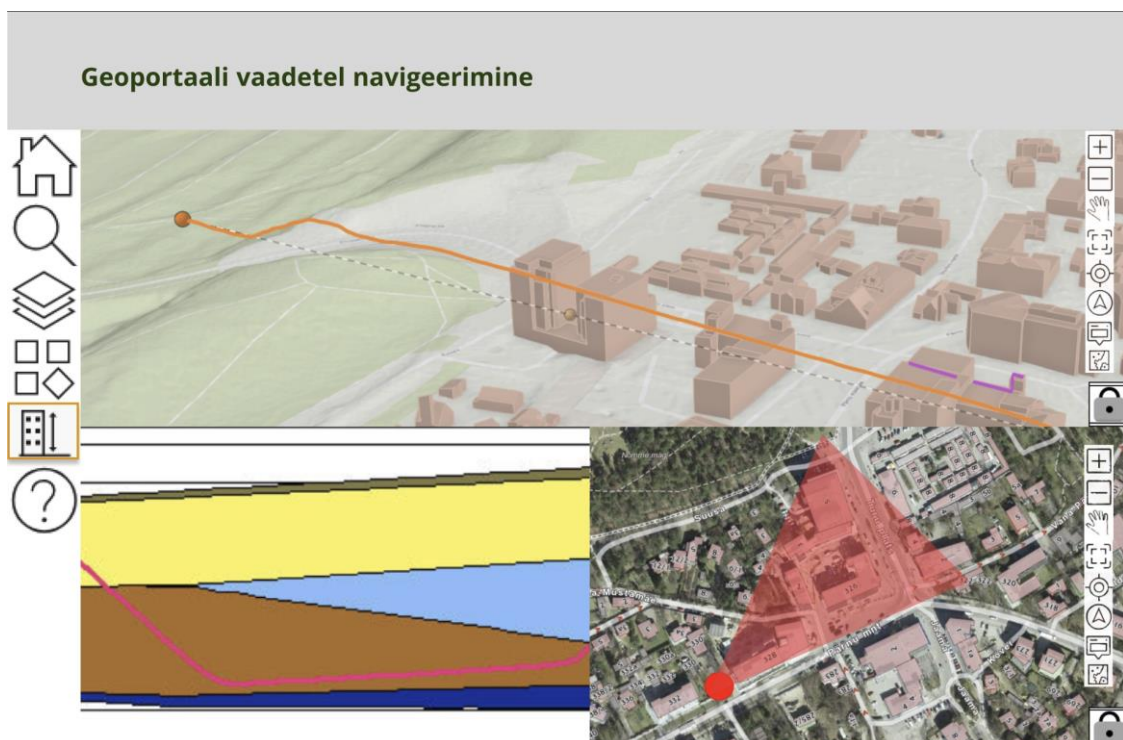
Alternatiivina lahendatakse erinevatest registritest info kuvamine sarnaselt EHR-ile, kus on registrite valik koheselt ees ning kasutaja saab avada pluss märgist soovitud registri andmestiku. Sellisel juhul tehakse jooksvalt teise registri API (X-tee) päring ja kuvatakse integreeritult (vt järgnev joonis).



Joonis 80. Geoportaali kasutajaliidese näide EHR registri kuvamisest

Ühes aknas tänavavaates maapealsete objektide vaade (hooned, rajatised, haljastus), teises tänavavaates maa-alune vaade (rajatised, geoloogiline läbilõige), kolmandas 2D vaade (aluskaart, vaatleja asukoht, vaatlussuund).

Erinevaid vaateid peab olema võimalik üksteisega siduda. See tähendab, et kuvaulatus ja vaatepunkt oleks kaardivaadetes omavahel seotud. Samas peab olema võimalik ka see seos lahti võtta, et navigeerida vaadetes eraldiseisvalt erinevates asukohtades. Samuti tasub kaaluda sellise režiimi loomist, kus kuvaulatus on fikseeritud, aga erinevad 3D-vaated saavad muuta vaatenurka. Vaikimisi võiks vaated olla seotud ning näiteks kaardi vaatel oleva väikesel luku ikoonil klõpsates aktiveeritakse iseseisev navigatsioon. Erinevaid vaateid sidudes on võimalik näiteks saavutada tulemus, kus kasutaja teeb 3D-vaates pinnale joonobjekti, mille tulemusel avatakse geoloogilise läbilõike aken koos konkreetse visualiseeritud tulemusega. Antud vaatesse saab vaadete haldusest lisada näiteks ka 2D-vaate, millel on kuvatatud 3D-vaatena seotult vaatleja asukoht ning vaatlussuund.



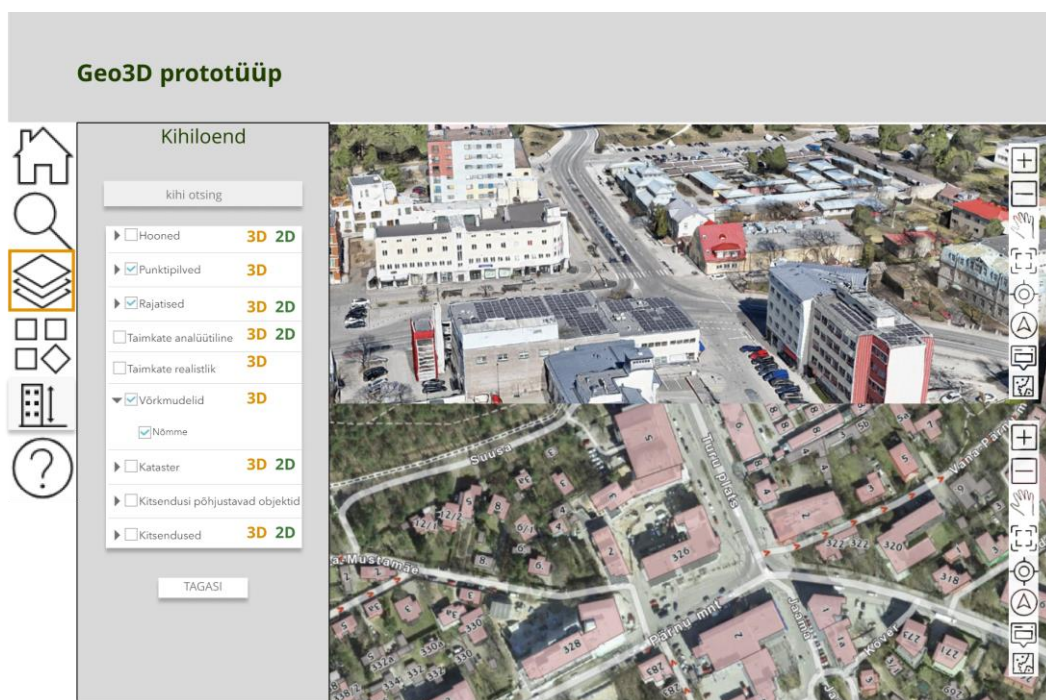
Joonis 81. Geoportaali kasutajaliidese näide mitmes aknas kuvamise kohta

Kuidas lahendada navigatsioon, kihtide lisamine eemaldamine mingis vaates.

Erinevates kihtides andmekihtide sisse-välja lülitamine ja haldamine peaks olema kasutajale võimalikult lihtne. Antud nõude täidab kõige paremini vaadete ülene kihiloend, mis keskse komponendina võimaldab hallata kihte erinevates vaadetes.

Kihiloendi kihtide juures tuleks tekitada eraldi võimekus kihi sisse lülitamiseks konkreetse vaate jaoks. Seeläbi saaks kontrollida, kas kiht lülitatakse sisse kõigi ühilduvate vaadete jaoks või ainult konkreetsetele vaadetele.

Näide, kuidas kihi loendis on nimetuse ees üldine sisselülitamise nupp ning nimetuse järel on konkreetsete ühilduvate vaadete nupud (näites 2D/3D nupud, aga lisaks võivad olla ka geoloogia vaade, tänavavaade jne), mis on interaktiivselt vajutatavad, et määrata kihi nähtavust vastavas vaates (vt järgnev joonis).

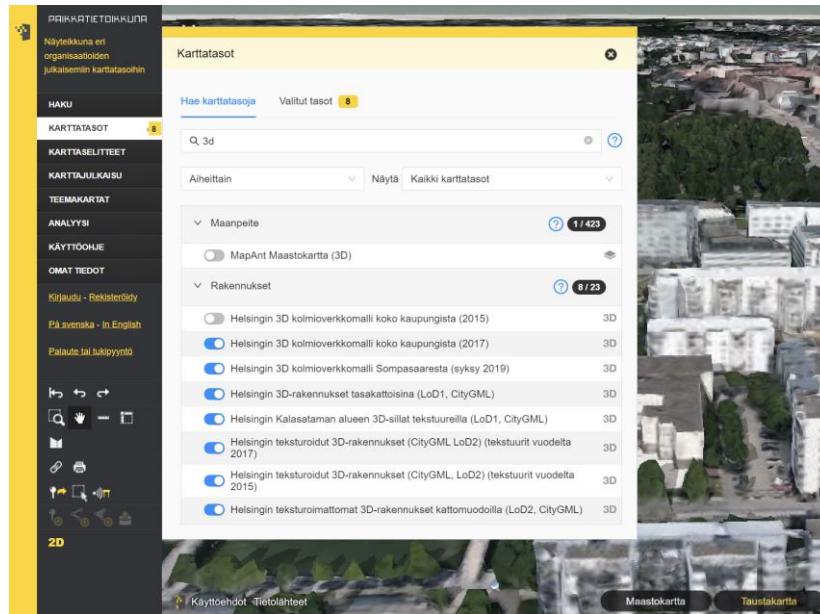


Joonis 82. Geoportaali kasutajaliidese näide kihiloendi kuvamise kohta

Kihi loendi käitumise üks võimalikest lahenduse stsenaariumitest on järgnev.

- ▶ Kui kasutaja lülitab kihi üldisest nupust sisse, siis lisatakse see kõigile ühilduvatele vaadetele.
- ▶ Kui kasutaja klõpsab näite pildi põhjal ühe konkreetse kihi 3D nuppu, siis lülitatakse see kiht sisse ainult 3D-vaatesse ja mitte 2D-vaatesse. Üldine nupp läheb siis näiteks „linnutatuks“, aga kerge hallika tooni või läbipaistvusega.
- ▶ Kui kasutaja klõpsab uuesti üldist nuppu, siis kuvatakse kiht kõigis vaadetes.
- ▶ Kui kasutaja klõpsab uuesti üldist nuppu, siis eemaldatakse antud kiht kõigist vaadetest.

Demo ja inspiratsioonina tasub vaadata ka Soome Paikkatietoikkuna rakenduse kihiloendi lahendust, mis võimaldab kihte otsida. Vastava kihi nime järel tuuakse visuaalselt esile ka antud kihi 3D-võimekus.



