



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**EHITUSE ÜHTSE KLASSIFITSEERIMISSÜSTEEMI
(CCI-EE) RAKENDAMINE TEEDEEHITUSE
PROJEKTI NÄITEL**

**THE USE OF CONSTRUCTION CLASSIFICATION SYSTEM
(CCI-EE) IN ROAD CONSTRUCTION DESIGN STUDY**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Aurika Lender

Üliõpilaskood 177467EATI

Juhendaja: Raido Puust

Tallinn 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

(trükitakse tiitellehe pöördele)

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

24. mai 2022

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

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

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....
/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, Aurika Lender,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
**EHITUSE ÜHTSE KLASSIFITSEERIMISSÜSTEEMI (CCI-EE) RAKENDAMINE
TEEDEEHITUSE PROJEKTI NÄITEL**

mille juhendaja on Raido Puust

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
-

23.05.2022 (kuupäev)

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

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **AURIKA LENDER**

Üliõpilaskood **177467**
EATI

Õppekava: **EATI02/17 Teedehitus ja geodeesia**

Peaeriala: Teede- ja sillaehitus

Lõputöö teema:

EHITUSE ÜHTSE KLASSIFITSEERIMISSÜSTEEMI (CCI-EE) RAKENDAMINE TEEDEEHITUSE PROJEKTI NÄITEL

The use of construction classification system (CCI-EE) in road construction design study

Juhendaja: **Raido Puust**

raidopuust@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja Perekonnanimi	Kontakt (e-post või telefon)	Allkiri ja kuupäev
--	---------------------------------	--------------------

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Projekteerimise tänane praktika, projektjooniste kasutusjuhud ning ühtse klassifitseerimissüsteemist tingitud ebakõlad
2. Ühtse klassifitseerimissüsteemi rakendamise eelised teedehituse projekti näitel

Töö keel: eesti keel

NB! (Trükitakse kahepoolsest)

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Kirjanduse ülevaade (ehitusinfo mudel teedehituses, klassifitseerimissüsteemide olemus rakendusfookusega teedehitusele)	28.02.2022
2. Projekteerimise tänane praktika, projektjooniste kasutusjuhud ning ühtse klassifitseerimissüsteemist tingitud ebakõlad	28.03.2022
3. Ühtse klassifitseerimissüsteemi rakendamise eelised teedehituse projekti näitel	18.04.2022
4. Tulemuste analüüs, ettepanekud tööprotsesside muutmiseks	25.04.2022
Kokkuvõte eesti keeles	09.05.2022
Kokkuvõte inglise keeles	09.05.2022

Lõputööde 95% ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks	02.05.2022

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: Powerpoint esitlus ja jaotusmaterjalid

Kirjeldus	Tähtaeg
1 PowerPoint esitlus	23.05.2022

Lõputöö esitamise tähtaeg: 16. mai 2022

Lõputöö ülesanne välja antud: 20.12.2021

Juhendaja:

Raido Puust

Ülesande vastu võtnud:

Aurika Lender

Avalikustamise
piirangu tingimused: puuduvad

SISUKORD

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	3
SISUKORD	6
Eessõna.....	8
Tabelite loetelu	9
Jooniste loetelu	10
SISSEJUHATUS	12
1. KIRJANDUSE KOKKUVÕTE	14
1.1 BIM teedehituses	14
1.2 Ülevaade ehitise klassifitseerimissüsteemist.....	17
1.3 BIMi ja klassifitseerimissüsteemide liidestus.....	20
1.3.1 Olemasolevad klassifitseerimissüsteemid.....	21
1.3.2 Uniclass 2015.....	21
1.3.3 CCS.....	22
1.3.4 CoClass	22
1.3.5 Kokkuvõte.....	23
2. TÄNASED TÖÖPROTSESSID.....	25
2.1 Projekteerimise tänane praktika.....	25
2.1.1 Näide: SKPK kui projekteerija kogemus	29
2.2 Projektjooniste (-mudelite) kasutusjuhud	31
2.2.1 Informatsiooni väljavõtted.....	32
2.2.2 Indekseerimine.....	33
2.2.3 Ehitaja vaade	33
2.2.4 Varade üleandmine (ingl delivery of assets)	34
2.2.5 Objektipõhine linkimine	34
2.2.6 Vara haldamine	35
2.3 Puudused tänases praktikas.....	35
2.3.1 Nõuete vastavuse kontroll	38
3. Teedehituse projekti näide	40
3.1 Projekti ülevaade.....	40
3.1.1 Näidisena kasutatava objekti tutvustus	41
3.1.2 Näidisobjekti projekteerimise lähtealused	44
3.2 Uniclass rakendamine	45

3.2.1	Rail Baltic' u BIM mudel	47
3.2.2	RB projekti faili tähistamine	47
3.2.3	RB klassifitseerimissüsteem ja mahtude väljavõtted (QTO)	48
3.2.4	Elemendi andmestik RB BIM mudelis.....	49
3.2.5	Klassifikaatorite kasutusjuhud RBI	51
3.3	CCI kasutamine teedehituse projekti näitel.....	53
4.	ETTEPANEKUD TÖÖPROTSESSIDE MUUTMISEKS.....	61
	Kokkuvõte.....	63
	SUMMARY	65
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	66
	LISAD	69

EESSÕNA

Antud lõputöö on valitud koostöös lõputöö juhendaja ja töö autori huvist võrrelda Eestis kasutusel või piloteerimisel olevaid klassifitseerimissüsteeme, mis oleks kasutatavad ka teedeehitusega seotud projektides. Siinjuures soovib töö autor tänada Skepast&Puhkim OÜ (SKPK) ja Rail Baltic'ut, kes andsid võimaluse selle lõputöö raames kasutada teedeehituse projektmudeleid (projekteeritav Rukki tee) ning jagasid oma kogemust informatsiooni klassifitseerimise tänastest praktikatest. Töö autor soovib eriliselt tänada nii SKPK BIMi üksuse juhti Eno Lintsi, kes abistas valida mudelit lõputöö praktilise osa tarvis, suheldes muuhulgas ka projekti partneritega, et saada vajalikud kooskõlastused autoriõiguste tähenduses ning Rail Baltic'ust RBE poolt VDE koordinaatorit Hurmet Heinmaad ning RBR-ist AIM tiimi juhti Urmas Alberit, kes jagasid oma tänast kogemust Uniclassi kasutamisest RBE projektides (töö autor viis läbi nendega intervjuu). Tänu nendele inimestele oli võimalus rakendada CCI-EE klassifitseerimissüsteemi teedeehituse projekti näitel, ning võrrelda seda Uniclass 2015 süsteemiga.

Iga ülikooli lõpetaja juures seisavad tema sõbrad ja pere, kes on alati valmis aitama ja toetama. Sooviksin siinjuures tänada Kaimar Laivat, kes aitas kontrollida selle lõputöö õigekeelsust ning Dmitri Dobrovolski, kes innustas lõputöö kirjutamise protsessil. Suur aitäh toetamise eest minu vanaisale, Viktor Nikolaev, kes oli kunagi ka lõpetanud TalTechi inseneri erialal ja minu isale, Arkadi Nikolaev, kes soovitas mul just selle eriala valida — ei ole selles kunagi kahetsenud.

Antud töö annab ülevaate erinevatest klassifitseerimissüsteemidest ja läbi valitud teedeehituse projekti (Rail Baltic näitel) näitab ühe olemasoleva klassifitseerimissüsteemi kasutamist — Uniclass 2015 ja selle võrdlust väga värske ning Eestiski piloteerimisel oleva, CCI-EE klassifitseerimissüsteemiga. Sealjuures pööratakse tähelepanu projekteerimise tänastele tööprotsessidele, milles klassifitseerimissüsteemi ei ole täiel määral rakendatud ning tuuakse välja klassifitseerimissüsteemi kasutusele võtmisega seotud eelised.

Võtmesõnad: klassifitseerimissüsteem, CCI, BIM, teedeehitus, magistritöö

TABELITE LOETELU

Tabel 1.1 Kirjeldatud klassifitseerimissüsteemide kokkuvõte	23
Tabel 2.1 Üldhinnang klassifitseerimissüsteemidele	36
Tabel 3.1 Elemendi andmestik RB BIM mudelis	50

JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1 Klassifikatoorne struktuur kompositsionaalsete osadega ja nende funktsionaalsed liigid	19
Joonis 1.2 ISO 12006-2 elukaareülese klassifitseerimise põhimõtted	20
Joonis 2.1 Civil 3D Assembly (vasakul) ja SKPK arendatud Assembly (paremal)	29
Joonis 2.2 Vasakul: Civil 3D vaikimisi mallil baseeruvad pinnna ning paremal, SKPK arendusena saadud koridorpinnad, mis vastavad Transpordiameti nõuetele	30
Joonis 2.3 Väljavõte Transpordiameti hankedokumentidest, kus on toodud murdejoonte näidised	30
Joonis 2.4 BIM mudeli katendi nõuded AST juhendi järgi	39
Joonis 3.1 Rail Baltica kui osa Põhjamere-Läänemere transpordikoridorist	40
Joonis 3.2 Asukoha joonis Maa-ameti kaardil	42
Joonis 3.3 Kohalike teede Rukki tee ja Pauli tee paiknemine teedevõrgustikus. Maa-amet.	43
Joonis 3.4 OR0310 mudel, mis on projekteeritud SKPK poolt	43
Joonis 3.5 OR0310 mudeli silla osa, mis on tehtud IDOM'i poolt	44
Joonis 3.6 RB mudeli struktuur	47
Joonis 3.7 QTO template	49
Joonis 3.8 QEX template	49
Joonis 3.9 RB Microsoft SQL serveri andmebaas	52
Joonis 3.10 OR0310 mudeli silla osa element, paremal on avatud omaduste (ingl properties) aken	54
Joonis 3.11 Väljavõte Exceli tabelist, kus on välja toodud Uniclassi andmete sisuline info	55

Joonis 3.12 Ülevaade CCI klassifitseerimissüsteemist, kus rohelised osad kuuluvad CCI tuumiku tabelitesse ning kollased/punased kuuluvad CCI-EE	56
Joonis 3.13 CCI-EE omaduste näidis	57
Joonis 3.14 Omaduste vastandi otsimise näidis CCI-EE kontekstis	57
Joonis 3.15 CCI-EE tabel „Ehituskomponent – CO“	58
Joonis 3.16 Väljavõte Exceli tabelist, kus on välja toodud CCI omaduste sisuline info	59
Joonis 3.17 Väljavõte Uniclassi „Products“ tabelist, filter on „pipe“	60

SISSEJUHATUS

Ehitussektor areneb kiiresti läbi aastate ning pakub välja uusi võimalusi tööprotsesse efektiivsemaks muuta. BIM-i kasutuselevõtmisega on endised tööprotsessid palju muutunud. BIM (ingl Building Information Modeling) ehk ehitise infomudel võimaldab projektiga seotud informatsiooni paremini esitleda/kasutada nagu näiteks 3D visualiseerimiseks, muudatuste haldamiseks, ehitistega seotud simulatsiooni loomiseks, andmete haldamiseks ja ehitiste korrashoiuga seotud protsesside läbiviimiseks. BIM-i rakendusvõimalused on aga palju laiemad ning sõltuvad paljuski osaliste enda soovidest seniseid tööprotsesse efektiivsemaks muuta. Näiteks, Eesti kontekstis, on peatselt välja tulemas ühised BIM nõuded (varasema nimetusega AST nõuded), et luua ühised arusaamad BIM-i olemusest ning sellega seotud nõuetest, mille eesmärk on koondada ka Transpordiameti nõuded, mis hetkel eraldiseisvad.

BIM-i aktiivse rakendamisega on kasvanud ka vajadus klassifitseerimissüsteemide integreerimiseks. Ehitise klassifitseerimissüsteemide eesmärk on kokkulepitud ja standardiseeritud nii terminoloogia kui ka semantika tähenduses. Klassifitseerimisel on selliseid kasutusvõimalusi, nagu informatsiooni väljavõtted, indekseerimine, ehitaja vaatest samuti eelarvestamise kasutusjuht ning tellija vaatest näiteks varade haldamine/korrashoid. BIM-i kasutuselevõtt töö vajaduse selliste klassifitseerimissüsteemide järele, mis just ehitusinfo mudelitega paremini haakub. Just rahvusvahelistes ehitusprojektides on teadvustatud klassifitseerimissüsteemi juurutamise vajalikkust, kust on see levinud ka riiklike nõuete väljatöötamiseni. Klassifitseerimissüsteemide kasutamine on hetkel aktuaalne ja mõnes mõttes värske teema ehitussektoris, kuna hetkel ei ole ühist lähenemist nende kasutamisele Eesti kontekstis ning samuti on kasvav vajadus ehituse ühtses klassifitseerimissüsteemis.

Antud töös esiteks tutvustatakse olukorda BIM-i teedehituses, antakse ülevaadet ehitise klassifitseerimissüsteemidest nagu Uniclass 2015, CCS ja CoClass ning seejärel räägitakse tänastest tööprotsessidest, kus ühtse klassifitseerimissüsteemi kasutamine aitaks neid muuta efektiivsemaks. Kuna antud lõputöö autor läbis praktikat ettevõttes Skepast&Puhkim OÜ (SKPK), seega teedehituse projekti näide on projekteeritud Rukki teest, mida projekteerib SKPK ning see projekt kuulub Rail Baltic (RB) projektidesse. Kuna RB-l on võetud kasutusse Uniclass 2015 klassifitseerimissüsteem, siis esmalt on antud töö käigus analüüsitud selle kasutamist ja seejärel liidestatakse seda CCI klassifitseerimissüsteemiga. CCI ja selle rahvuslik esitus, CCI-EE, on värskest välja töötatud klassifitseerimissüsteem, mida on Eesti ehitussektoris asunud piloteerima. Antud töö esitab esmase CCI vaate just infraprojektide näitel, mis omakorda võrdleb

seda teise, juba kasutusel oleva klassifitseerimissüsteemiga (Uniclass 2015). Selle tulemusel joonistuvad välja nii tänane praktika klassifitseerimissüsteemi rakendamise vajalikkusest kui ka selle puudused, mida CCI (CCI-EE) võiks aidata lahendada või paremini esitada.

1. KIRJANDUSE KOKKUVÕTE

1.1 BIM teedehituses

BIM ehk ehitusinformatsiooni modelleerimine on saanud üheks põhiteemaks, et arendada ehitusega seotud sektorit üle maailma.

Norra, Singapur, Kanada, USA ja Suurbritannia tuuakse kui edumeelsemaid riigid, kes on pikemalt BIMi rakendanud ning McGraw Hill Construction [1] uuringud näitasid, et Lääne-Euroopa on jäänud Põhja-Ameerika selja taha (BIMi kasutusmäär 36% vs 47%). Ehkki sellised uuringud ei pruugi näidata kogu tõde, siis antud juhul leiti, et kõige rohkem kasutavad BIMi põhimõtteid arhitektid (47% küsitletutest), seejärel insenerid (38% küsitletutest) ning kõige madalama protsendiga olid ehitusettevõtted (24% küsitletutest). See demonstreerib lõhet projekteerimise ja ehitamise vahel, mis võib omakorda olla kinni tellija teadlikkuses.

BIMi rakendamine hoogustus esmalt hoonetega seotud projektide juures, kuid üha rohkem tähelepanu on see nüüdseks saavutanud ka infrastruktuuriga seotud projektide juures. Hinnanguliselt on BIM-i kasutus teedehituses jäänud maha ca 3 aastat, kuid tehnoloogia kiire arengu tõttu ei ole see suur number, mida õigete meetoditega (protsesside juhtimisega) poleks võimalik kiirelt vähendada asuda.

BIMi olemust võib vaadelda nii infomudelina loodavast ehitisest (ingl Building Information Model) või kui ehitusinformatsiooni modelleerimist (ingl Building Information Modelling), - protsess, mille tagajärjel sünnib ehitise infomudel või ehitusinformatsiooni juhtimine (ingl Building Information Management) ehk mudeli kasutamine äri- ja ehitusprotsesside juhtimiseks, organiseerimiseks ja kontrollimiseks ehitise eluea kõikides etappides. BIM-i põhiprintsiipideks saab pidada: koostööd, protsessi põhist lähenemist ning elukaareülesust, mis on kõik seotud omavahel ja sellega nad loovad innovaatilise ja tõhusa projekti keskkonna.

Taristu ehk infrastruktuur tähendab põhilisi füüsilisi ja organisatsioonilisi struktuure, mis on vajalikud ühiskonna või ettevõtte tööks. Seega saab infrastruktuurseid varasi jaotada mitmeks haldusalaks, näiteks:

- transpordi infrastruktuur – riigiteede võrgustik, mille hulka kuuluvad ka tee struktuurid nagu sillad, tunnelid, sademevee torud, kandeseinad, ühistransport, raudteede võrgustik, veetransport, õhustransport;
- energeetika infrastruktuur – elektrivõrgud, alajaamad, generaatorid, gaasitorude võrgustikud, naftatorude süsteemid, kivisõega kaevandamise ja töötlemisega tegelevad organisatsioonid;

- kommunikatsiooni infrastruktuur – postiteenused ja sortimisjaamad, telefoni- ja mobiilsidevõrgud, raadiojaamad, kabeltelevisioon.

Kusjuures transpordi ja keskkonna haldusalad on väljakujunenud varade võrgustikest, kus kindlas asukohas paiknevaid varasid liidab tervikuks lineaarne ehitus, nt sõiduteed/raudteed (ingl longitudinal structures). See on üks olulisi erinevusi hoonekesksete projektidega, kuna teedehitus eeldab suuremat GISi kasutust, paremini välja arendatud varade juhtimise protsesse, rõhu asetust mittegeomeetrilisele andmesitkule ning teha tähendusrikkamaid seoseid projektimudelis. BIM-i suhtes tagab see märgatavaid erinevusi andmestruktuuris, seost ja mitmekesisust, ning meeskonna ja projekti suurust, mis on palju kallim kui traditsioonilised ehitusprojektid.

Keskendudes infrastruktuuri sektori varasematele uuringutele BIMi kontekstis, saab ennekõike välja tuua GISi joonduse BIM-iga. Lisaks võib välja tuua, et suurem osa uuringutest seostub transpordialaga (~40% infrastruktuursetest uuringitest), millest omakorda suuremaks alaosaks on maanteed ja sillad. Ehitussektorina saab regiooniti välja tuua, et Aasia riigid on tänasel päeval palju rohkem keskendunud infrastruktuuri arendamisele kui seda teevad Euroopa riigid. [2] BIM kui protsess tegeleb andmete ja informatsiooni loomisega ja juhtimisega, mis on seostatud ehitussektoriga läbi selle elukaare. Seetõttu mängib informatsiooni korrapärane struktuur väga olulist rolli, et see oleks taasakasutatav mistahes elukaare etapis.

Paljudes riikides on nõue kasutada BIM-i põhiseid tööprotsesse, millega kaasnevad ka infovahetuse või andmevahetusega seotud andmeformaadid. Üheks oluliseks andmevahetusformaadiks on saanud IFC (industry foundation classes), kuna seda suudab luua enamik projekteerimises kasutatavaid tarkvarasid. IFC formaati arendab BuildingSMART ja see on dokumenteeritud ka ISO standardina (ISO 16739-1:2018) [4]. Infrastruktuuri kontekstis tasub rõhutada, et IFC andmeformaad on värskete arneduste raames saanud uue tähenduse (IFC 4 RC), toetades nüüd ka infrastruktuuri komponente. See võimaldab tulevikus kasutada seda formaati informatsiooni liigutamiseks erinevate platvormide vahel.

IFC võimaldab projekti meeskonnas jagada loodud informatsiooni universaalses formaadis, milles saavad seejärel kasu lõigata kõik projektis osalised, tehes täiendusi/täpsustusi IFC kui referentsi baasil. [3]

Infrastruktuuri näitel on IFC peamine probleem olnud just asjaolu, et see ei toeta infrastruktuuriga seotud tüüpkomponente (silla komponendid, sõidutee koridormudelid, pinnad jne), ning ehkki geomeetria kantakse üle, siis ei talleta ta oma algset tüüpi ning

seada ei saa tarkvarade vahel optimaalselt jagada või siis komponendi algset tüüpi võtta aluseks täpsemas andmevahetusprotsessis. Ühes peagi juurutava IFC 4.3 formaadiga muutub see protsess aga palju lihtsamaks, kuna selles on väga palju rõhku pandud just nimelt infrastruktuuriga seotud objektide defineerimisele (semantiline defineerimine).

Infrastruktuuriprojektide ja praeguste BIM-kontseptsioonide uurimisel võib täheldada sarnaseid jooni, näiteks projekti läbivaatamise protsess, koostöö metoodika ja teatud määral tööde koordineerimine. Nagu iga BIM-i kasutusele võtmisega/rakendamise, peab väga suurt tähelepanu pöörama sellele, mis on tegelik informatsiooni vajadus (ingl level of information need), kes neid kogub, kuidas neid talletatakse, kuidas saab neid taaskasutada.

BIM-i kasutamine infrastruktuuri valdkonnas on viimastel aastatel üha rohkem aktiveerunud. Nagu varem analüüsitud, on infrastruktuuri BIM-uuringud keskendunud peamiselt GIS-i integreerimisele, selle kasutamisele maanteedel ja sildadel ning üldisele juurutamisprotsessile. Vähene uuringute kättesaadavus infrastruktuuri valdkonnas on kindlasti olnud üheks piiravaks teguriks, miks BIMi rakendamise teedeehituse valdkonnas on jäänud alla hoonete valdkonnale. Samas tuleb rõhutada ka teistsugust lähenemisviisi. Infrastruktuuri juures on BIMi kasu nähtu ennekõike varakesksest lähenemisest ja just seeläbi on see liikunud ehitamise ja projekteerimise sektorisse. Hoonete puhul on olnud see liikumine vastupidine, alguse saanud projekteerimisest, seejärel ehitussektor ning varakeskne lähenemine on alles tulema. Teedeehituse näitel saab BIM-i kasutada just nimelt varade haldamise vaates, milles on kaasatud nii transpordivõrgustik kui ka selle korrashoiuks vajalik informatsioon. Integreeritud andmebaaside kaudu suudetakse olemasolevaid või tulevikus tekkivaid varasid tõhusamalt hallata ning teha paremaid otsuseid nende varade korrashoius.

