

**MUDELPROJEKTEERIMINE MÄRJAMAA
REOVEEPUHASTI REKONSTRUEERIMISE
PROJEKTI NÄITEL**

**MODEL DESIGNING ON THE EXAMPLE OF THE RECONSTRUCTION
PROJECT OF SEWAGE TREATMENT PLANT IN MÄRJAMAA**

NTS60LT

Magistritöö
materjalide taaskasutuse erialal

Üliõpilane: **Raimo Lust**

Juhendajad: **Ants Soon**
Kristo Kärmas

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.
Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite
tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt
pärinevad andmed on viidatud.

..... (töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood: 110536 EAKI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: (allkiri)

Abstract

Lust, R. Model designing on the example of the reconstruction project of sewage treatment plant in Märjamaa. The thesis consists of 54 pages of text, 39 figures, 10 tables, 104 references and 7 appendixes. The paper has been written in Estonian. The master's thesis was composed in Tartu 2016.

The main aim of this Master's thesis is model designing the reconstruction project of the sewage treatment plant in Märjamaa from existing drawings and analyzing the perspective of using model designing in creating the projects of technological buildings.

The thesis intends to accomplish the following:

- Describing the existing sewage treatment plant and the reasons for reconstructing it.
- Describing the planned reconstruction process.
- Modeling the reconstruction project of the Märjamaa sewage treatment plant with its MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) parts based on the existing 2D drawings.
- Compiling the automatic material takeoffs from structural and technological submodels.
- Visualizing the model.
- Compiling the analysis of lightning calculation and energy.

To do that all, Autodesk Revit 2016 was used to create the model of the sewage treatment plant and its outbuildings.

As a result of this thesis, 28 new families necessary for creating the specific model that were not included in the initial Revit library were created. During the course of this study, opportunities to use the Revit 2016 software for modeling a technological building in detail were tested and the existing software tools that need further development were found.

The current thesis has two main applications. First, the model created for this thesis can be used for presenting the sewage treatment plant and its technology to all who are interested. Second, the library of Revit families that was complemented can be used for modeling similar technological buildings in the future.

Keywords: model design, BIM, sewage treatment plant, Revit, construction project.

Sisukord

Abstract.....	2
Jooniste loetelu	5
Tabelite loetelu	7
Mõisted, tähised ja lühendid.....	8
Sissejuhatus	9
1 Metoodika ja tegevuste kirjeldus.....	11
2 Kirjanduse ülevaade	12
2.1 Building Information Management (BIM).....	12
2.2 Arvutiprogramm Revit ajalugu.....	14
2.3 Mudelprojekteerimine	15
2.3.1 3D-visualiseerimine.....	15
2.3.2 Hoonesimulatsioonid.....	16
2.3.3 Projekteerimise kvaliteedi ja tootlikkuse tõus.....	16
2.3.4 Ehitustegevuse tootlikkuse tõus	17
2.4 BIM-i toetav tarkvara	18
2.5 Mudelprojekteerimine Eestis.....	19
3 Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimisprojekti kirjeldus	21
3.1 Olemasoleva reoveepuhasti kirjeldus	21
3.2 Projektis kavandatud rekonstrueerimis- ja juurdeehitustööde kirjeldus.....	23
4 Märjamaa reoveepuhasti 3D mudeli koostamine	26
4.1 Mudeli koostamise lähteandmed	26
4.2 Mudeli ülesehitus.....	27
4.3 Mudelprojekteerimise käik.....	28
4.4 Tehnoloogilise osamudeli perekonnad	30
4.5 Mudeli koostamisel ilmnunud probleemid	31
4.5.1 Keeruliste sõlmede modelleerimisel esinenud takistused	31
4.6 Leitud vastuolud 2D projektjooniste vahel.....	38
4.7 Mudeli põhjal genereeritavad automaatsed materjalide mahutabelid	40
4.8 Loodud mudeli visualiseerimine	41
5 Mudeli põhjal teostatud arvutused.....	43
5.1 Valgustusarvutus	43
5.2 Soojuskoormuse analüüs	44

6 Tulemused	48
Kokkuvõte	49
Kirjanduse loetelu.....	50
Lisad	55
Lisa 1 Olemasoleva reoveepuhasti plaan ja tehnoloogiline skeem	56
Lisa 2 Projekteeritud reoveepuhasti plaan ja tehnoloogiline skeem.....	58
Lisa 3 3D mudel	60
Lisa 4 Automaatsed mahutabelid	61
Lisa 5 Visualiseerimispildid	68
Lisa 6 „Jalutuskäigu“ video	75
Lisa 7 Enamlevinud BIM toetavad tarkvarad.....	76

Jooniste loetelu

Joonis 1. BIM tsükkel [35].	13
Joonis 2. Projekti osapoolte vahelise suhtluse võrdlus klassikalise- ja BIM projekteerimise puhul [36].	13
Joonis 3. Ajakulu võrdlus projekteerimise etappide lõikes 2D- ja BIM projekteerimise korral [63].	17
Joonis 4. BIM rakendamine [67].	19
Joonis 5. Olemasolev tehnohoone lõunaküljelt [90].	21
Joonis 6. Haagise PT 950 D 3D mudel.	30
Joonis 7. VS-1 [96].	31
Joonis 8. SBR mahuti seina ja siibrikambri seina liitumine.	32
Joonis 9. SBR mahuti seina ja siibrikambri seina liitumine eraldi seinakihtidena.	33
Joonis 10. Rekonstrueeritud MRP 1000 mahuti konstruktsioon.	34
Joonis 11. Seinte liitumine reoveesette tahendamise ruumis.	35
Joonis 12. Seina sõlm vaadelduna reoveesette tahendamise ruumist.	35
Joonis 13. Uue tehnohoone vundamendi betoonosa.	36
Joonis 14. Uue tehnohoone vundamendi soojustus koos killustiku alusega.	36
Joonis 15. Tehnohoone konstruktiivne osamudel.	37
Joonis 16. Kaabliredeli ristumised.	38
Joonis 17. Kaabliredeli ja laotud postide ning betoontala ristumine.	39
Joonis 18. Kaabliredeli lõplik lahendus Reoveesette tahendamise ruumis.	39
Joonis 19. SBR mahutite pealne ruum koos käiguteedega.	41
Joonis 20. Reoveesette tahendamise ruum.	42
Joonis 21. Uue puhuriruumi valgustus visualiseerimise tulemusena.	44
Joonis 22. Aasta temperatuur ja tuule jaotis [100].	45
Joonis 23. Alternatiivide võrdlus ja aastane energiatarve [100].	46
Joonis 24. Kütuse ja elektrienergia kuluartiklid [100].	46
Joonis 25. Kütte- ja jahtuskuluartiklid aasta lõikes [100].	47
Joonis 26. Elektrienergia ja kütuse kulu aasta lõikes [100].	47
Joonis 27. 3D vaade reoveepuhastile lõunaküljelt.	68
Joonis 28. 3D vaade reoveepuhastile põhjaküljelt.	68
Joonis 29. Reovee mehhaanilise ruumi 3D sisevaade.	69
Joonis 30. Kemikaali ruumi 3D sisevaade.	69

Joonis 31. Reoveesette tahendamise ruumi 3D sisevaade.....	70
Joonis 32. Uue puhuriruumi 3D sisevaade.	70
Joonis 33. SBR mahuti pealse ruumi 3D sisevaade.....	71
Joonis 34. SBR mahuti 3D sisevaade.	71
Joonis 35. Garaaži ja laoruumi 3D sisevaade.	72
Joonis 36. Laboriruumi 3D sisevaade.	72
Joonis 37. Puhkeruumi 3D sisevaade, lisavalgustusega.	73
Joonis 38. Olemasoleva puhuriruumi 3D sisevaade.....	73
Joonis 39. Kilbiruumi 3D sisevaade.	74

Tabelite loetelu

Tabel 1. Erinevate projekteerimistarkvarade hinnad.....	18
Tabel 2. Uue tehnohoone seinade materjali kogus.....	40
Tabel 3. Uue tehnohoone valgustatus.....	43
Tabel 4. Reoveepuhasti seinamaterjal.....	61
Tabel 5. Reoveepuhasti paneelid ja talad.....	62
Tabel 6. Reoveepuhasti lammutus.....	63
Tabel 7. Reoveepuhasti avatäited.....	64
Tabel 8. Kompostimisvarjualuse ehitusmaterjal.....	64
Tabel 9. Tehnoloogilise osamudeli torustikud.....	65
Tabel 10. Tehnoloogilise osamudeli toruühendused.....	66

Mõisted, tähised ja lühendid

1. 3D mudel - modelleeritavate objektide 3-mõõtmeline ehk ruumiline (staatiline või dünaamiline) graafiline kujutamine [1].
2. Add-inn – pistikprogramm, mille abiga on võimalik lisada põhiprogrammile funktsionaalust [2], [3].
3. BIM - *Building Information Management*, eesti keelde tõlgituna ehitusinformatsiooni modelleerimine [4].
4. IFC failiformaat - universaalne BuildingSMART poolt hallatud 3D mudelite failiformaat jagamiseks infot erinevate tarkvarade vahel [5].
5. Koondmudel – mudel, mis on saadud mitme osamudeli ühendamisel.
6. Osamudel - mudeli osa, mis moodustatakse teatud kindlatel eesmärkidel (tegevusala vms seisukoha ülesannetest või vajadustest lähtuvalt) [1], [6].
7. Perekond (*Family*) - mudeli koostamise element ehk osa, mis sisaldab lisaks geomeetrialet ka täpset infot tema kohta (näiteks aken, uks, lamp jne) [7], [8].
8. Perekonna veebikataloog – internetilehekülg, kus saab alla laadida perekondi.
9. Purgimine - tekkekohast ära veetud aine tühjendamine kanalisatsioonisüsteemi [9], [10].
10. Renderamine – arvuti vahendusel tõesel pildi või video loomine [11], [12].
11. RKAS - AS Riigi Kinnisvara [13].

Sissejuhatus

Viimase 100 aasta jooksul on projekteerimine ja ehitus muutunud kardinaalselt. Hooned on muutunud keerulisemaks - lisandunud on hoone osasid ja süsteeme, mida 100 aastat tagasi ei tuntud, näiteks sundventilatsioon, maa-alune parkimine ja sidevõrgud. Tehnosüsteemid on pärast nende tulekut muutunud üha keerulisemaks ning neid on lisandunud aina enam ja enam [14], [15].

Tänapäeval ehitatakse „tarku“ hooneid, mida saab erinevate infosüsteemide vahendusel juhtida kõikjalt, eesmärgiga tõhustada tehnosüsteemide ja tervete hoonete efektiivsemat haldamist. Aja jooksul karmistunud ehitus- ja projekteerimisnormid on samuti põhjustanud hoonete erinevatesse osadesse paigutuvate üha keerukamate tehnosüsteemide ja kommunikatsioonide täpsema projekteerimise vajaduse. Tehnosüsteemide paigaldamine nõuab ühelt poolt täpset projekteerimist, et vältida vastuolusid nende süsteemide paigaldamisel. Teiselt poolt on tehnosüsteemide puhul oluline nende haldamisega seotud info ehitise ekspluatatsiooni käigus [14].

Muutustega ehitiste projekteerimisel ja haldamisel on pidanud kohanema arhitektid, insenerid, ehitajad ja ehitiste omanikud. Muudatustega kohanemiseks ning projekteerimise kvaliteedi ja tootlikkuse tõstmiseks on kasutusele võetud ehitusinformatsiooni modelleerimise (edaspidi BIM) süsteem. Kiiruse ja kvaliteedi tõus saavutatakse läbi parema suhtluse, kiirema dokumenteerimise, vähenenud dubleerimise ja kiiremate muudatuste teostamisega projektis. BIM-i puhul luuakse projekteeritust virtuaalne hoone enne selle ehituse algust. Nii on võimalik avastada erinevad vastuolud ja kitsaskohad projekteerimise ajal, mille tõttu tõuseb hiljem ehituse tootlikkus. Tänu virtuaalsele „ehitusele“ on võimalik koostada ehitusmaterjali mahutabelid automaatselt ning seeläbi tagada täpsus materjalide tellimisel ja tarnes ning hoida kokku tööaega [16].

Käesoleva töö eesmärk on koostada Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti 3D mudel olemasolevate 2D jooniste põhjal ja analüüsida mudelprojekteerimise metoodika kasutamise perspektiivi tehnoloogiliste hoonete projektide koostamisel. Töö eesmärgi saavutamiseks püstitas autor järgnevad ülesanded:

- Olemasoleva reoveepuhasti ja selle rekonstrueerimise põhjuste kirjeldamine
- Kavandatud rekonstrueerimisetööde kirjeldamine
- Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti 3D mudeli koostamine koos eriosadega eelnevalt valminud 2D jooniste põhjal

- Automaatsete mahutabelite koostamine konstruktiivsest ja tehnoloogilisest osamudelist
- 3D mudeli visualiseerimine
- Valgustusarvutuse ja soojuskoormuse analüüsi teostamine

Töö esimeses peatükis kirjeldatakse töö metoodikat. Töö teises peatükis antakse lühiülevaade ehitusinformatsiooni modelleerimisest ja mudelprojekteerimisest, nende kasutamisest Eestis ning eelistest kahedimensioonilise projekteerimise ees. Töö kolmandas peatükis kirjeldatakse olemasoleva Märjamaa reoveepuhasti olukorda ja projektis kavandatud reoveepuhasti rekonstrueerimis- ja juurdeehitustöid. Töö neljandas peatükis kirjeldatakse 3D mudeli koostamise protsessi. Seejuures esitatakse lähteandmed, kirjeldatakse mudeli ülesehitust, esitatakse modelleerimise käigus esinenud probleemid ning tuuakse välja 2D projektist leitud vastuolud. Töö viiendas peatükis antakse ülevaade mudeli abil teostatud hoone valgustusarvutuse ja soojuskoormuse arvutustest ja analüüsides. Töö kuuendasse peatükki on koondatud töö tulemused.

1 Metoodika ja tegevuste kirjeldus

Käesoleva töö 3D mudeli koostamise tegevuste planeerimisel lähtuti AS Riigi Kinnisvara (edaspidi RKAS) mudelprojekteerimise juhendist ning 2012. aastal Soomes ilmunud COBIM mudelprojekteerimise üldjuhendist, mis on RKAS eesvedamisel tõlgitud eesti keelde. Tegemist on ka standardikeskuse juhendmaterjaliga [17]. Tarkvara optimaalseks rakendamiseks kasutati tootjate ja koolitusfirmade autoriseeritud juhendmaterjale ning interneti otsingutega leitud abi spetsiifilistele probleemide lahendamiseks.

Mudeli koostamiseks on kasutatud järgnevaid arvutiprogramme ja nende pistikprogramme (*Add-in* või *Add-on*):

- Autodesk® AutoCAD® 2016 [18]
- Autodesk® Revit® 2016 [19]
- Revit Add-ons:
 - Peikko product catalog for Revit® [20]
 - Ruukki product catalog for Revit® [21]
 - Victaulic Autodesk Revit® MEP Add-in [22]
 - COINS Auto-Section Box [23]
 - Palladio X BIM WindowsLayout [24]
 - Space Naming Utility [25]
 - Autodesk Site Designer Extension for Revit [26]
- Revit EST materjalide kataloog v2.0 [27]
- MagiCAD for Revit [28]
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Foxit Reader [29]

2 Kirjanduse ülevaade

2.1 Building Information Management (BIM)

Läbi ajaloo on inimene otsinud võimalusi, kuidas oma tööd kiirendada ja lihtsustada. Selleks, et saavutada võitu töökiiruses, on kasutusele võetud uued tööriistad ja vahendid. Sama on toimunud ka projekteerimises tehniliste jooniste loomiseks.

Ühe näitena võib tuua joonestuse joonlaudade arengu. Kõigepealt kasutati joonestamiseks joon-, mõõt- ja kolmnurkjoonlaudasid. Paralleelsete joonte tõmbamise lihtsustamiseks võeti kasutusele rööpjoonlaud, kuid ka sellel olid omad puudused: joonise vasakus ääres pidi olema küllaldaselt vaba ruumi ning joonlaua vabas otsas esines läbipainumist, mis põhjustas töö ebatäpsust. Nende puuduste kõrvaldamiseks võeti kasutusele nõörrööpjoonlaud. Selleks, et tööprotsessi veelgi kiirendada hakati kasutama mehaanilist rööpjoonlauda, mis asendas tavalist rööpjoonlauda, kolmnurki, malli ja mõõtejoonlauda [30]–[32].

Arvuti abil joonestamist hakati katsetama 19. sajandi teises pooles ning esimesed arvutiprogrammid ilmusid 19. sajandi viimasel veerandil. Arvuti abil joonestamisega saavutati kõrgem tööviljakus: jooniste kiirus tõusis tänu sellele, et neid oli vaja joonestada vaid korra ning töö kvaliteet paranes tänu sellele, et joonestada sai absoluutse täpsusega. Samuti paranes suhtlus erinevate erialaspetsialistide vahel, sest jooniste jagamine muutus märgatavalt kergemaks [33], [34].