Joonis 83. Näide Soome kaardirakenduse kihiloendi kohta. Allikas: Soome kaardirakendus¹⁰¹

¹⁰¹ <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

8. Tegevusplaan 3D-lahenduste laiapõhjaliseks kasutuselevõtuks

Järgnevas peatükis kirjeldatakse 3D-lahenduste kasutuselevõtuks vajalike tegevuste ajalist järgnevust ja nendega seotud olulisi asjaolusid. Käesolev ärianalüüs lõppes 2023. aasta novembris. Elluviimise teekaardi koostamisel on lähtutud käesoleva ärianalüüsi käigus koostatud informatsioonist. Alljärgnev teekaart pakub välja tegevused Geo3D realiseerimisega edasi liikumiseks järgnevates tegevussuundades:

Andmehõive
Andmetöötlus
Andmete levitamine
Geoloogia
Muu/valdkondade ülene

	2024				2025				2026				
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Võrgustikud ja koostöö, protsessid, pädevused													
1. Riiklik ruumandmete kompetentsikeskus või püsiv töörühm Maa-ameti koordineerimisel (sh 3D). Tegevuse alustamine prognoositavalt 2025. aastal													
1.1. Tehisintellekti rakendamise uuringud Geo3D eesmärkide täitmiseks													
1.2. Eri allikatest pärinevaid 3D-mudeleid või alusandmeid kombineeriva riikliku 3D-mudeli andmehõiveprotsessi loomine													
2. Andmehõive ja -töötamise tasuline teenus avaliku sektori huvitatud osapooltele													
3. Laiapõhjaline Eesti 3D-kaksiku (LOD3) loomise koostööprojekt													
4. 3D-kaksikuga seotud protsesside ajakohastamine Maa-ametis													
4.1. 3D-andmemudeli töövoogude parendamine ja rakendamine													
4.2. Andmete levitamise protsesside täiustamine, 2D- ja 3D-ruumandmetega seotud levitamise protsesside ühtlustamine													
5. Erasektorist andmetöötluse sisse ostmise kaalumine ja vajadusel piloteerimine 3D-mudeli uuendamiseks (uuendatud kaamera- ja lidarisüsteemi andmete alusel)													
Regulatsioonid, standardid													
	2024				2025				2026				
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6. Andmekvaliteedi juhiste ja standardite loomine (sh toetamiseks eri allikatest pärinevate andmete kooskasutust)													
7. 3D andmemudeli määratlemine ETAK-i koosseisus, seotud 2D andmekoosseisude uuendamine (sh toetamiseks andmete masinloetavust ning tehisintellekti rakendamise soodustamist)													
8. Ehitusgeoloogiliste andmete standardiseeritud masinloetavust toetav andmemudel													
9. Maa-ameti põhimääruses 3D andmete seotud vastutuste määratlemine (sh kavandatav geodeesia ja aeromöödistamise osakond)													
Tehnoloogiline võimekus, IT-arendused													
	2024				2025				2026				
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
10. GNSS tugijaamade seadmete ja ESTPOS võrgu tarkvara uuendamine													
11. 3D-kaardistuse kaamera- ja lidarisüsteemi uuendamine, tootmisprotsesside katsetamine													
12. Uuendatud 3D-kaardistuse kaamera- ja lidarisüsteemi rakendamine													
13. Täiendavate või alternatiivsete andmekorjesisendite kasutuselevõtu piloteerimine (nt täpsemad satelliidiandmed, HAPS)													
14. Täiendavate või alternatiivsete andmekorjesisendite rakendamine täiendavate vahendite olemasolul													
15. Eri allikatest pärinevate 3D-mudelite vastuvõtuks tehniliste lahenduste loomine (teenused, kontrollid, liidesed)													
16. Varasemalt esitatud ehitusgeoloogia PDF-kujul aruannetest uuringupunktide digiteerimine ja andmebaasi loomine													
17. Geoloogiliste uuringupunktide 3D-visualiseerimine													
18. Sidusa aluspõhja reljeefi ja teiste pindade modelleerimine uuringupunktide ja muu geoloogilise info alusel													
19. 3D-veebikaardi arendamine ja kasutuselevõtt													
19.1. Täpsemate 3D-mudelite allalaadimise või kuvamise võimekus, sh detailanalüüs													
19.2. Muudest andmeallikatest pärinevate 3D-mudelite vastuvõtmise tehniline võimekus (ka rahvahanke tööriist), sh detailanalüüs													
19.3. Ehitusgeoloogiliste uuringute andmete vastuvõtmise tehniline võimekus, sh detailanalüüs													
19.4. Geoloogia andmete kuvamise võimekuse välja arendamine ja kasutuselevõtt, sh detailanalüüs													
19.5. Geo3D kaardiplatvormi detailanalüüs ja arendus													

8.1. Tööjõuressurss ja kulud

3D-põhiste riiklike ruumiandmete teenustele üleminek on ulatuslik muutus, mille elluviimine ei ole võimalik täiendava tööjõuressursi ning tehnoloogiliste uuendusteta. Nagu eelmistes peatükkides selgitatud, ei pakuta hetkel terviklahendusi ega ole kättesaadaval piisava täpsusega alusandmeid, mis võimaldaksid täisautomatiseeritult 3D-mudelite loomist, uuendamist ja jagamist. Tulevikus, uute tehnoloogiliste lahenduste kättesaadavaks muutumisel ja rakendamisel, võib tööjõuressursi vajadus väheneda. Allolevas tabelis on toodud analüüsi käigus kirjeldatud muudatusvajadustega seotud tööjõuvajadus, mille realiseerumine sõltub vastavate tegevuste elluviimise ajaperspektiivist ja mahust. Paralleelselt tehniliste uuenduste kasutuselevõttuga on võimalik tööjõuressursi vabanemine olemasolevate tegevuste arvelt.

Tabel 22. 3D-terviklahenduse elluviimisega seotud tööjõuvajadus

Lisanduv ülesanne	Selgitus	Töökohtade prognoos
Tehnoloogiliste uuenduste seire ja piloteerimine	3D-mudelite loomiseks kasutatavas andmehõives ja andmetöötlemises on toimumas aktiivsed arengud, mis kiirendavad ja lihtsustavad tulevikus 3D-ruumiandmete loomist ja levitamist. Vajalik on tehnoloogiliste arengute pidev seire ja piloteerimine	3
Huvigruppide poolt rahastatud andmekorje ja andmetöötlus	Juhul, kui realiseeritakse võimalus huvigruppide poolt 3D-andmekorje ja -töötlemise rahastamiseks, on vajalik tööjõuressurss	9
3D-ruumiandmete regulatiivne raamistik	3D andmestandardi koostamise ja õigusaktide muudatuste väljatöötamise perioodiga seotud tööjõuvajadus	1
3D-alase asutustevahelise koostöö koordineerimine	Vajalik on püsiva 3D-mudelite loomist tellivate või andmeid suurel määral kasutavate asutuste vahelise kompetentsikeskuse haldamine, mis toetab ka 2D-ruumiandmete uuendamise kiirendamist ning tehnoloogiliste uuenduste kasutuselevõttu	2
Ühisprojekt LOD3 detailsuses 3D-mudeli loomiseks	Asutusteülene koostööprojekt LOD3 täpsuses ehitatud ja loodusliku keskkonna Eesti digikaksiku loomiseks ja levitamiseks	7
GNSS-tugijaamade ja ESTPOS võrgutarkvara uuendamine	Lisandunud tööjõuvajadus on seni kaetud Euroopa Liidu projektivahenditest, püsivate tegevuste toetamiseks on perspektiivis vajalik püsitöökohta loomine	1
3D-mudeli levitamise võimekuse tagamine	Ehitatud ja loodusliku keskkonna digikaksiku levitamiseks on vajalik geoportaaliga sarnase võimekusega 3D-andmete levitamise võimekuse loomise koordineerimine (arenduse projektijuhtimise funktsioon) ning püsiv lisanduvate teenuste haldus	2

Kokku on 3D-lahenduste kasutuselevõtuga erinevates ülakirjeldatud tegevustes ja etappides seotud hinnanguliselt 25 täistöökoha loomine. Arvestades Maa-ameti mediaantöötasu 2023. aastal¹⁰², on aastane prognoositav kogutööjõukulu ligikaudu 720 000 €. Silmas tuleb pidada, et osad toodud funktsioonidest on ajutised (näiteks regulatiivse raamistiku ja andmestandardite loomine; arenduste juhtimine), osad seotud potentsiaalsete tähtjaliste (koostöö)projektidega (näiteks täpsema 3D-mudeli loomine) - seetõttu kirjeldab kogutööjõukulu hinnang vaid maksimaalset eeldatavalt erinevatest allikatest (nt projektid, riigieelarve) kaetavat kulu.

Olulised käesoleva analüüsi käigus ilmnenud prognoositavad kulukomponendid seoses 3D-ruumiandmete laiapõhjalise kasutuselevõtuga:

- ▶ Andmehõives kasutatavate ALS (vajalikud hinnapäringud) ja AFP (maksumus ligikaudu 1,2 miljonit eurot) seadmete uuendamine, lennuki uutele seadmetele sobivaks kohandamine (maksumus prognoositavalt 0,7 miljonit eurot)
- ▶ GNSS tugijaamade seadmete ja ESTPOS võrgu tarkvara uuendamine (vajalik täpsem tehniliste kriteeriumite määratlemine ja hinnapäringute teostamine)
- ▶ Kosmosesatelliitidelt ja perspektiivis stratosfäärist tehtav kaugseire ei paku täna valmisalternatiivi ülelendudele lennukiga, samuti ei ole teada, millise hinnaga on võimalik stratosfääriseire või kosmosest tehtava seire korral kogu või osa Eestit kattev andmestik hõlmata. Paralleelselt tehniliste lahenduste piloteerimisega peab toimuma ka maksumuste täpsustamine.
- ▶ Kaardistamistarkvara osas on Maa-amet otsustanud lähiaastatel jätkata ArcGIS keskse kaardistusplatvormiga, täpsem kaalumise toimub paari aasta jooksul. Maa-amet kasutab KeMIT-i Esri organisatsioonipõhist litsentsi (EA leping), mis on mõeldud kasutamiseks viies KeMIT-i hallatavas asutuses ühiselt. Nimetatud litsents tagab lepinguga kaetud asutustes piiramatult enamuse ArcGIS toodete kasutamise. Seega Maa-ameti olemasoleva 3D ja kaarditootmise funktsionaalsuse säilitamine lisainvesteeringuid ei nõua. Esri EA KeMIT-i organisatsioonipõhise litsentsi maksumus on käesoleval ajal 250 000 eurot (lisandub käibemaks) ning käesolevas aruandes mainitud võimalike lisanduvate ArcGIS toodetega hinnanguliselt 300 000 eurot (lisandub käibemaks) aastas.

Võrdluseks saab tuua, et Soome maamõõduametis on avatud koodiga kaardistusplatvormile ülemineku kulud olnud ligikaudu 5 miljonit eurot. Juhul, kui ka Eestis minnakse tulevikus üle avatud koodiga tarkvaralahendusele, on Maa-ametil võimalik teatud ulatuses Soomes arendatud moduleid kasutusele võtta.

- ▶ Fokuseeritud asutusteülene ühisprojekt 3D andmehõive valdkonnas, eesmärgiga mudeldada LOD3 kõrgtasemel hooned ning muu vajalik 3D-kaksiku andmestik. Projekti maksumus sõltub oluliselt tegevuste skoobist (nt haljastuse mudeldamine) ja kasutatavast lähenemisest (andmeallikad ja andmete kogumine), mistõttu peab projekti ettevalmistamine toimuma asutuste tihedas koostöös.
- ▶ Aluspõhja mudeldamiseks vajaliku andmestiku loomiseks geoloogiliste aruannete digiteerimine. Maksumus sõltub loodavast andmemudelist ja aruannete digiteerimisel automaatse andmete välja lugemise võimalikkusest, mis vajab katsetamist. Digiteerimist vajavaid aruandeid on ligikaudu 40 000. Juhul, kui iga aruande digiteerimisele kulub 30 minutit, oleks kogu inimtööjõu vajadus 20 000 tundi, mis 120-tunnise kasuliku kuise tööaja korral tähendaks ligikaudu 170 inimtööjõu kuud. Arvestades Maa-ameti mediaantöötajakulu, oleks kogutööjõukulu antud tegevusele hinnanguliselt 408 000 eurot.
- ▶ Andmete levitamise ning osapooltelt sisendi kogumiseks vajalike funktsionaalsuste (teenused mudelite esitamiseks, rahvahanke tööriist) osas on Maa-amet hinnanud arenduse (sh geoloogiliste

¹⁰² <https://www.fin.ee/riigihaldus-ja-avalik-teenistus/avalik-teenistus/personali-ja-palgastatistika>

andmete levitamise võimekus, andmete levitamine teenuste abil) kogumaksumuseks ligi 3 miljonit eurot. Arendus- ja elutsükli kulu täpsustamiseks tuleb viia läbi detailanalüüsid (nt andmete levitamiseks CesiumJSi, ArcGIS Maps SDK for JavaScripti või nende kombinatsiooni kasutamine; rahvahanke tööriista täpsed funktsionaalsused; 3D-mudeli andmekoosseis ning andmete paiknemine ETAK-i koosseisus või muudes riiklikes andmekogudes; andmete levitamise formaadid).