BIMi põhimõtted kaasavad nii ehitise digitaalset esitust (nt 3D mudelina) aga ka sellega seotud aja või töögraafiku mõõdet (4D mudel) või siis finantside juhtimise mudelit (5D mudel). Mudel on kesksel kohal kui soovitakse teha erinevaid integreeritud analüüse [5], aero- ja satelliidipiltide kasutamine ehitusjärelevalve jaoks [6] või integreeritud kulu- ja ajakavamudelite kasutamiseks maanteede joonduste kiireks hindamiseks.

Vastupidiselt hoonete on infrastruktuuri puhul üksikasjalikud geomeetria andmed vähem olulisemad. Taristuprojekti kõige kasulikud andmed pärinevad nn mitte-geomeetristest andmetest, nagu kuluteave, materjali spetsifikatsioonid ja komponentide toimivusandmed. Seda kõike saab jaotada andmete kasulikkuse kontseptsiooniks, mis hõlmab sellise teabe modelleerimist ja kaasamist, mida saab kasutada kõige tõhusama kasu saamiseks ning teabe, mis jääb kasutamata või millel pole väärtust lisavat võimet, kõrvale heitmist või mitte tootmist.

Kokkuvõtvalt, BIM-i kõige kulutõhusamad kasutusvõimalused praktilistes rakendustes seisnevad äriprotsesside ja loogika täiustamiseks ja sujuvamaks muutmiseks. Kõige olulisemad protsessid moodustavad projektijuhtimise kolmnurga: kulu, aeg, kvaliteet ning tervis ja ohutus. Teised olulised funktsioonid hõlmavad projekti jooksvat jälgimist ja ressursside haldamist. Suurem osa kuluhaldusega seotud töötundidest koguneb koguste ja kuluprognoside genereerimisel ja uuendamisel, mistõttu iga protsess või arvutisüsteem, mis suudab seda protsessi automatiseerida või sujuvamaks muuta, loob märkimisväärse eelise. Selles lõputöös keskendutakse automatiseerimise vaatevinklist klassifitseerimissüsteemi rakendamise aspektidele, millest esmalt antakse lühike ülevaade järgmises alalõigus.

1.2 Ülevaade ehitise klassifitseerimissüsteemist

Ehitise klassifitseerimissüsteemide eesmärk on kokkulepitud ja standardiseeritud terminoloogia ja semantika kasutamine, näiteks ehitistega seotud süsteemides, tehnilises spetsifikatsioonis, kulude arvestuses ja informatsiooni vahetuses. Siinjuures on kasvav vajadus klassifitseerimissüsteemide kasutamiseks BIM-i kontekstis. Just rahvusvahelistes ehitusprojektides on teadvustatud klassifitseerimissüsteemi juurutamise vajalikkust, kust on see levinud ka riiklike nõuete välja töötamiseni.

Esmased klassifitseerimissüsteemid olid arendatud ennekõike informatsiooni vahetamiseks tehniliste spetsifikatsioonide ja kulude arvestuse tähenduses (ISO 2020). CAD-i ja BIM-i käibelevõtuga ilmnesid uued nõuded, mis keskendusid ehituselemendi mõistele. Seda põhimõtet juurutab EVS-EN ISO 12006-2 standard. Antud standardit on kasutatud mitmete klassifitseerimissüsteemide välja töötamisel (nt Rootsi CoClass või siis Taani CCS). Standardi kandev idee oli selles, et riiklikud süsteemid oleks lihtsamalt võrreldavad, kui need baseeruksid samal standardil. Klassifitseerimissüsteemi on aja jooksul loodud mitmeid, millest paljud on olnud ka uueneva süsteemi alustalaks. Suuresti saab väita, et paljudes riikides kujunes välja oma enda klassifitseerimissüsteem, kuid erandid pole ka need, kus ühes riigis kasutati paralleelselt mitut erinevat klassifitseerimissüsteemi. Mõnede varasemate klassifitseerimissüsteemide näited on: Rootsi BSAB 96 süsteem, (The Swedish Building Centre 1999, Svensk Byggtjänst 2005), Briti Uniclass (RIBA 1997), Põhja-Ameerika Omniclass (Omiclass 2011) ja Taani DBK-system (2006).

Hoolimata sellest, et paljud klassifitseerimissüsteemid jagavad sama baasstandardit ei tähenda see alati seda, et neid ka omavahel lihtne võrrelda oleks. Näitena saab tuua taanlaste DBK-süsteemi (Ekholm 2011, Ekholm ja Häggström 2011) [7]. Teisisõnu, lisaks alustandardile võidakse kasutada veel teisigi standardeid, mis põhimõtteid

alamklassideks jagavad. Näiteks standardi EN 81346 seeria (DS 2009)[25], kus tuuakse konkreetsed funktsionaalsete süsteemide, tehniliste süsteemide, ruumide ning komponentide alamklassid.

Süsteem (nt funktsionaalne, tehniline) on objekt, mis koosneb teistest objektides, mis on teineteisega seotud. See omab kompositsiooni, keskkonda ja struktuuri, millest viimane viitab süsteemi kõikidele sise- ja välissidemetele. Süsteem võib olla nii konkreetne kui abstraktne [8].

Kompositsiooniline vaade süsteemile keskendub süsteemi üksikutele komponentidele, mis terviku moodustavad. Süsteem võib koosneda mitmest tasandist, kus madalamate tasandite süsteemid on kõrgemate tasandite alamsüsteemid. Näiteks tasemejärjekorras savi→tellis→müüritis tekivad igal tasandil uued omadused. Teine näide oleks vundamendi postid, talad ja fermid, mis moodustavad karkassi.

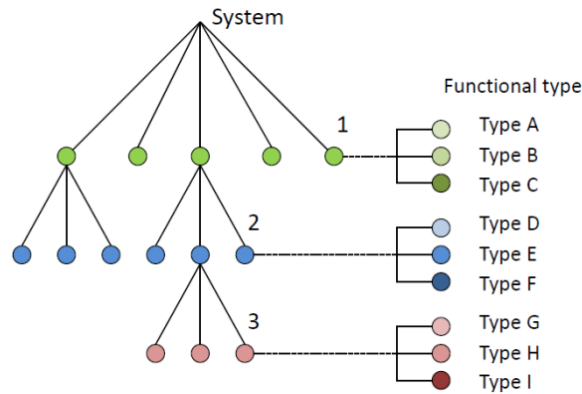
Funktsionaalne süsteem on süsteem, mis läbib protsesse, s.t funktsionaalse süsteemi seisund muutub. Süsteemi funktsionaalsed osad on need, mis aitavad kaasa süsteemi kui terviku funktsioonidele. Üheks toimiva süsteemi näiteks on kandestruktuur, karkass või ehitusstruktuur. Toimivad karkassi osad on näiteks vertikaalsed kandeosad ja horisontaalsed kandeosad.

Klass on kontseptuaalne mõiste, mis viitab objektide kollektsioonile, kus üks või mitu omadust on ühised. Liigitamine tähendab definitsiooni põhiste hulkaadeks ehk klassideks jagamist [9]. Klassifitseerimissüsteem on kontseptuaalne süsteem, mis koosneb klasside omavahelistest seostest. Selleks, et objektide hulka liigitada, on algselt tarvilik määrata nii seda, mida liigitatakse ning klassifikatsiooni otstarvet.

Alajaotuse näitena võib tuua kompositsiooni või funktsionaalse omaduse mõiste. Kompositsiooni järgi saab jagada geomeetrilise vormi alusel, seevastu funktsionaalne omadus võib tähendada seda, kas komponent on koormust taluv või mitte.

Klassifikatsioon, mis on funktsioonil baseeruv, on palju paindlikum kui selline süsteem, mis lähtub geomeetriast/kujust/vormist – sest viimased võivad ajas muutuda (neid võib juurde tekkida), aga funktsioon jääb neil endiselt samaks.

Joonis 1.1 esitab klassifikaatori jagunemist alamklassidesse, kaasates ka funktsionaalset alatüüpi [10].

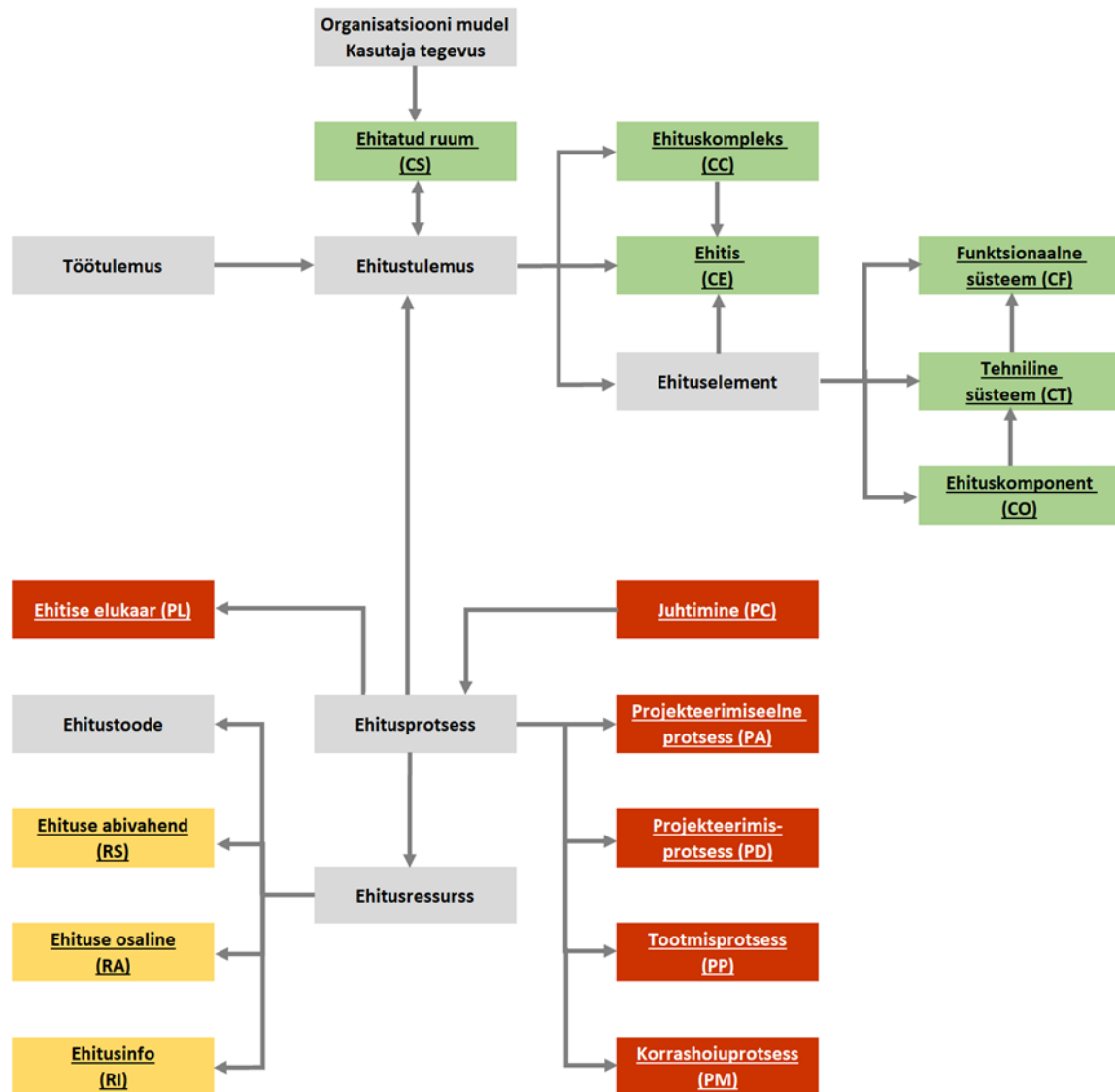


Joonis 1.1 Klassifikatoorne struktuur kompositsionaalsete osadega ja nende funktsionaalsed liigid

EVS-EN ISO 12006-2 klassifitseerimise standard on mõeldud kasutamiseks raamistikuna ehitiste klassifitseerimissüsteemide väljatöötamisel riiklikul või piirkondlikul tasemel [11]. Standardi reguleerimisala hõlmab ehitus- ja tsiviilehitustöödega kogu ehitise elukaart. Selles loetletakse soovitatud tabelid vastavalt konkreetsetele vaadetele või spetsialiseerumise põhimõtetele ja tuuakse näiteid kannetest, mis nendes tabelites esineda võivad.

EVS-EN ISO 12006-2 kasutab põhiprotsessi mudelit, et eristada peamisi huvipakkuvaid kategooriaid, st ressursse, protsesse ja tulemusi. Eristatakse neli üldist tulemuste klassi: (1) "ehituskompleks", nt. Lennujaam ja kiirtee, mis koosnevad ühest või mitmest (2) „ehitisest“, nt. Hoone ja sild, mis omakorda jaguneb (3) "ehituselementideks", nt. Sein- ja teekate ning see kõik võib kuuluda (4) "ehitatud ruum" mõiste alla.

Joonisel 1.2 on näidatud ISO 12006-2 elukaareülese klassifitseerimise põhimõtted, kus on olemas kõik kättesaadavad osad üldisemast tasemest detailsemani. [11]



Joonis 1.2 ISO 12006-2 elukaareülese klassifitseerimise põhimõtted

„Ehituselement“ jaguneb alamklassideks, millest lähemalt hilisemas, rakendamise peatükis. Selleks, et „ehitustulemust“ saavutada, on vaja rakendada ehitusprotsesse, mis omakorda kaasavad ehitusressursse.

Järgnevas alapeatükis vaadeldakse lähemalt, kuidas klassifitseerimissüsteem ning ehitusinfo mudel moodustavad ühe terviku ning millised on peamised, täna kasutust leidvad, klassifitseerimissüsteemid.

1.3 BIMi ja klassifitseerimissüsteemide liidestus

Klassifikatsioonisüsteemide areng on riigiti olnud erinev. BIM-metoodika on aktiveerinud ka vajaduse selliste klassifitseerimissüsteemide järele, mis just ehitusinfo mudelitega paremini haakuvad. Klassifitseerimissüsteeme saab jagada kahte

suuremasse klassi. Ühed, mis püüavad defineerida igat võimalikku klassi ja teised, mis defineerivad klasse funktsiooni põhiselt ja on seega tulevikus tehtavatele muudatustele palju paindlikumad.

Klassifitseerimine võimaldab mõista ja tuvastada objektitüüpe ja nendega seotud omadusi. Klassifitseerimine peab olema vajaduse põhine ning selle kasutusele võtmine võib vajada tänaste nõuete ümber vaatamist. Klassifitseerimisena saab vaadelda ka ehitusinfomudelite komponentide jagamist IFC objektide klassidesse. Teisisõnu on tänane praktika piirdunud sisuliselt vaid väikese osa klassifitseerimisega, ehk siis CAD- ja BIM-mudelite komponentide klassifitseerimist nende üldiste tunnuste alusel. Samas on see vaid väike osa klassifitseerimissüsteemi täielikust rakendamisest, mida ilmekalt esitab ka EVS-EN ISO 12006-2 standard, milles lisaks ehituskomponentidele klassifitseeritakse ka ehtusprotsessid, ehitusressurssid ning ka komponentidega seotud omadused. [12].

1.3.1 Olemasolevad klassifitseerimissüsteemid

Mitmed klassifikatsioonisüsteemid on välja töötatud peamiselt EVS-EN ISO 12006 standardite seeria ja viimasel ajal ka EVS-EN 81346-1:2009alusel. Enamik neist on kohandatud väljatöötaja, regiooni või riiklike nõudeid silmas pidades. Samas kui üha rohkem räägitakse riikide ülesest klassifitseerimissüsteemist. Selles valguses on nii mõnigi olemasoleva klassifitseerimissüsteem juba rakendusel erinevates riikides ja ka mitut riiki/regiooni läbivates projektides. Siinkohal anname lühiülevaate mõnest olulisemast klassifitseerimissüsteemist, mis ehitusinfo mudelites ka rakendust leiavad.

1.3.2 Uniclass 2015

Uniclass on Ühendkuningriigis põhinev klassifitseerimissüsteem, mis avaldati esmakordselt 1997. aastal. Olulise tähenduse saanud just Suurbritannia BIM Level 2 rakendamise juures (BIMi rakendamise tase, mis tähendab, et projekti erinevaid osamudeleid saab koordineerida vabalt valitud 3D keskkonnas).

See põhineb EVS-EN ISO 12006-2 põhimõtetal ja on mõeldud sobitamiseks teiste klassifikatsiooni süsteemidega. Süsteem on vabalt saadaval ning seda hallatakse ja arendatakse aktiivselt (sh lisatakse täiendusi vastavalt teiste riikide vajadustele)

1.3.3 CCS

CCS on Taani klassifikatsioonisüsteem, mida rahastavad Taani valitsus ja eraettevõtlus ning mis töötati välja aastatel 2011–2015. See põhineb ISO 81346 standardis sätestatud põhimõtetel ja toetab süsteemide põhist lähenemist. Kasutades viitetähistussüsteemi, loob see teavet konkreetsete objektide kohta objektitüüpide komplektist, mida saab näha/filtreerida funktsionaalsete, asukoha- ja toote aspektide järgi. Esialgu kavandatud katma hooneid, mida hiljutiste uuendustega on kohandatud ka infrastruktuuri tarvis.

CCS omab sama alust nagu Swedish CoClass System, kuigi erineb selle poolest, et see süsteem ei ole laiendatud varahalduse nõuete katmiseks.

Kõigi mudelite jaoks ühise keele loomiseks on sellel viis tööriista ehitusteabe struktureerimiseks:

- Mis on objekti liik? Klassifikatsioon (ingl classification)
- Mis on objekti spetsiifika? Missugune spetsiifiline objekt ma olen? Identifitseerimine (ingl identification)
- Mis on objekti omadused? Atribuudid (ingl properties)
- Mis on infosisu vajadus elukaare erietappidel? Informatsiooni vajaduse tase (ingl level of information need)
- Mis on mõõdistamise reeglid? (ingl measuring rules)

See jagab objektitüübid sarnasteks rühmitusteks nagu standardis EVS-EN ISO 12006-2 soovitatud tabelitega nagu elemendid, ruum jne. Tulemuseks on erinevatest klassidest kombineeritud viitetunnus (kood), mis on unikaalne selle konkreetse objekti jaoks ning kirjeldab seda sama objekti kogu objekti elukaare vältel. Seega toetab see nii inimloetavuse kui masinloetavuse kontseptsioone, mis on oluline alustala digitaalsete infosüsteemide disainimisel.

1.3.4 CoClass

CoClass oli arendatud ja rahastatud Rootsi transpordiameti (Trafikverket) ja sektori teiste majandusharu gruppide poolt. See lähtub informatsiooni elukaareülesele vaatele, milles on toetatud ka varade haldamise aspektid.

CoClass väljatöötamine on põhinenud ISO 81346 standarditel ning on algselt laenanud põhimõtteid Taani CCS süsteemist.

1.3.5 Kokkuvõte

Siinkohal tasub välja tuua ka teisi klassifitseerimissüsteeme, mis leiavad rakendust kindlates regioonides ja on samuti tuletatud ISO 12006-2 põhimõtteid järgides. Näidetena võib tuua OmniClass (USA), mis omab sarnaseid jooni Uniclass 2015 süsteemiga. Tabel 1 esitab erinevate klassifitseerimissüsteemide olulisemad alustalad.

Tabel 1.1 Kirjeldatud klassifitseerimissüsteemide kokkuvõte

Publikatsioon	Kirjastaja	Märkmed
CoClass	Rootsi organisatsioonide konsortium, kaasa arvatud Trafikverket	Klassifitseerimissüsteem, mille põhimõtted tulenevad ISO 12006:2015 ja ISO 81346 standardite komplektist. See on kavandatud katta kogu vara elutsükli. Ta toetub kõik ISO 12006 tabeleid ning sellega katab kogu elutsükli protsessid. See klassifitseerimissüsteem loob etikette (label) väärtuste jaoks tuginedes ISO 81346 Reference Design standardis. Need etiketid loovad ridu tähtede koodidest, mis loovad vara intelligentset kirjeldamist ning selle identiteedi. Niimoodi see loob ühise vara terminoloogiat.
Omniclass	CSI ja CSC Kanadas ja USA-s	Klassifitseerimissüsteem, mis on ehitatud ISO 12006:2015 põhimõtetes. See on Põhja-Ameerika interpretatsioon sellest standardist. Sama nagu Uniclass loob klassifikatsioone liitudes tabeleid kui fassette (facets). Sisaldab MasterFormat ja Uniformat.
Uniclass2015	Avaldatud ja hallatud NBS-ga UK-s	Klassifitseerimissüsteem, mis on ehitatud ISO 12006:2015 põhimõtetel. See on UK interpretatsioon sellest standardist. See on kavandatud katta vara elutsükli. Omab laiendatud tabeleid, mis katavad nii ehitust kui infrastruktuuri. See loob väärtuste klassifikatsioone liitudes tabeleid kui fassette.

		See klassifitseerimissüsteem praegu on hooldatud ja vaba kasutamiseks.
CCS	Taani valitsuse cuneco projekt	Rakendab ISO 81346 standartide seeriade põhimõtteid. See on praegu uuendatud selleks, et pikendada oma varaseid elektrisüsteeme ja ehitusega seotud süsteemide sisaldust, et kaasa arvata ka infrastruktuuri. Lähedane relatsioon Swedish CoClass'iga. Loob unikaalseid lingitud numbrite ja tähtede ridu.

Nagu varasemalt märgitud, ühes riigis võib kasutusel olla ka mitu erinevat klassifitseerimissüsteemi. Sellel võib olla mitu põhjust. Näiteks võib selle vajaduse tingida projekti põhine vaade, kus on otsustatud kasutada konkreetset klassifitseerimissüsteemi ühe projekti piires, kas siis lokaalselt või tingituna asjaolust, et ühiprojekti (mitme riigi vahel) paremini organiseerida (näitena võib tuua Rail Baltic ja Uniclass 2015 rakendamine Eesti, Läti, Leedu kontekstis). Samas võidakse erinevaid klassifitseerimissüsteeme ühes ja samas riigis kasutada ka põhjusel, et erinevatel süsteemidel on erinev rakendusaspekt (elukaare etapp), ehk siis olemasolevad süsteemid ei ole mõeldud elukaareüleseks kasutamiseks ja täidavad vaid kitsast osa (nt eelarve või siis varahaldus). Siinkohal tasub välja tuua Soome vaatest TALO 2000 või siis Eesti vaatest EVS 885 [26], või hoopis juhendite vormis „Teetööde tehnilised kirjeldused“ (Maanteeamet, 2019 [27]). Killustatus ja üksikute klassifitseerimissüsteemide ühilduvusprobleemid on kindlasti takistavaks asjaoluks optimaalsete tööprotsesside rakendamiseks, kus fookus oleks universaalsele klassifitseerimisele, mis kaasab kõiki elukaare etappe. Klassifitseerimissüsteemi puudulik, ebamäärane rakendamine võib viia killustatud informatsiooni tootmisele, mis on BIMi vaates olnud väga oluliseks verstapostiks, mida soovitakse just vähendada. Teisisõnu informatsiooni sihipärane ülekanne ei tohi tekitada informatsiooni kadu, mida tuleks uuesti luua ja põhjustaks seega lisanduvaid töömahtusid. Järgnevas peatükis analüüsitakse olemasolevaid tööprotsesse olukorras, kus klassifitseerimissüsteemi ei rakendata. Tuuakse välja mõned olulised aspektid, mida klassifitseerimissüsteemi sihipärane rakendamine aitab vältida.