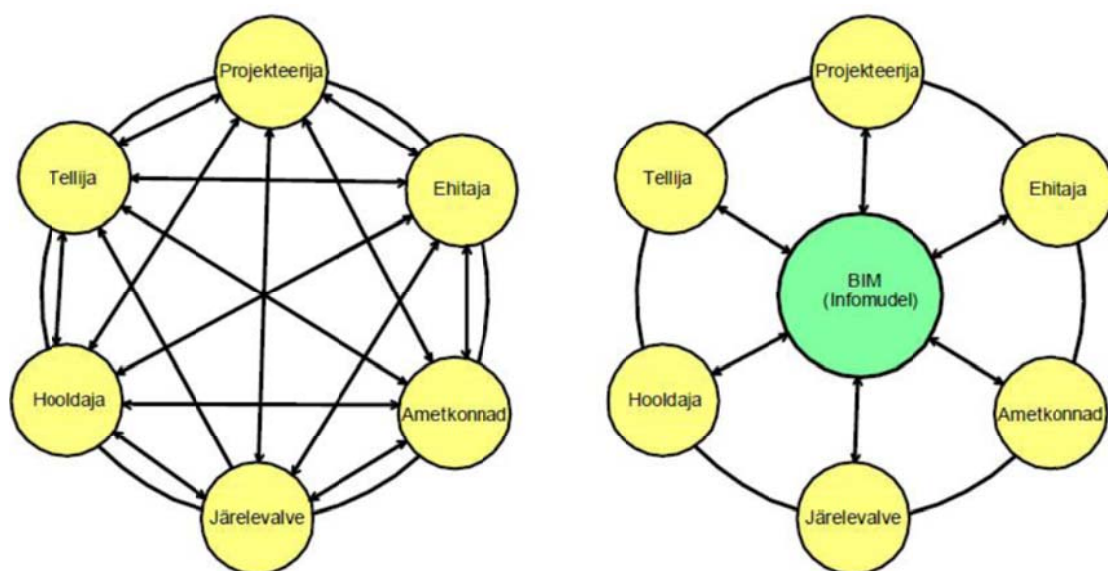
Järgmine samm projekteerimise kiirendamiseks oli BIM (*Building Information Management*) süsteemi kasutuselevõtt. BIM projekteerimise olemust kirjeldas esmakordselt Charles M. Eastman juba 1975. aastal oma artiklis “The Use on Computer Instead on Drawings in Buildin Design“. Eelkõige kirjeldatakse töös põhilisi arvutiga projekteerimise ideid: 2D jooniste genereerimine 3D mudelist, automaatsete mahutabelite loomine ja parameetrilised elemendid. Neid kõiki seostatakse tänapäeval ka BIM-i tehnoloogiaga, millele on 40 aasta jooksul lisandunud veel hulgaliselt võimalusi [16].

Joonis 1 kujutab hoone elutsükli, mille kõiki osasid seob BIM. Hoone elutsükkel koosneb kolmest peamisest etapist: kavandamine (*Design*), ehitamine (*Build*) ja kasutamine (*Operate*), mis omakorda jaotuvad veel alaetappideks. Kirjeldatud tsükli võib hoone oma eluaja jooksul läbida mitu korda kuni hoone lammutamiseni. Käesolev töö kajastab mudelprojekteerimise kasutamist hoone elutsükli kavandamise etapis.



Joonis 1. BIM tsükkel [35].

BIM projekteerimine erineb klassikalisest projekteerimisest eelkõige projektiga seotud osapoolte omavahelise suhtluse ja suhtlusvahendite poolest. Joonis 2 kirjeldab projekti osapoolte suhtlust nii klassikalise projekteerimise (vasakul) kui ka kaasava BIM projekteerimise (*Collaborative BIM*) (paremal) korral. Nagu näha, sisestatakse kogu info BIM projekteerimise puhul BIM mudelisse, mis omakorda vähendab erinevate osapoolte dubleerivat tööd ja suhtluseks kuluvat aega.



Joonis 2. Projekti osapoolte vahelise suhtluse võrdlus klassikalise- ja BIM projekteerimise puhul [36].

Reaalses projekteerimispraktikas on BIM rakendamisel välja kujunenud ka vahepealne versioon - üksildane BIM (*Lonely BIM*), mida võiks nimetada ka BMiks (*Building Modeling*). Üksildase BIM-i puhul kasutatakse küll 3D-modelleerimise tööriistu, kuid töö jagamine ja avalikustamine käib klassikaliste tööriistadega ehk 2D jooniste ja erinevate tekstiliste dokumentide alusel. BIM-i kasutuselevõtu esimene etapp on tavaliselt üksildase BIM-i kasutamine, millest tuleks aga võimalikult kiiresti edasi liikuda, sest üksildast BIM-i kasutades ei ole võimalik saavutada sama efektiivsust, mis kaasava BIM-iga (*Collaborative BIM*) [30], [37], [38].

Erinevaid BIM-i toetavaid tarkvarasid on maailmas palju. Need on kirjeldatud käesoleva töö Lisas 7 kokkuvõtva tabeli kujul [39].

2.2 Arvutiprogramm Revit ajalugu

Järgnevalt kirjeldatakse lähemalt käesoleva töö vormistamiseks valitud BIM-i toetava tarkvara, Autodesk Revit (edaspidi Revit) ajalugu. Revit on väljamõeldud termin, mis tähendab otsetõlkes „koheselt muutuma“ (*Revise instantly*). Revit sai alguse ettevõttes Charles River Software, mis asutati 31. oktoobril 1997 Leonid Raizi ja Irwin Jungreis poolt. 2000. aasta jaanuaris nimetati firma ümber Revit Technology Corporation'iks. Firma loomise eesmärgiks oli eelkõige luua ehitussektori jaoks parameetrilise modelleerimise tarkvara. Esimese Reviti versioonini jõuti 5. aprillil 2000, kui avaldati Revit versioon 1.0, ning edasine areng toimus äärmiselt kiiresti - perioodil 04.2000 - 01.2002 avaldati 6 uut versiooni [19], [40], [41].

4. aprillil 2002 osteti firma ära Autodeski poolt 133 000 000 USA dollari eest. Omaniku vahetus võimaldas tarkvara edaspidiselt ulatuslikult edasi arendada. Seda ka tehti, mida tõestab asjaolu, et Autodesk on avaldanud Reviti uue versiooni üldjuhul kord aastas, uute versioonide väljaandmise järgselt isegi tihedamini. Kuni 2005. aastani oli Revitil ainult arhitektuurne versioon (*Revit Architectural*), kuid 2005. aastal ilmus esimest korda Reviti konstruktiivne versioon (*Revit Structural*). Aasta hiljem avaldati ka Reviti eriosade distsipliin (*Revit MEP – Revit Mechanical, Electrical, Plumbing*). Uusim Reviti perekonna liige, Revit LT, mis on Reviti vähendatud võimalustega versioon, ilmus esmakordselt 2012. aastal. Aastast 2013 on arhitekture, konstruktiivne ja eriosade distsipliin kõik koos ühes tootes, mille nimeks sai lihtsalt Revit [42]. Iga-aastases väljaantavas programmi uuenduses parandatakse nii vanu tööriistu kui ka lisatakse uusi. Näiteks 2014. aasta versioonis lisandus tööriist, mis võimaldab nihutada elemente oma

tegelikust asukohast, selleks, et anda ülevaadet ruumielementide paiknemisest üksteise suhtes (*Explode*) [43]. 2015. aastal lisandus raudbetooni armatuuri lisamise võimalus osadele (*Reinforcement for Parts*) ja 2016. aastal lisandus võimalus ühendada Revit tootega AutoDesk Advanced Steel [40], [41], [44]–[46].

2.3 Mudelprojekteerimine

RKAS mudelprojekteerimise juhendi järgi on mudelprojekteerimine „projekteerimine, mida teostatakse ehitusinfo modelleerimise tehnoloogia abil“. Lühendatud terminina on kasutusel ka lihtsalt modelleerimine. Modelleerimisega toetatakse projekteerimise ja ehituse elukaare planeerimist nii, et see oleks tõhus, ohutu, kõrge kvaliteediga ja säästvat arengut toetav. Mudelprojekteerimisel on mitmeid eeliseid kahedimensioonilise projekteerimise ees [47].

2.3.1 3D-visualiseerimine

Kasutades 3D-modelleerimist, on võimalik projekteeritavat objekti tõetruult visualiseerida. Visualiseerimine tekitab parema arusaamise ehitise lõplikust väljanägemisest. Samuti väldib see ettekujutuse tekkimiseks vajaduse läbi töötada suurt hulka 2D jooniseid [48].

Lisaks hoone visualiseerimisele on võimalik luua projekteeritud hoonest kasutajasõbralik 3D arvutimäng, kus saab mängutegelasega ringi liikuda. Tänu sellele on võimalik hoonet põhjalikult uurida ja selle disaini testida, näiteks kontrollida hoone ligipääsetavust ratastooliga liiklejatele. Kuni 2014. aastani oli BIM mudeli ühildamine levinumatele mängumootoritega keeruline ning ühildamiseks tuli mudel taasluua vastava mängumootori programmis. Sellist teenust pakub Unreal mängumootoris näiteks firma BIMShift [49], [50].

2014. aastal tuli turule Revitiga ühilduv programm Revizto, millega on võimalik mudelist kerge vaevaga luua 3D keskkond. Programm ühildub Reviti, Navisworksi, AutoCadi, Civil 3D, SketchUpi ja ArhiCADiga. Loodud keskkonnas on võimalik ringi kõndida või lennata. Lendamisfunktsiooniga võib liikuda läbi mistahes piirde, kõndimisfunktsiooniga saab läbida vaid uksi [51].

2.3.2 Hoonesimulatsioonid

Mudelprojekteerimine võimaldab teostada mudelis erinevaid simulatsioone ja arvutusi, mis lubavad luua tellija soovidele vastavat hoonet täpsemalt, pöörata tähelepanu hoone detailidele ja visualiseerida tulemust. Revit 2016-s saab näiteks teostada päikese-, varju-, valgustuse-, soojuskoormuse- ja tugevusanalüüse. Lisaks on võimalik arvutada jahutus- ja küttekoormust, dimensioonida ventilatsioonitorustikke ja leida nende rõhukadusid. Pistikprogrammide abiga leidub neid võimalusi veelgi enam [14].

2.3.3 Projekteerimise kvaliteedi ja tootlikkuse tõus

Traditsioonilise 2D-projekteerimise puhul tehakse arhitektide ja inseneride poolt joonised eraldiseisvatena, mistõttu tuleb projekti muudatuste korral kõik muudatustest mõjutatud lõiked, plaanid ja vaated eraldiseisvalt korrigeerida. Nende kindlakstegemine võib osutada aga keeruliseks ülesandeks, mistõttu võib mõni joonis jääda uuendamata. Jooniste uuendamine ise on aga ajamahukas protsess [52].

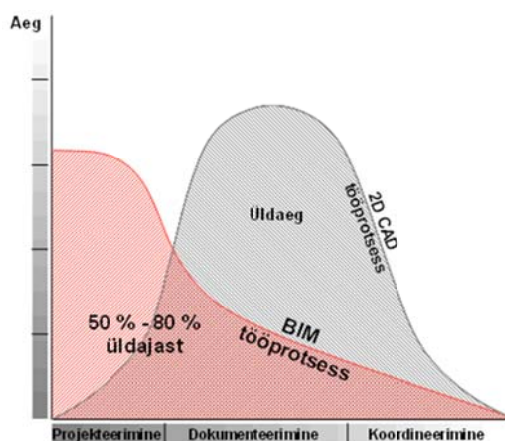
Üldjuhul lahendatakse 2D-projekteerimise korral hoone tehnosüsteemid vaid plaanidel, kus kõikide tehnosüsteemide puhul ei määrata täpset kõrgust. Vastuolude kontroll teostatakse erinevate jooniste üksteise peale asetamisega. Tegemist on keerulise ja ajamahuka protsessiga ning projektis võib esineda raskestimärgatavaid vastuolusid, mis avastatakse alles ehituse käigus. Ehituse käigus on avastatud vastuolude ümberprojekteerimine aga aeganõudev ja põhjustab ehituse ebaefektiivsust. Klassikalise projekteerimise puhul esineb palju dubleerivat tööd, erialaspetsialistid loevad andmeid teiste poolt koostatud joonistelt või seletuskirjadest selleks, et enda tööd teha. Projekti jooniste valmides koostavad eelarvestajad nende põhjal ehitusmaterjalide mahuloendid, mis on samuti ajamahukas ja sõltuvalt projekti staadiumist mingil määral ka ebatäpne.

Mudelprojekteerimise puhul ei ole eraldiseisvaid jooniseid koostada vaja. Selle asemel luuakse hoone mudel, kus saab vajalikest kohtadest genereerida erinevaid hoone lõikeid, plaane ja vaateid. Projekti muudatuste korral tuleb teha muudatus vaid ühe korra mudelis ja kõik seotud vaated, plaanid ning lõiked muutuvad automaatselt. Tänu sellele on projektis muudatuste teostamine tunduvalt kiirem [53]. Tehnosüsteemide paigutuse kohta koostatakse täielik lahendus ning tänu sellele saab vastuolude kontrolli teostada arvuti abiga, mis on efektiivsem. Erinevate uuringute põhjal saab väita, et võrreldes 2D-projekteerimisega on vastuolude kontroll mudelprojekteerimises lausa 47-88% võrra efektiivsem [54]–[58]. See annab projekteerijale suurema kindluse, et projekteeritu ka hoonesse ära mahub. Mudelprojekteerimise tõhustunud vastuolude kontrolli abiga on

võimalik vähendada ehituse maksumust 10-33% [55], [58], [59]. Eesti ajakirjanduses on läbi käinud optimistlik kokkuhoiu protsent - 20 % [60]–[62].

Mudelprojekteerimise korral väheneb dubleeritava töö hulk oluliselt. Kuna info sisestatakse mudelisse, saavad teised erialaspetsialistid selle info enda mudelisse siduda ja info taassisestamine pole vajalik. Projekti ehitusmaterjalide kulutabeleid saab mudeli põhjal projekti igas staadiumis või mistahes ajahetkel koostada ühe nupuvajutusega, mistõttu väheneb nende koostamisele kuluv aeg võrreldes 2D-projekteerimisega kuni 80% [54], [58]. Hoone detailsemast projekteerimisest tulenevalt kasvab ka ehitusmaterjalide mahutabelite täpsus, kuid tuleb arvestada, et nende täpsus sõltub otseselt mudelprojekteerimise info sisestamise ja klassifitseerimise täpsusest [15].

Lisaks on võimalik aega kokku hoida ka dokumenteerimise ja koordineerimise pealt, mis on BIM projekteerimise puhul kiiremad kui 2D-projekteerimise korral. Jällegi väheneb korduva töö hulk, sest vajalikku infot on võimalik mudelist kergesti kätte saada. Joonis 3 illustreerib erinevate projekti etappide ajakulu nii 2D- kui ka BIM projekteerimise korral [63], [64].



Joonis 3. Ajakulu võrdlus projekteerimise etappide lõikes 2D- ja BIM projekteerimise korral [63].

2.3.4 Ehitustegevuse tootlikkuse tõus

Lisaks projekteerimise kvaliteedi ja tootlikkuse tõusule on mudelprojekteerimise kasutamisega võimalik kiirendada ka ehitust, seda vähenenud vastuolude, suurema täpsuse ning parema koostöö arvelt. Ehitusprotsess kiireneb, kuna ehitusplatsil kulub vähem aega erinevate sõlmede mõistmiseks. Keerulise sõlme mõistmiseks piisab vaid uue lõike loomisest või mudeli vaatamisest arvutis. Kuna lahendatud on kõik sõlmed, mitte ainult

need, mis jäävad esitatavatesse 2D lõigetesse, on võimalik teha rohkem eeltööd tehases. Tehases tehtav töö on üldjuhul madalama hinna ja kõrgema kvaliteediga [65].

Mudelit on võimalik efektiivselt kasutada ehituskoosolekute juhtimiseks, muutes need kiiremaks ja produktiivsemaks. Enamik uuringuid ei too välja täpset ulatust, mis näitaks, kui palju mudelprojekteerimine ehitust kiirendab, kuna selle mõõtmine pole kvantitatiivselt kerge. Küll aga on Hiinas ehitatud Shanghai Tower juhtumianalüüsis välja toodud, et tänu mudelprojekteerimisele oli ehitus 30% võrra kiirem kui tüüpilise pilvelõhkuja ehitus 2D-projekteerimise korral [54], [56], [58], [66].

2.4 BIM-i toetav tarkvara

Mudelprojekteerimine teostatakse BIM-i toetava tarkvaraga. 2015. aastal Eestis läbi viidud projekteerimistarkvara ja BIM tehnoloogia kasutuse uuringu kohaselt on projekteerimisega tegelevate ettevõtete suurim tajutud takistus vajadus panustada ressursse (aega, raha tööd) BIM projekteerimist toetava tarkvara kasutuselevõtuks [67]. Ettekujutuse andmiseks sellest, kui palju on BIM-i toetav tarkvara kulukam klassikalisest projekteerimistarkvarast, on koostatud Tabel 1, kus on esitatud erinevate 2D- ja 3D-projekteerimise tarkvarade hinnad. Võrdluseks on toodud AutoDesk tootevalikus olevad levinumad programmid ning lisaks ArhiCAD 19 hind, näitamaks, et BIM-i toetava tarkvara hinnad jäävad sarnasesse hinnaklassi. Tabelist on näha, et mudelprojekteerimiseks mõeldud tarkvarad on umbes kolmandiku võrra kallimad kui klassikalise 2D-projekteerimise tarkvarad. Lihtsustamaks üleminekut ühelt tarkvaralt teisele, pakub AutoDesk ka AutoCAD Revit LT Suite paketti, mis sisaldab endas Revit LT ning AutoCAD LT tarkvarasid. Koos ostes on nad soodsamad, kui tarkvarasid eraldi soetades.