8.2. Õigusaktide muutmine

Maa-ametis luuakse ja hallatakse juba täna nii 2,5D- kui ka 3D-kujul andmeid, andmete alusel loodud 3D-mudelit jagatakse avalikus pilootkeskkonnas¹⁰³. Samas ei ole täna kolmemõõtmelise loodusliku ja ehitatud keskkonna mudeli loomisel aluseks oleva andmestiku koosseis ja andmetele esitatavad nõuded õiguslikult üheselt määratletud, Maa-ameti põhimääruses ei kajastu 3D-mudeli loomisega seonduvad ülesanded ja vastutused ning 3D-mudel ei ole määratletud riikliku kaarditootena. Eelnevates peatükkides on kirjeldatud 3D laiapõhjaliseks kasutuselevõtuks vajalikke muudatusi, hõlmates ka õigusaktide muutmise kaalutlusi. Olulisemad teadaolevad õigusaktide muutmise vajadused on järgmised:

- ▶ 3D-andmemudeli koosseisu ja muude andmekogudega seoste määratlemine. Koostöös seotud andmekogude valdajatega on muuhulgas vaja otsustada, millised andmed ja millisel kujul kuuluvad ETAK-i koosseisu ning milliseid hoitakse muude valdkondade andmekogudes (vt täpsemalt ptk 6.2.). Muudatused viiakse sisse ETAK põhimäärusesse, vajadusel muudesse seotud andmekogude põhimäärustesse.
- ▶ 3D-mudeli (kaardi) määratlemine riikliku kaarditootena. Ruumiandmete seaduses on loetletud riiklikud ETAK-i andmetel põhinevad riiklikud kaardid ning Maa-ameti vastutus kaartide tootmisel; seaduse alusel antud määruses on täpsemalt kirjeldatud nii riiklikke kaarte kui ka nende tootmist. Loodava Eesti 3D-mudeli levitamise näol on tegemist uue (nii ETAK-i kui vajadusel ka muude andmekogude andmetele tugineva) riikliku kaarditootega (mudeliga), mille puhul on tarvis määratleda Maa-ameti ja muude osapoolte kohustused (nt § 66 lg 2 kohaldamine 3D-mudeli puhul). Rakendusakti tasandil tuleb kirjeldada muuhulgas 3D-mudeli loomise etapid. Kuna riiklik 3D-mudel toetab tulevikus väga erinevate valitsemisalade protsesside ja infosüsteemide toimimist, on vajalik reguleerimine ka õigusakti tasandil. 3D-mudeli kasutus eeldab tööjõuressurssi ja tehnoloogilisi võimekusi nii selle laiapõhjalise kasutuselevõtu kui ka ajakohasena hoidmise etapis. 3D-mudeli kasutuselevõtt võib tingida arendusvajadusi ka muudes riiklikes infosüsteemides.
- ▶ Juhul, kui Eesti ajakohasema ja kvaliteetsema 3D-mudeli olemasolu tagamiseks muudetakse kohustuslikuks ühtse andmestandardi kasutamine avalikest vahenditest rahastatavatele Eestis loodavatele 3D-mudelitele ja vastavate mudelite esitamine Maa-ametile (vt vastav soovitus ptk 6.1), on vajalik kohustuse seadmine õigusakti tasandil (näiteks ruumiandmete seaduse § 69 täpsustamine). Õigusaktiga reguleerimise asjakohasus ning kohustuse seadmisega kaasnevad mõjud vajavad täpsemat analüüsi.
- ▶ Vajadusel õigusraamisiku muutmine, võimaldamaks huvitatud osapoolel rahastada konkreetses asukohas Maa-ameti poolt teostatavat täpsemat andmehõivet ja -töötlust (vt ptk 6.1). Täpsemalt on vaja analüüsida, kas võimalik on sõlmida Maa-ameti ja teenust telliva osapoolte vahel (nt KOV)

¹⁰³ <https://3d.maaamet.ee/kaart/>

koostööleping (halduskoostöö seaduse § 3 lg 4), rakendada hankijate vahelise koostöö erandit vastavalt riigihangete seadusele (§ 12 lg 7) või on vajalik õigusaktide muutmise.

- ▶ Ehitusgeoloogiliste andmetega seonduvad muudatused (vt ptk 6.3.).
- ▶ Maa-ameti põhimääruses 3D-andmehõive ja -töötusega seonduvate tegevuste reguleerimine, vajadusel ka kompetentsikeskusega seotud tegevusteks aluste loomine.

8.3. Arendusega seotud riskid

Järgnevas tabelis on kirjeldatud 3D-lahenduste laiapõhjalise kasutuselevõttuga seotud riske võimalusi riskide ennetamiseks või maandamiseks. Iga riski juurde on välja toodud riski skoor, mis hõlmab riski esinemise tõenäosust ja riski võimalikku mõju.

Tabel 23. Geo3D kasutuselevõttuga seotud riskid

Riski kirjeldus	Riski skoor	Maandamise tegevused
Osapoolte ebapiisav koostöö võib takistada 3D-lahenduste kasutuselevõttu	Tõenäosus: keskmine Olulisus: kõrge	Osapoolte koostöö tugevdamine ühise tööühma vormis tegevuste koordineerimiseks.
Ebapiisavad vahendid 3D-lahenduste väljaarendamiseks võib põhjustada funktsionaalsuse ebapiisava realiseerumise.	Tõenäosus: keskmine Olulisus: kõrge	Detailanalüüside alusel töötatakse välja kulutõhusad lahendused ning seatakse arendusprioriteetid
3D-lahenduste elluviimiseks vajalike õigusaktide muudatused on aeganõudvad või mis tahes põhjustel neid ei tehta.	Tõenäosus: keskmine Olulisus: kõrge	Tihe koostöö osapoolte vahel õigusaktide väljatöötamisel
Tehnilised lahendused 3D-mudelite loomise oluliseks tõhustamiseks ei ole piisavad, et andmetöötlust osapoolte ootustele vastavalt oluliselt kiirendada	Tõenäosus: kõrge Olulisus: kõrge	Osapoolte koostöö koordineerimine võimalike lahenduste selgitamiseks. Pidev töö uudsete lahenduste katsetamiseks
Täiendava tööjõuressursi võimaluste puudumine ja sellest tulenevad takistused 3D-lahenduste laiapõhjalise kasutuselevõtu korraldamisel	Tõenäosus: kõrge Olulisus: kõrge	Riikliku 3D-mudeli kasutuselevõtuks vajaliku tööjõuressursi planeerimine õigusaktide muutmise käigus
Osapoolte ootustele vastav rikastatud 3D-mudel eeldab ka muude osapoolte panustamist ning täiendavaid ressursse enda valdkonna andmete rikastamisel, milleks ressursse ei pruugi organisatsioonides olla	Tõenäosus: keskmine Olulisus: kõrge	Pikaajaline osapoolte eesmärkide ja tegevuste koordineerimine
3D-lahenduste kasutuselevõtu käigus halveneb 2D ruumandmete kättesaadavus	Tõenäosus: madal Olulisus: kõrge	Käesoleva analüüsi käigus kaardistatud ja detailanalüüside käigus kogutavatest funktsionaalsetest nõuetest lähtumine arenduste läbiviimisel
Paralleelselt Maa-ametiga tellivad 3D-andmete kaardistamist ja mudelite loomist ka muud avaliku sektori asutused, muutes ebatõhusaks avalike vahendite kasutamise	Tõenäosus: keskmine Olulisus: kõrge	Osapoolte koostöö tugevdamine ühise tööühma vormis tegevuste koordineerimiseks.

Riski kirjeldus	Riski skoor	Maandamise tegevused
Tagasihoidlik valmisolek koostööks muude organisatsioonide poolt üleriigilise kõrge täpsusega 3D-mudeli loomisel	Tõenäosus: madal Olulisus: kõrge	Maa-ameti valmisolek arendada esmatähtsad 3D-teenused välja iseseisvalt

8.4. Arenduse sotsiaalmajandusliku kasu mõõtmine

Geo3D strateegia kohaselt läheb Maa-amet üle 3D-andmehõivele ja kaarditoodetele, mis võimaldab muudel riiklikel registritel paremini osutada teenuseid ja katta ühiskonna kasvavaid vajadusi kvaliteetsete ja tegelikkust adekvaatselt kujutavate ruumiandmete järele. ETAK-i andmetele tuginevad digikaardid on aluseks väga erinevate registrite toimimisele (planeeringute register, metsaregister jm).

3D-lahenduste laialdasema kasutuse ning 3D-mudelite vaba kättesaadavuse otseste või kaudsete kasudena saab välja tuua muuhulgas järgmisi valdkondi:

- ▶ Teadlikumad ja kaasavamad ruumiotsused (planeeringud, ehitusload, muud ruumiotsused). 3D-mudelite abil on võimalik arusaadavamalt visualiseerida, kuidas kavandatavad arendused välja näevad ja olemasolevasse ehitatud või looduslikku keskkonda sobituvad. See võimaldab teha teadlikumaid ruumiotsuseid.
- ▶ Tõhusam kiir- ja kriisireageerimine. Ajakohaste ja korrektsete 3D-mudelite olemasolu toetab kiiremat abivajajateni jõudmist ja tõhusat reageerimist.
- ▶ Kohaturundus. Nii avalik kui ka erasektor saab (olenevalt õigustest) kasutada 3D-mudeleid enda ärieesmärkide saavutamiseks, näiteks luues potentsiaalsetele külastajatele linna realistliku esituse.
- ▶ Keskkonnamõju - näiteks varjutuse, müra, õhusaaste - leviku täpsem prognoosimine asjakohaseid mudeleid ja 3D-andmeid kasutades
- ▶ Transpordi ja logistika planeerimine. Mudeleid on võimalik kasutada transpordisüsteemide, sealhulgas teedevõrkude, ühistranspordi ja jalgrattateede planeerimiseks ja optimeerimiseks.
- ▶ Isesõitvad sõidukid. 3D-melistekasutamine on autonoomsete sõidukite väljatöötamisel ja rakendamisel kriitilise tähtsusega.
- ▶ Kogutud geoloogiliste andmete jagamine.

2D-lt 3D-le üleminek ruumiandmerakendustes ja sellega seotud arendused ei toeta eraldi regionaalarengut ega oma olulisi regionaalseid erisusi. Ka tulevikus uueneb 3D-andmestik keskuste osas tõenäoliselt sagedamini, kui maapiirkondades, ent teenus katab kogu Eestit. 3D-lahendused ruumiandmeteenustes võivad piiratud määral edendada keskkonnahoidlike lahenduste rakendamist läbi detailsema 3D-mudeli, mida on võimalik aluseks võtta erinevates ruumianalüüsides ning loodus- või inimkeskkonnaga seotud haldusmenetlustes (näiteks kaetud pindade info, metsade 3D-mudelid vm). 3D-ruumiandmed toetavad kaudselt kodanikuühiskonna arengut läbi kaasamise edendamise ruumiotsustega seotud avalikes menetlustes: näiteks ehitisseadustiku ja planeerimisseaduse alusel tehtavad menetlused, kaasava eelarve ideekorjete ja hääletuste toetamine. 3D-rakendused edendavad otseselt Eesti infoühiskonna arengut, olles aluseks eri valdkondade riiklikes infosüsteemides tehtavatele parendustele.