2. TÄNASED TÖÖPROTSESSID

2.1 Projekteerimise tänane praktika

Järjest kiiremini arenev ühiskond on kaasa toonud vajaduse uuendusteks ka ehitussektoris. Infravaldkonnas tegutsejad teavad, et üha sagedamini jõuavad BIM nõuded nii projekteerimise- kui ehitushangetesse. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tellimusel on loodud avaliku sektori tellijate (AST) ühiste BIM nõuete juhend (<https://eehitus.ee/juhendid/bim/>) ning oma nõuded on olemas ka Transpordiametil. Ühelt poolt võibki eeldada, et erinevatel suurtellijatel on oma enda BIM nõuded, samas olukorras, kus turul defineeritakse sektori põhiseid üldnõudeid ja seda nii hoonete kui infravaldkonna tähenduses, peaks see koondama sarnaste eesmärkidega tellijaid ja mitte tekitama lõhet või valesti mõistmist, kus infra ei pruugi laieneda riiklikule transpordiametile või vastupidi. Põhjuseid võib olla erinevaid, miks selline asi on juhtunud. See võib olla seotud erinevate arendusprojektidega, mille eesmärgid on aja jooksul muutunud ja seega tekitanud lõhe erinevates vaadetes, kuidas informatsiooni soovitakse tarbida.

Transpordiamet püüdis alatest 2017. aastast BIM-i oma tööprojektidesse siduda ja 2020. aasta oli selles mõttes BIM-i küsimuse poolest märgiline aasta, sest nad olid esimest korda suutnud suruda BIM-i teematikat Transpordiameti strateegiasse. Transpordiameti strateegia näeb ette, et juba 2021. aasta lõpuks tellitakse ehitise infomudelitena kõik eskiis-, eel- ja põhiprojektid. Aasta pärast seda soovitakse olla Transpordiameti objektidel võimelised võtma teostusjoonised ehituse lõpus vastu infomudelitena, kus kõigile ehitatud varadele on lisatud juba ka asjakohane atribuutinfo (vastavalt infosisu nõuetele, ingl level of information needs). 2023. aasta eesmärk on see, et kõik eskiis-, eel- ja põhiprojektid esitatakse atribuutinfot sisaldavate ehitise infomudelitena. Perioodi 2021–2024 viimane BIM-iga seotud siht on teostada korrashoidu infomudeli põhisel. Raske on ennustada, kas digiteerimine saab strateegia toel hoogu juurde, aga see paikneb nüüd juhtkonna tulemuskaardil ja on pidevalt silme all [13].

Tänase teadmise tähenduses ei soovi Transpordiamet kinnitada konkreetset juhust BIM-i jaoks, kuna digitaalse projekteerimise maailm on kiiresti arenev. Seetõttu viidatakse olemasolevatele uuringutele või analüüsidele nagu varem mainitud AST või siis ühised BIM nõuded. Seega kasutatakse praeguses seisus varasemalt kujunudatud infosisunõudeid, mis erinevad suuresti AST nõuetest. Samas on hiljutised vestlused kinnitanud veendumust, et AST nõuded kaasaksid Transpordiameti nõudeid 2022. aasta lõpuks või siis oleksid ümber vaadatud viisil, kus need rahuldaksid ka Transpordiameti

visioone/soove ennekõike infosisu tähenduses. Transpordiameti erinevad piloothanked on juba toimunud või välja kuulutamisel, kus jooksvalt otsitakse uusi, kaasaegseid lahendusi infosisu haldamiseks. Näiteks, Eesti ettevõtte Roadplan tõi välja mõningad kitsaskohad, kus töövõtjad ei ole valmis uusi asju piloteerima, vaid pigem soovitakse jääda harjumuspärase tegevuste/toimingute juurde, mis BIMi rakendamise mõttes on mõistagi tagurlik ja luba innovatsioonil või uutel protsessidel võimust võtta. Seejuures on paratamatu, et piloteerimine ei pruugi olla koheselt kõige optimaalsem viis asju ellu viia, vaid seda tulebki vaadelda testimisena, mistõttu ei ole harukordne, kus osaliselt tuleb panustada rohkem kui varem (sh ümberõpe) aga seeläbi võidakse kokku hoida resursse, mis avalduvad teises projekti staadiumis. Teisisõnu, integreeritud projekti teostuse juures, kus projekteerimine mõjutab otseselt ehitust, ei ole võimalik keskenduda vaid projekti ühe osalise võimalikule mugavale tööprotsessile, arvestada tuleb ka asjaoludega, kuidas teised projekti osalised sellest infost kõige rohkem kasu saavad.

Lisaks Transpordiametile saab Baltikumi kontekstis vaadata täiesti omaette tellijana Rail Baltic (RB) projekti ja selle nõudeid. Kuna tegemist on projektiga, mis läbib 3 riiki, on ühiste standardite ja põhimõtete järgimine väga oluline. Mingil määral on erinevused erinevate riikide seadusandluses, näiteks millise projekti faasis peaksid olema millised detailid kirjeldatud.. Need võivad riigiti erineda, mistõttu on ju loogiline, et projekti puhul, mis kaasab mitut riiki, peab lähtuma ka samadest põhimõtetest. Teisisõnu RB projekti võtmes oleksid mistahes riigis projekteeritud lõik oma infosisu ja geomeetria tähenduses võrreldav. Kui vaadata riiklike klassifikaatoreid Eesti, Läti ja Leedu kontekstis, siis Leedus on oma klassifikaator teede tegevuste jaoks, Eestis on oma klassifikaator. Seetõttu on vaja leida ühine viis, kuidas infosisu defineerida.

BIM nõuete järgimiseks kasutatakse BIM rakenduskava mõistet ja mõistagi RBl on BIM rakenduskava, mida jälgitakse, aga see on pigem elav dokument, mida pidevalt täiendatakse vastavalt sellele, kuidas nõudmised või vajadused muutuvad. Seda tuleb rakendada mitte ainult projekteerimise, aga ka ehitamise ning hilisema korrashoiu kontekstis.

Rail Baltic projekteerimishanked on turul juba mõningat aega olnud, seega saab öelda, et põhiprojekti mudel on juba aktsepteeritava kvaliteediga, kuigi algusest peale kõikide nõudmise täitmisega oli raske. Väga oluline on siin mõista informatsiooni taaskasutamist. Olukorras, kus keskendutakse ennekõike projekteerimise ja ehitushankele (nt Transpordiameti hetkeseis), on keeruline tervikut analüüsida ja seega võivad lähiajal ka BIMi nõuded oluliselt muutuda. Seevastu Rail Baltic on keskendunud varakesksele lähenemisele ja seega on ka paremini lahti mõtestatud informatsiooni

vajalikkus, mida siis projekteerimise või ehitamise käigus toodetakse. Igale informatsiooni kihile või varale, mida luuakse, töötatakse välja reaalseid andmeid, mida on vaja hiljem ehitamiseks, nt nõuded täitematerjalidele. Transpordiameti hiljutine projekt, TEET, keskendus ühes mahus just nimelt nende aspektidele, kuid hetke seisuga on see projekt seisma pandud ning püütakse jätkata üksikute osadega, mis paraku võivad aidata järjele küll ühte projekti staadiumit, kuid ei pruugi olla terviklikult läbi mõeldud, kuidas informatsiooni vajatakse näiteks korrashoiu etapis. Teisisõnu, andmed, mis on projekteerija poolt loodud, peaksid sujuva protsessina jõudma ehitamisega seotud korrashoiu etappi. Mudelpõhine korrashoid on Eestis tervikuna veel lapsekingades, seda nii hoonete ja mõistagi infra võtmes. Kui hoonete tähenduses võiks tänasel hetkel lõigata kasu olemasolevatest teostusmudelitest, siis takistus on ennekõike tekkinud ebamäärastes infosisu vajadusest korrashoiu etapiks ning piloteerimiste vähesus, kuidas olemasolevat teostusmudelit saaks võtta kasutusele igapäevases korrashoius. Infra valdkonna tähenduses ollakse samm või kaks isegi maas, kuna siin on endiselt küsimärk, kuidas infosisu nõudeid tellitakse, et need ühilduksid olemasolevate ettevõtte protsessidega. Seega võib siin täheldada pigem alamsammudele fokuseerimist, kuidas esmalt täita erinevaid eelduseid, et kasutada varakeskset lähenemist nii projekteerimise, eelarvestamise, ehitamise kui ka korrashoiu võtmes. Siinkohal tasub kindlasti mainida, et Transpordiameti soov piloteerida neid erinevaid vaheetappe on äärmiselt tervitatav ning huvi on üles näidatud ka kululoendite täielikuks digiteerimiseks, et saavutada selle abil oluline ajavõit töövõtu akteerimise protsessis.

Tulles tagasi RB juurde, siis võib väita, et nende infohaldus on paremini läbimõeldud vähemasti selles võtmes, et seda püütakse taaskasutada peale väljavõtte tegemist (nt kas siis informatsiooni eksportimisele tabelarvutusformaati või informatsiooni lugemine otse IFC omaduste gruppidest). Selleks, et info liigutamine oleks valutum, on vaja ühist arusaama või definitsiooni erinevatele objektidele ja nende tüüpidele. See viib meid taas klassifikaatori mõiste juurde. RB kasutab tänasel päeval Uniclass 2015 klassifikatsiooni, mis samas on liidestatud RB enda, varade klassifikaatoriga. See ei ole midagi ebatavalist, et korraga võibki kasutusel olla mitu erinevat klassifikaatorit, kuniks nende vahelised seosed on defineeritud. Lähtuvalt Uniclass süsteemist, on seega defineeritud elemendi tüübid, igal elemendil on oma unikaalne ID, oma unikaalne geomeetria, ja see kõik on üheks tervikuks liidestatud ühises andmebaasis (geomeetria vs infosisu). Mõistagi eksisteerib alati ka nn tundlik informatsioon, mida ei saa avalikustada kõikidele projektis osalistele ühtmoodi. Selleks saab kujundada aga erinevad ligipääsud või siis detailsusastmed, mis ühe või teisele projektis osalisele on kättesaadav. [14]

Kui ühelt poolt on meil BIMi põhiseid protsesse võimaldav 3D mudel, siis seda täiendab tööde ajagraafik, ning saadakse 4D mudel. RB on oma projektides nõudnud ka 4D mudeleid, samas kui Transpordiamet pole seda veel oma pilootides või hangetes vaadeldnud.

Kokkuvõtvalt saab väita, et ilma ühtsete klassifikaatorite ei ole tegelikult võimalik andmevahetust ja andmete taaskasutust tagada. Rail Baltic näitel kasutatakse täna küll Uniclass 2015 klassifikaatorit, kuid see ei välista, et seda võiks siduda mõne teise klassifikaatoriga tulevikus, mis hetkel veel arendamises, pilootimises (näiteks CCI, mida vähemasti Eestis püütakse juurutada ja seda nii hoonete kui infra valdkonnas). CCI kui Constructon Classification International on suhteliselt värske klassifitseerimisüsteem ning selle pilootimine ning juurutamine alles käib, mistõttu RB näitel on mõistlik, et kolme erineva riigi kontekstis kasutatakse süsteemi, mis on juba välja kujunenud. Samas ei tähenda see seda, et hilisemas etapis poleks võimalik liikuda CCI peale, sest nagu iga projektiga, projekt ei lõpe selle üleandmisega, vaid sellele järgneb selle pidev täiendamine, korrashoiuprotsess ning optimaalse klassifikaatori leidmine on seetõttu väga oluline. Transpordiameti kontekstis on oodata lähiajal erinevaid CCI pilootide, mis aitavad seda juurutada tänastes protsessides. Pilootimist tuleb aga vaadelda pikema ajaakna lõikes, mistõttu konkreetsemaid tulemusi on oodata 2-3 aasta pärast.

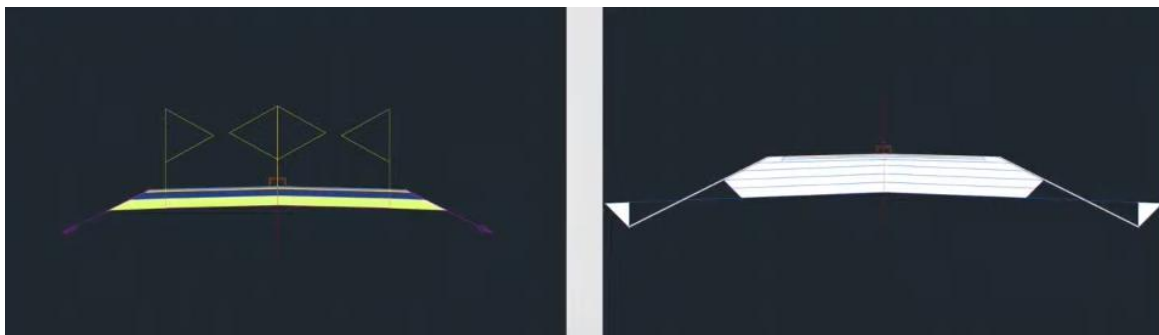
BIM nõuded ning puudulik või olematu klassifitseerimissüsteemi rakendamine on suuresti defineerinud mõtteviisi, kuidas me täna projekteerime, ehitame ja mis veelgi olulisem, kuidas tellija vaatevinklist informatsiooni olemasolu nõuame. On selge, et läbimõeldum infosisu haldus üle terve projekti elukaare on siin esmaseks eesmärgiks, mis aitaks muudatusi ellu viia. Kuniks sellist lähenemist fookusesse pole võetud, saab liikuda samm-sammult, kus üksikuid projekti etappe püütakse optimeerida. Üldised BIM nõuded võivad siin aidata kujundada sellise stardipaku, kuid suurtellijat silmas pidades on just temal täita see kõige olulisem roll defineerida endale vajaliku infosisu nõue, mis mõistagi väärtustab ka projekteerimise ja ehitamise etappi, kuid oleks siiski keskendunud tervikule ja seega ka hilisemale korrashoiule. Olemasolev praktika võib küll nõuda infosisu olemasolu projekteerijalt või ehitajalt, kuid tervikuna tekivad lüngad, miks seda defineeritakse, kuna puuduvad selged viited või nõuded ehitusele järgnevatele etappidele (nt korrashoiule). [15]

2.1.1 Näide: SKPK kui projekteerija kogemus

Näitena on valitud just Skepast & Puhkim OÜ (SKPK) seetõttu, et lõputöö kirjutaja oli antud ettevõttes praktikant läbinud ja vähem kui aasta töötanud teede projekteerimise üksuses praktikant-tehnikuna. Skepast & Puhkim OÜ on Eestis juhtiv infrastruktuuri-, planeeringute- ja keskkonnavaldkonna konsultatsiooniettevõtte. Järgnevas lõigus räägitakse SKPK kui projekteerija kogemusest BIM nõuetega toime tulemisest.

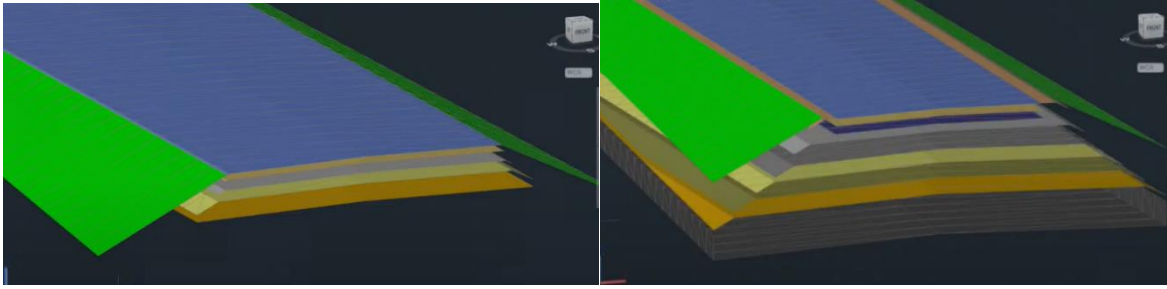
Kui hankes on sätestatud BIM nõuded, siis esimene asi projekteerijate jaoks on tutvuda projekti lähteandmetega. Teiseks, tuleb selgeks teha BIM nõuded. BIM nõuete selgeks tegemine on oluline, kuna BIM ja projekteerimine käivad käsikäes. Kohe algusest tuleb nende nõuetega arvestama hakata. Kolmandaks, tuleb selgeks teha, mida on nõuetele vastava töö tegemiseks vaja. Seda tarkvaraliselt, kui ka töövahendite tähenduses. Neljandaks, tuleb hoolikalt läbi mõelda tööprotsessi automatiseerimine. Ilma automaatsete lahendusteta on BIM mudeldamine väga ajamahukas käsitöö, seda saab automatiseerimisega olulisel määral vähendada.

Joonise 2.1 vasakul pool on näitena toodud Civil 3D tarkvara kaasa tulevad mallid (antud juhul sõidutee ristlõike mall ehk Civil 3D töövahendina kui Assembly) ja paremal pool on Skepast&Puhkim-i (edaspidi SKPK) arendus, mis arvestab Transpordiameti nõuetega.



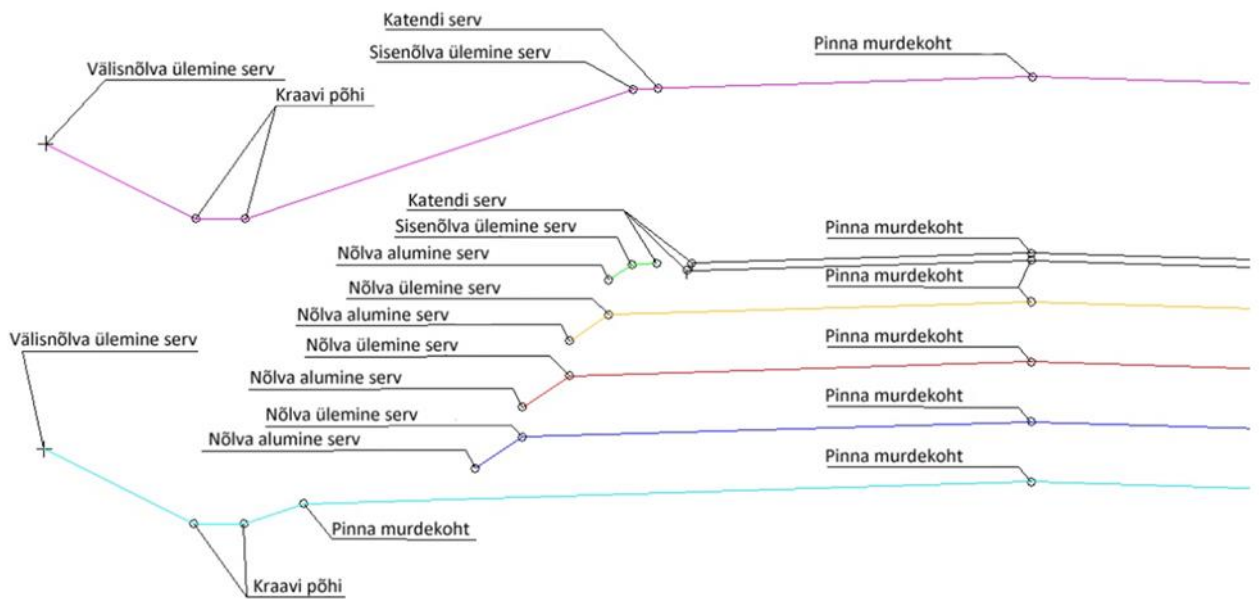
Joonis 2.1 Civil 3D Assembly (vasakul) ja SKPK arendatud Assembly (paremal)

Nõuetele vastav mall võimaldab korrektsemalt välja tuua koridormudelipinnad, mis sisaldab nõlvasid, asfaldikihte ja teisi konstruktsioonikihte aga ka kaevepõhja ning hilisemad teepeenrate pinnad (vt Joonis 2.2).



Joonis 2.2 Vasakul: Civil 3D vaikimisi mallil baseeruvad pinna ning paremal, SKPK arendusena saadud koridorpinnad, mis vastavad Transpordiameti nõuetele

Allpool toon väljavõtte Transpordiameti hankedokumentidest, millised nõuded on esitatud pinnamudelitele. SKPK arendatud Assembly-d arvestavad toodud nõuetega, mis on esitatud joonisel 2.3.



Joonis 2.3 Väljavõtte Transpordiameti hankedokumentidest, kus on toodud murdejoonte näidised

Esiteks, BIM arendamine aitab SKPK-l kiirendada ja automatiseerida tööprotsesse. Ainuüksi uute ja arendatud Assembly-te kasutamine võimaldab SKPK-l BIM mudeldamisel kokku hoida kuskil 50-75% aega. Teiseks, see aitab ka parendada projektide kvaliteeti ja kontrollitavust. BIM mudeldaja saab kontrollida projekteerijate poolt tehtud tööd ning sellega tekib „ristkontroll“. Kolmandaks, see aitab täita tellija nõudmisi. Tarkvarades endas olevad vaikimisi mallid ei pruugi võimaldada kõigi tellijate

nõudmisi täita või on nende täitmine aeganõudev, mistõttu on nende kohandamine Tellija nõudeid silmas pidades äärmiselt oluline.

2.2 Projektjooniste (-mudelite) kasutusjuhud

Alates 1940. aastate [28] lõpust on pead murtud, kuidas korraldada ehitusteavet üle projekti elukaare. Lahendus leiti klassifikatsioonisüsteemide, standardsete spetsifikatsioonisüsteemide, tooteinfosüsteemide ja kuluinfosüsteemide väljatöötamisega.