Tabelis 1 väljatoodud hinnad on saadud 10.05.2016 seisuga AutoDesk App Store'ist ja 3D Eksperti kodulehelt (ArhiCADi Eesti edasimüüja) [68], [69].

Tabel 1. Erinevate projekteerimistarkvarade hinnad.

Toote nimetus		Hind				Märkus
		1 kuu	1 aasta	2 aasta	3 aastat	
AutoCAD LT	2D	45	360	684*	972*	
REVIT LT	3D	60	490	931*	1323*	
AutoCAD Revit LT Suite	2D/3D	75	600	1140*	1620*	Suite sisaldab AutoCAD LT ja REVIT LT
AutoCAD	2D	250	1600*	3800*	5400*	
Revit	3D	315	2515	5030	7545	
ArhiCad 19	3D	212,5	1941,67	-	-	

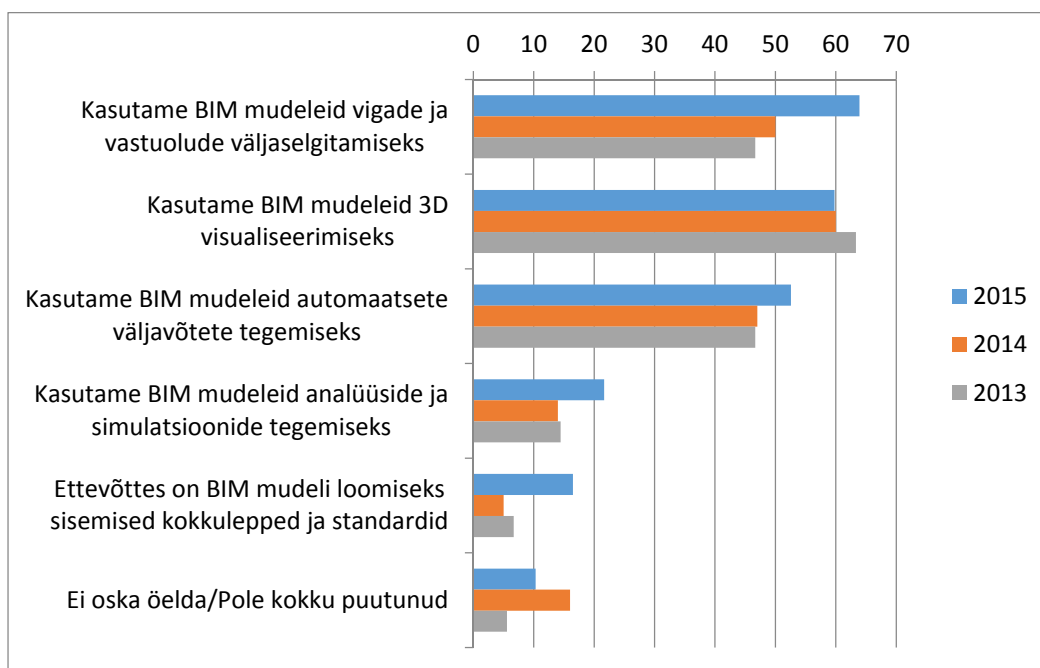
*Tegemist oli soodushinnaga

2.5 Mudelprojekteerimine Eestis

Alates 2008. aastast on Eestis BIM-i ehitussektoris kasutamise juurutamise eestvedajaks RKAS. RKAS on teostanud mitmeid BIM tehnoloogial põhinevaid projekteerimise hankeid ning pilootprojekte, samuti on Soome materjalidele tuginedes koostatud erinevaid juhendmaterjale. 2014. aastal võeti vastu otsus, et kõik RKAS-i arendusprojektid teostatakse BIM-is [70].

Eestis on projekteerimistarkvarade kasutust uuritud alates aastast 2009. Viimane valdkondlik uuring, „Projekteerimistarkvara ja BIM tehnoloogia kasutuse uuring Eestis aastal 2015“, viidi läbi 2015. aasta detsembris Ehituskeskuse ja tarkvarafirma Usesofti poolt [71]–[77], [67].

Nimetatud uuringu tulemused näitavad, et BIM-i kogemusega vastajate hulk on 2014. aasta küsitlusega võrreldes suurenenud 14% võrra. Vastanud projekteerimisettevõtetest 77% (2014. aastal 63%) omavad kokkupuudet BIM-iga: neist 35% kasutab BIM tehnoloogiat ja 16% plaanib need kasutusele võtta järgmise 5 aasta jooksul. BIM mudelit kasutatakse ettevõtetes enim vigade leidmiseks (63,92%), visualiseerimiseks (59,79%) ja automaatsete väljavõtete tegemiseks (52,58%). Joonis 4 on koostatud tuginedes Kristel Uibo ettekandele „Projekteerimistarkvara ja BIM tehnoloogia kasutuse uuring Eestis aastal 2015“, mis esitati konverentsil BIM SUMMIT 2016. Joonisel on esitatud BIM mudeli kasutamise eesmärgid projekteerimisettevõtetes kolmel erineval aastal [67], [76], [77].



Joonis 4. BIM rakendamine [67].

Mudelprojekteerimise on tänaseks Eestis kasutusele võtnud mitmed suured ehitus- ja projekteerimisettevõtted: AS Merko Ehitus, Sirkel & Mall OÜ, Tartu Arhitektuuribüroo OÜ, AS Maru Ehitus, Virtex OÜ, Nordic Engineering Group OÜ, Novarc Group AS, Melior Projekt OÜ, Gravicon EE OÜ ning paljud teised [6], [78]–[85].

AS Merko Ehitus võttis mudelprojekteerimise kasutusele selleks, et parandada projektide kvaliteeti, kiirendada ehitusmaterjalide mahuarvutusi, suurendada eelarvekindlust, pakkuda tellijale paremaid ehituslahendusi ja lahenduste visualiseerimiseks. Modelleerimist on kasutatud mitmel objektidel, neist kõige tuntumana võib nimetada 2016. aasta märtsis valminud Põhja-Eesti Regionaalhaigla C - korpuse [80], [86], [87].

2016. aasta BIM Summit konverentsil tehti ettekanne Estonia SPA rekonstrueerimise ja juurdeehitusprojekti mudelprojekteerimise kohta. Töö otsustati mudelis projekteerida selleks, et kitsastesse tingimustesse mahutada ära eriosad ja lihtsustada ehitustegevust tänu visuaalsele toele. Projekti modelleerimine oli ka tellijapoolne soov. Mudelisse sisestati ka kõikide eriosade mudelid, et hoonest tekiks terviklik ülevaade. Eelkõige taheti saada selgust selle kohta, kuidas eriosad hoonesse täpselt mahutada, leida projekteerimise käigus tekkinud vastuolud ning kontrollida teostuse vastavust projekteeritule. Mudeli kasutuselevõttuga jäädi kokkuvõttes rahule, sest ehitustegevus jäi mudeli toel ajalistesse piiridesse ning ümbertegemisi oli vähe [66].

2013. aasta oktoobris lõppenud Tallinna Postimaja rekonstrueerimistööd teostati mudeli kasutamisel põhineva projekti alusel. Kuna tegemist on rekonstrueerimisprojektiga, tuli kõigepealt koostada mudel olemasolevast hoonest. Üks võimalus olemasoleva hoone täpselt kaardistamiseks on laserskaneerimise kasutamine, mille tulemusena saadakse punktipily, millest on omakorda võimalik koostada täpne pinnamudel. Kuna pinnamudel kajastab vaid hoone elementide pindu, mitte nende elementide kõiki mõõtmeid, siis tuleb koostada rekonstrueerimisprojekti jaoks ka terviklik 3D mudel. Laserskaneerimise tulemusena saadud punktipily on 3D mudeli koostamiseks hea abivahend, kuna selle kaudu on võimalik teada saada hoone reaalsed mõõtmed, kuigi kõik elemendid tuleb algusest peale välja modelleerida. Konkreetse projekti puhul laserskaneerimist aga ei teostatud. Selle asemel otsustati koostada ideaalmudel olemasolevate jooniste järgi ning seejärel kontrollida selle kokkusobivust olemasoleva hoonega. Juhul, kui erinevused olid üle 20 mm, teostati mudelis vajalikud muudatused [88], [89].

3 Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimisprojekti kirjeldus

3.1 Olemasoleva reoveepuhasti kirjeldus

Joonisel 5 on esitatud olemasolev Märjamaa reoveepuhasti tehnohoone vaadatuna lõunaküljelt. Jooniselt on näha, et hoone on väljast heas korras.



Joonis 5. Olemasolev tehnohoone lõunaküljelt [90].

Olemasoleva Märjamaa reoveepuhasti tehnohoone on rekonstrueeritud 2008. aastal. Reoveepuhasti hoone koosneb kahest osast. Esimese osa moodustab viilkatusega metallkarkasshoone, mille seinad on rajatud *sandwich*-tüüpi paneelist. Praegu on selles hoone osas tehnoloogiline ruum pindalaga 66,1 m² ja WC pindalaga 2 m². Teine osa on lamekatusega hoone, mille seinad on laotud tellistest ja kaetud väljast horisontaalse profiilplekiga. Teises hoone osas on kolm ruumi: kilbiruum pindalaga 11,2 m², puhuriruum pindalaga 18,7 m² ja mudatahendusruum pindalaga 23,1 m² [91].

Reoveepuhastuse tehnoloogia hõlmab endas reovee mehhaanilist puhastust kombiseadmes, kus reoveest eraldatakse võre abil praht ja liivapüünise osas liiv. Reovee bioloogiline puhastus viiakse läbi rekonstrueeritud Eesti NSV-s väljatöötatud tüüprõngaspuhastis MRP 1000, mille põhi on valmistatud monoliitsetest ja seinad monteeritavast raudbetoonist [92], [93].

Puhastusprotsessi käigus tekkiva aktiivmudaorganismide massi ehk liigmuda käitlus toimub liigmuda gravitatsioonilise tihendamise ja mehhaanilise tahendamise vahendusel lintfilterpressis. Tahendatud liigmuda kompostitakse kompostväljakul. Olemasoleva reoveepuhasti puhastusprotsessiga skeem on esitatud käesoleva töö Lisas 1 [92].

Olemasoleva reoveepuhasti põhiprobleemid:

- Reoveepuhastil puudub kaasaegsel tehnoloogial baseeruv puhastamise sõlm, mis võimaldaks efektiivset puhastatava reovee mehhaanilist puhastust.
- Reoveepuhasti bioloogiline puhastusprotsess ei võimalda piisavalt efektiivset lämmastikuärastust, mis vastaks Vabariigi Valitsuse määrusest nr 99 „Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed“ rangemaks muutunud nõuetele [94]. Märjamaa reoveepuhasti normid on kuni 45 mg/l või puhastusaste vähemalt 30%.
- Reoveepuhasti bioloogilise puhastusprotsessi mahutite puidust vaheseinad on amortiseerunud.
- Avatud mahutites bioloogilise puhastusprotsessi läbiviimine talvetingimustes ei ole õigusaktide nõuetest lähtuvalt piisavalt efektiivne.
- Reoveepuhasti puhastusprotsessi vähene automatiseerituse tase, mis ei võimalda efektiivset puhastusprotsessi jälgimist ja juhtimist.
- Reoveepuhasti reoveesette töötlemise tehnoloogia puudulik lahendus – ebapiisava mahuga liigmudatihendi, amortiseerunud ja madala efektiivsusega settetahendusseade.
- Reoveesette kompostimise tehnoloogia vajab täiendamist, võimaldamaks efektiivsemat sette kompostimist pikemal ajal aastast.
- Hoone ventilatsioonisüsteem on ebaefektiivne, mille tõttu on tugevalt korrodeerunud hoone ukSED [92].

3.2 Projektis kavandatud rekonstrueerimis- ja juurdeehitustööde

kirjeldus

Rekonstrueerimistöode raames teostatakse olemasoleva Märjamaa reoveepuhasti ümberehitus, mille tulemusena kujuneb Märjamaa reoveepuhastist AS Matsalu Veevärk piirkondlik ühisveevärgi ja –kanalisatsioonirajatiste teeninduskeskus ja piirkonna väikepuhastite liigmuda käitlemise keskus [90].

Rekonstrueerimistöode raames lammutatakse olemasoleva tehnohoone tehnoloogiline sisseseade, ventilatsiooni-, kütte- ja elektrisüsteem ning olemasolev WC. Mudatahendusruumi asemele rajatakse puhkeruum, duširuum ning uus WC. Tehnoloogilisse ruumi rajatakse kaks ruumi, milleks on garaaž ja laoruum ning laboriruum. Puhuriruum ja kilbiruum jäävad täitma praegust ülesannet. Olemasoleva hoone ruumi skeem on lisatud käesoleva töö Lisas 1.

Hoonesse rajatakse uus soojustagastusega ventilatsioonisüsteem. Olemasoleva tehnohoone ja uue tehnohoone küte lahendatakse vesi-vesi soojuspumbaga, mis ammutab soojust reoveepuhasti heitvee väljavoolu ühtlustusmahuti veest. Hoone põrand tehnoloogilises ruumis lammutatakse osaliselt selleks, et rajada uued trapid. Mudatahendusruumi põrand lammutatakse selleks, et rajada trapid ning põrandakütte torustik. [90]

Uus tehnohoone rajatakse olemasoleva tehnohoone laiendusena. See saab olema osaliselt ühe- ja osaliselt kahekorruseline hoone, mille seinad laotakse columbia-kivi õõnesplokist ning soojustatakse ja kaetakse profiilplekiga. Teise korruse põrand tehakse eelpingeplaadist ja kaetakse betoonvaluga selleks, et anda põrandale kalded vee äravoolu jaoks. Katuse moodustab õõnespaneelidest lagi, mis on kaetud soojustuse ja ühekordse katusekatte materjaliga. Uus tehnohoone on põhiplaani L- kujuline.

Hoonesse rajatakse viis köetavat ruumi:

1. Reovee mehhaanilise puhastuse ruum pindalaga ca 65,5 m²
2. Kemikaaliruum pindalaga ca 21,8 m²
3. Reoveesette tahendamise ruum pindalaga ca 93,4 m²
4. Uus puhuriruum pindalaga ca 36,5 m²
5. SBR mahutite peal olev ruum pindalaga 201 m²

Lisaks rajatakse poolavatud varjualune metanooli hoiustamise mahutile – metanooli ladu pindalaga 11,5 m². Varjualuse kolm seinu moodustavad rajatava tehnohoone seinad,

katuse moodustab rajatava tehnohoone katus. Metanooli lao ühe piirde moodustab 2,5 meetri kõrgune teraskonstruksioonist aed ja värav, mis takistab kõrvaliste isikute juurdepääsu metanooli mahutile. Hoone ruumide paiknemise skeem on esitatud käesoleva töö Lisas 2 [90].

Tahendatud reoveesette kompostimiseks rajatakse reoveepuhasti territooriumil olemasolevale asfaltkattega platsile metallkarkassist varjualune pindalaga 2222,8 m². Varjualune saab olema kolmest küljest kinnine profiilplekk seinte ja katusega veidi vähem kui 10 m kõrgune hoone [90].

Reovee bioloogilise puhastuse tarbeks rajatakse uus raudbetoonist kaheliiniline annuspuhasti mahuga 1300 m³, mõlema bioloogilise puhastuse protsessimahuti maht on 650 m³ [90].

Olemasolevasse MRP 1000 raudbetoonmahutisse ehitatakse uued vaheseinad ja kaetakse pealt soojustatud plaadiga, mille sisse rajatakse vaatlus- ja hooldusluugid. Mahuti võetakse kasutusele reovee kogumismahutina mahuga 200 m³, täiendava puhvermahutina mahuga 300 m³, liigmudatihendina mahuga 176 m³, väikepuhastite liigmuda tihendina mahuga 100 m³ ning annuspuhasti heitvee väljavoolu ühtlustusmahutina mahuga 200 m³ [90].

Kokkuvõtlikult hõlmab rekonstrueeritud reoveepuhasti reovee puhastamiseks ja sette käitluseks endas järgmisi tehnoloogilisi etappe:

- Ühiskanalisatsioonist reoveepuhastile jõudva reovee mehhaaniline puhastus, mis hõlmab suuremate tahkiste eemaldamist ja liiva eraldamist reoveest mehhaanilise puhastuse kombiseadmes.
- Purgitava reovee mehhaaniline puhastus, mis hõlmab suuremate tahkiste eemaldamist spetsiaalselt purgitava reovee puhastamiseks välja töötatud mehhaanilise puhastuse seadmes.
- Reovee kogumine kogumismahutis mahuga 200 m³ SBR tsüklite vahepeal. Vajadusel, sademete ja lumesula perioodil, reovee kogumine täiendavasse puhvermahutisse mahuga 300 m³.
- Reovee bioloogiline puhastus kahes paralleelses annuspuhastustehnoloogial baseerivas SBR mahutis, mille mõlema ruumala on 650 m³. Reoveepuhastusprotsess hõlmab nii orgaanilise aine ärastamist kui ka fosfori ja lämmastiku tõhustatud bioloogilist ärastust. Lisaks fosfori bioloogilisele ärastusele rakendatakse fosfori keemilist sadestamist. Tõhustatud lämmastikuärastuse läbiviimiseks nähakse ette tehnoloogiline võimalus täiendava süsinikuallikana metanooli doseerimiseks.