Eestis ei toimu teadaolevalt riiklike infosüsteemide mõju või valdkonnaspetsiifiliste eesmärkide kesket seiret või järjepidevat hindamist¹⁰⁴. Riiklikest digiriigi arenguga seotud indikaatoritest võib Geo3D arendus kaudselt toetada rahulolu suurenemist avalike teenuste kvaliteediga elanike ja ettevõtjate hulgas, samas rahulolu suurenemine või vähenemine sõltub sellest, mil määral detailanalüüside ja arenduste käigus osapoolte vajadusi suudetakse kaardistada ja arvestada. Kuna Geo3D ei ole loodud isikutega seotud menetluste läbiviimiseks, ei suurenda selle kasutuselevõtt otseselt sündmusteenuste pakkumist riigis. Loodav lahendus peab toetama jätkuvat infosüsteemide koosvõimet (täpsemad nõuded vt lisa 1). 3D kasutuselevõttu kiirendaks oluliselt tehisintellekti võimekuste rakendamine muutuste tuvastamiseks ja 3D-mudeldamise toetamisel, ent lähiaastatel on fookus eelkõige sobivate tehisintellekti rakenduste tuvastamisel ja piloteerimisel.

Mõne konkreetse infosüsteemi toimimist on võimalik hinnata selliste näitajate kaudu nagu kasutajate rahulolu, katkestuste kestus, turvaintsidentide arv ajaühikus, koormustestide näitajad. Teatud avalikkusele suunatud rakenduste puhul (rahvahanke funktsionaalsus vm) on otstarbekas jälgida ka kasutusstatistikat.

Valitsusasutustel on kohustus hinnata oluliste teenuste ja nende osutamise protsesside kvaliteeti vähemalt kord aastas ning esitada teatud juhtudel teenuste kvaliteedinäitajad teenuste loetelu koosseisus¹⁰⁵. Asutuse teenuste tasandil on asjakohane seirata tulemusmõõdikuid (mil määral eesmärgid täideti) ja väljundmõõdikuid (nt teenuste kasutamise maht, kulu kasutuse kohta, kogukulu), teenuse kvaliteedijuhtimiseks on otstarbekas jälgida ka kvaliteedimõõdikuid (nt teenusega rahulolu, planeeritud ja planeerimata katkestuste hulk)¹⁰⁶. Põhjalikum Maa-ameti geoportaali kasutajauuring viidi läbi 2022. aastal¹⁰⁷, kvantitatiivses elanikeküsitluses käsitleti põgusalt ka 3D kaardirakendust. Kasutajauuringut on mõistlik korrata peale suuremate uuenduste elluviimist. Uuendatud geoportaali (sh 3D-andmete levitamine, geoloogilised andmed, teenuste kaudu levitamine) kohta on vaja uuring läbi viia esimeste funktsionaalsuste juurutamise järel, et saada esmane kasutaja tagasiside, mida portaali lõppfunktsionaalsuses arvesse võtta.

Kolmemõõtmelise geoportaali kasutuselevõtt panustab kaudselt ka mitme riikliku näitaja taseme muutusse, parendades avalike digiteenuste kvaliteeti ja kasutatavust. Strateegia "Eesti 2035", Eesti digiühiskonna arengukava ning valitsuse tegevusplaaniga seotud näitajad, millesse kavandatavad arendused panustavad:

- ▶ Rahulolu avalike teenuste kvaliteediga 16-74-aastaste elanike ja ettevõtjate hulgas. Avalike teenustega rahulolu mõõdetakse valdkondade üleselt ning iga konkreetse avaliku teenuse kvaliteedi parenemine mõjutab näitajat positiivses suunas.
- ▶ Avalike digiteenustega rahulolu, mille osas digiühiskonna arengukava kavandab kasvu 69%-lt eraisikute hulgas ja 47%-lt ettevõtete hulgas 90%-ni aastaks 2030. Tulemus saavutatakse info koondamisega andmete teabeväravasse, tuginedes asutuse andmehalduse praktika juurutamisele. Kavandatud väga suur kasv eeldab kasutajate ootuste väga täpset välja selgitamist kasutajauuringutes, kasutajate aktiivset kaasamist testimisse ning pidevaid parendusi kasutajate tagasiside alusel.

¹⁰⁴ Teatud digiteenuste ühekordne mõju ja tulemuslikkuse hindamine toimus teadaolevalt uuringu näol aastal 2013, vt https://www.praxis.ee/fileadmin/tarmo/Projektid/Valitsemine_ja_kodanike%C3%BChiskond/E-teenuste_kasutamise_tulemuslikkus_ja_moju.pdf

¹⁰⁵ <https://www.riigiteataja.ee/akt/131052017007>

¹⁰⁶ <https://www.fin.ee/riigi-rahandus-ja-maksud/riigieelarve-ja-eelarvestrateegia/tegevuspohise-eelarvestamise-kasiraamat/teenused>

¹⁰⁷ https://geoportaal.maaamet.ee/docs/X-GIS/Maa-ameti-kaardirakenduse-tuntus-ja-kasutamine_uuring-2022_Viilup-Uuringud.pdf

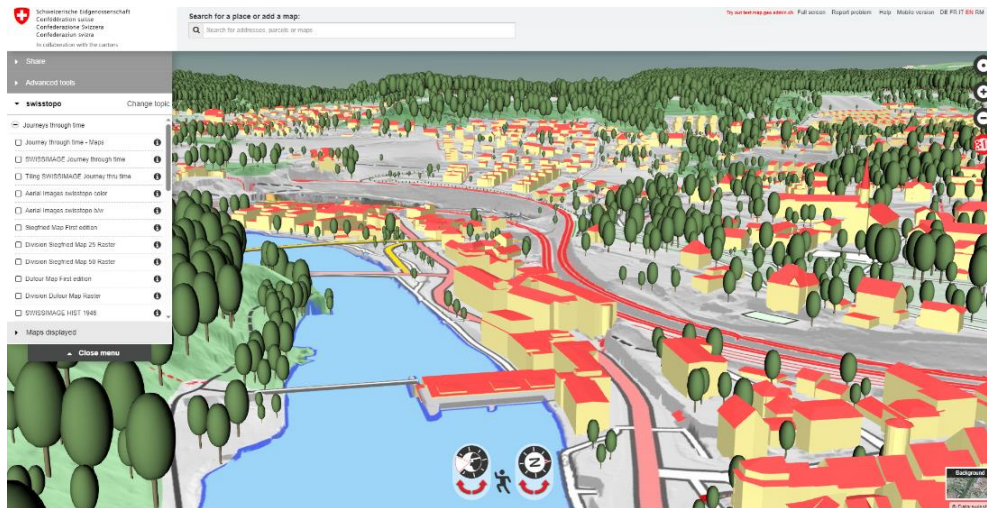
- ▶ Toimivate sündmusteenuste arv. Riiklik 3D-mudel toetab tulevikus eri avaliku sektori digilahenduste toimimist, samas ei ole geoportaal otseselt ühegi teadaolevalt kavandatud sündmusteenuse esitamise esmane kanal.
- ▶ Eesti avalikus sektoris kasutusele võetud tehisintellekti rakenduste arv.¹⁰⁸ Tehisintellekti kasutuselevõtu võimalikkus sõltub uute seadmetega kogutud alusandmete kvaliteedist; juhul, kui tulevikus toimuv andmehõive võimaldab tehisintellekti rakenduste kasutuselevõttu, toetab 3D-lahendustele üleminek näitaja kasvu.

¹⁰⁸ Eesti riiklikus tehisintellekti alases tegevuskavas ehk kratikavas 2022-2023 (https://www.kratid.ee/files/ugd/980182_1f685990ca2e462f84c987408a816503.pdf, lk 8) on toodud eesmärk mõõta kava täitmist muuhulgas järgmise mõõdiku alusel (mõõdiku sihttase seisuga 31.12.2023): „1. Avalikus sektoris rakendatud krattide arv: 130, algtase: 80.“ IT-arendusteks vahendite taotlemisel kasutatavas vormis (<https://www.fin.ee/media/6404/download>) on mõõdikuna kasutusel näitaja „Eesti avalikus sektoris kasutuselevõetud tehisintellekti rakenduste arv“. Sisuliselt käsitletakse kratti ja tehisintellekti samatähenduslikuna (<https://www.kratid.ee/tehisintellekt>).

Lisad

Lisa 1. Šveitsi 3D-rakenduse kirjeldus

Kasutajaliides võimaldab kasutajatel navigeerida kaardiaknas kas 2D- või 3D-vaates. 3D-vaates saab navigeerida, kasutades hiire klahve ja rullikut või kaardiakna all keskel olevaid navigeerimise nuppe. Võimalik on vahetada aluskaarti (topoloogia, aerofoto või must-valge kaart).



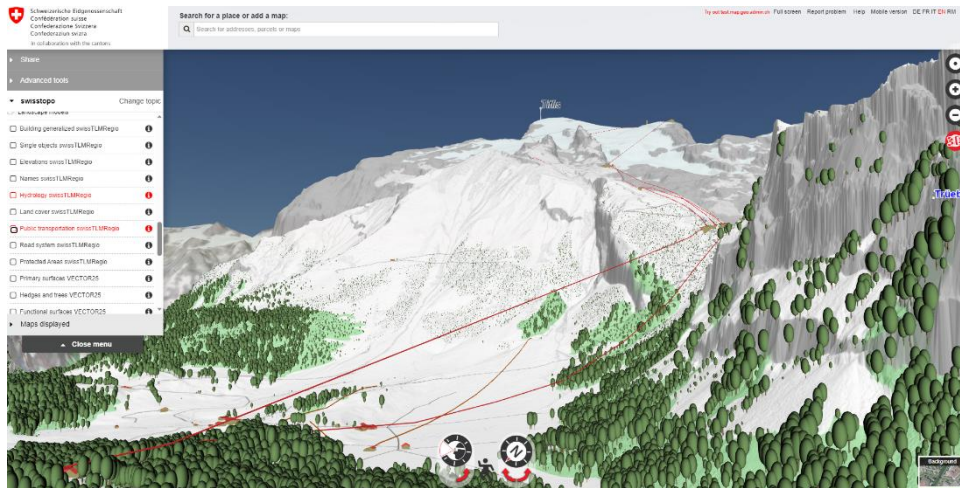
Joonis 84. Vegetatsioon, hooned ja sillad 3D-vaates. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹⁰⁹



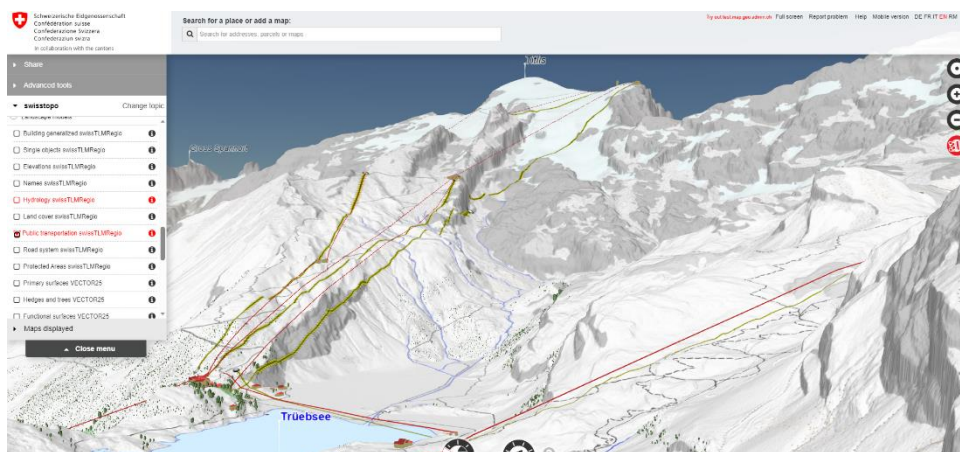
Joonis 85. Sama ala vegetatsioon, hooned ja sillad 2D-vaates. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹⁰

¹⁰⁹ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

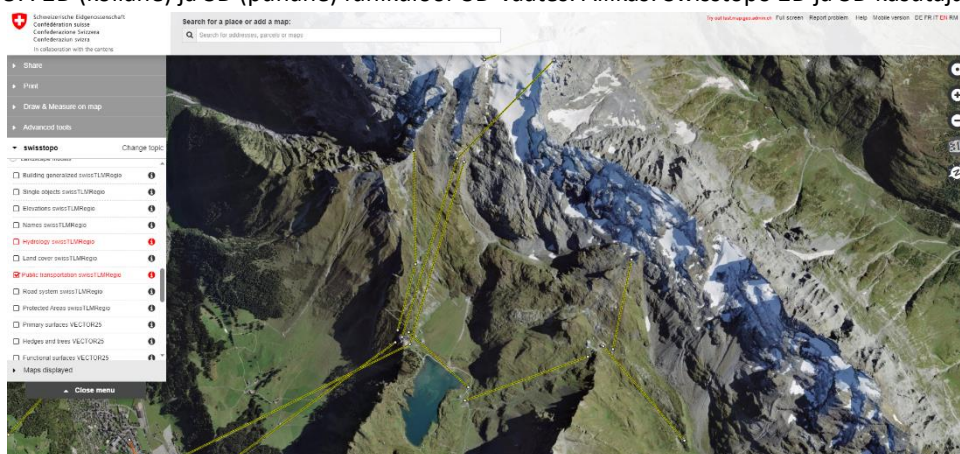
¹¹⁰ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html



Joonis 86. Funikulöör koos vegetatsiooniga ja maastikumudeliga 3D-vaates. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹¹



Joonis 87. 2D (kollane) ja 3D (punane) funikulöör 3D-vaates. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹²



Joonis 88. Funikulöör 2D-vaates vektorandmetena ortofoto aluskaardiga. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹³

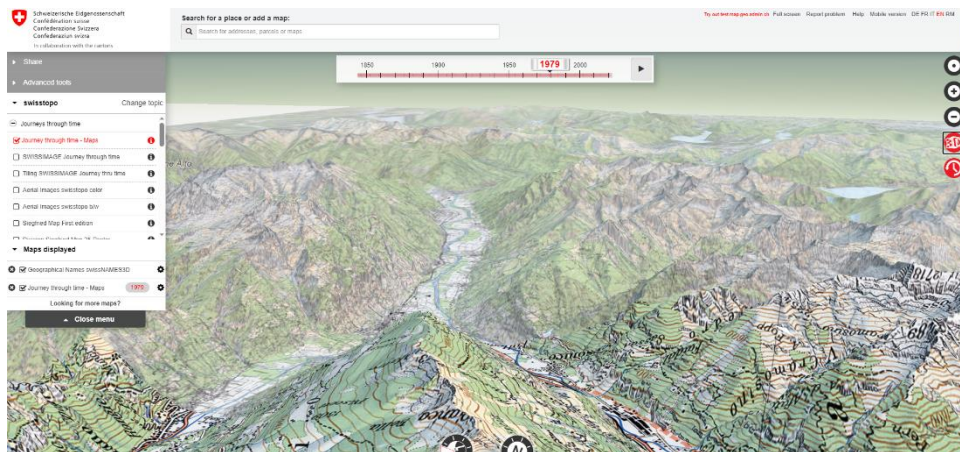
¹¹¹ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

¹¹² swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

¹¹³ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

Nii 2D- kui 3D-vaatele saab lisada vasakust menüüst juurde erinevaid andmeid ning neid nii 2D- kui 3D-vaates vaadata. Kõik paneelilt lisatavad kihid on aga 2D-andmetena juurde visualiseeritud. 3D-vaates visualiseeritakse 2D-andmed 3D-kõrgusmudelile. Sellisteks andmeteks on näiteks liustiku üleujutusala, geoloogia, erinevad kõrgusmudelid, geodeetiliste mõõdistuste kõrguspunktid, erinevad aeropildistamised, aerofotod vastavalt kaardilehtedele, kaardilehtede ruudustikud, transpordihendused, topograafilise andmekogu kihid (teed, hooned, hüdroloogia jne), aadressiandmed ning erinevad referentssüsteemid.

Paljusid kihte on võimalik vaadata ajaliuguri abil, et seirata muutusi ajas (ajaloolised kaardid, ortofotod, liustiku kaardistus jne). Selleks aktiveerub paremas ääres kella ikoon ning andmete aega kajastav ajariba.

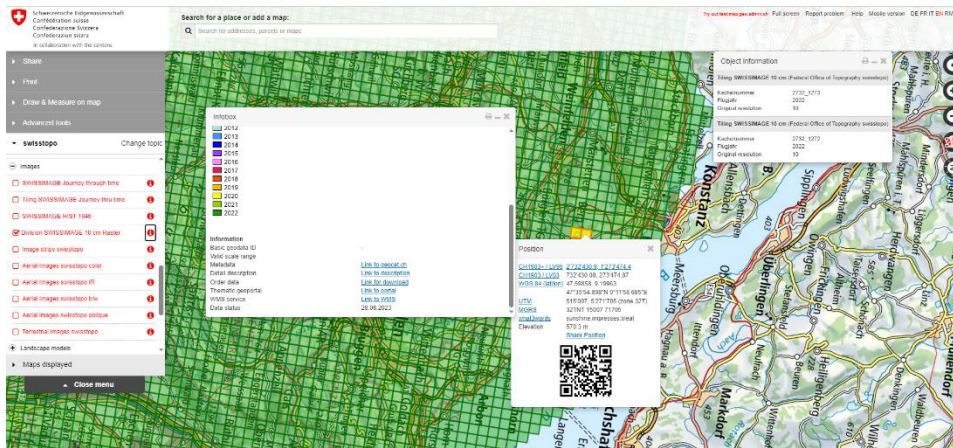


Joonis 89. Ajatelj võimaldab vaadata sama andmestikku vastavalt soovitud aastale. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹⁴

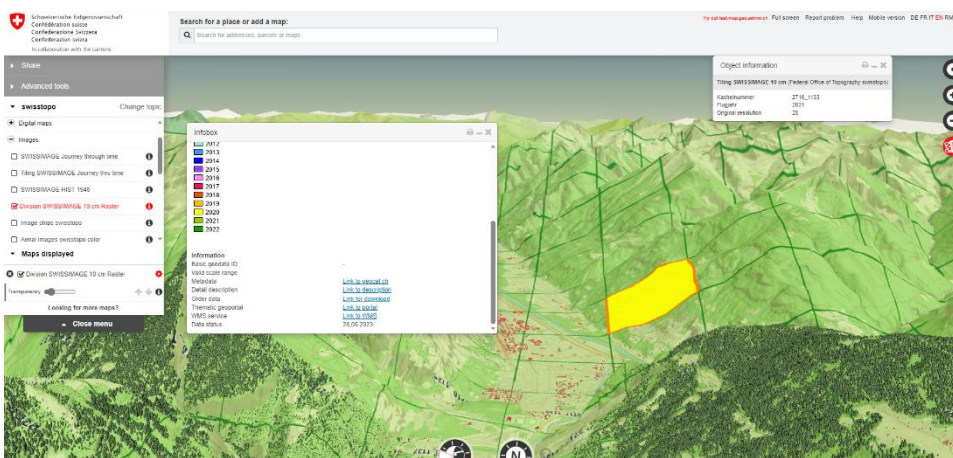
Andmete allalaadimine on võimalik vasakul ääres asuva andmekihtide paneeli iga kihi info nupust, mille kaudu avaneb infopaneel. Infopaneelil on andmete lühitutvustus ning viited andmete metaandmete, allalaadimise, temaatiliste portaalide ja WMS-teenuste linkidele. Kujutatud kihid ei ole mõeldud allalaadimistööristadena, vaid pigem metaandmete teabekihtidena ning andmete visualiseerimiseks. Kihid sisaldavad viiteid aeropiltide allalaadimiseks, kuid mitte 3D-andmete otse allalaadimiseks. 3D-andmete alla laadimiseks on eraldi 3D-andmepaketi „*minimal data package*”¹¹⁵, mis sisaldab 3D-hooneid, kõrgusmudelit ja sildu. Arendamisel on ka teine 3D-andmepakett, mis hõlmab ka puid, kõisraudteid ja muid swissTLM3D 3D-elemente. Andmepakette 3D-mudelitega hakatakse pakkuma teenusena ja tasuliselt. Praeguse 3D kasutajaliidese edasiarendus ja 3D-andmete otse allalaadimise pakkumine tseenivaatori kaudu on seatud üheks topograafiaosakonna pikaajaliseks eesmärgiks.

¹¹⁴ [swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html](https://www.swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html)

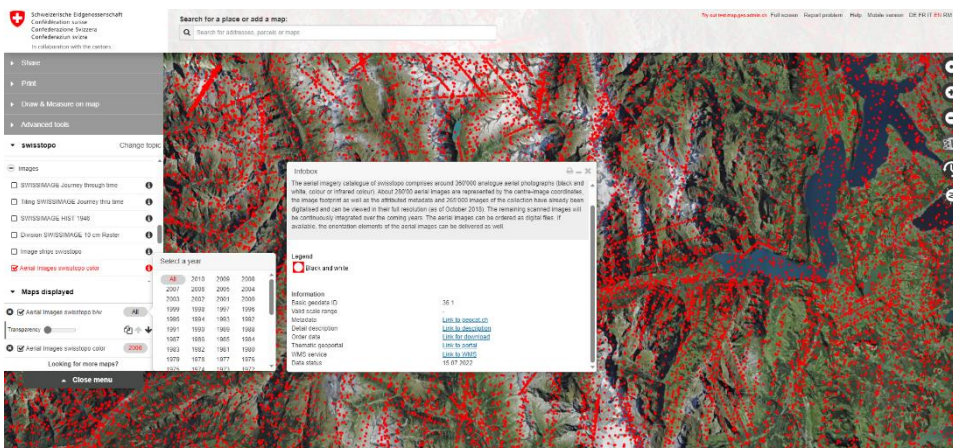
¹¹⁵ <https://www.swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html>



Joonis 90. Näide andmestiku allalaadimisest 2D-vaates. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹⁶



Joonis 91. Näide andmestiku allalaadimisest 3D-vaates. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹⁷



Joonis 92. Vastavalt andmestikule on võimalik filtreerida andmeid alla laadimiseks ka vastavalt aastale. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹⁸

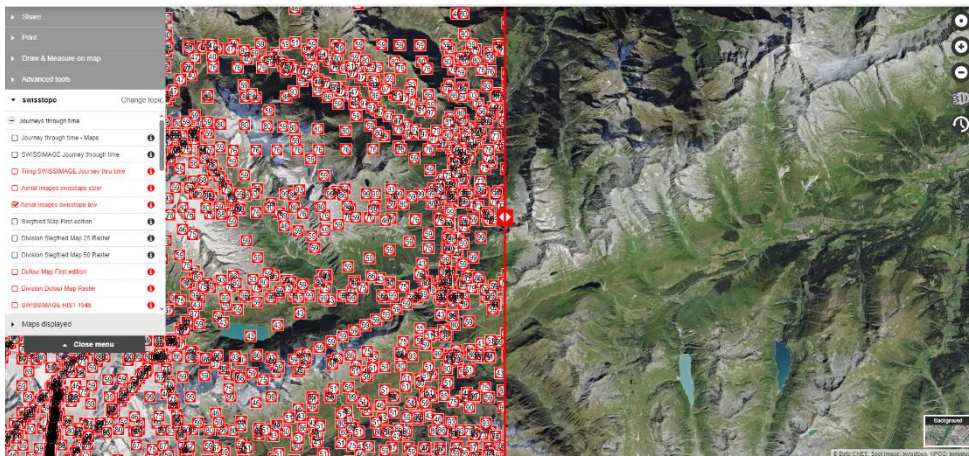
¹¹⁶ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