Klassifikatsioonisüsteemide ehitamise eesmärk on varustada sektorit kokkulepitud ja standardiseeritud terminoloogia ja semantikaga, nt. Tehniliste kirjelduste, kulude arvutamise ja teabevahetuse süsteemides. BIMi rakendamise hoogustusega on kasvanud ka klassifitseerimissüsteemide integreerimise vajadus. Rahvusvahelistes ehitusprojektides on teadvustatud nii riiklike klassifikatsioonisüsteemide omavahelise ühildamise (infovahetuse eesmärgil) kui ka ühtsete süsteemide väljatöötamise vajadust.

Klassifitseerimissüsteemi kasutamisel on mitmeid eeliseid:

- andmete tõhus ja tulemuslik kogumine, mis vastab üldistele infosisu nõuetele;
- informatsiooni ühetaoline haldamine, seostamine, muudatuste kontrollimine ja varadevahelise analüüsi toetamine;
- vajaliku informatsiooni kiirem leidmine, kuna see on paremini struktureeritud;
- kaalukamate otsuste vastuvõtmine, kuna informatsiooni on lihtsam analüüsida.

BIM-i kõige kulutõhusamad kasutusvõimalused praktilistes rakendustes seisnevad äriprotsesside ja loogika täiustamises ja sujuvamaks muutmises. Kõige olulisemad protsessid moodustavad kulude, aja, kvaliteedi ning tervise ja ohutuse projektijuhtimise kolmnurga. Teised olulised funktsioonid hõlmavad edusammude jälgimist (mida peetakse ajajuhtimise erialaseks jaotuseks) ja ressursside haldamist. Väga oluline on elukaareülene vaade. Võib jääda mulje, et tänased klassifitseerimissüsteemid on mõeldud vaid projekteerimise ja ehitamise kontekstis, kuid tülles tagasi EVS-EN ISO 12006-2 standardi juurde, siis selles kirjeldatakse ehitise tervet elukaart, mistõttu klassifitseerimissüsteemi rakendamine elukaareülele ei ole takistatud puudulike standardite vaid pigem osaliselt ebapiisava kompetentsi või tellija huvi puudusest. [29]

Klassifitseerimise lisaeelised on näiteks [30]:

- järgida või määratleda ehitustulemust elukaareüleselt;
- võimaldada kasutada ühtsest viitamissüsteemi (viitetunnus);
- grupeerida lähtuvalt süsteemist või ehitisest;
- esitada objekti konteksti, kuhu see kuulub;
- tagada andmete ühtne jagamine ning võimaldada objektipõhist linkimist.

Sealjuures lisaeelised on tihedalt seotud kasutusjuhtumitega, mis on kasutaja (tellija) põhised.

2.2.1 Informatsiooni väljavõtted

Uue vara või olemasoleva vara muutmise kavandamisel võetakse arvesse laiaulatuslikku teavet. Esmalt analüüsitakse, mida muuta soovitakse ja seejärel püütakse leida võimalikke (erinevaid) lahendusi. Kui see on kindlaks tehtud, võivad toimuda üksikasjalikumad teostatavusuuringud. Maantee või raudtee puhul võib see olla koridori kaardistamine ühes keskkonnamõtjude hinnanguga. Aga ka nõuete tasakaalustamine eelarve ja investeringutasuvuse vahel. Seetõttu aitaks üksikasjalik klassifitseerimine olemasolevaid või loodavaid varasid ühetaolisemalt hinnata või arvesse võtta.

Suurem osa kulude haldamisega seotud töötundidest koguneb mahtude ja kuluprognoside genereerimisele ja värskendamisele, mistõttu iga protsess või arvutisüsteem, mis suudab seda protsessi automatiseerida või sujuvamaks muuta, loob tohutu eelise ja parandab pakkumiste kuluefektiivsust. Al-Mashta ja Alkassi uuring töötas välja [31] kulude eelarvestamise ja hindamise mudeli, mis integreeris BIM-i geomeetrilistesse andmetesse mitu kuluandmebaasi, et koostada kuluprognosid, kasutades erinevaid tööjaotuse struktuure (ingl work breakdown structures ehk WBS , ja mis kõige tähtsam, need vastasid riiklikele klassifikatsioonistandarditele. Muutuv WBS võimaldab süsteemil genereerida hinnanguid erinevates etappides alates kontseptsiooni kavandamisest (koostepõhine) kuni ehitamiseni. Kui see on ühendatud kuluandmebaasidega, paraneb nii hinnangu täpsus kui ka protsess tervikuna muutub sujuvamaks.[16]

Paljud klassifikatsioonisüsteemid leidsid esmalt kasutust just kulude arvestamise lihtsustamise vaatevinklist. Seetõttu esitasid need süsteemid ennekõike varade põhise jaotust, kaasates nii materjalide tüüpe kui tööde tulemuse aspekte.

Kulukesksel klassifitseerimisel on kaks peamist põhjust:

- ehitiste maksumuse hinnang (sõidutee tüübi maksumus kilomeetri kohta, silla/tunneli maksumust – baseerudes varasematel maksumustel/hinnangutel, mis eeldab detailiset klassifitseerimist);
- mahtude arvestus (kuidas komponendid on omavahel seotud ning millised on nende teostamiseks vajalikud ehitusprotsessid).

2.2.2 Indekseerimine

Praegune projekteerimisprotsess hõlmab uute varade geomeetriliste mudelite loomist, mis põhinevad projekteerijate toimivusnõuete analüüsil, et määrata valmis vara mõõtmed ning detailsus. Seda edastatakse BIM-mudelite, CAD-mudelite, jooniste, dokumentide ja spetsifikatsioonide kaudu. Kõik need andmeallikad on BIMi kontekstis üksteisega seotud, tuginedes indekseerimisele ja ristviitamisele. Klassifikatsioon mängib selles indekseerimises ja viitamises selgelt oma osa, pakkudes ühiseid seoseid. Tulevikus võidakse kaasata uut informatsiooni, mis eeldab, et olemasolev andmestik oleks lingitav või sellele saaks lihtsasti uut infot integreerida (sh linkides erinevatest andmebaasidest). Ühistel põhimõtetel loodud mudeleid saab omavahel integreerida ja kui siia tuua ka asjade interneti põhimõtted (ingl IoT ehk internet of things) võib liikuda juba digitaalse kaksiku mõiste juurde. Just klassifitseerimissüsteemi rakendamine tagab eriliigiliste andmete (geomeetria, andmesisu jne) efektiivse linkimise. [29]

2.2.3 Ehitaja vaade

Kui mõelda klassifitseerimise kasutusjuhadele ehitaja vaatest, siis saab tuua järgmisi eeliseid [22]:

- Tabelid ja spetsifikatsioonid – masinloetavate ja standartiseeritute andmeridadega;
- BIM mudelid – klassifitseeritud on mudelid ise ja nende elemendid ning need saavad toimida masinloetavate andmebaaside kujul;

- Projektipank (ingl common data environment) – klassifitseeritud failid on lihtsasti leitavad või filtreeritavad, seeläbi eesmäärke täitvad;
- Seletuskirjad – tekstiline dokumentatsioon on masinloetavalt struktureeritud, lisaks saab seda jagada ka osadeks;
- Hankeplaanid – nende struktuur on standardisel kujul, seega nad on mugavalt hallatavad. Projekti lähteinfo ja võimalikud partnerid on otseselt kokku viitavad;
- Hinnapäringud – masinloetavad ja detailsed päringud, mis osapooled saavad mugavalt hallata;
- Hinna-andmebaasid – eelnev hinnainfo on detailselt analüüsitav;
- Töö soorituse jälgimine – lähteinfo, päring, pakkumus ja lepingutasu on selgelt eristatavad ning jälgitavad.

2.2.4 Varade üleandmine (ingl delivery of assets)

ISO 22263:2008 [32] pakub põhjalikumat loendit vajalikest projektiteabe klassidest, mis hõlmavad lepinguid, eesmäärke, tegevusi, nagu ressursiplaanid, ajakavad, nõuded materjalidele ja komponentidele, protseduurid, riskijuhtimine, kontrollimise valideerimine ja ülevaatus. Kõik need on seotud konkreetsete tarnetega ja aitavad kaasa projektiteabe edastamisele. Mõned võivad projekti lõpus kaduda, kuid paljud jäävad püsima ja seetõttu on need tegevused, mida tuleb klassifitseerida ja mis on seotud lõpliku elluviimisega. Varadega seotud informatsiooni efektiivne üleandmine projekti eristaadiumite vahel on seega väga olulise tähtsusega ja klassifikatsioonisüsteemi kaasamine projektiga seotud tegevuste lõikes on samuti olulise tähtsusega. [29]

2.2.5 Objektipõhine linkimine

Ehitusettevõtte teostab projekteerija andmesitkule ehitatavuse kontrolli ning koostab projekti ajagraafiku, mis BIMi kontekstis võib olla liidestatud ka 4D simulatsiooniks. Ehitusettevõtte lähtub ennekõike kulupõhisest klassifikatsioonist, mis kaasab töövõttu,

materjale aga kasutatavaid töövahendeid ja resursse tervikuna. Klassifikatsioonisüsteem, mis toetab ehitusobjekti linkimist sellega seotud töövõtuga ning töövahenditega (nii nagu esitab seda ka standard EVS-EN ISO 12006-2 [11]) annab siinkohal eelise, et luua ühetaolisemaid kuluprognose. [29]

2.2.6 Vara haldamine

Varade omanikud, kes omavad tarnitud vara omandiõigust ja vastutavad selle eest, peavad klassifitseerima oma varad nende kohustuste täitmiseks sobiva detailsuse järgi. Need hõlmavad lubatud teenuse tulemuste pakkumist, vara toimivusega seotud suutlikkust, vara nüüdispuhasväärtust, väärtuse säilitamist õigeaegse sekkumise abil ja sekkumiskulude prognoosimist.

Varahaldurid esitavad varaomanikele sarnaseid nõudeid, kuid lisaks peavad nad klassifitseerima ennetava hoolduse, seisukorra jälgimise, hädaolukordade lahendamise ja prognoositavate probleemide leevendamise täpsusega. Seetõttu peab kategoriseerimine toimuma komponendi tasemel ja olema seotud funktsionaalse disaini nõuetega.

Sõltuvalt vara tüübist peaks lisaks detailsusele olema määratletud ka asukoha teave (nt suured infrastruktuuri objektid). Kaasaegne klassifitseerimisüsteem, mis sisaldab endas lisaks komponendi klassifitseerimisele ka selle kuuluvust ning omadusi, annab võimaluse määratleda see komponent/vara nii lokaalsest kui geograafilisest vaatest. [29]

2.3 Puudused tänases praktikas

Klassifitseerimist on peetud üheks peamiseks lähenemisviisiks arvutiga integreeritud ehitusteabe hõlbustamiseks. Teabe integreerimine ja automatiseerimine saab olla tõhus ainult ühise keele olemasolul.

Praegu kasutatakse üle maailmselt erinevaid standardeid, mis on loodud erinevatel aegadel erinevate vajaduste järgi, mille autorid on jälginud põhiliselt tollel ajal olevaid vajadusi ja mitte keskendunud laiendamise ega tulevikukindluse peale.

Momendil juhvivad turgu põhiliselt Rootsi CoClass (84,85%), Taani CCS (74,08%) ja UK Uniclass 2 (72,01%). Neid klassifikatsioonisüsteeme arendatakse ka praegu aktiivselt. Suur langus aga on üllatavalt USA Omniclassi (60,49%) süsteemi kasutusega — see

omakorda näitab, kui oluline on klassifitseerimissüsteemi pidev kaasajastamine. Süsteemid, milles on omajagu piiratud kasutusi ja kriteeriumeid, on kõige madalamate hinnangutega.

Töörühmad Tšehhi standardiametist ja Tšehhi Tehnikaülikoolist Prahas olid läbi viidud järgmist uuringut. [33] Klassifitseerimisuuringu ülesandeks oli kirjeldada ja võrrelda erinevaid klassifikatsioone.

Võrdlemiseks kasutati klassifitseerimissüsteemide omaduste kaarte ja loodi lihtne meetodika. Identifitseeritud klassifitseerimissüsteemi omadused moodustavad mõttelise ideaalse klassifitseerimissüsteemi. Kui iga identifitseeritud omaduse korral määrata kindlaks, kas hinnataval klassifitseerimissüsteemil on see olemas või mitte, tekib hinnatava klassifitseerimissüsteemi protsentuaalne vastavus mõttelisele ideaalsele klassifitseerimissüsteemile.

Tabel 2.1 Üldhinnang klassifitseerimissüsteemidele [33]

Üldhinnang		
Klassifitseerimissüsteemi nimi	keskmine Max 100%	pingerida
CoClass	84,85	1
CCS	74,08	2
Uniclass 2	72,01	3
TFM ja NS3451	64,30	4
CI/SfB	63,49	5
KKS	61,24	6
TALO 2000	60,90	7
Omniclass	60,49	8
Natspec Worksection	52,05	9
Uniformat ja masterformat	52,00	10
SKP	47,65	11
SNIM	47,43	12
TSKP	46,99	13
ASAQS Elemental Class	45,28	14
RTS BIM	43,69	15
CZ-CC	42,75	16
BIM7AA	41,12	17
KSO (JKSO)	23,83	18

Esitatud väärtused näitavad, kui lähedal on hinnatud klassifitseerimissüsteem mõttelisele ideaalsele klassifitseerimissüsteemile, nagu see defineeriti heaks kiidetud kriteeriumide ja kaalude alusel. Tabel on järjestatud alates parimast süsteemist kuni halvimani.

Tänu eeltootud autoritele saab välja tuua järeldused mis aitavad paremini mõista praeguste klassifikatsioonide positiivseid ja negatiivseid külgi.

1. Olemasolevatest klassifitseerimissüsteemidest ei ole üksi täiuslikut.

2. Iga klassifitseerimissüsteem on omaette unikaalne. Isegi lihtsamatel klassifitseerimissüsteemidel on teatud tugevad küljed. Suurem osa süsteemidest peatuvad objektide tüüpide identifitseerimise tasemel ning seega konkreetsete elementide identifitseerimine jääb võimatuks.
3. Otsustava tähtsusega on klassifitseerimissüsteemi eesmärk..
4. Võtmetähtsust omab ka klassifitseerimissüsteemi struktuur ja meetodika, eriti seda klassifitseerimissüsteemi sisuga võrreldes. Olulist rolli mängib klassifitseerimissüsteemi vastavus asjakohastele standarditele (eriti ISO 12006-2, kuid ka keerulisematele klassifitseerimisviisidele). See aitaks lahendada horisontaalse üksikasjalikkuse probleemi. Toimiv klassifitseerimissüsteem peab olema pidevalt täiendatud heakvaliteedilise dokumentatsiooni ja meetodiliste protseduuridega.
5. Mitmeotstarbeliste klassifitseerimissüsteemide on tulevik. Suurema kompleksusega CoClassi ja CCS võrreldes traditsioonilistega klassifitseerimissüsteemidega nagu UniClass või Omniclass saab nentida, et esimestel on rohkem võimalusi edasiseks arendamiseks ja rakendamiseks.
6. Otsustav tähtsus on klassifitseerimissüsteemi kättesaadavusel.
7. Iga klassifitseerimissüsteemi lõikes olulisel määral erineb terminoloogia.
8. Tuleb pidevalt klassifitseerimissüsteeme arendada ja hooldada.

Eestis on meil momendil olukord, kus kasutatakse erinevaid süsteeme ehitiste ning nendega seotud elementide kirjeldamiseks ning vajadusel digitaliseerimisel. Kasutatakse küll avalikke ja ametkondlikke süsteeme, kuid neid ei ole tihti võimalik ühendada, nende omavaheline infovahetus ei ole võimalik või neid on raske kanda ühelt ehitise elukaare etapilt teisele.

Digitaliseerimisega valdkonnas, sh BIM põhise tarkvara puhul tulevad kaasa erinevad andmebaasid, mis kiirendavad tunduvalt ehitise elukaare infovahetust ja võimaldab usaldusväärset andmete ülekandmist ühelt etapilt teisele. See aga eeldaks, et ühine klassifikatsioonisüsteem oleks eelnevalt kokkulepitud ja kõikide osapoolte poolt kasutatud. Kui kõik osapooled jälgivad ühist süsteemi, võimaldab see ehitise iga elemendi (materiaalne või immateriaalne) kodeerimist standardiseeritud viisil, mis on alati täiendatav või muudetav ükskõik millal ehitise elukaare jooksul, ka peale valmimist hoolduse eesmärkidel.

Momendil on olukord, kus tihti objekti koodid on juhuslikud ja see ei võimalda üldist arusaama erinevate platvormi või IT-süsteemi poolt. Selleks, et kõik oleks ühiselt mõistetav ja loetav läbi objekti elukaare jooksul on vaja standardiseeritud klassifitseerimissüsteemi, tagades digitaalse inforuumi, kus on läbi objekti elukaare on kõikidel osapooltel lihtsalt ja kiirelt võimalik vajalik info kätte saada. Kuid selline süsteem vajab ühtset terminoloogiat erinevate valdkonda vahel, et igas etapis ja iga osapool saaks infot talletada nii inimloetavalt kui masinloetavalt, standartidel baseeruvat süsteemset lähenemist, integreeritavust tänaste süsteemidega (infomudelitega, IoT). Lähiriigid on samuti kinnitanud vajadust piirkondsele klassifikatsioonisüsteemile mis aitaks info vahetust erinevate keelte ja riikide vahel.

Ehitusvaldkondade rahvusvaheliste klassifitseerimissüsteemide puhul peab arvestama eelkõike sellega, et teatud aspektid on rahvusvaheliselt sarnased (eelkõige ehitiste kasutamise ning konstruktsioonidega seotult). Jällegi ehitustegevus puhul ja sellega seotud protsesside puhul lähtutakse rohkem rahvuslikest tavadest, õigusaktidest ning traditsioonidest. [18]

2.3.1 Nõuete vastavuse kontroll

On oluline, et tellitavad mudelid vastaksid avaliku tellija BIM nõuetele. Võiks välja tuua nn ühised BIM nõuded ehk AST ühised BIM nõuded, mille eelversiooni tutvustati detsembris 2021. Oluline on ära mainida, et need ühised BIM nõuded kehtivad nii hoonetele kui ka taristule ehk rajatistele. Tegeletakse AST juhendi teostatavuse kontrolliga ja täiendamisega, see on sisendiks tulevaste EVS standardi(-te) koostamisele, sellega andmesisutabed detailselt testitakse ning on koostatud etalonmudelid. AST juhendi lahutamatu osaks on lisa 2 "AST infra andmesisu nõuded", kus on esitatud nõuded BIM mudeli andmesisule erinevates ehitise elukaare etappides. Joonisel allpool on näidatud väljavõtte sellest lisast, kus esitatakse nõuded katendi jaoks. Nõuded on esitatud ka näiteks geomeetria ja andmesisu jaoks, pörkepiirete, äärekivi, renni, liiklusmärkide ja teekattemärgistuse jaoks. [38]

User defined property set: TL_Katend											
Omadus / Atribuut	Näide (katend)	Näide (kiht)	Näide (kiht)	Näide (katend)	ES	EP	PP	TP	TE	Selgitus	
001_Nimetus	Asfalt	Killustik	Geosüntee	Kiviparkett		X	X	X	X	Katteligi informatiivne nimetus	
009_CCI-EE_klassifikaator	-	-	-	-		X	X	X	X	Kodeering lähtuvalt klassifikaatorist	
030_Tuüp	Kate -1	Alus - 1	Kate - 3	Kate - 1			X	X	X	Kihi tüüp - nt. kate, alus, geosünteet. Number tähistab kihi järjekorda katendis ülevaht lugedes.	
040_Liik	SMA 16	Paekillustik	geovõrk	Parkett			X	X	X	Kihi liik. Aluse korral koos fraktsiooniga.	
045_Paksus	4	30	-	8			X	X	X	Kihi paksus (cm)	
055_Tihendustegur	-	-	-	-			X	X	X		
060_Elastsusmoodul	2400	280	-	-			X	X	X	Ühik MPa	
065_Filtratsioonimoodul	-	-	-	-			X	X	X		
070_Kandevõime	2400	280	-	-			X	X	X		
900_Tootja	-	-	Tensar	Rudus					X	X	Elemendile on määratud tootja, tehas või karjäär
905_Mudel_ või_toote_tunnus	-	-	Tensar AR - GN	Kloostri					X	X	Kihile määratud toode või elemendile on määratud konkreetne mudel. E - põhiprojekti staadiumis peavad olema esialgsed toote üldparameetrid määratud
910_Ehitamise_aeg	2019.07	2019.07	2019.08	2019.08					X	X	Kihi ehitamise aeg (aaaa.kk.pp). Vastavalt kokkuleppele võib lisada väljale ka ainult aasta (lepitakse tellijaga kokku BIM rakendusavas)
925_Tooteinfor	-	-	{Katend Materjalid Tensar_ARG IV	{Katend Materjalid Rudus_Kloostri					X	X	Element on seotud suhtelise lingi abil toote vastava kaustaga.
930_Juhendid	-	-	{Katend Materjalid Tensar_ARG IV	{Katend Materjalid Rudus_Kloostri					X	X	Element või kiht on seotud suhtelise lingi abil vastava kaustaga, milles on vajalikud kasutus-, hooldus- ja paigaldusjuhendid
980_Link_teostusdokumentatsioonile	{Katend Teostus	{Katend Teostus	{Katend Materjalid Teostus	{Katend Materjalid Rudus_Kloostri_Teostus					X	X	Kiht või element on seotud suhtelise lingi abil teostusdokumentatsiooni kaustaga

Joonis 2.4 BIM mudeli katendi nõuded AST juhendi järgi

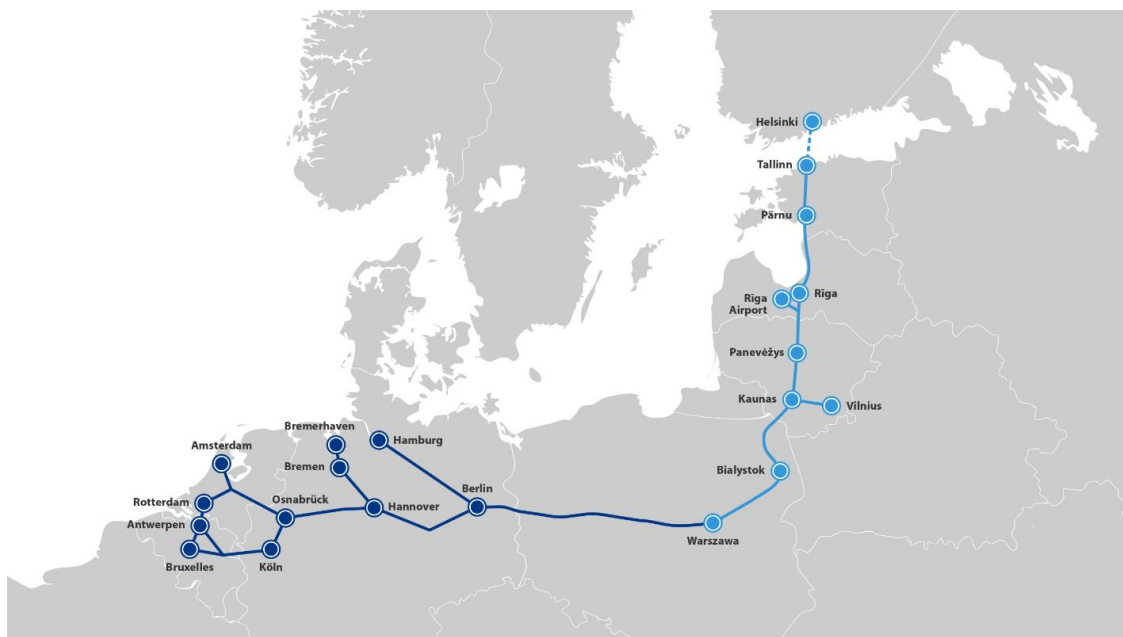
Samuti on olemas ka väljakutsed seadusandluse ja BIM nõuete vahel, näiteks kõik BIM tarkvarad ei suuda kõigile BIM nõuetele vastavat infot väljastada IFC formaati. BIM nõuetes ei ole kajastatud kõike informatsiooni, mis on tarvilik seadusandlusest tulenevate nõuete kontrolliks. Seadusandlus jätab kohati liiga palju tõlgendamisvõimalust.