- Reoveesette käitlemine, mis hõlmab liigmuda eemaldamist SBR reaktorist puhastustsükli lõppedes ja liigmuda pumpamist liigmudatihendisse. Liigmuda tihendist pumbatakse tihendatud liigmuda edasi liigmuda vahemahutisse mahuga 18,2 m³ ja sealt tahendamise seadmele. Tahendatud sete kompostitakse reoveepuhasti territooriumile rajatavas kompostimise varjualuses.
- Märjamaa piirkonna väikereoveepuhastite reoveesette käitlemine, mille raames toimub väikereoveepuhastite sete vastuvõtt ja tahendamine eraldi väikereoveepuhastite settele mõeldud liigmudatihendis ja edasine käitlus Märjamaa reoveepuhasti tahendusseadmes ja kompostväljakul [90].

Puhastusprotsessi tehnoloogiline skeem ja seadmete mudelid ning parameetrid on esitatud uue reoveepuhasti tehnoloogilisel skeemil, mis asub käesoleva töö Lisas 2

4 Märjamaa reoveepuhasti 3D mudeli koostamine

Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti alusel koostatud 3D mudeli (edaspidi reoveepuhasti 3D mudel) loomisel võeti eesmärgiks koostada võimalikult täpne ja inforikas 3D mudel, kasutades selleks tarkvara vastavaid klassifikatsiooni tööriistu. Vastavate tööriistade kasutamine on vajalik selleks, et hiljem 3D mudelist kvaliteetsed materjalide mahutabelid kätte saada. Kui aga kasutada vale klassifikatsiooniga tööriistu, näiteks aknaperekonna loomise tööriista lagede tegemiseks, siis klassifitseerib Revit loodud lae aknaks ka materjali kulutabelis. See aga ei ole soovitud tulemus.

4.1 Mudeli koostamise lähteandmed

Reoveepuhasti 3D mudel on loodud 2016. aastal koostatud AS Infragate Eesti töö „Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekt“ ja 2007. aastal valminud OÜ Biotek töö „Märjamaa asula reoveepuhasti rekonstrueerimise projekt“ põhjal [90].

2016. aastal koostatud AS Infragate Eesti Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti erinevate osade autorid on:

- TA-Konsult OÜ - arhitektuurne ja konstruktiivne osa
- Tehnosüsteemide OÜ - kütte ja ventilatsioonide osa
- Entronik OÜ - elektri ja automaatika osa
- Elstar OÜ - teede, platside ja vertikaalplaneerimise osa
- AS Infragate Eesti - tehnoloogiline osa (joonised koostatud käesoleva töö autori poolt)
- AS Infragate Eesti - välisvõrgu osa (joonised koostatud käesoleva töö autori poolt) [90]

Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimisprojekti koostamisel kasutati järgmisi alusdokumente ja uuringuid:

1. Tööprojekt „Rapla maakond, Märjamaa vald, Märjamaa asula reoveepuhasti rekonstrueerimine“, OÜ Biotek Projekt (2007).
2. AS Matsalu Veevõrk poolt koostatud Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise kirjeldus ja lähteülesanne (oktoober 2015) [90].
3. „Veevõrkustajaama topo-geodeetiline alusplaan tehnovõrkudega“, OÜ G.E. Point (oktoober 2015).
4. „Märjamaa reoveepuhasti katastriüksuse 50402:004:0370 ehitusgeoloogiline uuring“, OÜ Rakendusgeoloogia (november 2015) [90].

4.2 Mudeli ülesehitus

RKAS mudelprojekteerimise juhendi kohaselt peab iga eraldiseisev hoone ja tehnosüsteem olema esitatud iseseisva mudelina, järgides kokkulepitud koordinaadistikku. Osamudelid esitatakse nii originaalmudelite kui ka IFC-formaadis [47].

Selleks, et hõlbustada projektiga seotud erinevate osapoolte tööd, on vaja mudelite failide nimetamisel järgida ühist nimetamise juhust. Käesolevas magistritöös võeti failide nimetamise struktuuri väljatöötamisel aluseks RKAS mudelprojekteerimise juhendis ja „Mudelprojekteerimise projektijuhi kvaliteedi käsiraamatu koostamine“ lisas 2 toodud soovitused. Käesoleva projektiga kohandamiseks tehti soovitustes vajadusel projektispetsiifilised muudatused [47] [95]. Osamudelite failide nimetamisel on järgitud järgmist struktuuri: Valdkond_Hoone_tarkvara versioon_avaldamise kuupäev.

Mudelisse on koondatud neli eraldi hoonet:

1. Olemasolev tehnohoone
2. Uus tehnohoone
3. MRP 1000 mahuti
4. Kompostimise varjualune

Termin reoveepuhasti sisaldab endas kolme esimest hoonet.

Koostatud mudeli erinevad osamudelid on järgmised:

- EK-Ehituskonstruksioon
- K-Küte
- V-Ventilatsioon
- EL-Elekter
- AS-Asendiplaan
- KOOND-Koondmudel

Mudeli koostamisel kasutatud failiformaadid on:

- RVT16-Autodesk Revit 2016
- IFC-BuildingSMART IFC2x3

Hoonete projekti eriosad - elekter ja küte - on koostatud terve reoveepuhasti kohta ühtse osamudelina, kuna süsteemid on omavahel seotud. Ventilatsiooni osamudel on koostatud mõlema tehnohoone kohta eraldi, kuna mõlema hoone ventilatsioonisüsteemid on autonoomsed.

Koostatud mudeli osamudelite failide nimetused on järgnevad:

- EK_Olemasolev tehnohoone_RVT16_27.05.2016
- V_Olemasolev tehnohoone_RVT16_27.05.2016
- EK_Uus tehnohoone_RVT16_27.05.2016
- V_Uus tehnohoone_RVT16_27.05.2016
- EK_MRP 1000_RVT16_27.05.2016
- K_Reoveepuhasti_RVT16_27.05.2016
- EL_Reoveepuhasti_RVT16_27.05.2016
- TEH_Reoveepuhasti_RVT16_27.05.2016
- EK_Kompostimisvarjualuse_RVT16_27.05.2016
- AS_Teed ja platsid_RVT16_27.05.2016
- Vesi_RVT16_27.05.2016

4.3 Mudelprojekteerimise käik

Märjamaa reoveepuhasti 3D mudeli koostamist alustati 2016. aasta jaanuaris. Paralleelselt koostati Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimisprojekti ka traditsiooniliste 2D-projekteerimise vahenditega. 3D mudeli koostamisele eelnevalt olid olemas esialgsed arhitektuursed, konstruktiivsed ja tehnilised joonised.

3D mudeli loomist alustati uue tehnohoone konstruktiivsest osamudelist. Kiiremaks modelleerimiseks seoti (*Link CAD*) olemasolevad esialgsed konstruktiivsed joonised Revit mudelisse, mis lihtsustas oluliselt mudeli koostamist. Kui uue tehnohoone esialgne konstruktiivne osamudel oli valmis, koostati sinna juurde olemasoleva hoone konstruktiivne osamudel. Seejärel kontrolliti, kas need koondmudelid omavahel kokku sobivad.

Kompostimise varjualuse konstruktiivse osamudeli koostamisel kasutati samu põhimõtteid, mis tehnohoone konstruktiivsete osamudelite koostamisel.

Esialgsete teede ja platside jooniste valmimisel koostati nende ja geodeesia jooniste põhjal teede ja platside osamudel. Osamudelisse ei lisatud projektijärgseid pinnasetöid. Selleks, et hoonete alla saaks lisada aluseid (*Building Pad*), seoti teede ja platside osamudelisse ka valminud hoonete konstruktiivsed osamudelid.

Järgmise etapina modelleeriti eriosade osamudelid, millele eelnes Reviti eriosade projekteerimise tööriistadega tutvumine ja nende korrektne kasutamine õppimine. Esimese eriosana koostati reoveepuhasti tehnoloogia osamudel, mille jooniste mustandid olid kõige

kiiremini kättesaadavad, sest need olid joonestatud käesoleva töö autori poolt. Osamudeli modelleerimise käigus loodi mitmeid uusi seadmete perekondi, sest Revitiga kaasa tulevate perekondade raamatukogus (*Family Library*) puudusid mudelisse sisestamiseks vajalikud seadmed. Paljud puuduolevatest tehnoloogilistest seadmetest saadi otse tootjalt 3D mudelitena.

Ventilatsiooni osamudeli koostamine toimus tehnoloogilise osamudelig paralleelselt. Kuna enamikke projektis nimetatud ventilatsiooniseadmete 3D mudeleid tootjad ei olnud nõus väljastama, kasutati mudelis erinevatest Reviti perekondade andmebaasidest saadud sarnaste gabariitidega ventilatsiooniseadmeid.

Kütte ja elektri osamudelite koostamine toimus 3D mudeli koostamise viimase etapina. Elektri osamudelisse sisestati kaabliredelid, elektrikapid, valgustid ning nende lülitid. Teisi elektriprojekti osasid ei ole osamudelisse sisestatud. Kütte ja elektri osamudelite puhul on samuti kasutatud projektis väljatoodud toodetele sarnaseid mudeleid, kuna õigeid mudeleid ei õnnestunud tootjalt saada.

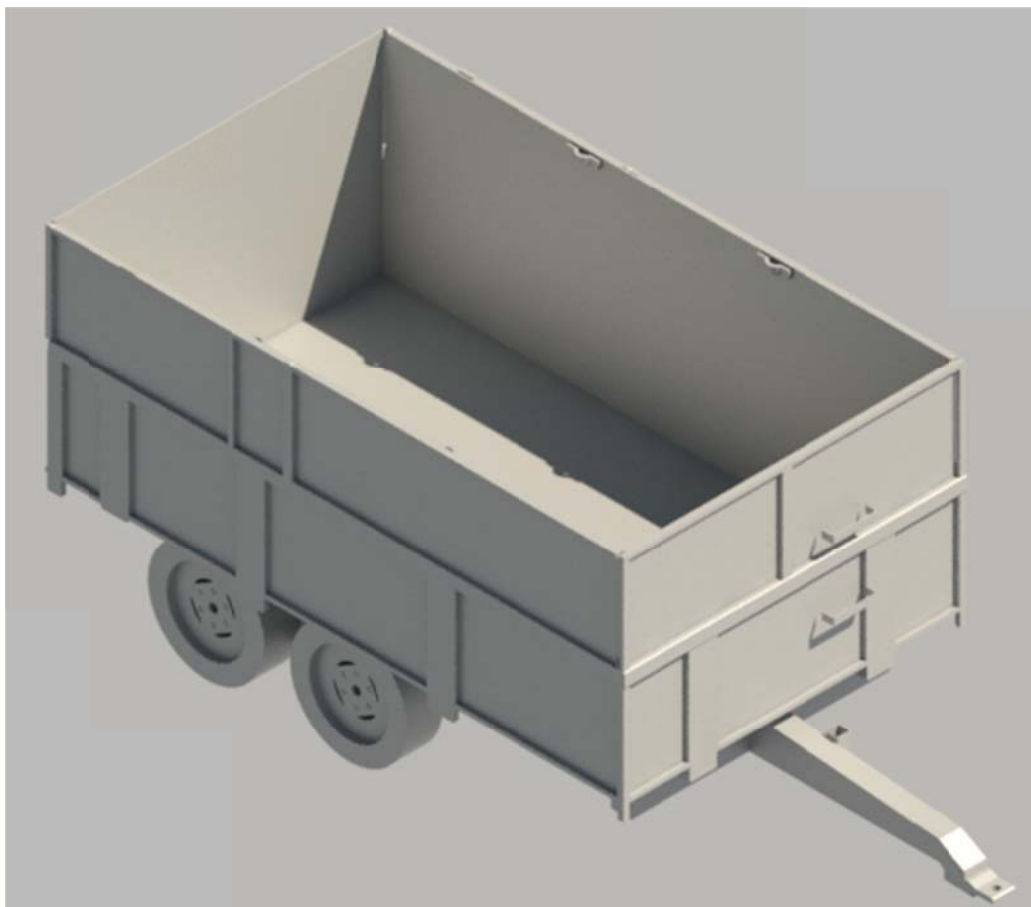
Kõikide projekti osamudelite valmimise järgselt ühendati need koondmudelisse, misjärel alustati projekti visualiseerimisega. Visualiseerimiseks tuli mõningaid osamudeleid ka juurde luua, näiteks mahutites oleva vee visualiseerimiseks loodi eraldi osamudel. Mudeli visualiseerimiseks kasutati Revitis kahte tööriista: „pilves renderdamine“ (*Render in Cloud*) ja „arvutis renderdamine“ (*Render*). Esimest kasutati 3D vaadete visualiseerimiseks ning teist „jalutuskäigu“ video funktsiooni (*Walkthrough*) renderdamiseks, mida käesoleval hetkel pole võimalik „pilves renderdada“. 3D mudeli põhjal koostatud 2D-visualiseerimise joonised on esitatud käesoleva töö Lisas 5.

4.4 Tehnoloogilise osamudeli perekonnad

Tehnoloogiliste osamudeli modelleerimiseks kasutati kokku 96 erinevat perekonda, millest 20 loodi käesoleva magistritöö autori poolt spetsiaalselt seadmete tootjate poolt edastatud 2D jooniste ja tootekataloogide piltide põhjal. Ülejäänud perekonnad koostati tootjatelt saadud 3D mudelite põhjal või koostati kasutades veebikataloogide perekondi.

Tootjatelt saadud 3D mudelid olid üldjuhul *.dwg või *.skp failiformaadis. Revit toetab neist ainult esimest failiformaati, ning selle saab otse Reviti perekonda importida (*Import CAD*). Teise failiformaadi puhul tuleb mudel enne Revitisse importimist ümber salvestada. Selleks kasutati programmi AutoCAD 2016, mis ei võimalda küll *.skp failiformaati avada, kuid lubab seda sisse importida. Mudeli importimise järgselt salvestati mudel vajalikku *.dwg formaati. Enne seadme tootjatelt saadud mudelite kasutuselevõttu tuli neile Revitis lisada ühendused (*Connectors*). Need võimaldavad tehnoloogilisi seadmeid kommunikatsioonidega ühendada.

2D jooniste ja piltide põhjal loodud mudelite loomisel võeti eesmärgiks, et nad annaks edasi toote põhimõõtmelid ning kajastaksid kõiki tähtsamaid detaile. Joonisel 6 on esitatud töö autori poolt loodud haagise PT 950 D 3D mudel.



Joonis 6. Haagise PT 950 D 3D mudel.

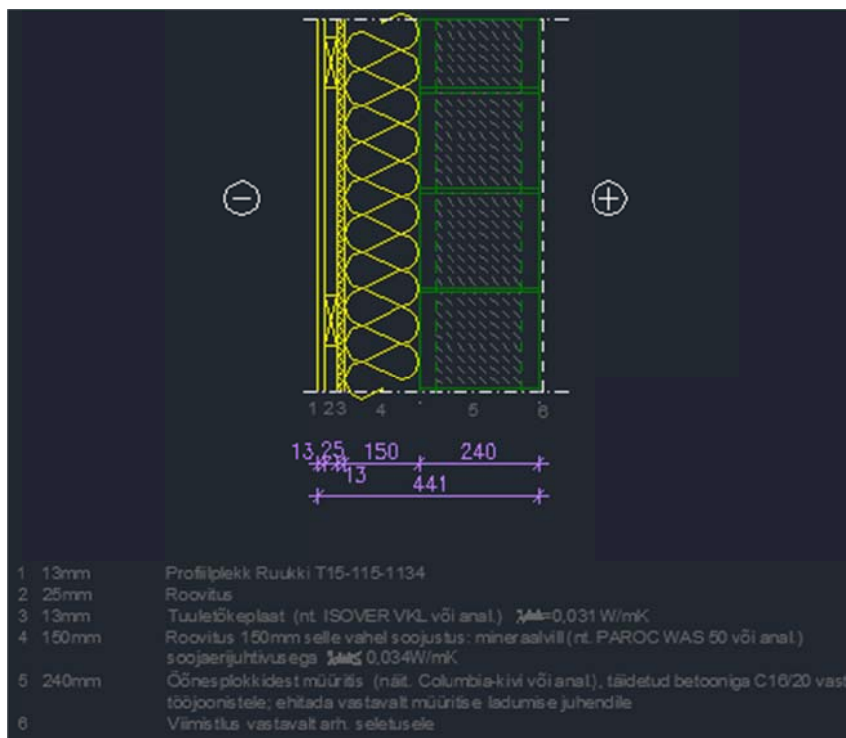
4.5 Mudeli koostamisel ilmnunud probleemid

4.5.1 Keeruliste sõlmede modelleerimisel esinenud takistused

Tehnohoonete konstruktiivsete osamudelite koostamisel võeti eesmärgiks modelleerida need võimalikult täpselt. Tööde jaoks ettenähtud tööriistad kasutatavas tarkvaras seda aga mitmel korral ei võimaldanud. Esimeseks takistuseks oli seinatüüpide VS-1 ja VS-2 koostamine selleks määratud tööriistadega. Joonisel 7 on kujutatud projekteeritud tehnohoone välissein VS-1, mille konstruktsioon väljastpoolt sissepoole on järgnev:

1. profiilplekk Ruukki T15-115-1134
2. roovitus (25 mm)
3. tuuletõkkeplaat (13 mm)
4. roovitus (150 mm, vahel mineraalvill)
5. õõnesplokkidest müüritis (240 mm)
6. viimistlus vastavalt arhitektuursele seletusele

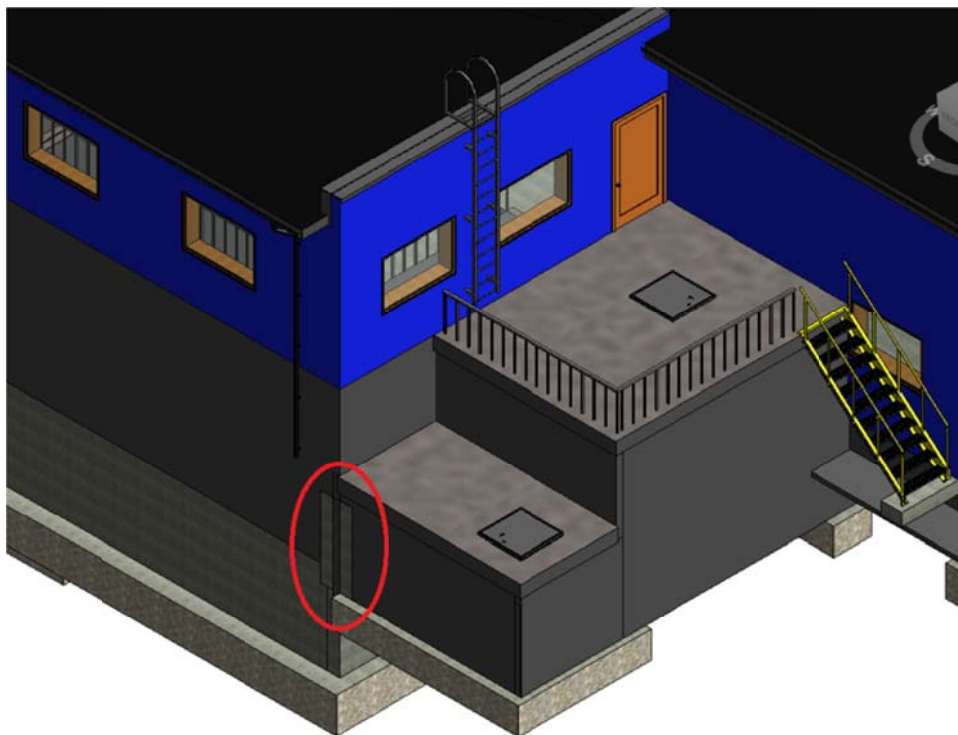
Tehnohoone välisseina konstruktsioon VS-2 on analoogne välisseina VS-1 konstruktsiooniga. Erinevus esineb vaid õõnesplokkidest müüritise paksuses. Välisseina tüübi VS-1 puhul on see 240 mm, kuid välissein VS-2 puhul 190 mm.