¹¹⁷ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

¹¹⁸ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

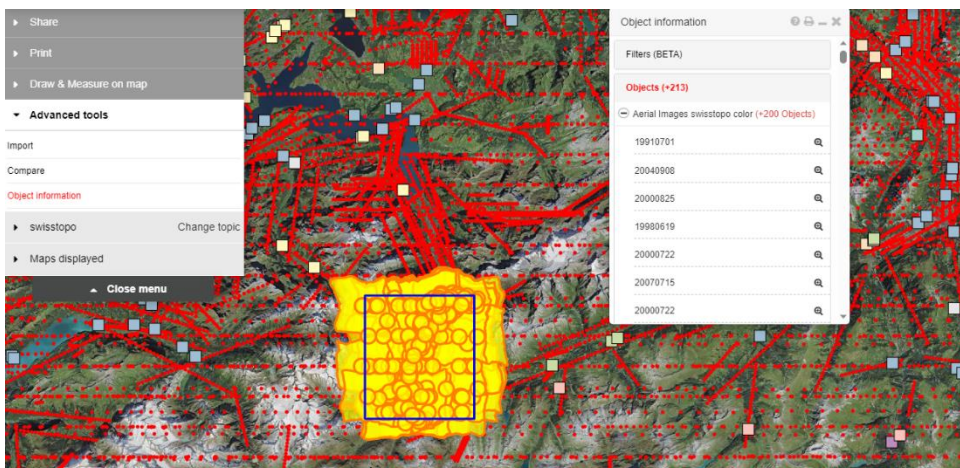
Järgnevalt on kirjeldatud kasutajaliidese lisafunktsionaalsusi.

- Kihtide võrdlemine omavahel.



Joonis 93. Kihtide võrdlemine omavahel. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹¹⁹

Kõikide andmete valimine ja komplektina alla laadimine vastavalt enda määratud alale.



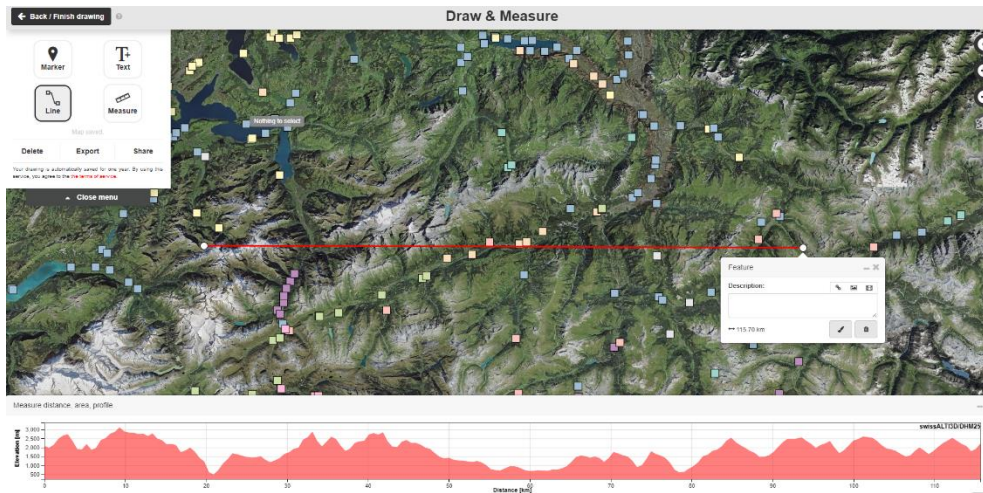
Joonis 94. Andmete valimine ja alla laadimine. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹²⁰

Andmete importimine veebist (WMTS, WMS, GPX, KML, URL) või lokaalselt arvutist.

Huvipunktide/markerite määramine, teksti lisamine, mõõtmised (kõrgusprofiil, kaugus, nähtavus, vahemaa, kallak), märkmete allalaadimine ja jagamine.

¹¹⁹ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

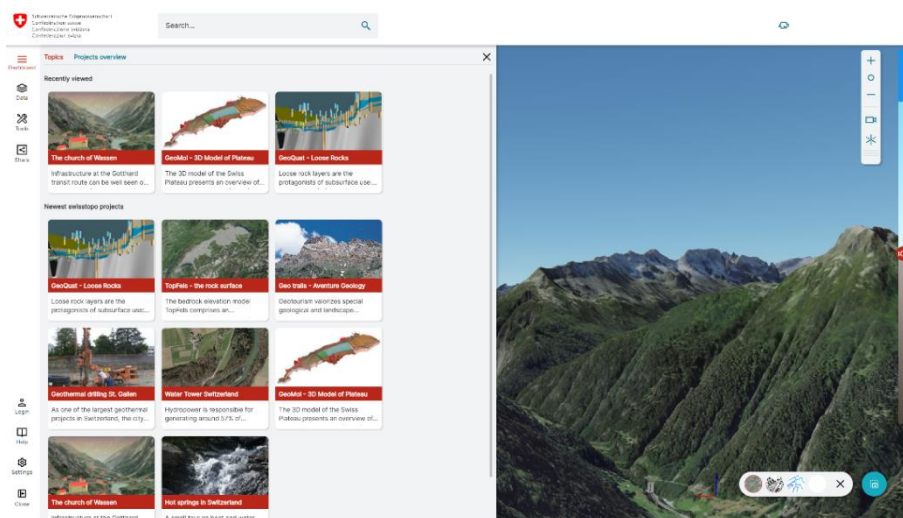
¹²⁰ swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html



Joonis 95. Kaardi vormistus. Allikas: Swisstopo 2D ja 3D kasutajaliides¹²¹

Kaardi vormistus (orientatsioon, mõõtkava, legend, kaardiruudustik) ja printimine PDF-iks.

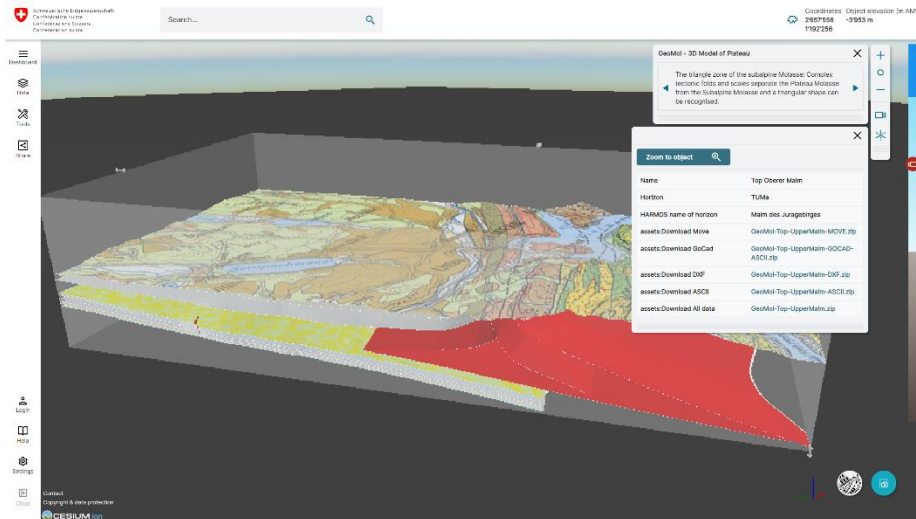
Geoloogia 3D-kasutajaliides. Geoloogia 3D-andmeid visualiseeritakse teistest 3D-andmetest eraldi, kasutades selleks Cesiumi platvormi. Kasutajaliideses on võimalik navigeerida paremal pool äärel oleva kaameraribaga maa alla ning vaadata sealset 3D-infot. Objektidega saab tutvuda nii navigeerides kui ka töölaualt (dashboard) projektide või teemade kaupa otsides. Iga projekti all on omakorda viited erinevatele objektidele või asukohtadele.



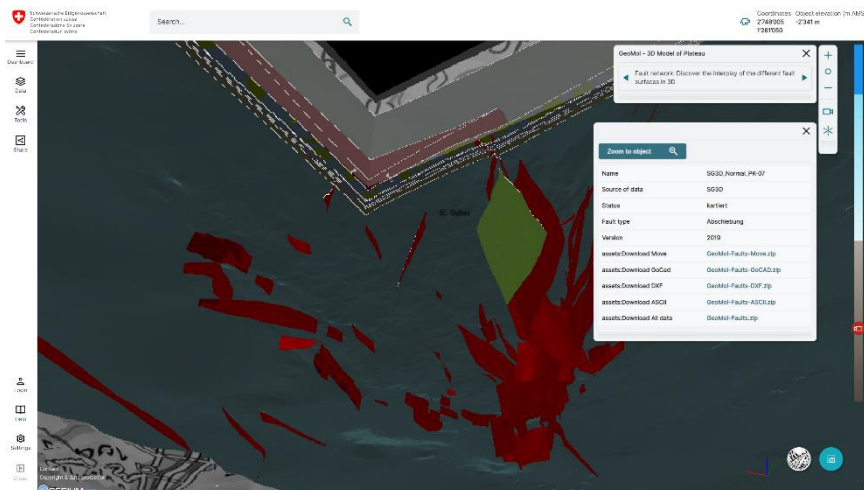
Joonis 96. Töölaualt leitavad projektid. Allikas: Swisstopo Geoloogia-3D kasutajaliides¹²²

¹²¹swisstopo.admin.ch/en/services/3d-visualisations/3d-data-packages.html

¹²² <https://viewer.swissgeol.ch>



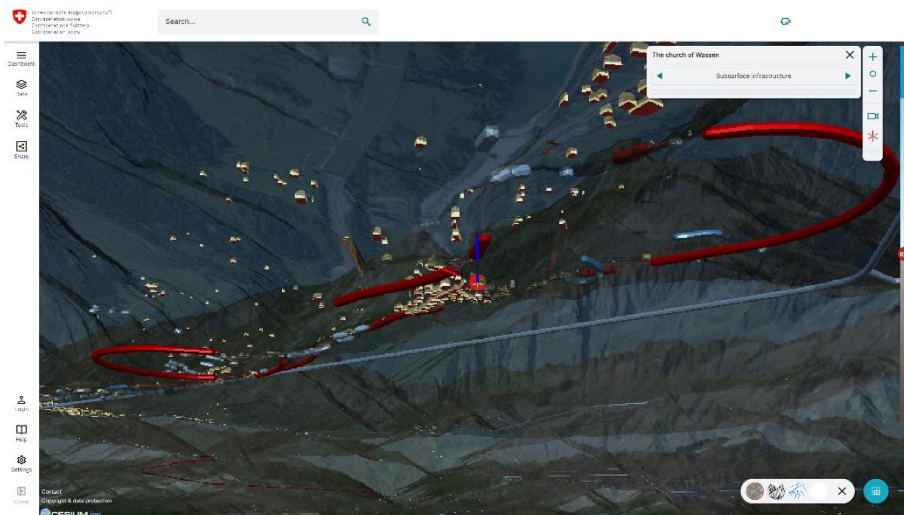
Joonis 97. GeoMol-projekti näidis. Allikas Swisstopo Geologia 3D-kasutajaliides ¹²³