3. TEEDEEHITUSE PROJEKTI NÄIDE

3.1 Projekti ülevaade

Baltimaad ja nendes pesitsevad riigid on olnud läbi ajaloo ühed olulisemaid kaubandus risteid ida ja lääne vahel. Arvestades kaubandus vajadusi ja raudteede tähtsust maismaa kaubanduses on Balti riikide raudteed kuigi tagasihoidlikud ja puudulike ühendustega teiste Euroopa riikide suhtes. Samuti on varasemad plaanid ühendada Balti raudteed teiste riikidega olnud problemaatiline, kuna raudteede laius ei vasta nende raudteedega. Rail Balticu väitel suudavad nad kõrvaldada selle probleemi ja võimaldavad ühendust Kesk- ja Ida-Euroopaga odavamalt.

Rail Baltic kasutab Euroopa standardset rööpmelaiust, 1435 mm on kahe-rajalise elektrifitseerimisega ja ERTMS-i varustusega, võimaldades kiirust 240 km/h. Raudteeprojekti peaks algama Tallinnast, sõitma läbi Pärnu, Riia, Panevezysse, Kaunase kuni Leedu-Poola piirini. Samuti ühendab Rail Baltic ka Vilniuse ja Kaunase. Projekti andmetel peaks valmima 870 km pikkune raudteeliin, mis on mõeldud reisi ja kaubanduse jaoks. Plaanid on ühendada Rail Baltic Euroopa TEN-T võrgustikku ning konkureerida teiste reisijate- kui ka kaubandus transpordiliikidega.



Joonis 3.1 Rail Baltica kui osa Põhjamere-Läänemere transpordikoridorist [21]

Rail Balticu projekti olulisus ei ole ainult tähtis Balti maadele, vaid naaberriikidele ja üleüldiselt Euroopale tervikuna. TEN-T võrgustiku projekt Euroopa Liidu poolt valdab ka

Rail Balticut, et luua üleeuroopaline transpordikoridor. Põhiline plaan on ühendada Balti riigid Leedu-Poola piiril ülejäänud Euroopa raudtee võrgustikuga.

Projekti kogumaksumuseks on hinnatud 5,8 miljardi eurone kulu, millest 85% on Euroopa Liit valmis kaasfinantseerima. Eesti maksumuse osa on 1,35 miljardit eurot, millest Eesti isiklik finantseering on kuskil 229 miljonit eurot. [20]

Esimene Rail Balticu objektiks oli põhitrass, mis asetati 28. novembril, 2019 aastal, Saustinnõmme viadukti nurgakivi, mis tähistas samuti projekti algust. Projekti asutajateks olid tollane Eesti peaminister Jüri Ratas ja Euroopa Komisjoni Transpordi Peadirektoraadi peadirektor Henrik Hololei.

2020. aasta lõpuks olid suuremas mahus Rail Balticuga seonduvad objektid endiselt projekteerimise faasis. Põhitrassi ehituse planeeritud aeg on 2023. ja 2025. aastate vahel, peale mida peaks algama katseaeg mille tulemusel peaks käivituma uuel kiirraudteetrassi liiklus kuskil 2026. aastal.

Eestis on praegune RB progress kõikide objektide suhtes projekteerimises ning esimeste objektide ehituslepingud on juba sõlmitud. 14 objekti ehituseks on avaldatud juba hange, millesse kuuluvad 7 viadukti ja 7 ökodukti. Ehitushanked Ülemiste ja Pärnu rahvusvaheliste reisiterminalide põhiprojekti suhtus peaksid avalduma 2022 I kvartalis, kuskil 23% maaüksustest on juba omandatud. Põhilisteks projektide väljakutseteks on põhitrassi projekti valmistus, keskkonnamõju hindamise läbiviimine, tegeleda puudutatud isikute uuedega nõudmistega (ennekõike kohalikud omavalitsused), luua Pärnu-Ikla põhitrassi lõigu maakonnaplaneeringud ja heakskiita KSH (keskkonnamõju strateegiline hindamine).

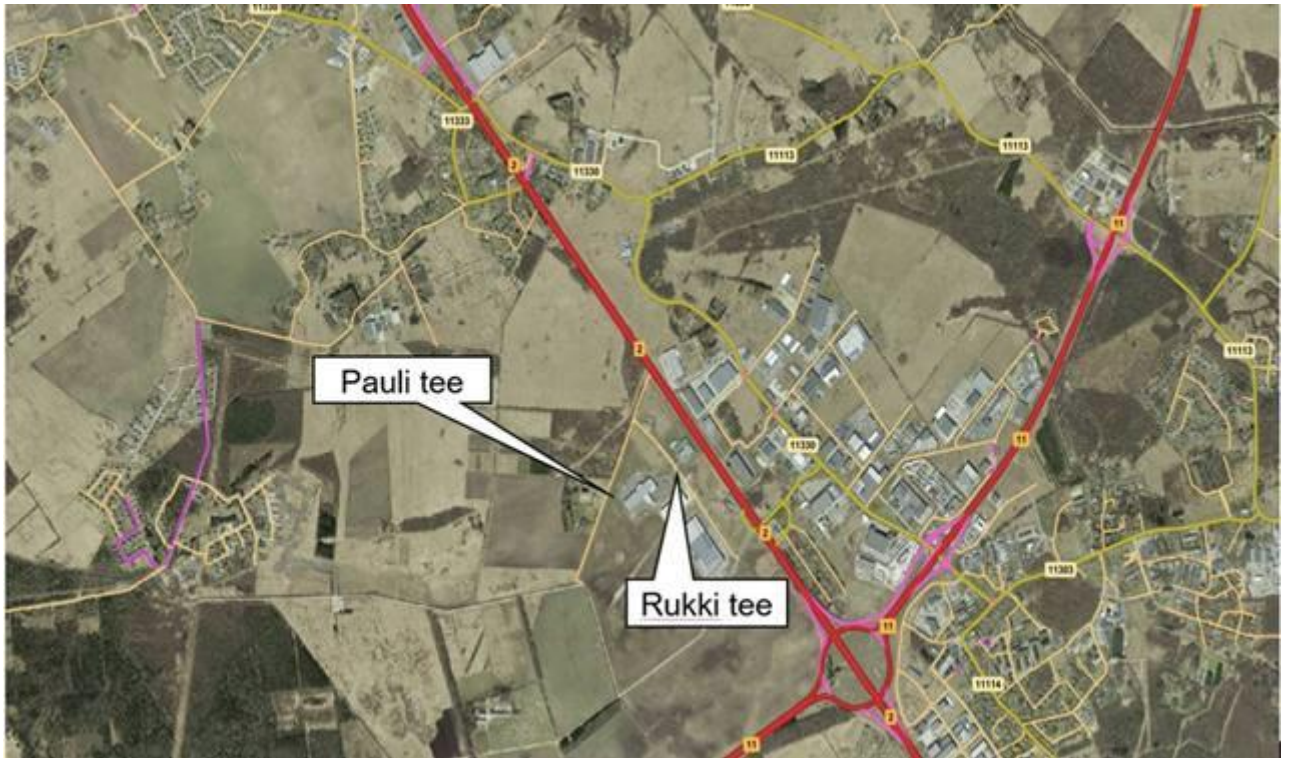
3.1.1 Näidisenä kasutatava objekti tutvustus

Projekteeritav Rukki tee (antud projektis tee indeksiga OR0310) asub Rae vallas Harju maakonnas (vt Joonis 1). Rukki tee on kohalik tee, mis hiljem ühendatakse olemasoleva Rukki teega (tee nr 6530521), ja Pauli teega (tee nr 6530076). Antud informatsioon tuleneb projekti seletuskirjast. Alltoodud joonisel on väljavõtte Maa-ameti kaardilt, mis näitab objekti asukoha. [34]



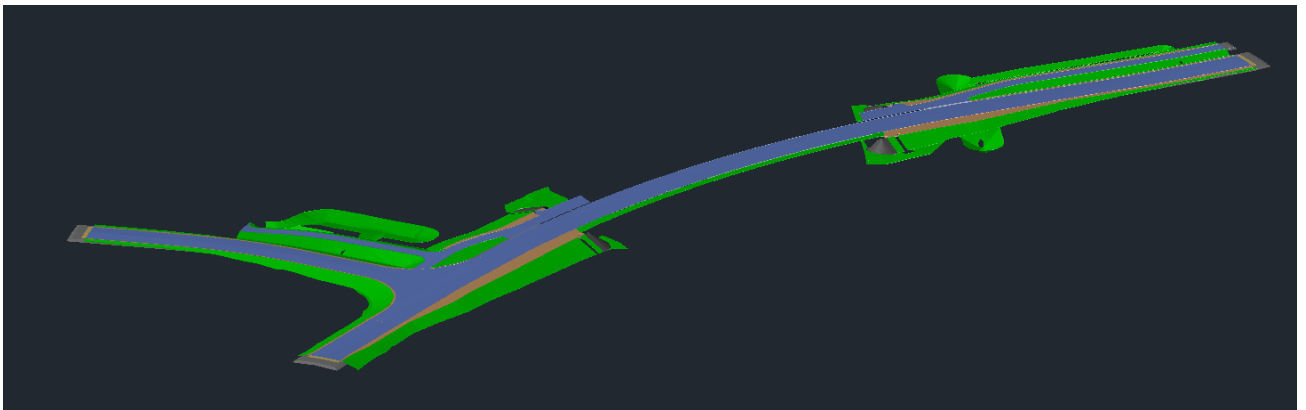
Joonis 3.2 Asukoha joonis Maa-ameti kaardil

Teede paiknemine teedevõrgustikus on toodud Joonis 2 Teeregistri andmetel on olemasoleva Rukki tee pikkus 0,92 km. Projekteeritav Rukki tee on avaliku kasutusega kohalik tee. Järgmisel joonisel on näidatud kohalike teede – Rukki tee ja Pauli tee – paiknemine teedevõrgustikus, ekraanitõmmis on tehtud Maa-ameti kaardist. [34]



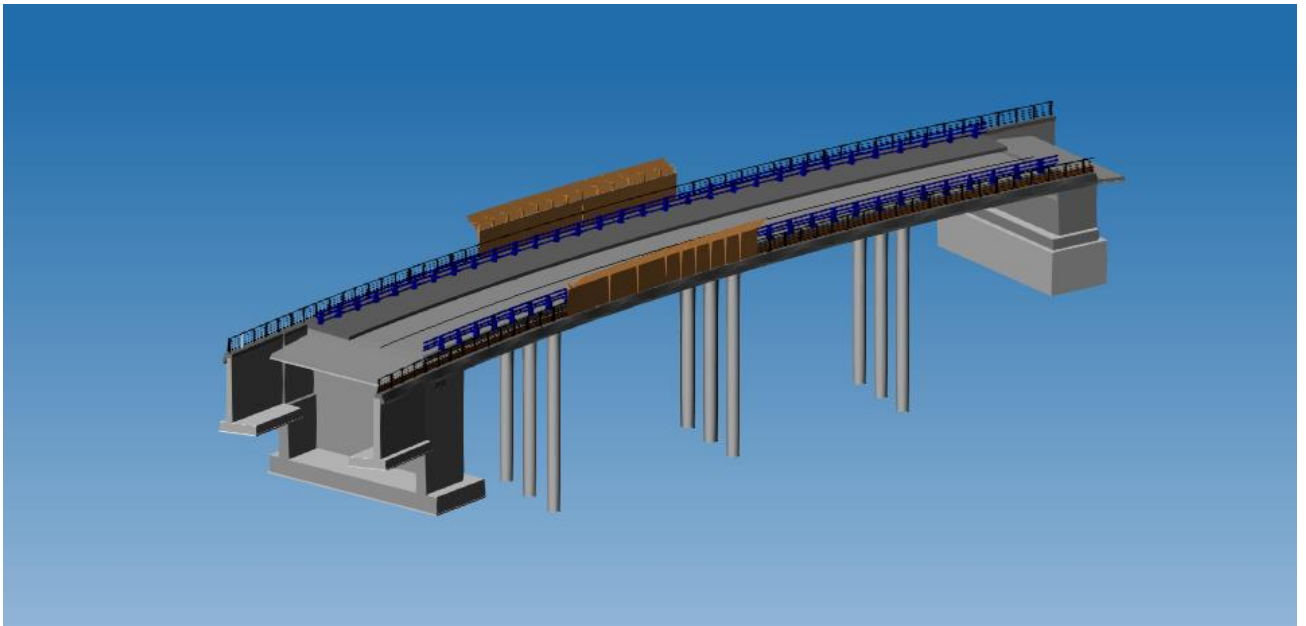
Joonis 3.3 Kohalike teede Rukki tee ja Pauli tee paiknemine teedevõrgustikus. Maa-amet.

Joonisel allpool on ekraanitõmmis projekteeritavast Rukki tee mudelist, mis on projekteeritud Skepast&Puhkim OÜ poolt. [35]



Joonis 3.4 OR0310 mudel, mis on projekteeritud SKPK poolt

Antud OR0310 mudeli silla osa on valmistatud IDOM'i poolt, mis on näidatud allpool. [36]



Joonis 3.5 OR0310 mudeli silla osa, mis on tehtud IDOM'i poolt

3.1.2 Näidisobjekti projekteerimise lähtealused

Põhiprojekti koostamise aluseks on Rail Baltica trassi eriplaneering, Rae valla põhjapiirkonna üldplaneering, eelprojekt (Rail Baltic 1435 mm raudtee eelprojekti ja raudteega seotud ehitiste eelprojektide koostamine, Reaalprojekt 2017), Tellija poolt heakskiidetud eelprojekti väärtusanalüüs (DS2-DPS1 VE) ning RB projekteerimisjuhised Design Guidelines (DG) General Requirements (13-12-2019) ja Tellija poolne tehniline spetsifikatsioon (TS). Tulenevalt antud dokumentidest on projekteeritava Rukki tee põhilised näitajad on järgmised:

- Tänavaliik – Jaotumagistraal
- Liiklussagedus – AKÖL 20 <2 500 a/ööp;
- Evaj – 245 Mpa;
- katendi tüüp – püsikatend.
- projekteerimise lähtetase – rahuldav;
- suurim lubatud kiirus – 50 km/h.

Kergliiklustee projekteerimisel on lähtutud:

- Evaj – 135Mpa;
- Projekteerimise lähtetase – rahuldav;

- Suurim lubatud kiirus – 30 km/h;
- Katendi tüüp – püsikatend.

Projekteerimise lähtealuseid on täpsustatud töökoosolekute käigus.

3.2 Uniclass rakendamine

Praeguses olukorras, so rahvusvaheliselt kasutatava rahvuslike erisustega klassifitseerimissüsteemi loomisel, oleks igati aktuaalne võrrelda erinevaid, rahvusvaheliselt tuntud klassifitseerimise põhimõtteid. Lähtealuseks oleks kehtiv nõuetalon (ISO 12006-2:2015). [11]

Võrreldes OmniClass'i ja Uniclass'i, siis just viimane on aja jooksul erinevate organisatsioonide eestvedamisel teinud läbi mitmeid arenguid (Uniclass 1997; Uniclass 2, Uniclass 2015). Seetõttu on Uniclass ka oluliselt integreeritum ja järjepidevam paljudest teistest praegusesse võrdlusesse mitte võetud süsteemidest. Uniclass 2015 aruandes on olulise fikseeriva tegurina esitatud andmete erinevate paigutuste seos, kasutades ülesande kujutamise põhjendusi. Seega on selle süsteemiga võimalik luua andmekorraldusi ja erinevaid seoseid kasutades valgonnaga sobivaid gruppe ja nõuteid. Näitena saab tuua olukorra, kus arenduskulud grupeeritakse ühe korraldusena ja ehitust ennast kontrollitakse teise korraldusega. Tänapäeval on selline meetodika Eestis väga tavaline, kuid kahjuks erinevad rühmitused (näiteks EVS 885 ja Talo 90) ei ole omavahel ühilduvad ja vajavad ümberkorraldusi, et koos töötada.

OmniClassi ja Uniclassi 2015 uurimine näitab, et OmniClassi erinevate majandussektorite kujutamine on ebaühtlane. Uniclass ei ole nii hea ja kasulik kui lähtuda detailidest, aga ta hõlmab nii hooneid, insenerirajatisi, pinnasetöid, transpordikorraldust ja insenerivõrke. Uniclass on rohkem valmis täiendavateks uuendusteks ja arendamiseks, samuti on Uniclass ka palju kasutajasõbralikum. Ülemaailmselt on Uniclassi analüüsidel oluline koht – on avaldatud hulgaliselt akadeemiliselt kvaliteetseid ning põhjalikke ülevaateid selle süsteemi tugevustest ja samuti sellega kaasnevatest probleemidest. [18]

OmniClass ja Uniclass on ingliskeelsed, kasutades täpset valdkonna terminoloogiat, järgides USA ja Ühendkuningriigi inglise keele nõudeid. Sellegipoolest on nii CoClassi, kui ka CCS-i probleem just selles, et tabelite kokkuvõtted on rahvusvahelise terminoloogia põhjal, kuid ingliskeelsete vastete definitsioonide selgitamiseks pole palju tehtud.

OmniClass ja Uniclass viitavad erinevatele klassidele (tüüpnäited: nendes süsteemides on loetletud mitusada ukse klassi — nt välisüksed, turvauksed, tuletõkkeuksed jne); CCS ja CoClass annavad jällegi üksiku „sissepääsu“ klassi ja erinevate sissepääsude jaoks registreeritakse erinevad omadused. Selle meetodi eeliseks on see, et artikli koodi põhiosa ei muutu planeerimise ja loomise ajal ning projekti täiustamise käigus objekti põhiosa ei muutu, vaid muudetakse ära ainult omadused.

Üks ehtne näide ülemaailmsest koostööst struktuuride rühmitamisel on Suurbritannia riikide Uniclass raamistiku arendamine. Selle eelised on selged: Suurbritannia riikide vaheline koostöö lihtsus ja sujuvuse edenemine. Selle raamistiku kasutamise peamiseks eelduseks on, et neil rahvastel on tüüpiline keel ehk inglise keel, kuid lisaks on arendamiseks üldiselt valdav koolisüsteem ja seal kasutatav terminoloogia.

Rail Balticu arendamine toob Balti maade kasutusse UniClass 2015. Selle raamistiku kasutamine võib Läti arendusturgu põhjalikult mõjutada, kuna Läti majandusministeeriumi delegaadid on kinnitanud, et riigis ei ole võetud kasutusele ühist klassifitseerimissüsteemi raamistikku. UniClass 2015 võib praeguses olukorras olla korralik valik. [18]

Ajal, mil inglise keel muutub üle maailma ehitussektoris esmaseks kirjavahetuse keeleks, uuriti Uniclassi raamistiku võimalikku kasutust ja ülevõtmist Eestis. On ilmnunud, et sotsiaalsete kontrastide tõttu ei ole Uniclassi tohtu ulatuslik varieeruvus väikestele turgudele mõistlik. Erinevate tugevate kultuurilise ja rahvusliku identiteedi vahel on võrdlev probleem. Lisaks tõi Brexit kaasa Ühendkuningriigi koostööga uusi barjääre. Sellest tulenevalt oleks Uniclassi jaoks teostatava arendusplaani koostamine keeruline.

Meie puhul on erinevatel ajavahemikel ajalooliselt olnud nii suhtlus- kui ka asjaajamise keelteks nii saksa kui vene keel. Arengu vallas oli soome keelel suur mõju ka Eesti Vabariigi taasiseseisvumise perioodil. Tänapäeval on vaieldamatu, et ingliskeelsed vahendid on võtnud kontrolli globaalse kirjavahetuse osas, samas enamus kohalikke asjaajamisi viiakse riiklikult ikka läbi eesti keeles. Asjaolu on võrreldav kõigi Läänemere piirkonna rahvaste puhul, näiteks nii Põhja- kui ka Baltimaade rahvaste puhul — avalik korraldus on avalikus keeles, samuti arenguvaldkonnas. Seega tuleb sündmuste pööre ja globaalse korra raamistikule üleminek meie ringkonnas igal juhul toimuda kahes keeles. Samal ajal on avalik keel iga osaleva riigi jaoks hädavajalik, kuid peamiselt kasutatakse inglise keelt delegaadi keelena.