Joonis 7. VS-1 [96].

Kirjeldatud seinatüüpide modelleerimisel esines kolm probleemi. Esimeseks, Revit ei võimalda soojustuse vahele modelleerida roovitust, kuna ühte seinakihti saab lisada ainult ühe materjali. Teiseks, kuna Revitis on kõik seinakihi materjalid pidevad, ei saanud roovitust modelleerida ettenähtud sammuga, vaid seda tuli läbivalt kirjeldada kui 25 mm paksust puidust kihti. Kolmandaks, Reviti seina tööriista funktsioonid ei võimalda kihtidele omistada kasutatud materjalile omast profiili (*Structural Deck*). Vastav funktsioon on aga olemas Reviti 2016. aasta versiooni põranda tööriistadel (*Structural Floor*). Seega ei ole hetkel profiilplekkseina modelleerimine Revit tarkvara mudelprojekteerimise vahenditega võimalik. Käesolevas mudelis asendati profiilplekk 13 mm paksuse lameda metall-lehega.

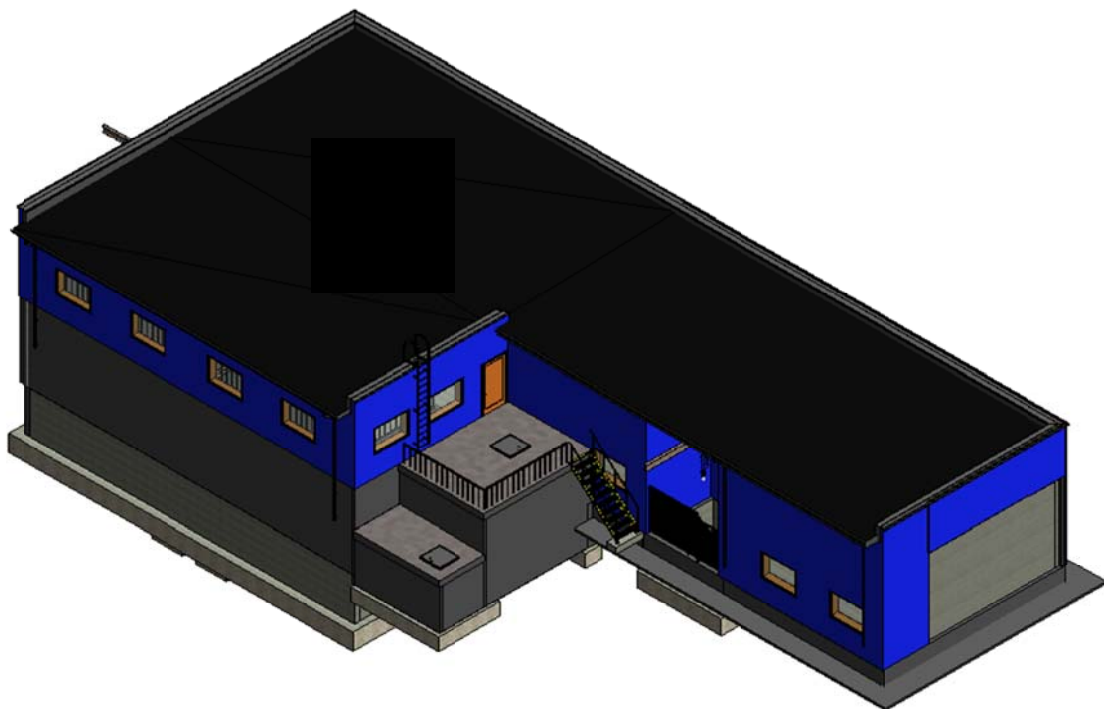
Probleemid tekkisid ka projektijärgsete sõlmede modelleerimisel, kuigi lihtsate seinte ühendused töötavad Revitis laitmatult. Joonisel 8 on kujutatud modelleeritud SBR mahuti ja siibrikambri sõlm. Joonisel on näha, et seinakihid ei liitu õigesti ja betoon jääb konstruktsiooni välispinnale. Probleemi põhjuseks on tõenäoliselt programmis vajaliku funktsiooni puudumine, kuid selleks võib olla ka töö autori puudulikud teadmised programmi kõikidest võimalustest.



Joonis 8. SBR mahuti seina ja siibrikambri seina liitumine.

Ainuke leitud võimalus õige tulemuse saavutamiseks on kasutada Revitis käsku, mis jagab seina osadeks (*Create parts*), misjärel on võimalik iga seina kihi mõõtmeid eraldi muuta.

Joonis 9 illustreerib lahendust, kus sein on osadeks jagatud. See meetod võimaldab saada visuaalselt ideaalse tulemuse, kuid osadeks jagamise järgselt toimunud muudatused ei kajastu seina ehitusmaterjalide mahuloendis. Osade kohta on võimalik koostada küll eraldiseisvaid ehitusmaterjalide mahutabeleid, kuid nendes kajastub muudatuse mahu asemel terve osa maht.



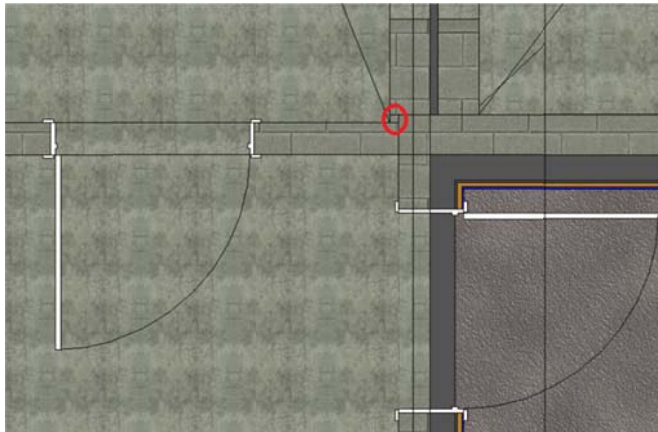
Joonis 9. SBR mahuti seina ja siibrikambri seina liitumine eraldi seinakihtidena.

Joonisel 10 on kujutatud MRP 1000 mahuti, mille projekteeritud katteplaat ja mõned liigmudatihendi seinad on muudetud läbipaistvaks, et anda parem ülevaade mahuti konstruktsioonist. Liigmudatihend on joonise alumises osas olev silinder, mille põhja on liidetud tagurpidi tüvikoonus. Projekti alusel tuleb selle põhja valada betoon, eesmärgiga suurendada mahuti põhja pindala, mis võimaldaks sinna paigaldada liigmuda õhustamiseks vajalikud aeraatorid. Kirjeldatud betoonisõlme lahendamiseks selleks ettenähtud tööriista Revitis ei leitud. Kasutades „mass tööriista“ (*Place Mass, Wall by face*), on Revitis võimalik luua komplitseeritud kujuga seinu, kuid mitte vundamente. Seega võimaldas Revit betooni visualiseerida „mass tööriistaga“, kuna see pole aga selleks mõeldud tööriist, siis seda kasutades ei kajastuks betoon ehitusmaterjalide mahuloendis.



Joonis 10. Rekonstrueeritud MRP 1000 mahuti konstruktsioon.

Mudeli koostamiseks kasutatud tarkvara tööriistadega ei olnud võimalik lahendada ka seinte liitumise sõlme reoveesette tahendamise ruumis. Vastavat sõlme kujutab Joonis 11, kus punase ringiga tähistatud alas on näha, et seinte vahele jääb tühimik. Ehituse käigus nihutatakse vasakul pool olevat seina suure tõenäosusega 5 cm ülespoole, et lihtsustada seina ladumist ja vähendada lõigatud kivide hulka. Samasugune lahendus lahendaks probleemi ka koostatud mudelis. Kuna nüüdisaegne tarkvara sellise sõlme lahendamist ei võimalda, on töö autori hinnangul hetkel ainukeseks lahenduseks jagada sein eraldi kihtideks. Selle meetodiga kaasnevad puudused kirjeldati aga eelmises lõigus.



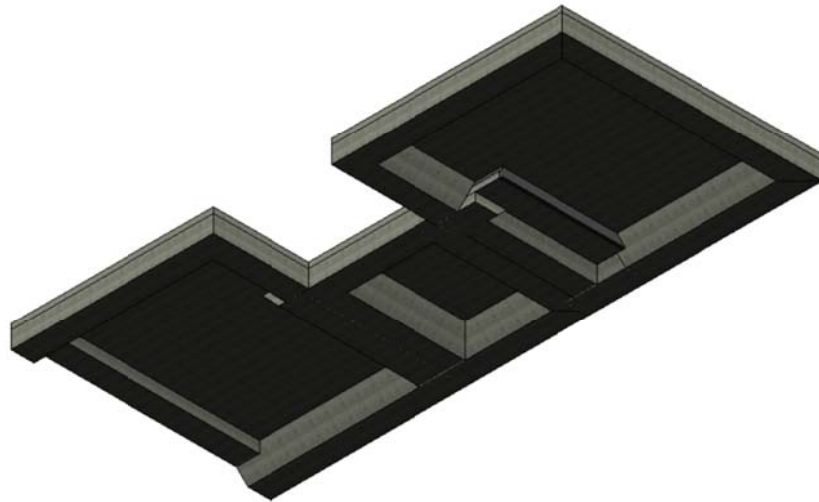
Joonis 11. Seinte liitumine reoveesette tahendamise ruumis.

Visualiseerimaks seda, mis on Joonisel 11 näidatud sõlmes valesti, on lisatud Joonis 12, mis kujutab sama sõlme 3D mudeli joonisena, kus on seinapilu on märgistatud punase ringiga.

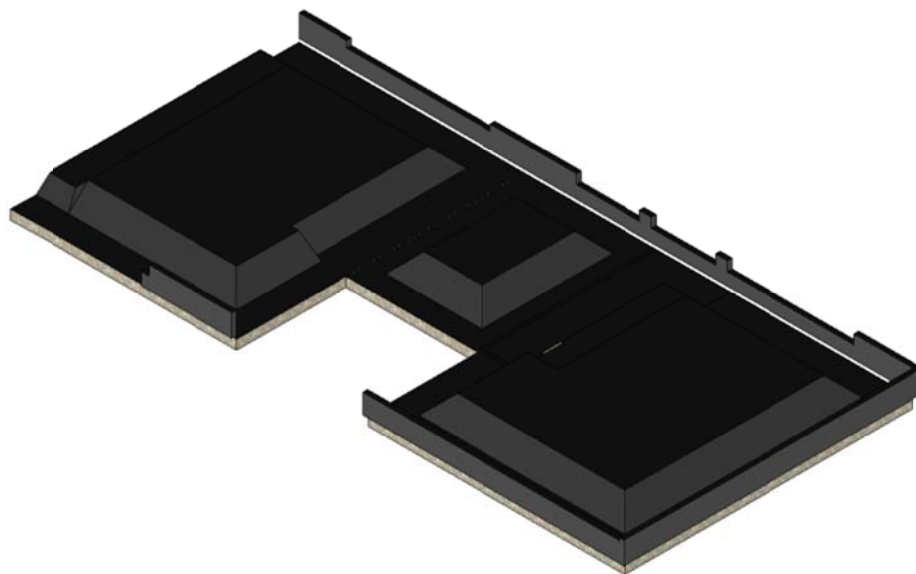


Joonis 12. Seina sõlm vaadelduna reoveesette tahendamise ruumist.

Uuele Märjamaa reoveepuhasti tehnohoonele on projekteeritud plaatvundament, mille paksused asuvad kandvate seinte all. Erinevate modelleerimistarkvara tehniliste nüansside tõttu osutus modelleerimise käigus keeruliseks saavutada tulemust, kus soojustus oleks katkematult terve vundamendi alla lisatud. Sobiva tulemuse saavutamiseks jagati vundament kaheks: 1) betoonosa ja 2) soojustus koos killustiku alusega. Paksenduste lisamine vundamendile on lihtsasti teostatav Revitis selleks mõeldud tööriistaga (*Floor: Slab Edge*). Joonisel 13 on kujutatud uue tehnohoone vundamendi betoonosa koos paksendustega. Soojustuse ja killustikaluse modelleerimine on keerulisem: kõik soojustuse murdejooned (*Split Lines*) tuleb käsitsi välja joonistada ja neile õiged kõrgusmärgid anda. Saavutatud lahendust illustreerib Joonis 14.



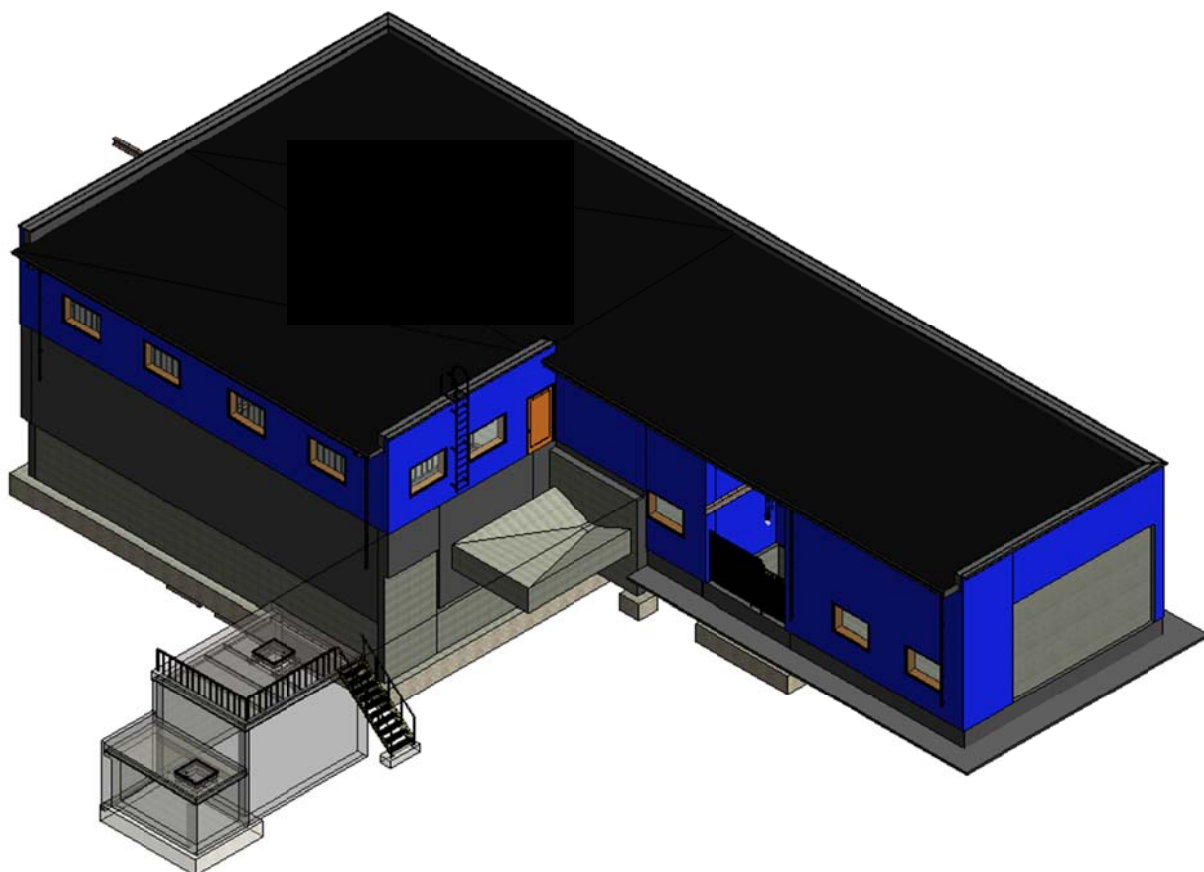
Joonis 13. Uue tehnohoone vundamendi betoonosa.