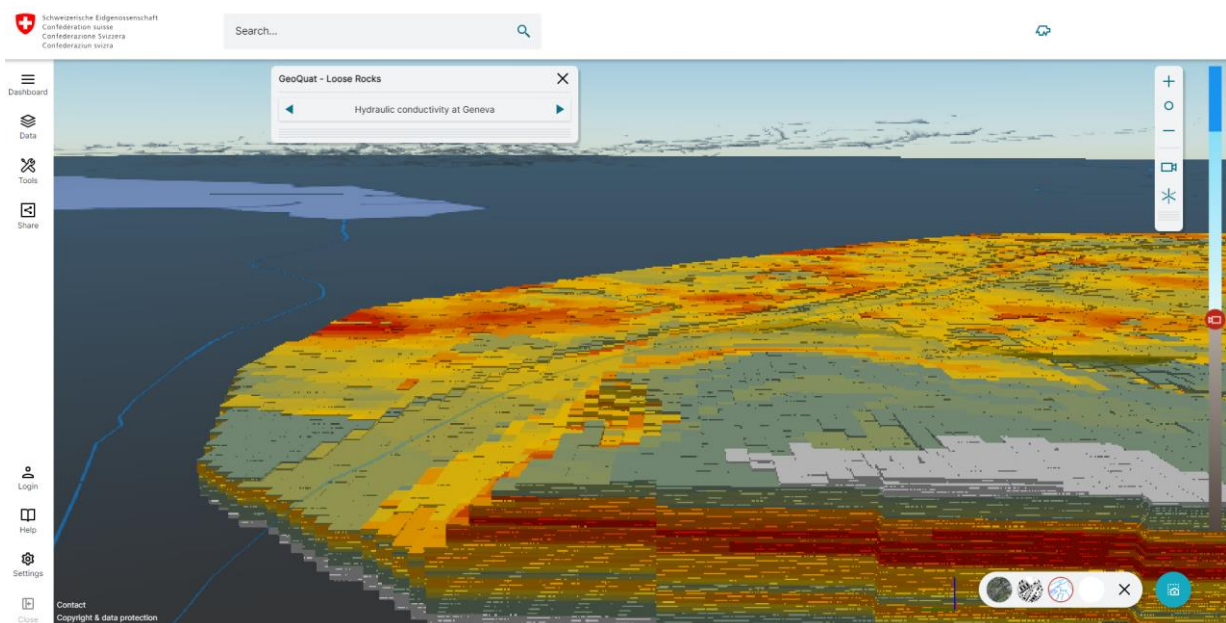
Joonis 98. Näidisprojekti maa-alune vaade geoloogiliste kihtide ja riketega ning võimalikud alla laadimise formaadid. Allikas: Swisstopo Geologia 3D-kasutajaliides ¹²⁴

¹²³ <https://viewer.swissgeol.ch>

¹²⁴ <https://viewer.swissgeol.ch>



Joonis 99. Weeseni kiriku projekti maa-alune vaade hoonete vundamentide (kollane) ja maa-aluste tunnelitega (sinised ja punased). Allikas: Swisstopo Geoloogia 3D kasutajaliides ¹²⁵

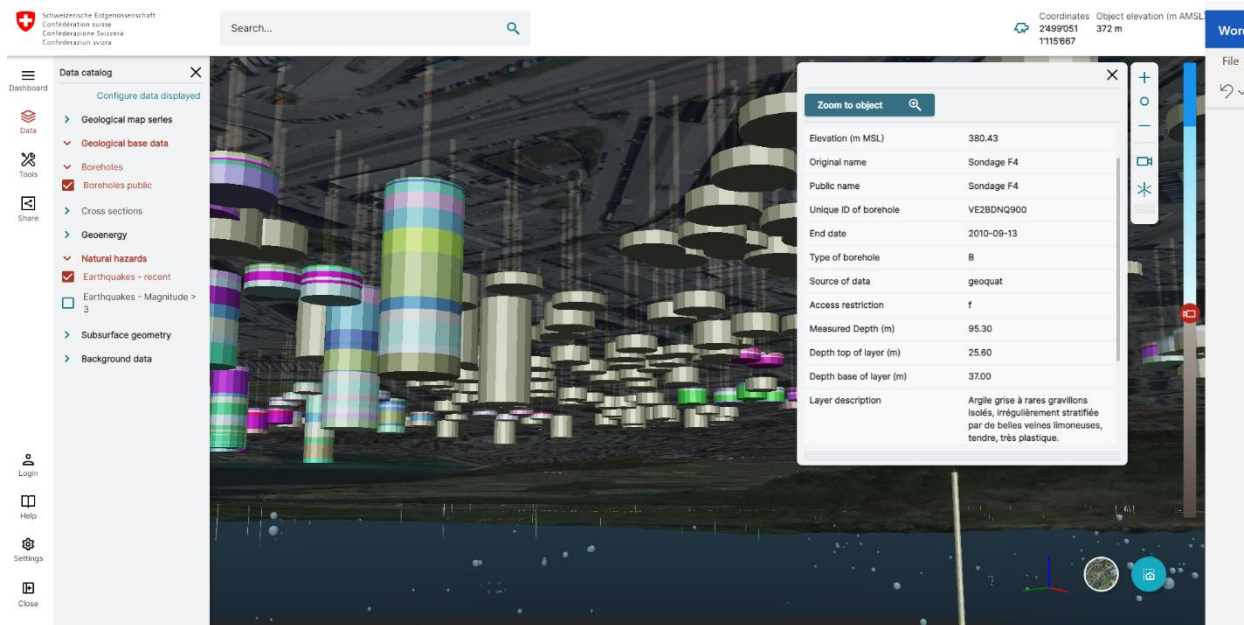


Joonis 100. Maa-aluse geoloogia vokselkiht. Allikas Swisstopo Geoloogia-3D kasutajaliides ¹²⁶

Kasutajaliidese vasakust menüüribast on võimalik lisada erinevaid geoloogiat puudutavaid andmekihte (pinnase temperatuur erinevatel kihtidel, registreeritud maavärinad, puursüdamikud, rikked jne).

¹²⁵ <https://viewer.swissgeol.ch>

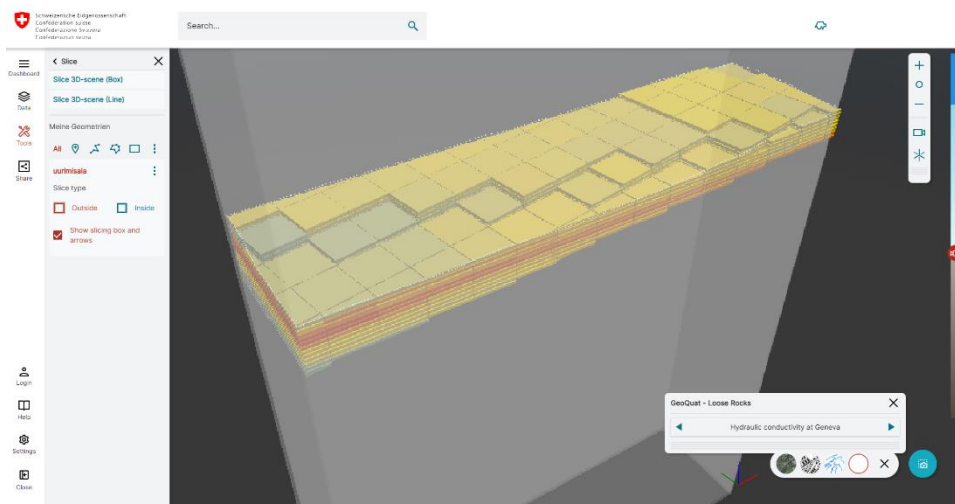
¹²⁶ <https://viewer.swissgeol.ch>



Joonis 101. Eelneva vokselkihi aluseks olevate puursüdamike 3D-modelleering ja ühe südamiku kihi atribuudid (kihi tüüp, nimetus, sügavus, koordinaadid, paksus jne). Sügavamal siniste ringidega kujutatud registreeritud maavärinad. Allikas: Swisstopo Geoloogia 3D-kasutajaliides¹²⁷

Järgnevalt on loetletud kasutajaliidese lisafunktsionaalsused.

- ▶ Enda uurimisala määratlemine interaktiivselt kaardilt või importides KML-/GPX-faili
- ▶ Kõrgusprofiil, andmestiku viilutamine, lõikamine vastavalt enda uurimisalale



Joonis 102. Kõrgusprofiili loomine ja andmestiku viilutamine. Allikas: Swisstopo Geoloogia 3D-kasutajaliides¹²⁸

Olenevalt andmestikust on võimalik andmeid alla laadida erinevas formaadis. Samuti on võimalik vokselandmete allalaadimine PDF-raporti kujul terve algse andmestiku kohta. Vokselandmete allalaadimist töötusfailidena CESIUM ioni platvorm ei võimalda.

¹²⁷ <https://viewer.swissgeol.ch>

¹²⁸ <https://viewer.swissgeol.ch>

Lisa 2. Ärivajadused

Allolevas tabelis on toodud käesoleva analüüsi olemasoleva olukorra etapi raames läbi viidud intervjuudel välja toodud kasutajaootused.

#	Vajadus	Osapool	Kategooria
1	Soov, et põhialuseks olev ETAK-i andmestik üldisemalt, aga eelkõige nt kõlvikute (sh raiesmike), sildade ja teede osas oleks ajakohasem.	Kaitsevägi	Andmehõive - Kaardistamine
2	Soov saada kvaliteetsemaid (ja sagedamini kaardistatud) 3D-andmed (hooned, rajatised, maakate, maapinnamudelid, metsad jm).	Kaitsevägi, KOV, Planeerijad, Arhitektid, MKM	Andmehõive - Kaardistamine
3	Soov, et Maa-amet teostaks kaardistuslende üle kaitseväe harjutusväljade iga aastaselt.	Kaitsevägi	Andmehõive - Kaardistamine
4	Soov saada ajakohaseid ja usaldusväärseid huvipunktide andmeid POI andmebaasist.	Kaitsevägi, SMIT	Andmehõive - Kaardistamine
5	Soov, et Maa-amet teostaks sagedamini andmekorjet, et ortofotode andmed oleksid ajakohasemad.	SMIT, Transpordiamet, KOV-id, Kaitsevägi	Andmehõive - Kaardistamine
6	Soov katta suvise kaardistuslennuga kogu Eesti territoorium.	KeM, KAUR, RMK, KeA, Transpordiamet	Andmehõive - Kaardistamine
7	Soov, et kevadine andmekorje võiks olla tihedam (kord aastas) ja täpsem (andmetiheduse kvalitatiivseks hüppeks metsanduse peaks tihedus olema > 30 p/m ²), et tulevikus edasi liikuda üksikpuude kaardistamise ideega ja parema sortimentatsiooni väljatuleku ennustamisega ning et oleks võimalik teha aastapõhiseid võrdluseid metsaressursi muutuste ja varude kohta (uus valitsus nõuab, et metsaandmed oleksid uuendatud ja digiteeritud).	KeM, KAUR, RMK, KeA	Andmehõive - Kaardistamine
8	Soov, et lidaripunkt oleks üks punkt ruutdetsimeetri peale, et rahuldada andmetiheduse vajadus (nt masinloetavad andmed teede kohta).	Transpordiamet	Andmehõive - Kaardistamine
9	Soov, et 3D punktipilved ja aerofotod oleksid ajakohasemad ning uueneksid kiiremini (kord aastas).	Tallinn	Andmehõive - Kaardistamine
10	Soov, et andmete uuendamise sageduses ja kättesaadavus võiks olla maksimum aasta (soovitavalt tihedam).	MKM, KeM, KAUR, RMK, KeA, Transpordiamet, KOV, Kaitsevägi, Fookusgrupp 1	Andmehõive - Kaardistamine