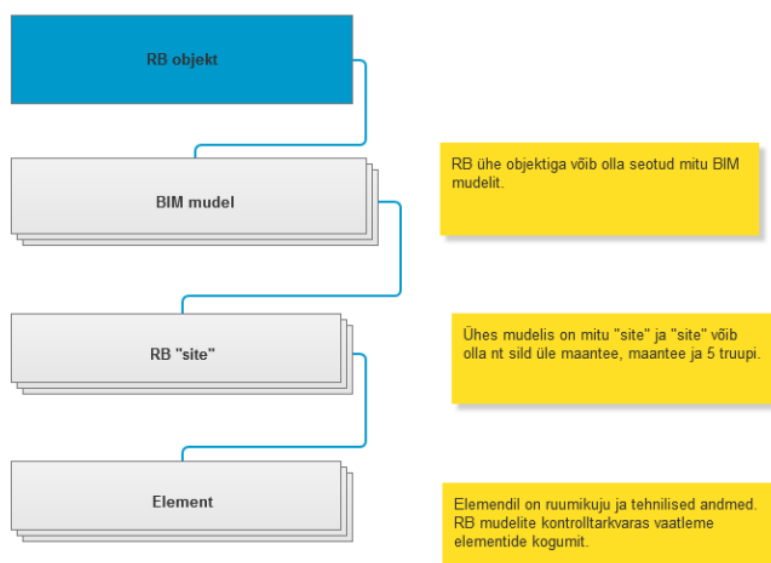
Balti riike läbiv raudteetrassi projekt Rail Baltic kaasab arendusele tegelikult ka Uniclassi. Valdav enamus raudtee projektidest globaalselt on rahvusvahelised, ületades avalikke liine ja kasutades ülemaailmselt konkureerivat tööjõudu. Kuigi raudtee

ehitamise ja alalhoidmise tehnoloogiad on universaalsed, saab Uniclass igal juhul liituda erinevate riikide projektidega, kus inglise keel on peamine töökeel. Rail Baltic täpsustab ümberplaneerimise võimalust lähtudes kohalikule süsteemile, kuid selline süsteem areneb projekti enda elutsükli ja arengu jooksul.

3.2.1 Rail Baltic'u BIM mudel

Ehitusloa taotlusega võib olla seotud üks kuni mitu IFC faili ehk BIM mudelit, mis kõik kokku moodustavad ühe projekti.

Ühes RB BIM mudelis võib olla mitu lahendatavat olukorda. Näiteks on sild üle maantee, maantee ja 5 truupi. Ühes RB BIM mudelis võib olla vaid osa ühest objektist. Näiteks ökodukti struktuur on ühes mudelis, piirded teises ja mullatööd kolmandas. Kõik ühe objektiga seotud BIM mudelid tuleb lisada ehitusloa taotlusele. [23]



Joonis 3.6 RB mudeli struktuur

3.2.2 RB projekti faili tähistamine

RB mudelis ehitise tüüpi ei kirjeldata. RB- s eristatakse hooneid ja rajatisi tüübiga (RBR – Functional_classification), mida mudelisse ei kirjutata ja tähistatakse kahetähelise eesliitega. [23]

- OS – jaamad/peatused
- BR – sillad, ülepääsud, altpääsud, truubid, mille diameeter või kandilise truubi ristlõike kõrgus on üle 2m
- OR – teed
- CU – truubid, altpääsud, mille diameeter või kandilise truubi ristlõike kõrgus on kuni 2m

RB projekti mudeli faili nimi ei sisalda projekti staadiumi tähist. NT RB ehitusprojekti fail

RBDTD-EE-DS2-DPS1_IDO_BR0310-ZZ_0012_IF_BR-TS_MD_00002_001.ifc

- EE – Eesti
- DS2 – design section 2
- DPS1 – design priority section 1
- BR-0310 – silla kood eelprojekti. Selleks, et teha vahet eelprojekti „site“ koodi ja põhiprojekti „site“ koodi vahel, on eesliite ja numbri vahel miinus. Kui juhuslikult põhiprojekti jääb see kood kehtima, siis on see BR0310
- v1 – faili versioon

3.2.3 RB klassifitseerimissüsteem ja mahtude väljavõtted (QTO)

Projekti nõuete jaoks on võetud kasutusele Uniclass 2015 klassifitseerimissüsteem selleks, et võimaldada nii informatsiooni paremat integreeritavust aga ka võimaldada lihtsamat, BIM-iga seotud simulatsioonide loomist (nt 4D/5D simulatsioonid). Klassifitseerimissüsteem aitab defineerida kindlad tunnused/atribuudid iga objekti ja elemendi jaoks BIM mudelis, et neid efektiivsemalt liigitada ja organiseerida.

Mahtude väljavõtted (ingl quantity take-off ehk QTO) ja mahtude ekstraheerimine (ingl quantities extraction ehk QEX) saab olla väljavõtteid BIM mudelist ja kättesaadav CDE-s (ingl common data environment) standardi formaadis kogu Rail Baltic projekti

ulatuses. Allpool toodud joonistel saab näha RB kasutamisel QTO ja QEX väljavõtteid.

[37]

		QUANTITIES								
Spec Div.	Spec. Nr.	UNICLASS 2015	Type	Product Description	No.	Unit	Qty	% Cont	Cont	
		Product Code								
00	00-00			SPEC NAME						
		Pr-00 00 00 00	XXXXX	Product Description		M ²	0	10%	0	
									0	
									0	
		Pr-00 00 00 00	XXXXX	Product Description		M ²	0	10%	0	
									0	
									0	
00	00-00			SPEC NAME						
		Pr-00 00 00 00	XXXXX	Product Description		M ²	0	10%	0	
									0	
									0	
		Pr-00 00 00 00	XXXXX	Product Description		M ²	0	10%	0	
									0	
									0	

Joonis 3.7 QTO template

BIM MODEL OBJECTS						SPECIFICATION			COSTING					
Native Unique ID	MEMBER MARK				OBJECT LOD		Spec. Div.	Spec. Nr.	UNICLASS 2015	Type	Product Description	Unit	Qty	
	Role	VolSysZone	Location	Function	Object ID	LoG			Lol					Product Code
12345678	RR	VVVVZZ	LLLL	FFF	123456	300	300	00	00-00	Pr-00 00 00 00	XXXXX	Reinforced poured concrete; proportion normal weight concrete in accordance to ACI 211.1 and ACI 301 with compressive strength of 30 MPa at 28 days; according to Drawings and Specifications	M3	48,50
12345678	RR	VVVVZZ	LLLL	FFF	123456	300	300	00	00-00	Pr-00 00 00 01	XXXXX	Reinforced poured concrete; proportion normal weight concrete in accordance to ACI 211.1 and ACI 301 with compressive strength of 30 MPa at 28 days; according to Drawings and Specifications	M3	48,50
.....

Joonis 3.8 QEX template

3.2.4 Elemendi andmestik RB BIM mudelis

Allolevas tabelis on kirjeldatud ühe RB mudelis oleva objekti elemendi kohustuslikud andmed.

RB BIM mudel → „Site“ → Element

Tabel 3.1 Elemendi andmestik RB BIM mudelis [23; 24]

Nimetus	Kirjeldus	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas?
RBR-VolSysZone	<p>VolSysZone või „Site“ kood on objekti tunnus RB-s, mis kehtib ühe BIM mudeli kohta.</p> <p>„Site“ kood on oluline tunnus, mida RB projektis kasutatakse.</p> <p>RBR-Object_ID + RBR-VolSysZone = elemendi UID projektis</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR-Object_ID	<p>Mudeli elemendi identifikaator. Mudelis moodustab koos RBR - VolSysZone koodiga unikaalse elemendi tunnuse</p>	kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR-OCC	<p>Object Category Code (OCC) on objekti kategooria kood.</p> <p>OCC kood näitab mis elemendi tüübiga on tegemist.</p> <p>Kasutusel on eraldi OCC koodide tabel tbOCC.xlsx, kus tabelis veerus C on OCC number ja veerus E on elemendi tüübi nimetus.</p>	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR-Material_Designation	Viide materjali standardile, millest element on valmistatud.	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas

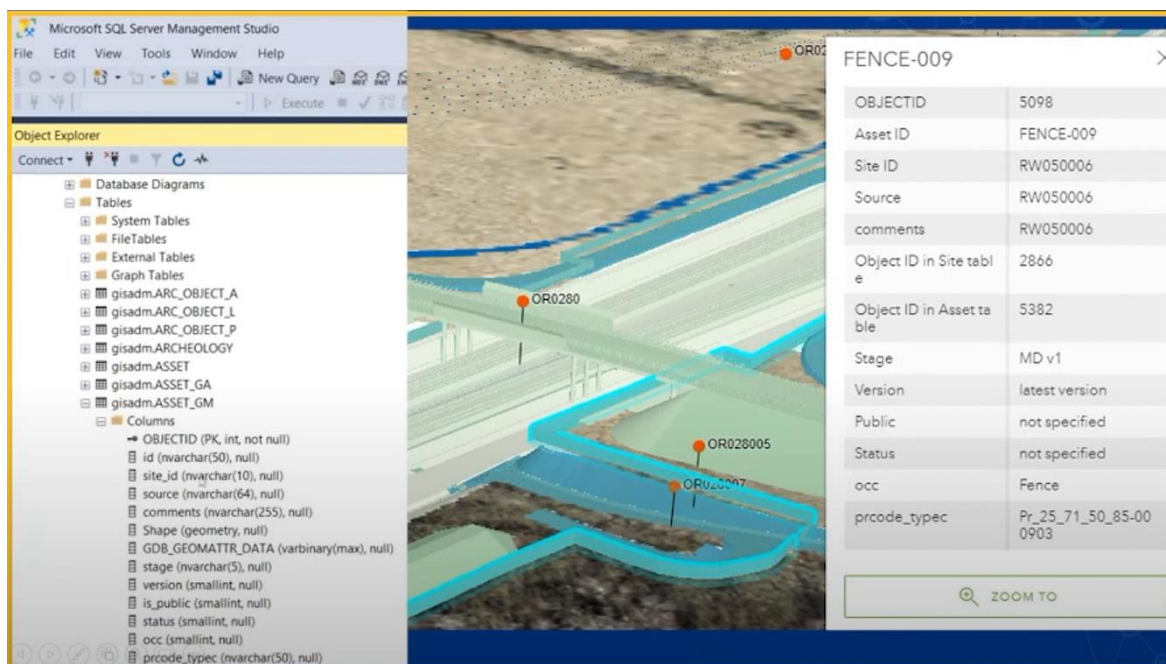
RBR- Material_Description	Materjali kirjeldus vastavalt standardile.	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR- Product_Name	Viide kasutatud toote standardile, mida on kasutatud elemendi konstruktsioonis.	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR- Product_Description	Toote kirjeldus vastavalt standardile.	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR-Pr_Code	Viide toote koodile, mida on kasutatud elemendi konstruktsioonis. Toote kood ja tüüp käivad kokku.	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas
RBR-Type_number	Tüübid on iga ettevõtte oma defineeritavad. Viide toote tüübi koodile, mida on kasutatud elemendi konstruktsioonis. Toote kood ja tüüp käivad kokku.	Kuvada kontrolli tarkvara infoaknas

3.2.5 Klassifikaatorite kasutusjuhud RBI

RB saab põhilist informatsiooni *site'idest* (ingl site) ning seejärel hooldusinfo süstematiseeritakse vastavalt elemendi tüübile. Juba projekteerimise etapil kantakse sisse hooldusjuhendid ning RB eesmärk on saada kõik informatsioon korrastatud viisil andmebaasi. Seega kui RB valib konkreetseid elementide tüüpe, on arusaadav, mis on nende jaoks soovituslik hoolduse ajakava ning toiming, kasutades Uniclass 2015.

Vara haldamises (ingl asset information management) on oluline, et eelkõige kasutatakse GISi (ingl geographic information system) andmebaasi. Selleks, et hoida informatsiooni süstematiseeritud kujul ja jagada eesmärke, on vaja andmebaasi. Allpool on näidis RB veebi kasutajaliidest, kuhu on ületoodud andmed varadest, nende omadustest, ning lisaks nende geomeetiline informatsioon. Ekraanitõmmis näitab, et tegemist on Microsoft SQL serveri andmebaasiga, mis võimaldab kasutada kas SQL

serveri enda töövahendeid või neid, mis on kättesaadavad GISi keskkonnas. Klassifikaatoriga sidumine toimub andmebaasist. [39]



Joonis 3.9 RB Microsoft SQL serveri andmebaas

Lisaks traditsioonilise andmebaasile, geoandmebaasil on kasutus võimalus ka ruumiliste liigendite (ingl spatial joints) loomiseks. Näidiseks, RB loob spetsiaalseid liigendeid (ingl special joints), et saada kohtade loendi keskkonnamõju hinde (KMH) ja seda aruannet saab näidata otseselt avalduses. Neid avaldusi saab näidata reealelus inimestele ilma .pdf, .ppts, .xls formaadite kasutamist. *Site'd* on ühendatud varadega, varade geometriaga, nii, et RBl on andmed struktureeritud kujul.

Informatsioon GISi andmebaasist kantakse üle Exceli tabelitesse, kuna neid on palju kiirem importida Exceli tabeli arvandmete kujul süsteemi. RB saab andmebaasist õiged koodid objektide jaoks, asukoha ja 3D informatsioon on samuti kättesaadav. Neid andmeid saab filtreerida ning näha situatsioone erinevate esituspakkedide puhul (ingl submission packages), ning saada ülevaadet sellest, kui hästi tullakse toime maa omandamise joonistega. [39]

Peamine eesmärk info vaatamisel on selle sisu ja sisestatud atribuudid. RBRail koordineerib neid projekte, RBE vaatab liigi ja lisab omapoolsed kommentaarid. Haldus GIS tarkvaras lingitakse, kus kasutatakse Trimble Connect lingid ja RBR haldab ProjectWise 365. Kas info on sisestatud ja olemas kontrollitakse SimpleBIMi tarkvaras, samuti seal käib mudeli info korrigeerimine ja importimine. SimpleBIMi kasutatakse info

lugemiseks RBR andmete omaduste hulgast (ingl property set) elementide spetsiifiliste atribuudite väärtuses. Peamine eesmärk info eksportimisel on, et mingit info kadu ei oleks elukaare projekti vältel. [40]

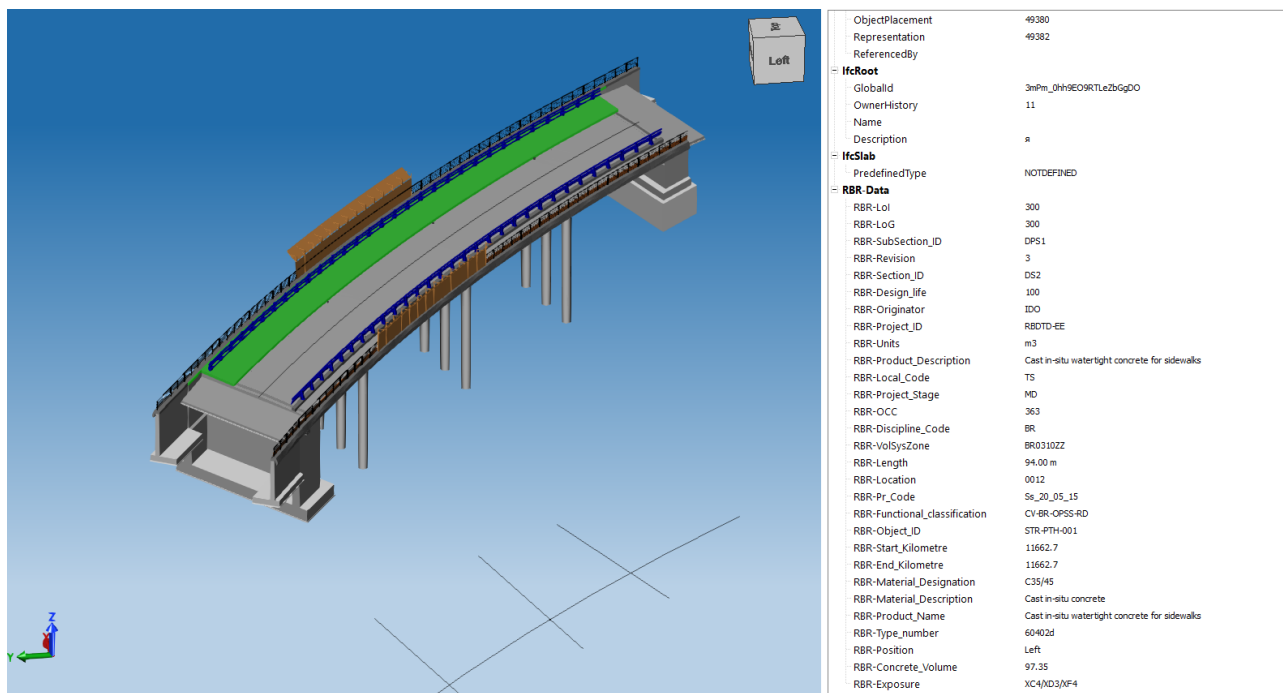
RBR koode üritakse kasutada infra valdkonna puhul põhimahude juures. Põhimahud, mida mudelitest nende koodide abil võetakse on kaevamine ja täitemahud. See toimub elemendi põhiselt. Kululoendit koostatakse Uniclassi koodide põhjal, aga sellisel moel saadud kaevamise infot on kululoendi tegemiseks liiga vähe. Samuti RBR koode kasutatakse maksumuste, planeerimiste ja ka ajaplaneerimisel juures. RBR koodidega on ka seotud ühikmaksumus tabelid, näiteks eelarvestamiseks.

Tulevaid mahutusi, projekterija poolt esitatud muid tabeleid ja jooniseid kontrollitakse BIM nõuete poolt automaatselt omaduste (ingl properties) koodide olemasolu läbi. Projekterijad siinjuures on vabad omal valikul teha vajalikke või lisanduvaid kvaliteedikontrolli. RBR koodide olemasolu kontrollib SimpleBIM, et kas need on täidetud ja atribuudi väärtuse korrektsed. [41]

RBR ehk Uniclassi koodide kvaliteedikontrolli peab tegema projekterija ise. SKPK tegeleb sellega nii, et esiteks veebi andmebaasist (<https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass>) otsitakse vastavale elemendile õiget Uniclassi koodi. Juhul, kui ei saa leida täpset vastet koodile, siis valitakse kõigi ligilähedasem tulemus. Seejärel vastav kood kopeeritakse ERA andmebaasi (hallatav IDOM'i poolt), kus see seotakse läbi *Layer'I* konkreetsete elementidega mudelis. SKPK esitab sinna oma andmed läbi Exceli tabeli. Läbi ERA andmebaasi skriptiga kirjutatakse selle automaatselt mudelisse — iga element saab temale vastava koodi. Seega antud protsess on automatiseeritud. Käsitsi kontrole ei teha välja arvatud juhul, kui mingi uus element, millele on vaja läbi antud lehe Uniclassi kood otsida. SKPK kasutab Uniclassi asemel mahutude jagamiseks RB puhul *RBR-Type_number* ja *RBR-VolSysZone* parameetrit.

3.3 CCI kasutamine teedehituse projekti näitel

OR0310 mudelist oli võetud Uniclassi koodid. Järgmisel joonisel on näide ühest mudeli elemendist, kus on toodud vastav Uniclassi kood, mis oli juba mudeli sees magistritöö koostamise ajal. Antud mudeli silla osa on valmistatud IDOM'I poolt. [36]



Joonis 3.10 OR0310 mudeli silla osa element, paremal on avatud omaduste (ingl properties) aken

Eeltoodud joonisel saab näha, et omaduste aknas on toodud RBR andmed kui Uniclassi kood (RBR-Pr_Code), toote nimi (RBR-Product_Name), materjali kirjeldus (RBR-Material_Description) ja tüübinumber, mis on iga ettevõtte jaoks unikaalne (RBR-Type_number). Nende andmete kirjeldus on toodud välja eelmises peatükis 3.2.4. Välja antud mudeli andmed RB BIM elemendi andmestikust olid kasutatud tabeli loomiseks ning tabelis on toodud välja kõik elemendid RB OR0310 mudelis oleva objekti kohta, nii Rukki tee mudel, kui ka silla osa ja nende ehituskihid (ristlõike mõttes) kaevest kuni pealmise pinnani, tehnosüsteemid (truubid, sademeveesüsteemid, kaabelliinid). Järgmisel joonisel saab näha Exceli tabelist väljavõtet, kus on toodud Uniclassi andmete sisuline info. Samuti on tähistatud ka osamudel, kust on võetud elemendid – näiteks, „BR“ vastab silla mudelile.