Joonis 14. Uue tehnohoone vundamendi soojustus koos killustiku alusega.

Kirjeldatud lahendusi kasutades õnnestus anda põrandale kalded ning saavutada vundamendi soojustus ka kaldpindadel [96]. Tulemus on hea, kuid mudeli loomisel on tegemist ajamahuka protsessiga. Tänapäevase modellerimistarkvaraga võiks sellise levinud vundamendi modelleerimine olla lihtsam.

Väljatoodud modelleerimistarkvara kasutamisel ilmnunud takistused ei tähenda, et probleemid esinesid kõikide keeruliste sõlmede korral. Mõnede komplitseeritumate sõlmede lahendamine võttis vähe aega tänu selleks ettenähtud tööriistadele tarkvaraprogrammis. Näitena saab tuua liigmuda vahemahuti põhjaplaadi modelleerimise. Liigmuda vahemahuti põhjaplaat on kolmest küljest kaldega, et tihendatud liigmuda valguks mahutist liigmuda väljapumpamise torustiku poole. Joonis 15 kujutab tehnohoone konstruktiivset osamudelit, kus on näha liigmuda vahemahuti põhjaplaat. See on välja toodud kasutades Reviti tööriista, mis võimaldab nihutada elemente oma tegelikust asukohast, et anda ülevaade ruumielementide paiknemisest üksteise suhtes (*Explode*).

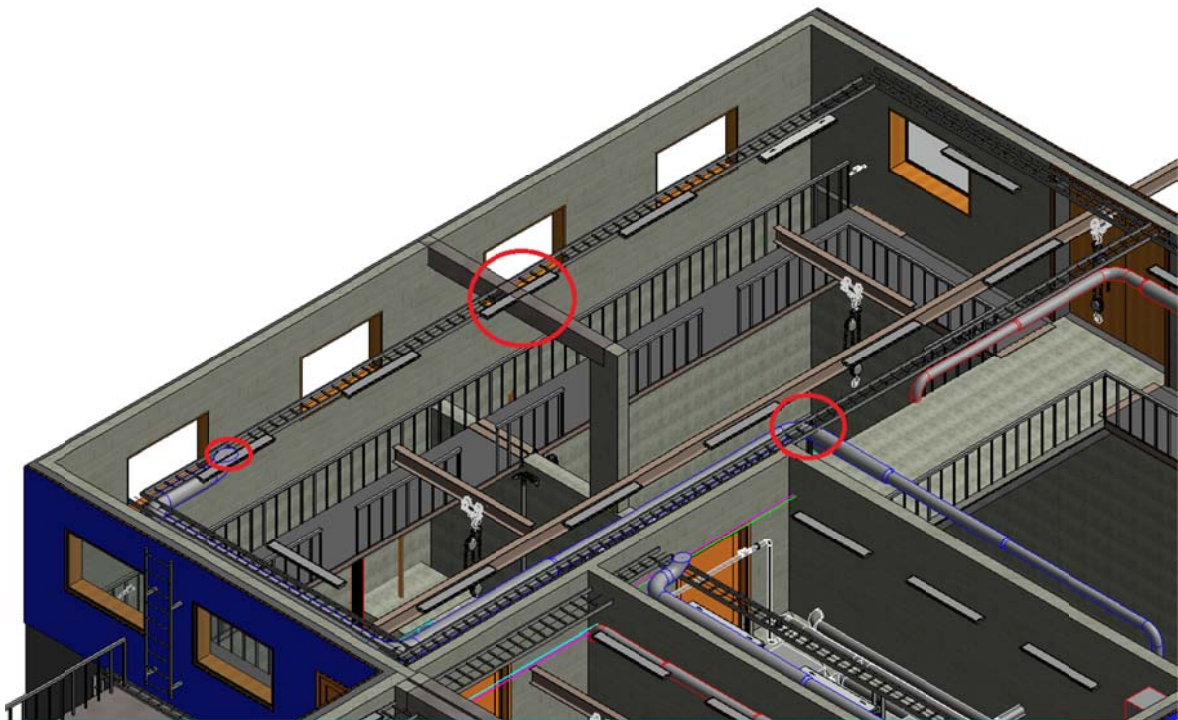


Joonis 15. Tehnohoone konstruktiivne osamudel.

4.6 Leitud vastuolud 2D projektjooniste vahel

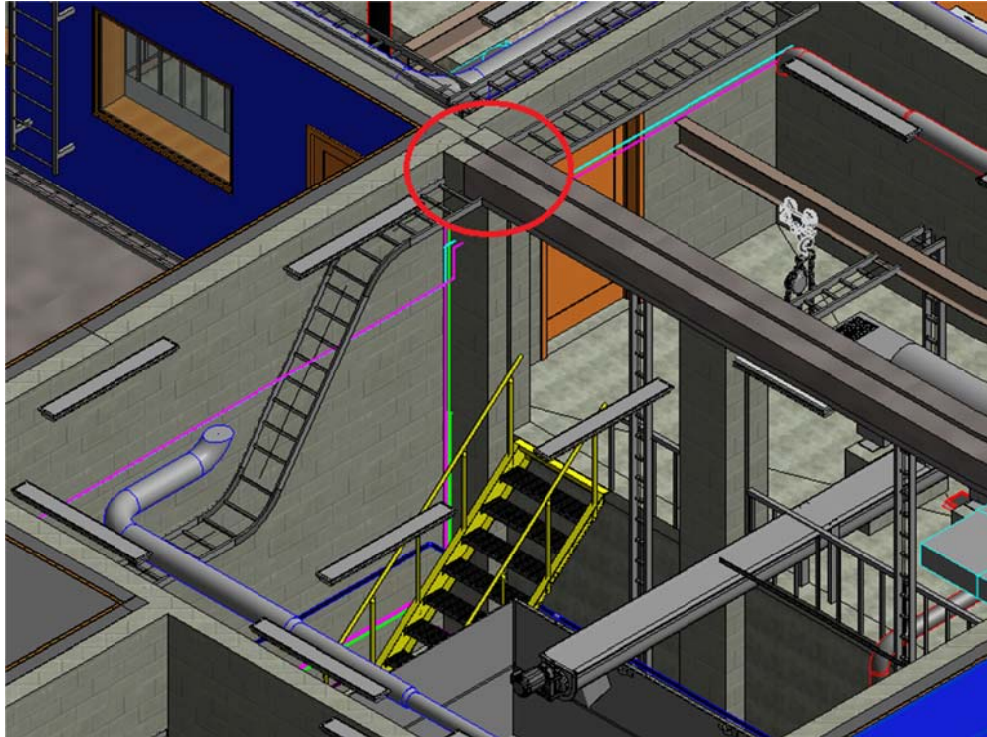
Kuna 3D mudeli koostamine toimus paralleelselt 2D jooniste koostamisega, leiti erinevate projekti osade vahel mitmeid vastuolusid, mis said tänu nende varasele avastamisele projekteerimise käigus kõrvaldatud.

Järgnevalt on esitatud näited 2D projekti joonistelt avastatud vastuoludest koos 3D jooniste ja lahenduste kirjeldusega. Joonisel 16 on näidatud kaabliredeli konflikt betoontala ja ventilatsiooni väljatõmbe toruga ning valgusti konflikt betoontalaga. Kaabliredel oli elektri osa projekteerijal asetatud sellisele kõrgusele, et see ei takistaks käsitali kasutamist tala ja lae vahelt läbi minnes. Konfliktide lahendamiseks paigutati kaabliredel madalamale, koos sellega toodi madalamale ka valgustite liin. Et sellise lahendusega oleks käsitali kasutamine endiselt võimalik, tuli kaabliredel projekteerida kaheastmelise kõrgusega.

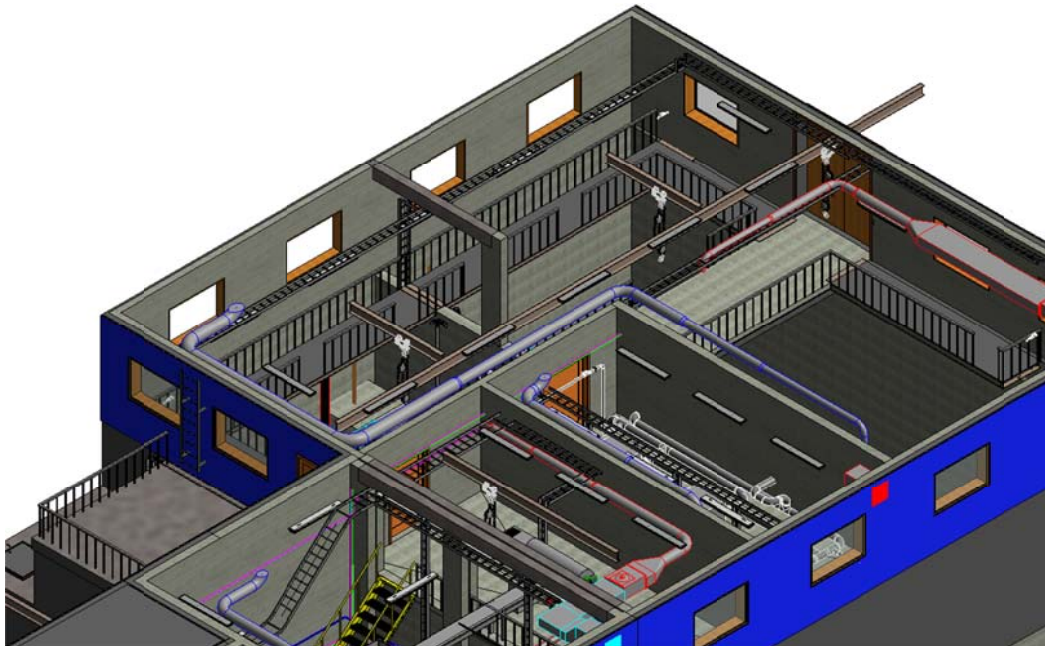


Joonis 16. Kaabliredeli ristumised.

Joonisel 17 on näidatud kaabliredeli ja laotud postide ning kütetorustiku ristumine. Lahenduseks sai kaabliredeli nihutamine paremale, mis kaotas ära konflikti laotud postide ning kütetorustikuga ja kaabliredeli nihutamine alla, mille tulemusel kaotati ära konflikt betoontalaga. Kaabliredeli lõplik lahendus on näidatud Joonisel 18.



Joonis 17. Kaabliredeli ja laotud postide ning betoontala ristumine.



Joonis 18. Kaabliredeli lõplik lahendus Reoveesette tahendamise ruumis.

4.7 Mudeli põhjal genereeritavad automaatsed materjalide mahutabelid

Ehitusmaterjalide mahutabelite koostamiseks on Revitis eraldi tööriist (*Material Takeoff Schedule*). Kvaliteetsete ehitusmaterjalide mahutabelite saamiseks tuleb mudeli koostamise käigus perekondade ja materjalide nimetamisel arvestada sellega, et nende nimetuses kajastuks piisavalt informatsiooni ehitusmaterjali mahutabeli jaoks. Teine võimalus on kasutada mahutabelitesse kantava infoväljana montaaži väärtust (*Assembly value*).

Käesolevas töös kasutati mahutabelisse kantava infoväljana perekonna nimetust (*Family Name*). Seega tuli modelleerimise käigus perekondi ja materjale ümber nimetada, et informatsioon mahutabelites arusaadavalt esitatud oleks. Tabelis 2 on esitatud uue tehnohoone seina ehitusmaterjalide mahutabel. Selle lugemisel tuleb kindlasti arvestada eripärasid Reviti seinakonstruktsioonide loomisel, mida on kirjeldatud peatükis 4.5.1. Tulenevalt nimetatud peatükis kirjeldatud eripärast, on mahutabelis väljatoodud soojustuse materjali kulu näidatud suuremana, kui see tegelikkuses on, kuna soojustuse vahel olevad roovid antud mahutabelis ei kajastu. Tabelis välja toodud puitmaterjal asub seinatüüpide VS-1 ja VS-2 tuuletõkkeplaadi ja profiilpleki vahel.

Tabel 2. Uue tehnohoone seinade materjali kogus.

<Seina materjal>			
A	B	C	D
Material	Pindala	Ruumala	Comments
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(140 mm betoneeritud)	49 m ²	6.71 m ³	
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(190 mm betoneeritud)	139 m ²	26.46 m ³	
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(190 mm)	45 m ²	8.53 m ³	
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(240 mm betoneeritud)	345 m ²	82.86 m ³	
Concrete, High Strength	614 m ²	182.06 m ³	
ESTplast EPS 100	289 m ²	42.48 m ³	
ISOVER VKL	426 m ²	5.54 m ³	
Katusekatte rullmaterjal	49 m ²	0.14 m ³	
PAROC WAS 50	524 m ²	67.90 m ³	
Profiilplekk	426 m ²	5.54 m ³	
Softwood, Lumber	426 m ²	10.66 m ³	
STYROFOAM 250 SL-A-N	50 m ²	6.19 m ³	
Tsementkiudplaat vast. arh. seletustele	220 m ²	2.75 m ³	

Käesoleva töö Lisas 4 on välja toodud konstruktiivse ja tehnoloogilise osamudeli ehitusmaterjalide mahutabelid. Ka nende mahutabelite puhul tuleb arvestada eelpool mainitud modelleerimise ebatäpsusi, mistõttu ei kajastu nendes tegelik täpne materjalide kulu.

4.8 Loodud mudeli visualiseerimine

Loodud mudeli põhjal visualiseeritud joonised koostati enamike reoveepuhasti ruumide ning objekti üldvaadete kohta. Joonised on esitatud käesoleva töö Lisas 5.

Mudeli visualiseerimisel saab kasutada mitmeid seadeid. Visualiseeritud jooniste renderamisel saab pilves valida näiteks kahe valgustuse (*Exposure*) vahel: joonis „täiendava“ (*Advanced*) ja „olemasoleva“ valgustusega (*Native*). Esimese valiku näidispilt on Joonis 19, kus on kujutatud 3D sisevaadet SBR mahuti pealsest ruumist koos käiguteedega. Selle valiku eeliseks on see, et terve ruum on ühtlaselt valgustatud. Teise valiku näidispilt on Joonis 20, kus on kujutatud reoveesette tahendamise ruumi 3D sisevaadet. Selle valiku puhul on joonis valgustatud vastavalt sellele, kui palju valgust mingisse ruumipunkti valgusallikatest jõuab.



Joonis 19. SBR mahutite pealne ruum koos käiguteedega.



Joonis 20. Reoveesette tahendamise ruum.

Visualiseeritud joonised annavad hea ülevaate sellest, milline ruum hakkab reaalsuses välja nägema.

5 Mudeli põhjal teostatud arvutused

5.1 Valgustusarvutus

Magistritöö koostamise raames teostati uue tehnohoone osamudelis Reviti valgustusarvutus, eesmärgiga kontrollida, kas elektri projekti seletuskirjas kirjeldatud 200 lx valgustus valitud valgustite arvu ja asetusega on tagatud. Selleks, et valgustusarvutust teostada, peavad mudelisse olema sisestatud valgustid koos järgmiste andmetega:

- Värvitemperatuur (K) (*Initial Color*)
- Võimsus (W) ja esialgne valgusviljakus (lm/W) (*Initial Intensity*)
- Valguse hajumise faktor (%) (*Light Loss Factor*)

Elektriprojekti kohaselt on ruumidesse ette nähtud luminofoorvalgustid võimsusega 2x58 W. Arvutuste jaoks valiti Glamoxi luminofoorlamp T8. Luminofoori tehnilised parameetrid saadi Glamoxi kodulehel olevast Tehnilise informatsiooni dokumendist [97]. Tabelis 3 on esitatud saadud arvutustulemused, millest saab välja lugeda, et nõutud valgustus 200 lx on projektis väljatoodud valgustite arvu ja asetusega tagatud.

Tabel 3. Uue tehnohoone valgustus.

<Valgustus>					
A	B	C	D	E	F
Name	Area	Volume	Keskmine arvutatud valgustus	Nõutud valgustus	Vahe
Reovee mehhaanilise puhastuse ruum	66 m ²	351.90 m ³	457 lx	200 lx	257 lx
Kemikaaliruum	22 m ²	117.10 m ³	350 lx	200 lx	150 lx
Reoveesette tahendamise ruum	59 m ²	315.42 m ³	664 lx	200 lx	464 lx
Reoveesette tahendamise ruum	34 m ²	102.82 m ³	393 lx	200 lx	193 lx
Uus puhuriruum	37 m ²	111.26 m ³	839 lx	200 lx	639 lx
SBR mahutite pealne ruum koos käiguteed	201 m ²	602.61 m ³	460 lx	200 lx	260 lx

Reviti kasutamisel täpsete ja põhjalike valgustusarvutuste teostamisel projekteerimise raames tuleks täpsemalt uurida arvutusmetoodikat ja selle kokkusobivust Eestis kehtivate standarditega.

Lisaks arvutuslikule tulemusele on võimalik valgustust ka visualiseerida. Selle jaoks ei tohi renderamine toimuda mudelis, kuhu valgustid on sisestatud seotud mudelina (*Linked Model*), vaid valgusti peab olema olemasolevas projektis (*Existing Project*). Seda selletõttu, et projekti sidumisega ei võeta valgusti valgusallikat (*Light Source*) kaasa. Juhul, kui ruumi geomeetria on mudelisse seotud osamudelina (*Linked Model*), peab see

osamudel olema seatud ruumi piiritlevaks (*Room Bounding*). Valgustuse visualiseerimist illustreerib Joonis 21, mis kujutab uue puhuriruumi valgustust visualiseerimise tulemusena.