#	Vajadus	Osapool	Kategooria
11	Soov, et ülelennu andmed oleksid võimalikult ajakohased (nt teede ehituse puhul vaja värskeid andmeid).	Päästeamet	Andmehõive - Kaardistamine
12	Soov, et virtuaalreaalsuse loomiseks oleks olemas andmed ehitiste välisilme kohta.	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Kaardistamine
13	Soov saada andmed liiklust puudutavate andmete detailide kohta (nt sõidurajad, stoppjooned, valgusfoorid ja nende kõrgused jm).	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Kaardistamine
14	Soov saada teede 3D-andmeid (teede suunalisus, ridade arv, ringteed, ligipääsuteed hooneni jms).	SMIT, Päästeamet	Andmehõive - Andmekoosseis
15	Soov, et hooned, kõrgrajatised ning takistused (nt kõrgepingeliinid) oleksid kättesaadavad kolmemõõtmelisena.	SMIT, MKM	Andmehõive - Andmekoosseis
16	Soov saada hoonete kohta kõrguse ja korruselisuse ning korruse kõrguse andmeid.	SMIT, KOV, Päästeamet, Planeerijad	Andmehõive - Andmekoosseis
17	Soov, et laevaliinide kaardistus oleks 3D-andmetena kättesaadav.	Transpordiamet	Andmehõive - Andmekoosseis
18	Soov, et õhuruumi ulatuvad ja seda piiravad 3D-andmed (piirangualad, sihimärgid jm) oleksid kättesaadavad.	Transpordiamet	Andmehõive - Andmekoosseis
19	Soov saada detailset kaardistust linnades oleva taimestiku (puud jms) kohta (sh tänavapuude kõrgus, liik, läbimõõt jms).	Transpordiamet, Tallinn, MKM	Andmehõive - Andmekoosseis
20	Soov merenduses saada informatsiooni värvitoonide kohta (mis värvi mingi märk on).	Transpordiamet	Andmehõive - Andmekoosseis
21	Soov saada detailsemat aluskaarti linnadele (sh liiklusmärgid ja tänavavalgustus).	KOV	Andmehõive - Andmekoosseis
22	Soov saada 3D-andmeid valgustuspostide kohta, et kontrollida, kas tänavavalgustus vastab linna nõuetele.	Tallinn	Andmehõive - Andmekoosseis
23	Soov, et 3D-s oleksid ka katastriüksused, kitsendused, muinsuskaitsealad, looduskaitsealad ja taimestik.	MKM	Andmehõive - Andmekoosseis
24	Soov saada informatsiooni sisspääsude, uste, koridoride, trepikodade jms ning nendele ettejäivate takistuste (nt kivid teepeal vms) kohta.	Päästeamet, SMIT	Andmehõive - Andmekoosseis

#	Vajadus	Osapool	Kategooria
25	Soov saada ortofoto pealt informatsiooni või andmeid, mis aitavad määratleda lõhkekehade ohualasid.	Päästeamet	Andmehõive - Andmekoosseis
26	Soov saada informatsiooni päästerõngaste kohta ujumiskohtades.	Päästeamet	Andmehõive - Andmekoosseis
27	Soov saada informatsiooni veevõtu kohtade kohta.	Päästeamet	Andmehõive - Andmekoosseis
28	Soov saada informatsiooni varjumiskohtade kohta.	Päästeamet	Andmehõive - Andmekoosseis
29	Soov saada informatsiooni rajatiste, teekattemärgistuste, viaduktide, sildade jm infrastruktuuri objektide kohta.	Planeerijad	Andmehõive - Andmekoosseis
30	Soov näha 3D-mudelil informatsiooni katuse tüübi kohta.	Planeerijad	Andmehõive - Andmekoosseis
31	Soov saada täpsemaid 3D-andmeid, et teostada valguse, varju ja nähtavuse analüüsi ning mürauringuid.	Rahandusministeerium	Andmehõive - Andmekoosseis
32	Soov saada informatsiooni haljastusalade, kaevanduste ja lennupiirangualade kohta.	Rahandusministeerium	Andmehõive - Andmekoosseis
33	Soov, et kõik 3D-s kaardistatud hooned oleksid täpsed (nt vastaksid ehitusloogikale).	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Andmekoosseis
34	Soov, et Maa-ametis olevad rajatiste andmed oleksid koostöös EHR-iga ajakohasemad ning kvaliteetsemad.	Kaitsevägi, KOV	Andmehõive - Seos EHR-iga
35	Soov, et Maa-ameti infosüsteemid oleksid liidestatud teiste infosüsteemidega (nt EHR), et tagada kvaliteetsemate andmete olemasolu.	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Seos EHR-iga
36	Soov, et Maa-ametilt saadavad 2D- ja 3D-andmed oleksid kvaliteetsemad.	SMIT	Andmehõive - Muu
37	Soov näha 3D-mudelil detailsemalt, et mis jääb puude varju või võsa sisse (ehk infot, mida ortofoto või kaldfoto pealt näha pole võimalik).	KOV	Andmehõive - Muu
38	Soov näha 3D-mudelil tänavavaadet ning hoone sisest vaadet, et lihtsustada päästjate tööd.	Päästeamet	Andmehõive - Muu
39	Soov, et andmete vahetamine erasektoriga toimiks paremini.	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Muu
40	Soov, et Maa-amet võiks koguda ja jagada mugavamalt kvaliteetsemaid andmeid.	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Muu

#	Vajadus	Osapool	Kategooria
41	Soov, et erinevate andmekihtide vahel oleksid loodud seoses (nt fooride kiht seotud sõiduradade kihiga, et oleks teada milliste sõiduradade kohta vastav foor kehtib).	Fookusgrupp 1	Andmehõive - Muu
42	Soov, et Maa-ameti 2D-/3D-andmed oleksid kättesaadavad universaalsemalt ja avatuma formaadiga API kaudu.	Kaitsevägi	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
43	Soov, et 2D- ja 3D-andmeid oleksid OGC standardil vastavas formaadis ning riigi avaandmetena kättesaadavad.	SMIT	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
44	Soov kasutada Maa-ameti poolt loodud valmis teenuseid, mis lihtsustavad andmete töötlemist oma asutuses.	KeM, KAUR, RMK, KeA	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
45	Soov saada Maa-ametilt andmeid DTM formaadis ja maapinna suhtes normaliseeritud (XYZ formaat täna ei ole), et oleks mugavam ja lihtsam andmeid kasutada ja töödelda (hetkel konverteeritakse ise XYZ formaadist DTM-i).	KeM, KAUR, RMK, KeA	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
46	Soov saada andmeid WGS84 koordinaatsüsteemis (hetkel on L-EST).	Sisekaitseakadeemia	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
47	Soov saada maakattemudeli kohta suuremast piirkonnast andmeid korruga kätte (hetkel on 1 km2 failid, siis 100 km2 saamiseks vaja 100 erinevat faili).	Sisekaitseakadeemia	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
48	Soov, et andmete alla- ja üleslaadimine toimiks IFC-ga.	MKM	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
49	Soov saada andmeid DWG formaadis.	Planeerijad	Andmete kättesaadavaks tegemine - Tehnoloogia
50	Soov saada kõik tootmiseks vajalikud alusandmed Maa-ametilt.	Kaitsevägi	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
51	Soov saada 3D-andmeid eelkõige lõhkekeha ohuala leitavuse ning hoonete evakuatsiooni eesmärgil.	SMIT, Häirekeskus, Päästeamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
52	Soov, et kaardirakenduses oleks võimalik objekti vaadelda erinevate nurkade alt.	SMIT	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
53	Soov saada modelleeritud metsa 3D-andmeid, et saada metsatulekahju puhul täpsemat informatsiooni.	SMIT	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
54	Soov, et kõrgusandmete juures oleks väline referents (viide teisele objektile), et saaks kõrgusandmeid kalibreerida (välitööde jaoks).	KeM, KAUR, RMK, KeA	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud

#	Vajadus	Osapool	Kategooria
55	Soov, et navigatsioonimärgid, veest välja ulatuvad kivid, sadamad, rannajoon ja kaldajoon oleksid 3D-andmetena kättesaadavad.	Transpordiamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
56	Soov kasutada 3D hoonete välismõõtmete, kõrguslike asukohtade ning visualiseeringute andmeid.	Transpordiamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
57	Soov saada kaldaerofoto pilti laotada maastiku peale laiali, et maastikul orienteerumine oleks lihtsam.	Sisekaitseakadeemia	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
58	Soov saada Maa-ameti kaardirakenduse kaudu vaadata erinevaid piirkondi nõ Google Earth stiilis.	Sisekaitseakadeemia	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
59	Soov, et katastriüksuseid oleks võimalik sihtotstarvete kaupa kuvada erinevate värvidega.	KOV	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
60	Soov, et ruumandmete kataloogis oleks andmete juures olemas informatsioon klassifikaatorite, väljade kirjelduste jmt kohta.	KOV	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
61	Soov saada informatsiooni, kas katusematerjali on vahetatud või mitte.	MKM	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
62	Soov, et kõik olemasolevad 2D teenused jääksid toimima samamoodi nagu täna.	MKM	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
63	Soov kaardi pealt näha hoonete vahelisi vahemaid ehk kujasid.	Päästeamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
64	Soov saada informatsiooni reljefkaardi täpsuse kohta (et kui suure resolutsiooni ja täpsusega kaart on).	Päästeamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
65	Soov eristada okaspuu ja lehtpuumetsasid ning saada metsa andmete juures tuleohutusklassi (5 astmeliselt), mis annab hinnangu põlemiskiiruse kohta (nt okaspuu põleb kiiremini kui lehtpuu).	Päästeamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
66	Soov saada andmeid ehitise pindala kohta eraldi kaardikihina.	Päästeamet	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
67	Soov saada 3D-andmeid alla laadida üksikobjektina või piiritletud ala kohta.	Planeerijad	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud
68	Soov, et andmete uuendamine toimuks võimalikult kiiresti (nt katastriandmed võiksid uueneda kohe peale sissekande tegemist).	Rahandusministeerium	Andmete kättesaadavaks tegemine - Muud

#	Vajadus	Osapool	Kategooria
69	Soov näha andmeid koos nende muutustega (ajalooline vaade) (nt kus asus selle nimeline tänav ja seal asuvate ehitiste kohta).	SMIT, Kaitsevägi, KOV, Rahandusministeerium, Kaitsevägi	Ajalooliste andmete kättesaadavus
70	Soov, et Maa-ametilt saaks ehituskeeluvööndeid ajalise andmekihina (4D ajaline mõõde).	KeM, KAUR, RMK, KeA	Ajalooliste andmete kättesaadavus
71	Soov, et geoloogilised ja geodeetilised ajaloolised andmed oleksid 4D andmetena kättesaadavad	Transpordiamet	Ajalooliste andmete kättesaadavus
72	Soov saada müra-liiklusuuringute puhul hoonete 3D-andmete ajalugu, et näha hoonete muudatusi.	Transpordiamet	Ajalooliste andmete kättesaadavus
73	Soov näha ortofotolt andmete ajaloolist vaadet mahasõitude, asulate ja linnakeskkondade kohta.	Transpordiamet	Ajalooliste andmete kättesaadavus
74	Soov, et ehisregistri andmetel oleks ka ajaline vaade (4D).	MKM	Ajalooliste andmete kättesaadavus
75	Soov saada Maa-ametilt või näha Maa-ameti kanalites geoloogilisi ja geodeetilisi 3D-andmeid koos maa-aluse infrastruktuuriga.	Kaitsevägi, Transpordiamet, Planeerijad	Maa alused andmed
76	Soov saada informatsiooni maa aluste objekti kohta (nt tehnovõrgud, kommunikatsioon, elekter, gaas, vesi, garaažid, parklad, kaubanduspinnad, tunnelid jms).	Päästeamet, Tallinn	Maa alused andmed