Osamudel	RBR-Product_Name	RBR-Product_Desc	Pr_Code	Pr_Title	Type_number
EL	Relocation of lighting metal pole, foundation and luminaire	Relocation of lighting metal pole, foundation and luminaire	Pr_80_77_48_80	Steel lighting columns	80323
BR	Handrail	Handrail	Pr_25_30_36_11	Carbon steel handrails	61002c
BR	Bridge railing	Bridge railing	Pr_25_30_36_11	Carbon steel handrails	61002
RTI	Anchoring/ fixed ending (l-12 m)	Anchoring/ fixed ending (l-12 m)	Pr_20_85_07	Barrier rails	70405-a
RTI	One-sided Crash barrier, performance class N2W4	One-sided Crash barrier, performance class N2W4	Pr_20_85_07_13	Carbon steel safety barrier open box beams	70401-a
RTI	One-sided Crash barrier, performance class H1W4	One-sided Crash barrier, performance class H1W4	Pr_20_85_07_13	Carbon steel safety barrier open box beams	70401-b
RTI	One-sided Crash barrier with parapet, performance class	One-sided Crash barrier with parapet, performance class	Pr_20_85_07_13	Carbon steel safety barrier open box beams	70401-f
RTI	Anchoring/ fixed ending (l-4 m)	Anchoring/ fixed ending (l-4 m)	Pr_20_85_07	Barrier rails	70405-c
BR	Overhead catenary system protection (OCSP): transparent	Overhead catenary system protection (OCSP): transparent	Ss_25_16_73_05	Anti-throw barrier systems	61003d
BR	Driveway parapet (barrier)	Driveway parapet (barrier)	Pr_20_85_07	Barrier rails	61001
BR	Medium size precast concrete panel with Rail Baltica logo	Medium size precast concrete panel with Rail Baltica logo	Pr_25_71_14_03	Applied facing precast concrete panels	60403c
BR	Animal protection with two panels of wood polymer comp	Animal protection with two panels of wood polymer comp	Pr_20_65_60_89	Timber-frame panels	61403b
RTI	Dense asphalt concrete layer, AC 16 Surf h=5cm	Dense asphalt concrete layer, AC 16 Surf h=5cm	Pr_35_31_05_05	Asphalt concrete (AC) surface courses	43002-ac5-6
RTI	Dense asphalt concrete layer, AC 8 Surf h=5cm	Dense asphalt concrete layer, AC 8 Surf h=5cm	Pr_35_31_05_05	Asphalt concrete (AC) surface courses	43002-c5-2
RTI	Support beam of slope, concrete kerbstone	Support beam of slope, concrete kerbstone	Pr_25_93_45	Kerb units	61204
RTI	Concrete kerbs	Concrete kerbs	Pr_25_93_45_18	Concrete kerbs	45001
BR	Kerbstones	Kerbstones	Pr_25_93_45	Kerb units	45001
RTI	Yellow marker post	Yellow marker post	Pr_40_10_77	Signs and markers	70501-b
RTI	Yellow marker post on safety barrier	Yellow marker post on safety barrier	Pr_40_10_77	Signs and markers	70502-a
RTI	White marker post	White marker post	Pr_40_10_77	Signs and markers	70501-a
RTI	Traffic sign No. 221 with post - Size Class 1	Traffic sign with post - Size Class 1	Pr_70_75_72_30	Fixed vertical road traffic signs	70101-2
RTI	Traffic sign No. 435 with post - Size Class 0	Traffic sign with post - Size Class 0	Pr_70_75_72_30	Fixed vertical road traffic signs	70101-1
RTI	Impact energy absorbing terminal, performance class P2	Impact energy absorbing terminal, performance class P2	Pr_20_85_76	Shock absorbers	70404-c
RTI	Slope protection (separating geotextile, dry mix, concrete	Slope protection (separating geotextile, dry mix, concrete	Ss_25_25_85_55	Natural stone lining systems	61202
BR	Falling objects detector in overpasses	Falling objects detector in overpasses	Pr_25_71_50_16	Carbon steel palisade fence panels	61003c
RTI	Setting out of planting bed and seeding h=5-7cm	Setting out of planting bed and seeding h=5-7cm, 20-25 g/Ss_45_35_30	Ss_45_35_30	Forestry, biomass, hedging and roadside planting sy	90201-5
RTI	Setting out of planting bed and seeding h=10cm	Setting out of planting bed and seeding h=10cm, 10-20 g/Ss_45_35_30	Ss_45_35_30	Forestry, biomass, hedging and roadside planting sy	90201-10b
RTI	Setting out of planting bed and seeding h=20cm	Setting out of planting bed and seeding h=20cm, 10-20 g/Ss_45_35_30	Ss_45_35_30	Forestry, biomass, hedging and roadside planting sy	90201-20
EL	Lighting pole on the bridge/viaduct; h=8m	Lighting pole, anchor and luminaire installation on the brix	Pr_20_76_64_53	Metal posts	80315-h8
EL	Metal pole with foundation and luminaire; h=6m	Lighting metal pole installation with foundation and lumin	Pr_20_76_64_53	Metal posts	80316-h6
EL	Lighting control junction box	Lighting control junction box installation	Pr_60_70_22_46	Lighting distribution boxes	80312
RTI	Crushed base course fr 32/63 h=18cm	Crushed base course fr 32/63 h=18cm	Pr_20_31_04_20	Crushed stone aggregates	40501-18-6
RTI	Crushed base course fr 16/32 h=12cm	Crushed base course fr 16/32 h=12cm	Pr_20_31_04_20	Crushed stone aggregates	40501a-12-6
RTI	Porous asphalt concrete layer, AC 20 Base h=6cm	Porous asphalt concrete layer, AC 20 Base h=6cm	Pr_35_31_05_03	Asphalt concrete (AC) base courses	43003-a6-6
RTI	Crushed base course fr 32/63 h=20cm	Crushed base course fr 32/63 h=20cm	Pr_20_31_04_20	Crushed stone aggregates	40501-20-6
EW	Crushed base course fr 16/32	Crushed base course fr 16/32	Pr_20_31_04_20	Crushed stone aggregates	60205
BR	Pile work (including sonic testing)	Pile work (including sonic testing)	Ss_20_05_65	Piling systems	60302b
BR	Cornices for bridge deck (edge beam)	Cornices for bridge deck (edge beam)	Pr_20_93_37_65	Precast concrete headwall units	60403b
BR	Post-tensioned concrete	Post-tensioned deck	Ss_30_16_10	not found	60412a
BR	Erosion control: crushed limestone fr 32/64 on geotextile	Erosion control: crushed limestone fr 32/64 on geotextile	Ss_15_10_80_33	not found	30608
BR	Cast in-situ lean concrete C16/20 in foundations	Cast in-situ lean concrete C16/20 in foundations	Ss_20_05_15	Concrete foundation systems	60402a
BR	Reinforced concrete foundation in abutments	Reinforced concrete foundation in abutments	Ss_20_05_15	Concrete foundation systems	60406c
BR	Cast in-situ cyclopean concrete	Cast in-situ cyclopean concrete	Ss_20_05_15	Concrete foundation systems	60402c

Joonis 3.11 Väljavõte Exceli tabelist, kus on välja toodud Uniclassi andmete sisuline info

Kusjuures andmed, mis tähistavad Pr_Title, olid leitud Uniclassi veebilehelt (<https://uniclass.thenbs.com/>). Näiteks, kui otsida elemendi koodi „Pr_25_93_60_14“ järgi, saab leida, et selle elemendi nimetus on „Betonist pinna kanalid“ (ingl concrete surface channels). Siinjuures saab näha, et mõnedele Uniclassi koodidele ei olnud võimalik leida neile vastavaid nimetusi. Näiteks, koodi „Ss_30_16_10“ Uniclassi saitil otsimisel tulemuseks on „ei ole leitav“ (ingl not found). Proovime antud komponendid liidestada CCI-EE näitel tulemuse saamiseks.

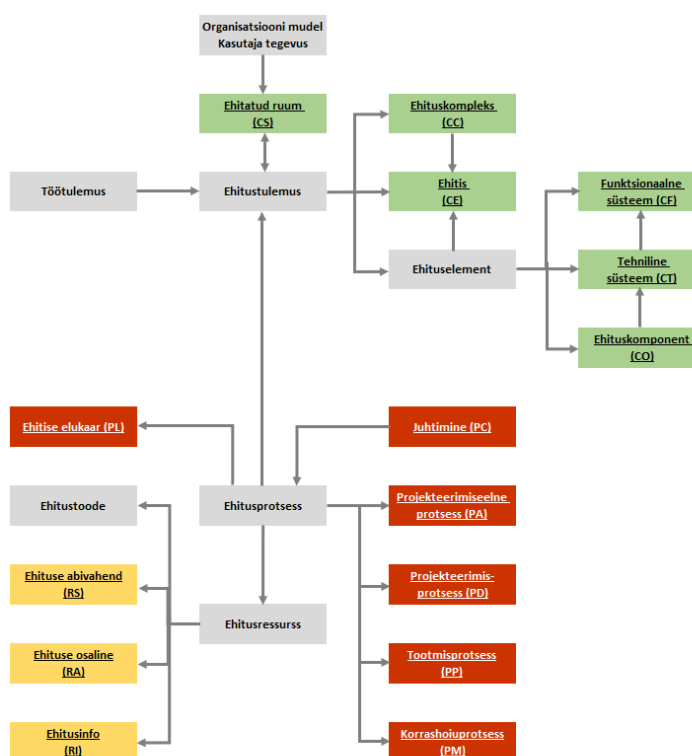
Peale tabeli Uniclassi osa valmimist oli alustatud tööd nende elementide andmete CCI-EE vastandite leidmisega. CCI tuumiku tabelid on leitavad siin <https://cci-collaboration.org/> ja CCI-EE tabelid (sealjuures inglise keelsete terminitega ja definitsioonidega) siit <https://ehituskeskus.ee/kasulikku/cci/>. CCI-EE viimane versioon magistritöö koostamise hetkel on 01.03.2022: CCI-EE-2022.03.0.1.

CCI-EE klassifikatsioonisüsteem koosneb erinevatest klassidest ning igaüks nendest on esitatud omaette töölehenä, töölehe nimetuseks on vastava klassi lühinimi. Klassifikatsioonisüsteemi üldist ülevaadet saab leida töölehel EE-Overview.

Klassifikatsioonisüsteem põhineb standardil EVS-EN ISO 12006-2. Üksikuid klasse saab eristada värvikoodi baasil (roheline, kollane ja punane) ning need viitavad erinevatele ehitise elukaart puudutavatele aspektidele ning protsessidele – ehitustulemustest kuni ressursside kasutatava protsessini.

Ehituselemendid on jagatud klassidesse: Funktsionaalne süsteem <CF>, Tehniline süsteem <CT>, Ehituskomponent <CO>. Klass „Ehitustode“ jaguneb kahe alamklassi vahel: „Ehituskomponent – CO“ ning „Ehitusinfo - <RI>“, seetõttu ei ole seda antud eraldiseisva klassina. Allpool toodud joonises saab näha ülevaadet CCI klassifitseerimissüsteemist. [42]

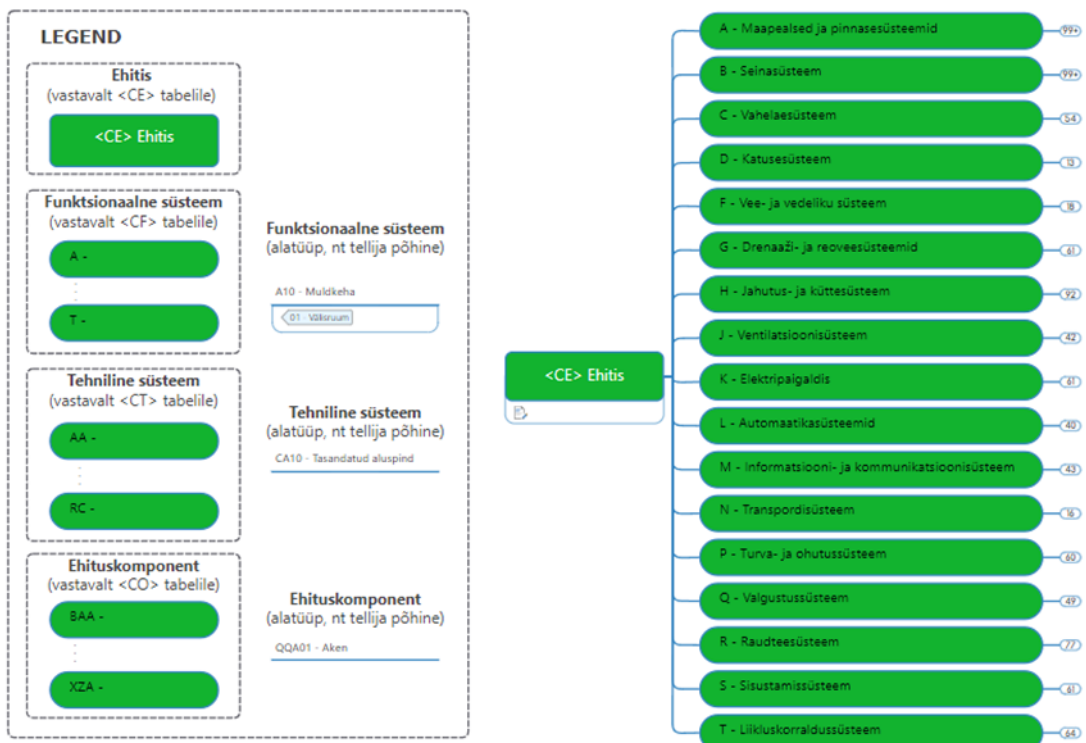
Klass	Kirjeldus	Version
CS	Ehitatud ruum	2022.03.0.1
CC	Ehituskompleks	2022.03.0.1
#REF!	Ehitis	2022.03.0.1
CF	Funktsionaalne süsteem	2022.03.0.1
CT	Tehniline süsteem	2022.03.0.1
CO	Ehituskomponent	2022.03.0.1
RS	Ehituse abivahend	2022.03.0.1
RA	Ehituse osaline	2022.03.0.1
RI	Ehitusinfo	2022.03.0.1
PC	Juhtimine	2022.03.0.1
PA	Projekteerimiseelne protsess	2022.03.0.1
PD	Projekteerimisprotsess	2022.03.0.1
PP	Tootmisprotsess	2022.03.0.1
PM	Korrashoiuprotsess	2022.03.0.1
PL	Ehitise elukaar	2022.03.0.1



EE-Sissejuhatus	EN-introduction	EE-Ülevaade	EN-Overview	CS	CC	CE	CF	CT	CO	RS	RA	RI	PC	PA	PD	PP	PM	PL	EN-Revisions
-----------------	-----------------	-------------	-------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--------------

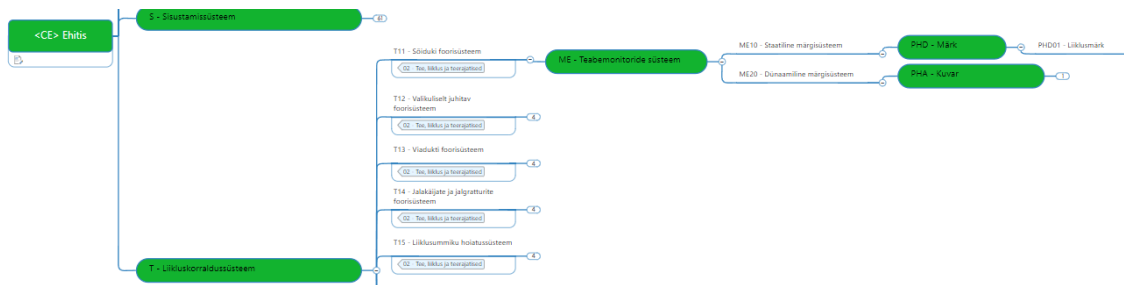
Joonis 3.12 Ülevaade CCI klassifitseerimissüsteemist, kus rohelised osad kuuluvad CCI tuumiku tabelitesse ning kollased/punased kuuluvad CCI-EE

On olemas esmane versioon omaduste ümbernimetamisest CCI-EE kontekstis, kust saab otsida omaduse grupi, projekti staatus ja komponendi tüübi alusel. Hetkeseisuga seal ei ole dubleeritud kogu CCI-EE tabelite infosisu, vaid esitatakse eelkõige CCI-EE omaduste koodid. Allpool oleval joonisel saab seda CCI-EE omaduste näidist näha. [43]



Joonis 3.13 CCI-EE omaduste näidis

Eeltoodud näidis leidis kasutuse esmasel omaduste otsimisel. Näiteks, kui oli vaja leida CCI-EE kontekstis liiklusemärgi vastandi, mis Uniclassis oleks „Products“ tabelis, seda oli tarvis otsida funktsionaalse süsteemi mõttes „T“ sektsioonis — liikluskorraldus süsteem. Seejärel peaks vastandi leidma tehnilises süsteemis, mis antud juhul oleks „ME“ sektsioonis kui teabe monitoride süsteem. Peale seda tuli valida ehituskomponent, mis „PHD“ sektsioonis kui PHD01 (tüübi tunnuse alusel) — liiklusemärk. Järgneval joonisel saab selle otsingu protsessiga tutvuda. [43]



Joonis 3.14 Omaduste vastandi otsimise näidis CCI-EE kontekstis

Antud näidis oli kasutatud ainult lihtsamate omaduste vastandite leidmiseks ning funktsionaalse süsteemi sektsioonide uurimisel esmase arusaamu tekkimiseks. Peamine vastandi leidmise töö oli tugevalt seotud õigete definitsioonide leidmisega CCI-EE tabeli kõige uuemas versioonis, millega autor iseseisvalt tegeles. [42] Järgmine näide baseerub sellel põhimõttel vastandi otsimisel CCI-EE-2022.03.0.1 versiooni tabelist. Võttes sama liiklusemärgi näite ning leiame selle eesti keelse definitsiooni järgi – graafiline kuvar, pinnal, muutumatuna. Saame teada, et ehituskomponendi mõttes see asub „PHD” sektsioonis ning samuti saab nimetada ka seda tüüpi, mis oleks 01. Definitsiooni järgi otsimisel saab teha kindlaks, et leitud on õige ehituskomponendid.

PH?	PGZ	Loendur	skalaarmäädik, mis näitab juhtumite arvu	Quantity meter	scalar display representing number of incidents		
		Graafiline kuvar	esitav objekt, pildid, sümbolid tekst või füüsilised omadused	Graphical display	presenting object in visible form by pictures, symbols, text or physical characteristics	kind of presentation means	esitusviisi tüüp
	PHA	Kuvar	graafiline kuvar, pinnal, muutuvana	Display	graphical display dynamically on its surface	blackboard, whiteboard	tahvel (kriidil), tahvel (viltpliiatsil)
	PHB	Projektor	graafiline kuvar, muul pinnal, muutuvana	Projector	graphical display dynamically on another surface		
	PHC	Printer	graafiline kuvar, trükitud meediumil	Printer	graphical display on a printed media		
	PHD	Märk	graafiline kuvar, pinnal, muudumatu	Sign	graphical display statically on its surface	traffic sign	liiklusmärk
	PHF	Märgistus	graafiline kuvar, teise objekti pinnal, muudumatu	Marking	graphical display statically on the surface of another object		
	PHF	Märketüüp	graafiline kuvar, oma füüsiliste omadustega	Marking post	graphical display statically by its physical characteristics	reference point	kindepunkt
	PH?	Akustiline seade	esitav objekt, kuulatav moel	Acoustic device	presenting object in audible form	kind of method	viisi tüüp
	PIA	Väljuhääldi	akustiline seade, membraani liikumise abil	Loudspeaker	acoustic device provided by the movement of a membrane		
	PIB	Fasun	akustiline seade, õhuvoolu abil	Horn	acoustic device provided by the stream of air		
	PIC	Kell	akustiline seade, objekti mehaanilise ergutamise abil	Bell	acoustic device provided by mechanical excitation of the object		
	PK?	Kombitav seade	esitav objekt, kombitaval moel	Tactile device	presenting object in tactile form	kind of method	viisi tüüp
	PKA	Vibraator	kombitav seade, väristamise abil, diskreetsetes olekutes	Vibrator	tactile device of discrete states by vibration		
	PKB	Braille kiri	kombitav seade, puusva teabega	Braille text sign	tactile device of static information	road grooves	sooned tees
	PKC	Vaba kõrguse tähtis	kombitav seade, ülal paiknevate takistuste mõttes	Free height warning	tactile device for suprajacent obstacles		
	PL?	Kaunistav objekt	esitav objekt, kaunistaval moel	Ornamental object	presenting object in an ornamental form	kind of method applied	rakendatava viisi tüüp
	PLA	Nurgaliist	kaunistav objekt kui eraldaja kahe ala vahel	Cornice	ornamental object as a separation between two areas		
	PLB	Kuju	kaunistav objekt kui millegi ruumile esitus	Figure	ornamental object as a spatial representation of something		
	PLC	Fris	kaunistav objekt kui esendavad figuurid ja/või iluelement seinal	Frieze	ornamental object as protruding figures and/or decorative elements on a wall	plaster, stucco	pillaster, väliskrohv
	PLD	Pilt	kaunistav objekt, midagi pinnal nähtavana esitav	Picture	ornamental object representing, illustrating or reproducing something visibly on a surface		
	PIF	Vain	kaunistav objekt teise objekti osalikele vahel kindel ahtl	Chimney	ornamental object by a factor covering part of another object		

Joonis 3.15 CCI-EE tabel „Ehituskomponent – CO”

Sama põhimõte oli kasutatud nii ehituskomponendi, kui ka funktsionaalse ja tehnilise süsteemide vastandi otsimisel. Allpool toodud joonisel on väljavõtte Uniclassi koodide CCI-EE vastandite leidmise tabelist, kus on näidatud seda CCI-EE pool. Funktsionaalne süsteem tähistatakse ühe tähega, tehniline süsteem – kahega ja ehituskomponent – kolme tähega. Tüüp (ingl type) on antud, lähtudes komponenti spetsiifilistest omadustest, mida saab eristada. Kui RBR andmete järgi toote kirjelduses olev informatsioon erineb, kuigi selle kood on sama, siis selle antakse vastav tüüp. Näiteks, „One-sided Crash barrier, performance class N2W4” ja “One-sided Crash barrier, performance class H1W4” tulevad ühe Uniclassi, kui ka CCI-EE koodiga, kuigi need erinevad üksteisest tuleb kasutusklassid tähistada, mis saabki tehtud tüüpide kasutamisega. RBR ka kasutab selleks otstarbeks tüüpe, mis koostatud tabelist on leitavad kui *RBR-Type_number*.