Joonis 21. Uue puhuriruumi valgustus visualiseerimise tulemusena.

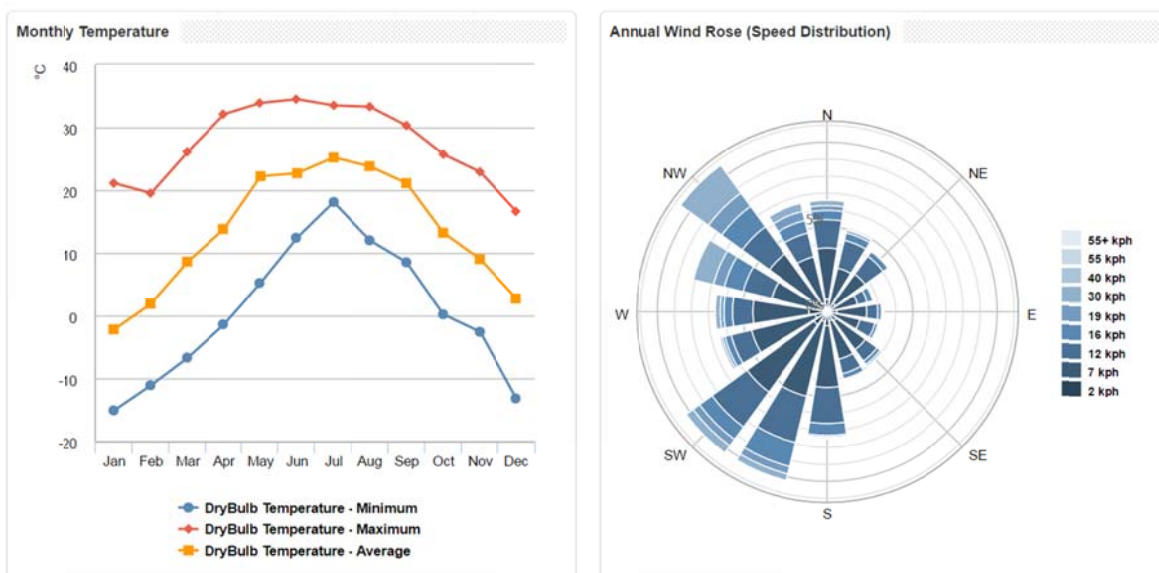
5.2 Soojuskoormuse analüüs

Magistritöö koostamise raames teostati Märjamaa reoveepuhastile projekteeritud uuele tehnohoonele soojuskoormuse analüüs. Soojuskoormuse analüüs teostati AutoDesk Green Building Studio veebikeskkonnas. Selleks tuli mudel eksportida (*Export*) *.gbXML formaati, mis võimaldab vahetada hoone informatsiooni erinevate hoone disaini- ja insenerarvutuste tarkvarade vahel [98]. Mudeli fail laeti üles tarkvara veebikeskkonda, kus tuli täpsustada ka hoone asukoht interaktiivse kaardi peal. Seejärel koostas veebikeskkond saadud info põhjal hoone soojuskoormuse analüüsi. Lisaks teostati alternatiivsete hoonete soojuskoormuse analüüsid, muutes hoone paiknemist ilmakaarte suhtes, hoone

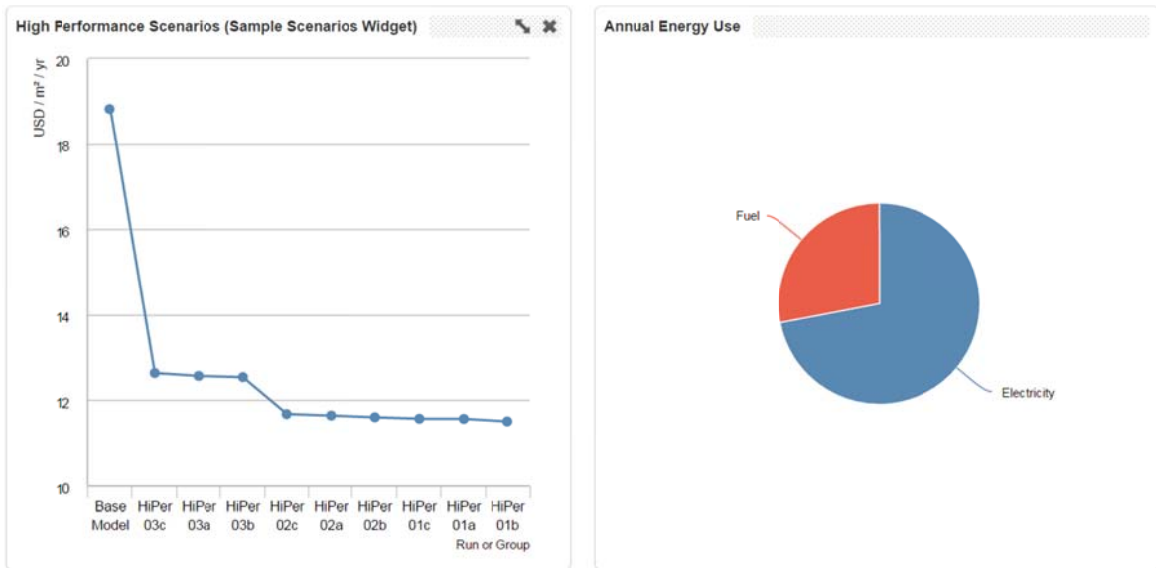
kasutusaega, välispiirete soojuseri juhtivust, infiltratsiooni ning mitmeid muid näitajaid. Kuna antud analüüse on võimalik teha projekteerimise varajastes staadiumites, saab nende tulemusel teha edasisi otsuseid projekteerimise tulemuse parendamiseks. Teostatud soojuskoormuse analüüsile lisaks genereeriti veebikeskkonnas 152 alternatiivi [99].

Veebikeskkonnas on võimalik soojuskoormuse analüüsi ja selle alternatiive põhjalikult visualiseerida ja uurida. Joonistel 22-26 on kujutatud soojuskoormuse analüüsi tulemuste graafikud, mis saadakse ka siis, kui soojuskoormuse analüüsi teostatakse otse Revitis. Seljuhul imporditakse fail veebikeskkonda automaatselt ning tulemused esitatakse vastavate graafikute näol Revitis. Erinevalt veebikeskkonnale, pole Revitis võimalik eraldi sätestada seda, kuidas andmeid visualiseerida soovitakse.

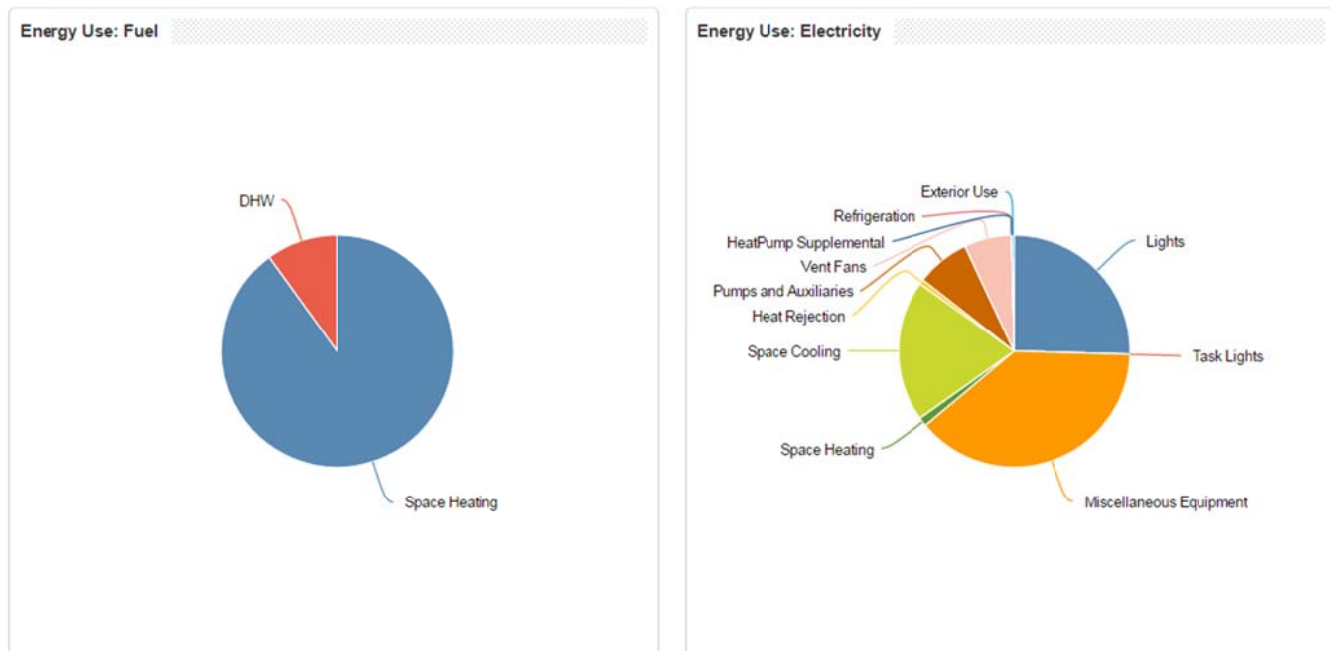
Reviti kasutamisel täpsete ja põhjalike soojuskoormuse analüüsi teostamisel projekteerimisel tuleks täpsemalt uurida arvutusmetoodikat ja selle kokkusobivust Eestis kehtivate standarditega.



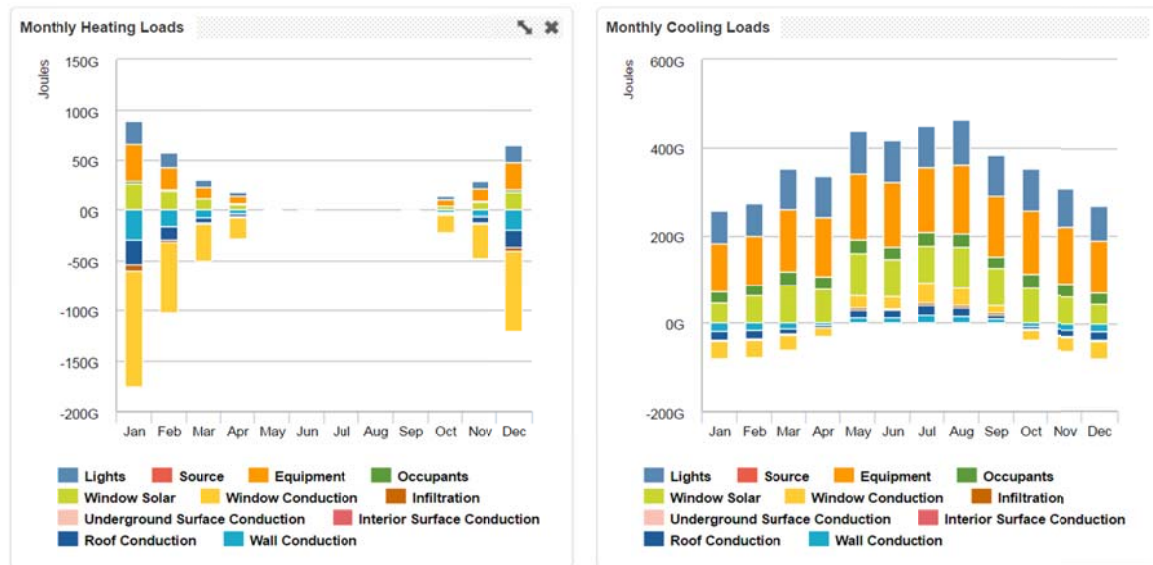
Joonis 22. Aasta temperatuur ja tuule jaotis [100].



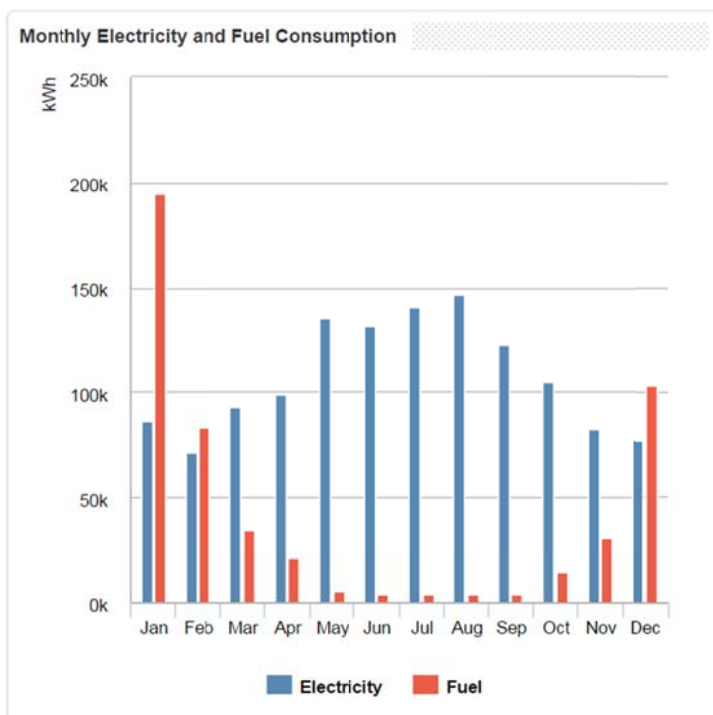
Joonis 23. Alternatiivide võrdlus ja aastane energiatarve [100].



Joonis 24. Kütuse ja elektrienergia kuluartiklid [100].



Joonis 25. Kütte- ja jahtuskuluartiklid aasta lõikes [100].



Joonis 26. Elektrienergia ja kütuse kulu aasta lõikes [100].

6 Tulemused

Lõputöö tulemusena valmis Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti 3D mudel, mis hõlmab järgmiseid hooneid: olemasolev reoveepuhasti, olemasolev MRP 1000 rõngasmahuti, projekteeritud reoveepuhasti laiendus ning kompostimise varjualune. Mudel võimaldab kogu hoonekompleksi elutsükli vältel genereerida hoonest vajalikke plaane, lõikeid, vaateid, 3D jooniseid ning uuendada mudelis olevat infot. Samuti on võimalik teostada mudelprojekteerimise tööriistadega hoonete kohta arvutusi ja analüüse.

Mudeli koostamise jaoks loodi 2D jooniste ning piltide põhjal 28 detaili ja seadme perekonna 3D mudel. Lisaks koostati 23 seadme perekonna 3D mudel tootja 3D mudelite alusel. Kokku moodustavad need Reviti perekondade raamatukogu, mille abiga on võimalik käesoleva töö raames modelleeritud tehnoloogilise hoonega sarnaste hoonete modelleerimine. Mudelit on võimalik kasutada reoveepuhasti ning tema tehnoloogia tutvustamiseks.

Hoonest koostati kõigile osapooltele mõistetavad visualiseeritud 3D välis- ja sisevaated.

Töö käigus on testitud Revit 2016 tarkvara kasutusvõimalusi tehnoloogilise hoone detailideni mudeldamisel ja leitud arendamist vajavad suunad tarkvara tööriistade arsenalis.

Töö autor omandas heal tasemel tehnoloogilise hoone ja tehnosüsteemide modelleerimise kogemuse, mille käigus leiti ka lähteprojektist erinevate eriosade vahel vastuolusid, mis said tänu 3D mudeli koostamisele ka õigeaegselt kõrvaldatud.

Lõputöö teostamine andis praktilise kogemuse ja ülevaate 3D-projekteerimise eelistest ning puudustest 2D-projekteerimise ees.

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli koostada Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti 3D mudel projekteerimise käigus koostatud 2D jooniste põhjal. 3D mudeli koostamise algandmetena kasutati AS Infragate Eesti poolt 2015. aasta lõpus ja 2016. aasta alguses koostatud Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projektdokumentatsiooni ja olemasoleva Märjamaa reoveepuhasti projektdokumentatsiooni, mis on koostatud OÜ Biotek Projekt poolt 2008. aastal.

Käesoleva magistritöö esimeses peatükis on kirjeldatud mudeli koostamise metoodikat. Töö teises peatükis on antud lühiülevaade ehitusinformatsiooni modelleerimisest ja selle ajaloost. Samuti tutvustati mudelprojekteerimise võimalusi, eeliseid kahedimesioonilise projekteerimise ees ning anti ülevaade mudelprojekteerimisest Eestis. Töö kolmandas peatükis on kirjeldatud olemasoleva Märjamaa reoveepuhastit olukorda ja juba koostatud rekonstrueerimisprojekti raames kavandatud rekonstrueerimis- ja juurdeehitustöid. Töö neljandas peatükis on kirjeldatud 3D mudeli koostamise protsessi. Sealjuures on esitatud mudeli koostamise lähteandmed, kirjeldatud mudeli ülesehitust ja modelleerimise käigus esinenud probleeme. Välja on toodud 2D projekti konstruktiivse projekti ja eriosade projekti joonistelt leitud konfliktid kommunikatsioonide omavahelise ristumise või kommunikatsiooni ja konstruktsiooni ristumise osas. Mudeli põhjal anti lahendused leitud konfliktide kõrvaldamiseks 2D joonistel. Magistritöö raames koostatud 3D mudeli loomisel kasutatud arvutiprogrammi põhjal kirjeldati programmis automaatsete mahutabelite koostamise tööriistu ja visualiseerimistöriistu ning esitati projekti visualiseerimisjoonised. Töö viiendas peatükis on kirjeldatud mudelis teostatud valgustusarvutuse ning soojuskoormuse arvutuse analüüs. Töö kuuendasse peatükki on koondatud töö tulemused.