CCI						
Functional system	Technical system	Component	Definitsioon	Type	Numbe	Nimetus
K	JK	EAA	valgusobjekt, elektri abil	"01"		1 Lamp
P	FQ	FQC	takistav kaitsev objekt, kukkumise eest	"01"		2 Kaitsevarras
P	FQ	FQC	takistav kaitsev objekt, kukkumise eest	"02"		3 Kaitsevarras
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"01"		4 Kaitseereeling
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"02"		5 Kaitseereeling
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"03"		6 Kaitseereeling
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"04"		7 Kaitseereeling
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"05"		8 Kaitseereeling
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"06"		9 Kaitseereeling
P	FQ	FQD	takistav kaitsev objekt, välja kukkumise või kokkupõrke eest	"07"		10 Kaitseereeling
A	BC	NAB	täitev objekt valguse ja tahkete objektide sissepääsu takistav	"01"		11 Paneel
P	KL	NAB	täitev objekt valguse ja tahkete objektide sissepääsu takistav	"02"		12 Paneel
A	CB	NCA	viimistlev objekt, katendil	"01"		13 Sillutis
A	CB	NCA	viimistlev objekt, katendil	"02"		14 Sillutis
A	CB	NDA	lõpetav objekt, mis eristab katendi või kasuala serva	"01"		15 Kõnnitee serv
A	CB	NDA	lõpetav objekt, mis eristab katendi või kasuala serva	"02"		16 Kõnnitee serv
A	CB	NDA	lõpetav objekt, mis eristab katendi või kasuala serva	"03"		17 Kõnnitee serv
T	ME	PHD	graafiline kuvar, pinnal, muutumatuna	"01"		18 Liiklusmärk
T	ME	PHD	graafiline kuvar, pinnal, muutumatuna	"02"		19 Liiklusmärk
T	ME	PHD	graafiline kuvar, pinnal, muutumatuna	"03"		20 Liiklusmärk
T	ME	PHD	graafiline kuvar, pinnal, muutumatuna	"05"		21 Liiklusmärk
T	ME	PHD	graafiline kuvar, pinnal, muutumatuna	"04"		22 Liiklusmärk
K	KG	RLB	liikumist piirav objekt, objekti liikumiste rahustamise ja summutamise abil	"01"		23 Kummipuhver
A	KC	RQA	kohalikku kliimat stabiliseeriv objekt, soojuste või heli ülekande piiramise abil	"01"		24 Tellisvooder
P	KL	RUA	ligipääsu piirav objekt, püstulatusega rõhtsuunas pikendatud piirde abil	"01"		25 Tara
A	RA	UAF	paigutatav objekt, taime mõttes	"01"		26 Vai
A	RA	UAF	paigutatav objekt, taime mõttes	"02"		27 Vai
A	RA	UAF	paigutatav objekt, taime mõttes	"03"		28 Vai
K	JK	UBD	kandev objekt, diskreetse kohas, püstselts lükates	"01"		29 Tugimast
K	JK	UBD	kandev objekt, diskreetse kohas, püstselts lükates	"02"		30 Tugimast
K	JK	UCA	ümbritsev (sulgev) objekt, seadmete mõttes	"01"		31 Seadmekapp
A	CB	ULA	ehituslik toetav objekt, täitematerjali kihil kujul	"01"		32 Aluskiht
A	CB	ULA	ehituslik toetav objekt, täitematerjali kihil kujul	"02"		33 Aluskiht
A	CB	ULA	ehituslik toetav objekt, täitematerjali kihil kujul	"04"		34 Aluskiht
A	CB	ULA	ehituslik toetav objekt, täitematerjali kihil kujul	"03"		35 Aluskiht
A	CB	ULA	ehituslik toetav objekt, täitematerjali kihil kujul	"05"		36 Aluskiht
A	BH	ULC	ehituslik toetav objekt, survejõude ümbritsevale keskkonnale üle kandev, kõv	"01"		37 Vai
A	BH	ULE	ehituslik toetav objekt, paindemomente taluv, sirgel lineaarsel kujul	"01"		38 Tala
A	BH	ULF	ehituslik toetav objekt, tõmbejõude taluv, sirgel lineaarsel kujul	"01"		39 Tõmbediagonaal
A	CG	ULG	ehituslik toetav objekt, ploki kujul	"01"		40 Kivi
A	BC	ULG	ehituslik toetav objekt, ploki kujul	"02"		41 Plokk
A	BC	ULG	ehituslik toetav objekt, ploki kujul	"03"		42 Plokk
A	BC	ULG	ehituslik toetav objekt, ploki kujul	"04"		43 Plokk

Joonis 3.16 Väljavõte Exceli tabelist, kus on välja toodud CCI omaduste sisuline info

Terve koostatud tabelit saab leida kui Lisa 1. Eelkõige saab rääkida Uniclassi ja CCI klassifitseerimissüsteemide erinevatest lähenemistest. Saab tuua näitena asjaolu, et kui Uniclassi tabelis üritatakse näiteks kaitseereelingut või toru üles leida, siis see annab väga palju võimalusi ja nimetusi selleks. Valik on seega väga spetsiifiliste variantide vahel, mida ei pruugi üldse algusest teada — näiteks, mis materjalist on antud kaitseereeling. Siis näide torudest, mis asuvad allpool toodud joonisel. [44]

Pr Products - 25 April 2022 - v1.26

Code	Group	Sub group	Section	Object	Title
Pr_20_29_14_16	20	29	14	16	Colour pipe clips
Pr_20_29_14_24	20	29	14	24	Drainage pipe clips
Pr_20_29_14_65	20	29	14	65	Pipe clips
Pr_20_85_09_01	20	85	09	01	Above-ground drainage pipe brackets
Pr_20_85_09_05	20	85	09	05	Aluminium downpipe brackets
Pr_20_85_09_18	20	85	09	18	Cast iron downpipe brackets
Pr_20_85_09_21	20	85	09	21	Copper downpipe brackets
Pr_20_85_09_24	20	85	09	24	Downpipe brackets
Pr_20_85_09_31	20	85	09	31	Galvanized steel downpipe brackets
Pr_20_85_09_38	20	85	09	38	Hot-dip pre-coated carbon steel downpipe brackets
Pr_20_85_09_92	20	85	09	92	Unplasticized polyvinyl chloride (PVC-U) downpipe brackets
Pr_20_85_34_34	20	85	34	34	Grouted pipe spiles
Pr_30_59_72_21	30	59	72	21	Daylight pipes
Pr_30_59_72_25	30	59	72	25	Double glazed light pipe diffusers
Pr_30_59_72_94	30	59	72	94	Ventilating light pipe diffusers
Pr_35_90_31_70	35	90	31	70	Radiator pipe floor covers
Pr_40_10_57_78	40	10	57	78	Self-adhesive colour pipe bands
Pr_40_20_93_80	40	20	93	80	Urinal flush pipes
Pr_40_20_93_90	40	20	93	90	WC cistern flush pipes
Pr_40_30_80_78	40	30	80	78	Skate pipes
Pr_60_45_74_30	60	45	74	30	Fixed scum pipes
Pr_60_45_74_72	60	45	74	72	Rotating scum pipes
Pr_60_45_90_85	60	45	90	85	Static pipe mixers
Pr_60_50_96_62	60	50	96	62	Piped attenuation structures
Pr_60_60_08_84	60	60	08	84	Submerged pipe heat exchangers
Pr_60_60_36_36	60	60	36	36	Heat pipes
Pr_65_50_35_70	65	50	35	70	Rainwater pipe diverter units
Pr_65_52	65	52			Pipe, tube and fitting products
Pr_65_52_03	65	52	03		Above-ground drainage pipes and fittings
Pr_65_52_03_02	65	52	03	02	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) above-ground wastewater pipes and fittings
Pr_65_52_03_04	65	52	03	04	Aluminium rainwater pipes and fittings
Pr_65_52_03_08	65	52	03	08	Borosilicate glass above-ground wastewater pipes and fittings

Joonis 3.17 Väljavõte Uniclassi „Products“ tabelist, filter on „pipe“ (viide)

Erinevad torud on juba süsteemidesse jagatud. Kui me vaatame standardid, siis sama toru sama omadustega ja parameetritega võib kasutatada väga erinevates süsteemides. Sellest tuleneb küsimus, et milleks on vaja eraldi klassi koodi, kui muutujaks on omadus. Uniclass läheneb materjali ja/või rakenduse põhiselt. See teeb Uniclassi kasutamise kohmakaks ning CCI klassifitseerimissüsteemi eesmärk on muuta seda asjaolu lihtsamaks. Lihtsam on alustada üldisemast ja seejärel seda täpsustada, isegi ajas muutumise korral, kuna paljud teised klassi koodid jäävad samaks — näiteks, täidavad sama funktsiooni. Sellest läheneb CCI kasutamise loogika, et konkreetse komponenti kuuluvus (kontekst) ja omadused täpsustavad seda komponenti. Kõik muu informatsiooni komponendi kohta saab väljendada läbi omaduste, näiteks selle materjal, alamtüüp, materjali omadused. [45]

4. ETTEPANEKUD TÖÖPROTSESSIDE MUUTMISEKS

Kuigi CCI klassifitseerimissüsteem on suhteliselt noor ja selle arendamist oli alustatud ainult paar aastat tagasi, siis hetkeseisuga selle kasutuselevõtmisega alustavad Põhjamaad, Läti ja Leedu, samuti ka Kesk-Euroopa riigid nagu Poola ja Tšehhi. Klassifitseerimissüsteem peab olema aktuaalne ja arvestama kasutajate nõustamisega, eriti selle kasutamise alguses. Süsteemi kasutusele üleminekut saab eristada kahes etapis:

- Käivitamine ehk üleminekuperiood, mis kestab umbes 2-5 aastat;
- "Tavapärase" kasutus peale mööduvat 5+ aastat.

Algne CCI-EE ettepanek ei pruugi olla täielikult „töökorras“, siinjuures ka esmased kasutajad vajavad üleminekuperioodil suuremal määral nõustamist. CCI-EE uuendamist koordineerib Ehituskeskus, kelle kanda on ka juhendite ning koolituste korraldamine aga ka huvigruppide kaasamine, kes soovivad CCI-EE arenduses sõna sekka öelda.

Uue klassifitseerimissüsteemi kasutuselevõtuga kerkib esile vajadus oluliste muudatuste tegemiseks Eesti ehitussektori administreerimisel, samas on oluline pidev rahvusvaheline koostöö. Sellise koostööga tulevad kaasa kulud — aeg ja raha. Sellest arusaam on tähtis, muidu vastasel juhul see viib olukorrani, kus CCI-EE hakkab eralduma CCI tuumik lahendustest ning sellega kaob esialgne rahvusvaheline aspekt.

Seega soovides võtta CCI klassifitseerimissüsteemi kasutusele, peab meeles pidama, et tekib vastuolu Eestis kasutatud klassifikaatorite edasise kasutamisega ning nendelt CCI-EE peale üleminekuga. [19]

Kui hinnata võimalusi, mis CCI-EE klassifitseerimissüsteemi kasutamine meile pakub, siis võib jõuda järgmiste järeldusteni. Esiteks, CCI-EE elementide klassifitseerimine toimub komponentide definitsioonide põhised, seega ei pea valima väga spetsiifiliste nimetuste seast ja võib minna üle üldisemale, aga õigema definitsiooni juurde. Kuna algusest peale ehitusprojektis ei pruugi kõik spetsiifiline informatsioon olla teada, siis selline lähenemine aitab klassifitseerimise protsessi lihtsamaks muuta. Alati saab kõik muu oluline informatsioon komponendi kohta täpsustada läbi omaduste.

Teiseks, hetkel klassifitseerimine on käsitsi tehtav ja seega ajamahukas protsess. Kuigi üritatakse välja töötada lahendusi, mis aitavad kaasa selle protsessi kiiremaks muutmiseks, tuleb meeles pidada, et CCI areneb koos selle kasutamise ning

piloteerimisega ning sealhulgas luuakse ka uusi juhendeid, mis aitavad uut lähenemist paremini rakendada.

Kolmandaks, CCI-EE pakub võimalust lahendada probleemi seoses erinevate klassifitseerimissüsteemide kasutamisega. Kuna iga kindel klassifitseerimissüsteem on orienteeritud just selle riigi või piirkonna ulatuses kasutamiseks, kus see oli loodud, ja vastab just selle piirkonna vajadustele ning teatud regionaalsele eripärale. CCI-EE annab konkreetse vastuse, millist klassifitseerimissüsteemi saab võtta kasutusele meie regioonis ja vastavalt seda arendada nii meie, kui ka rahvusvaheliste vajaduste mõttes.

Neljandaks, praktikas ilmus selline asjaolu, et kuigi klassifitseerimissüsteemidel on palju erinevaid kasutusjuhtumeid ja võimalusi, siis hetkel neid täismääral ei rakendata ehk seda just klassifikaatori alusel ei tehta. Kui klassifitseerimissüsteemi saab näiteks eelarvestamise juures kasutada ja seda protsessi parandada, siis seda veel BIMi pealt ei saa. Mahtude väljavõttete (QTO) näitena RBR-i puhul kasutatakse mahutabeliks *RBR-Type_number* parameetrit ning Transpordiameti omades makseartiklit selle jaoks. Loodetavasti, CCI-EE edasine arenemine aitab seda olukorda parandada ning tutvustada ehitussektorile uusi võimalusi, et muuta sektori tööd üheselt mõistetavamaks ning efektiivsemaks.

KOKKUVÕTE

BIM ehk ehitusinformatsiooni modelleerimine on saanud üheks peamiseks suunaks, et muuta kogu ehitussektorit efektiivsemaks. Paljud riigid juba nõuavad BIM-i põhiste tööprotsesside kasutamist. BIM-i kasutuselevõtt tõi vajaduse selliste klassifitseerimissüsteemide järele, mis just ehitusinfo mudelitega paremini haakuvad.

Klassifitseerimise abil on võimalik mõista ja tuvastada objektitüüpe ja nendega seotud omadusi ja seda üle ehitise elukaare ehk kavandamisest kuni ehitise korrashoiuni (aga ka selle lammutamiseni ning taaskasutamise aspekte kaasates). Klassifikatsioonisüsteemid on ajalooliselt arenenud riikide põhiselt ning ühes riigis võib kasutusel olla ka mitu erinevat klassifitseerimissüsteemi. Ehitussektoris tegutsejad teavad, et üha sagedamini jõuavad BIM nõuded nii projekteerimise- kui ehitushangetesse. Näiteks, Eesti kontekstis on peatselt välja tulemas ühised BIM nõuded (varasema nimetusega avaliku sektori tellijate BIM nõuded ehk AST nõuded), mis ühtlustavad arusaamasid, kuidas infomudeleid luuakse ja seda nii hoonete kui infravaldkonna kontekstis. Lisaks püüavad need asendada ka Transpordiameti eraldiseisvaid BIM nõudeid, mis teeb lõppkasutaja jaoks infosisu loomise ühetaolisemaks.

BIM-i aktiivse rakendamisega on kasvanud ka vajadus klassifitseerimissüsteemide integreerimiseks. Klassifitseerimisel on selliseid kasutusvõimalusi, nagu informatsiooni väljavõtted, indekseerimine, ehitaja vaatest aga näiteks eelarvestamise kasutusjuht ning tellija vaatest näiteks varade haldamine/korrashoid. BIM nõuded ning puudulik või olematu klassifitseerimissüsteemi rakendamine on suuresti defineerinud mõtteviisi, kuidas me täna projekteerime, ehitame ja mis veelgi olulisem, kuidas tellija vaatevinklist informatsiooni olemasolu nõuame. Ehk kokkuvõtvalt, loodud informatsioon ei ole üheselt mõistetav ning pole ka integreeritav teiste IT-süsteemidega.

Rail Balticu arendamine on andnud paljude Eesti ettevõtete jaoks võimaluse teha tutvust Uniclass 2015 nimelise klassifitseerimissüsteemiga. Paljude Eesti ettevõtete jaoks on olnud just see esmane kokkupuude klassifitseerimissüsteemi mõiste ning rakendamise vajalikkusega. Antud lõputöö raames võrreldakse aga Uniclass rakendust CCI-ga, millest viimane on väga värske klassifitseerimissüsteem, milles kaasatud ka Eesti eripärasid (sellisel juhul nimetatud kui CCI-EE). Lisaks kohalikele eripäradele, erinevad klassifitseerimissüsteemid ka oma erineva kasutusloogika järgi. Uniclass läheneb materjali ja/või rakenduse põhiselt, mis teeb Uniclassi kasutamise

keerukamaks. CCI (CCI-EE) klassifitseerimissüsteemi eesmärk on muuta seda asjaolu lihtsamaks, kuna see võimaldab alustada üldisemast asjadest ja alles pärast neid täpsustada. Sellest lähtuvalt erineb ka CCI kasutamise loogika, et konkreetse komponendi kuuluvus (kontekst) ja omadused täpsustavad seda komponenti läbi erinevate projekti staadiumite. CCI-EE pakub võimalust asendada erinevad klassifitseerimissüsteemid ühe, n-ö universaalse, ehitise elukaart haarava klassifitseerimissüsteemiga. Tasub rõhutada, et klassifitseerimine on täna veel väga algusjärgus, paljuski käsitsi tehtav, liiga üldine, projektist projekti erinev ning raskesti ühildatav teiste IT süsteemidega, kuna puudub ühetaoline nimetamise (klassifitseerimise) loogika. Seetõttu on antud töös vaadeldud hetkel kasutusel olevaid (Uniclass) või piloteerimises kasutatavaid (CCI) klassifitseerimissüsteeme, et selgitada nende vajalikkust erinevate kasutusjuhtude kontekstis. Kui antud töös on ennekõike keskendunud Uniclass ning CCI põhiolemuste võrdlusele, siis võib loota, et lähiajal leiab asjast huvitatud ka uusi, CCI-ga seotud vaatenurki/piloteerimisi/abimaterjale, mistõttu tasub aeg-ajalt tutvuda Ehituskeskus veebilehel oleva ning ajas muutuva/täieneva infoga.

SUMMARY

BIM (building information modeling) is one of the most important fields that helps to improve a building sector across the globe. Many countries require to use BIM in a construction lifecycle processes. BIM implementation has brought a need for a classification system that can be applied to construction models.

The use of a classification system allows us to define object type and properties which are linked with each-other. Classification systems were developed differently in each country, whereas many of them can be used in one country in different project stages. People working in a construction field acknowledge that BIM requirements are getting more attention in design and construction procurements. In context of Estonia, Ministry of Economic Affairs and Communications has published BIM requirements guide for the public sector contractors (AST) and their own requirements for transport administration (Transpordiamet) and it applies on infrastructure as well as buldings. The world of digital engineering is developing so rapidly that Estonian Transport Administration has chosen not to release a concrete BIM guide as a result.

With active implementation of BIM there is a growing need of classification systems integration. The classification has brought many advantages with its usage such as delivery of assets, information extractions, indexation, objects linking and assets managing. BIM requirements and imperfect implementation of the classification system have defined ways we design, build and request building information through the project lifecycle.

Development of Rail Baltic has brought Uniclass 2015 classification system to the Baltic states. In this thesis the Uniclass is compared with the freshly developed construction classification system called CCI which has an Estonian extension called CCI-EE through a sample infra project. As Uniclass clasification system is based on a material, it makes its implementation more complicated. CCI aim is to solve this problem since it allows to start a classification from a basic information and specify the information at later stages. Logic of the CCI classification system usage is simple — clarify concrete component affiliation (context) and extend it through the properties. CCI-EE offers solution for problems that are caused by usage of different classification systems in Estonia.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] McGraw-Hill Construction, The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology, SmartMarket Reports, McGraw-Hill Construction, United States of America, 2012.
- [2] Alex Bradley, Haijiang Li, Robert Lark, Simon Dunn. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective.
- [3] R. Howard, B.-C. Björk, Building information modelling – Experts' views on standardisation and industry deployment, Adv. Eng. Inform. 22 (2) (2008) 271–280, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2007.03.001> (ISSN: 14740346)
- [4] ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries
- [5] H. Moon, N. Dawood, L. Kang, Development of workspace conflict visualization system using 4D object of work schedule, Adv. Eng. Inform. 28 (1) (2014) 50–65, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2013.12.001> (ISSN: 14740346 (ISSN)).
- [6] D. Han, Construction monitoring of civil structures using high resolution remote sensing images, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM 2013, Vol. 2, Albena, ISBN: 9789549181890 2013, pp. 595–600, <http://dx.doi.org/10.5593/SGEM2013/BB2.V2/S10.007> (ISBN: 13142704 (ISSN)).
- [7] Ekholm A. (2011). Referencesystematik og Dansk Byggeklassifikation - analyse og anbefalinger incl. Höringsrapport. Erhvervs- og byggestyrelsen, København.
- [8] Bunge M. (1977). Ontology I: The Furniture of the World, Vol. 3 of Treatise on Basic Philosophy. Reidel.
- [9] Hunter J. E. (1988). Classification made simple. Aldershot, Gower.
- [10] Ekholm, A., & Häggström, L. (2011). BUILDING CLASSIFICATION FOR BIM – RECONSIDERING THE FRAMEWORK.
- [11] EVS-EN ISO 12006-2:2020 <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-12006-2-2020>
- [12] Phil Jackson. Nordic Study of Classification Systems for Infrastructure & Transportation
- [13] Teeleht nr 102

- [14] BIMsummit Estonia 2021 veebikonverents
- [15] Avaliku sektori tellijate (AST) ühiste BIM nõuete juhend
- [16] BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. Alex Bradley, Haijiang Li, Robert Lark, Simon Dunn
- [17] EKEL 2019 aastaraamat
- [18] Ehituse ühtse klassifikatsioonisüsteemi loomine. Vahearuanne – 01. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (MKM)
- [19] Ehituse ühtse klassifikatsioonisüsteemi loomine. Lõpparuanne
- [20] Ernst & Young Baltic AS. "Rail Baltica tasuvusanalüüsi kokkuvõte" (PDF).
- [21] RB Rail AS
- [22] BIM Seminar 2021. Hendrik Park
- [23] Võrgurajatiste BIM-mudelite kontrolli tarkvaralahenduseeelanalüüs Rail Balticu tugitaristu loamenetlusteks. AS Datel ja Callista Software OÜ
- [24] RB BIM mudeli kohustuslikud väljad <https://www.railbaltica.org/rb-rail-as-bimdocumentation/> Template kaustas on fail „RBDG-TPL-019-0102_BIM_Objects_Attributes_Matrix.xlsx“.
- [25] EVS-EN 81346-1:2009 <https://www.evs.ee/et/evs-en-81346-1-2009>
- [26] EVS 885:2005/AC:2010 <https://www.evs.ee/et/evs-885-2005-ac-2010>
- [27] Teetööde tehnilised kirjeldused. Maanteeamet, 2019
- [28] Developing a national standard/code of practice for the classification of construction information in South Africa. Thinus Maritza, Carl Kloppera, Thys Sigle
- [29] Nordic Study of Classification Systems for Infrastructure & Transportation. Phil Jackson
- [30] CCI ja ehituse klassifitseerimise veebiseminar 15.04.2021
- [31] S. Al-Mashta, S. Alkass, Integrated cost budgeting and estimating model for building projects, 54th Annual Meeting of the American Association of Cost Engineers International 2010, Vol. 1, Atlanta, GA, ISBN: 9781617388033 2010, pp. 22–36 (ISBN: 15287106 (ISSN)).
- [32] ISO 22263:2008 Organization of information about construction works
- [33] Josef Žák (2018), Information Requirements and Data Standards (CoP, EIR). TalTech seminar, 31.10.2018

- [34] Maaamet. Kaardirakendused. <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>
- [35] Skepast & Puhkim OÜ
- [36] IDOM (ettevõtte)
- [37] Rail Baltic. Building Information Management (BIM) Employer's Information Requirements. Templates in open access RBDG-TPL-018-0101_QTOTemplate and RBDG-TPL-017-0101_QEXTemplate
- [38] Avaliku sektori tellijate (AST) ühiste BIM nõuete juhend. Lisa 2 Infra andmesisu nõuded (xlsx)
- [39] RBR Academy, speaker Urmas Alber as a BIM and AIM Coordinator at RB Rail AS
- [40] Baltic Esri User Conference (April 21–23, 2021). GIS Development at Rail Baltica: What Solutions are in Place and What Lies Ahead. Vaidas Ulenskas, Urmas Alber (RB Rail Lithuania – Latvia – Estonia)
- [41] Vestlus Urmas Alberiga (RBR-ist AIM tiimi juht) ja Hurmet Heinmaaga (RBE VDE koordinaator) Uniclassi RBE projektides kohta
- [42] CCI-EE-2022.03.0.1 <https://ehituskeskus.ee/cci/cci-ja-excel-tabelid/>
- [43] CCI-EE omaduste näidised <https://flowbim.ee/cci-ee/cci-examples.html>
- [44] Uniclass 2015. Pr Products, v1.26
- [45] CCI ja ehituse klassifitseerimise seminar 15.04.2021. Klassifitseerimise loogika ja koodi kujundamine