Kirjanduse loetelu

- [1] „Mudelprojekteerimise (BIM-projekteerimise) mõisted“. Riigi Kinnisvara AS, 23-nov-2009.
- [2] „What is add-in? - Definition from WhatIs.com“. [Online]. Available at: <http://whatis.techtarget.com/definition/add-in>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [3] „Pistikprogramm“, *Vikipeedia, vaba entsüklopeedia*. 22-märts-2015.
- [4] A. Alt, „Mudelprojekteerimisest“, esitatud Laserskaneerimine ja mudelprojekteerimine, Tartu, 2016.
- [5] „About the IFC File Format | Revit Products | Autodesk Knowledge Network“. [Online]. Available at: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-0D546BEA-6F88-4D4E-BDC1-26274C4E98AC-htm.html>. [Vaadatud: 22-mai-2016].
- [6] „Virtex OÜ“. [Online]. Available at: <http://new.virtex.ee/index.php?action=page.view&id=41>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [7] Veng, „What is a Family?“, *LEARNING REVIT*, 18-veebr-2009. [Online]. Available at: <http://learning-revit.com/what-is-a-family/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [8] „About BIM Objects - NBS National BIM Library“. [Online]. Available at: <http://www.nationalbimlibrary.com/about-bim-objects>. [Vaadatud: 18-mai-2016].
- [9] „Reovee kohtkäitluse ja äraveo eeskiri – Riigi Teataja“. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/425122012008?leiaKehtiv>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [10] „[ÕS] Eesti õigekeelsussõnaraamat ÕS 2013“. [Online]. Available at: <http://www.eki.ee/dict/qs/index.cgi?Q=purgima&F=M>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [11] „render - definition of render in English from the Oxford dictionary“. [Online]. Available at: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/render>. [Vaadatud: 27-mai-2016].
- [12] „What is rendering? - Definition from WhatIs.com“. [Online]. Available at: <http://whatis.techtarget.com/definition/rendering>. [Vaadatud: 27-mai-2016].
- [13] „Riigi Kinnisvara AS > Riigi Kinnisvarast“. [Online]. Available at: <http://rkas.ee/riigi-kinnisvarast>. [Vaadatud: 21-mai-2016].
- [14] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, ja K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons, 2011.
- [15] E. Krygiel ja B. Nies, *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. John Wiley & Sons, 2008.
- [16] C. M. Eastman, „The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design“, *AIA Journal*, 1975.
- [17] „Riigi Kinnisvara AS > COBIM 2012“. [Online]. Available at: <http://rkas.ee/parim-praktika/cobim-2012>. [Vaadatud: 21-mai-2016].
- [18] „AutoCAD“, *Wikipedia, the free encyclopedia*. 02-mai-2016.
- [19] „Autodesk Revit“, *Wikipedia, the free encyclopedia*. 10-mai-2016.
- [20] „Peikko released product catalogue for Revit and AutoCAD“, *Prodlib*, 01-okt-2014. [Online]. Available at: <http://www.prodlib.com/en/peikko-released-product-catalogue-for-revit-and-autocad/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [21] „Ruukki released product catalog for Revit“, *Prodlib*, 30-märts-2015. [Online]. Available at: <http://www.prodlib.com/en/ruukki-released-product-catalogue-for-revit/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].

- [22] „Victaulic Launches Add-in for Autodesk® Revit® MEP | Victaulic“. [Online]. Available at: <http://www.victaulic.com/en/news-events/news/victaulic-launches-add-in-for-autodesk-revit-mep/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [23] „COINS Auto-Section Box | Revit | Autodesk App Store“. [Online]. Available at: https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=8920075109543819118&appLang=en&os=Win32_64. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [24] „Palladio X BIM WindowsLayout | Revit | Autodesk App Store“. [Online]. Available at: https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=5858157174730080822&appLang=en&os=Win32_64&autostart=true. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [25] „Space Naming Utility | Revit | Autodesk App Store“. [Online]. Available at: https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=855855288022447765&appLang=en&os=Win32_64. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [26] „Autodesk Site Designer Extension for Revit | Revit | Autodesk App Store“. [Online]. Available at: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=7736908368798857578&appLang=en&os=Win64>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [27] „Autodesk Revit - EST materjalide kataloog v2.0 - YouTube“. [Online]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=Lj2TJfPDIJg&list=PLBFF46D1C2ECA0017&index=47>. [Vaadatud: 24-mai-2016].
- [28] „About | MagiCAD | MagiCloud | Progman“, *MagiCAD*. .
- [29] „Free PDF Reader | PDF Viewer Download | Foxit Reader“, *Foxit*. [Online]. Available at: <https://www.foxitsoftware.com/products/pdf-reader/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [30] P. Pent, „BIMaiand“, esitatud Rakvere Targa maja IV konverents, 2014.
- [31] O. Rünk, E. Targo, ja K. Tihase, *Joonestamise ja joonistamise põhikursus*, Teine Ümbertöötatud Trükk. Tallinn: Kirjastus „Valgus“, 1970.
- [32] „1.1 Joonestamis-vahendid - JoonCAD“. [Online]. Available at: <https://sites.google.com/site/jooncad/1-tehniline-joonestamine/1-1-pliiats>. [Vaadatud: 21-mai-2016].
- [33] M. M. M. SARCAR, K. M. RAO, ja K. L. NARAYAN, *Computer Aided Design and Manufacturing*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2008.
- [34] B. A. Myers, *A Brief History of Human-Computer Interaction Tehnology*. 1998.
- [35] „BIM around The world - USA“, *LinkedIn Pulse*, 08-märts-2015. [Online]. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/bim-around-world-usa-stephane-metral-pmbok-prince2>. [Vaadatud: 17-mai-2016].
- [36] K. Hanikat, „Probleeme ehitusala IT arengus“.
- [37] S. Saidla, „Eesti BIM Kompetentsikeskuse blogi: BuildingSMART Nordic ja Eesti avatud BIM ümarlaud“, *Eesti BIM Kompetentsikeskuse blogi*, 10-märts-2012. .
- [38] J. Banks, „There are Four BIM Flavors“, *Shoegnome*, 31-jaan-2013. [Online]. Available at: <http://www.shoegnome.com/2013/01/31/there-are-four-bim-flavors/>. [Vaadatud: 22-mai-2016].
- [39] „BIM Tools Matrix“. BIM FORUM.
- [40] „Revit Timeline (W.I.P.)“. [Online]. Available at: [http://forums.augi.com/showthread.php?20803-Revit-Timeline-\(W-I-P-\)](http://forums.augi.com/showthread.php?20803-Revit-Timeline-(W-I-P-)). [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [41] „A Brief History of BIM“, *ArchDaily*, 07-dets-2012. [Online]. Available at: <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim/>. [Vaadatud: 13-mai-2016].
- [42] D. Light, „Revit : What’s new in Autodesk Revit 2013?“, *Revit*, 27-märts-2012. .
- [43] D. Light, „Revit : What’s new in Revit 2014?“, *Revit*, 26-märts-2013. .

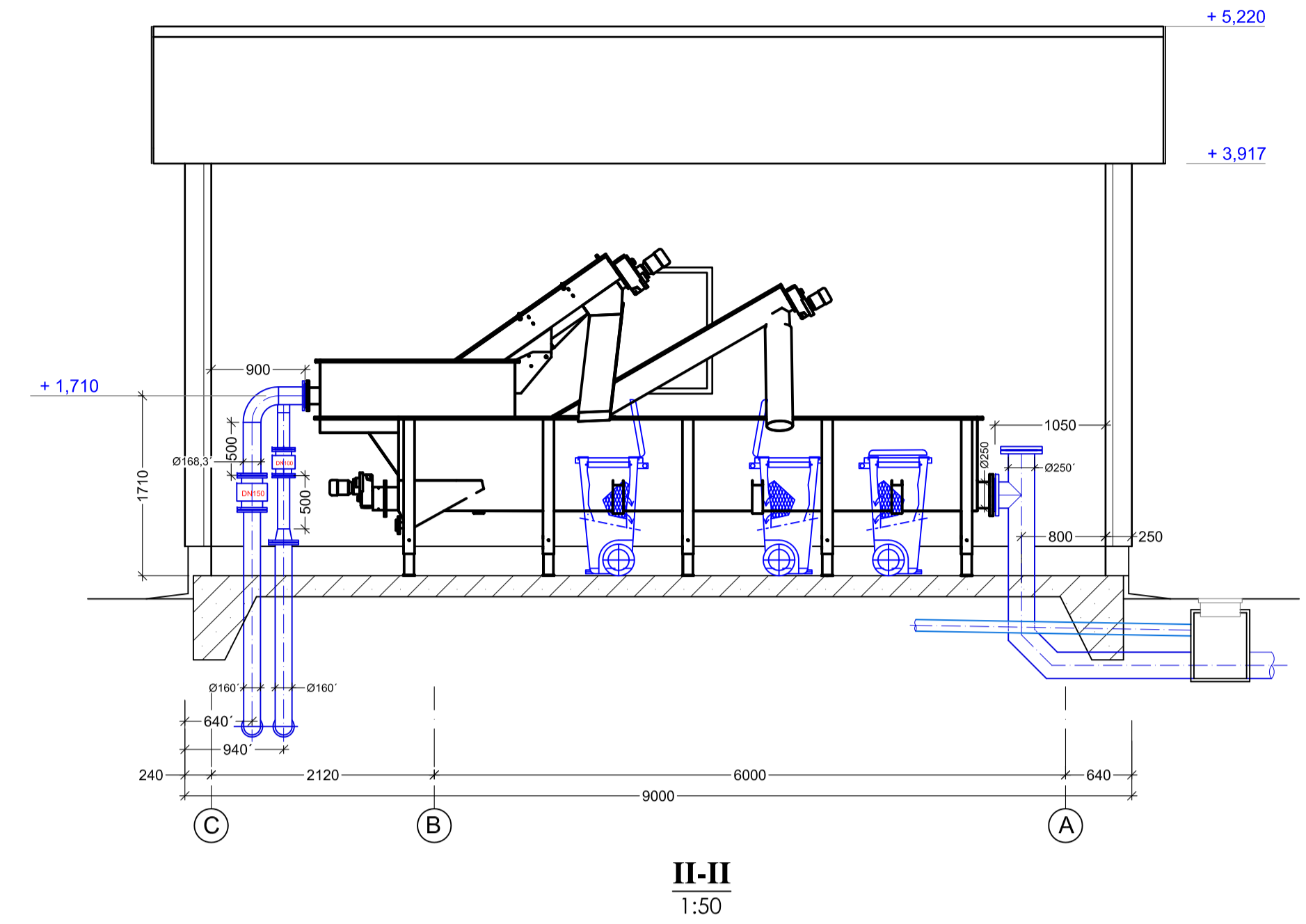
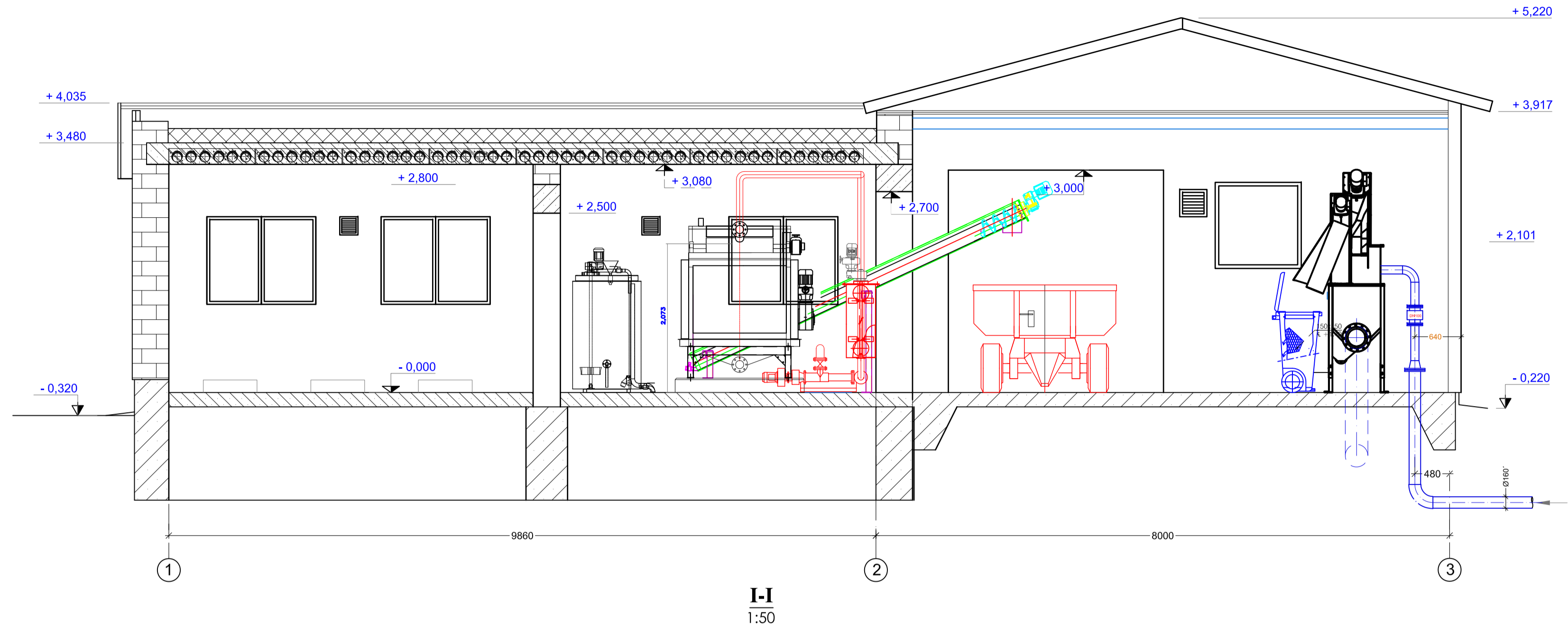
- [44] „Autodesk - Investor Relations - News Release“. [Online]. Available at: <http://investors.autodesk.com/phoenix.zhtml?c=117861&p=irol-newsArticle&ID=261618>. [Vaadatud: 18-mai-2016].
- [45] Steve, „Revit OpEd: New Feature List for Revit 2015“, *Revit OpEd*, 27-märts-2014. .
- [46] „What’s new in Revit 2016?“, *Cadline Community*. [Online]. Available at: <http://www.cadlinecommunity.co.uk/hc/en-us/articles/202876341-What-s-new-in-Revit-2016->. [Vaadatud: 25-mai-2016].
- [47] „Mudelprojekteerimise juhend“. Riigi Kinnisvara AS, 31-jaan-2013.
- [48] M. F. Hergunsel, „Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM Based Scheduling“. [Online]. Available at: <http://m.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042011-135239/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [49] „BIM Games | BIMShift“. .
- [50] W. Yan, C. Culp, ja R. Graf, „Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization“, *Automation in Construction*, kd 20, nr 4, lk 446–458, juuli 2011.
- [51] „Turn your CAD models into navigable 3D environments“, *Revizto*. [Online]. Available at: <https://revizto.com/en/features>. [Vaadatud: 27-mai-2016].
- [52] E. Krygiel ja B. Nies, *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. John Wiley & Sons, 2008.
- [53] A. Lääne, „EstKONSULT kogemus BIMi juurutamisel“, esitatud Ehitusinfo modelleerimise (BIM) juurutamisest Eestis, Tallinn, 2012.
- [54] „The Business Value of BIM“. .
- [55] „The Business Value of BIM in North America“. .
- [56] „The Business Value of BIM in China“. .
- [57] „The Business Value of BIM in Australia and New Zealand“. .
- [58] S. Azhar, „Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry“, *Leadership and Management in Engineering*, kd 11, nr 3, lk 241–252, 2011.
- [59] Editor, „What is BIM - An Overview“, *My BIM Project*, 30-juuli-2014. .
- [60] J. Rass, „BIM Tehnoloogia kasutusse“, esitatud Rakvere Targa maja IV konverents, 2014.
- [61] „Kolmemõõtmeline mudel muudab ehitamise odavamaks“. [Online]. Available at: <http://tv3play.tv3.ee/sisu/seitsmesed-uudised-2014/454585>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [62] T. Saarmann, „Maksumaksja raha raiskamise ehituses saab lihtsalt lõpetada“, 14-okt-2014.
- [63] „BIM | BIM põhitõed - MIS on BIM?“. [Online]. Available at: <http://www.3dekspert.ee/bim/#01>. [Vaadatud: 21-mai-2016].
- [64] „The Business Value of BIM in Major Global Markets“. .
- [65] B. Ernstom, D. Hanson, D. Hill, J. Jarboe, M. Kening, D. Nies, D. Russel, L. Snyder III, ja T. Webster, „The contractors guide to BIM edition 1“. AGC.
- [66] „EESTI EDULOOD.“, esitatud BIM SUMMIT 2016, 2016.
- [67] K. Uibo, „BIM uuring Eestis 2015“, esitatud BIM SUMMIT 2016, 2016.
- [68] „Buy Autodesk Software | Autodesk Official Online Store“. [Online]. Available at: <http://www.autodesk.eu/store>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [69] „3D Ekspert - HINNAD, TELLIMINE“. [Online]. Available at: <http://www.3dekspert.ee/hinnakiri/>. [Vaadatud: 11-mai-2016].
- [70] Ü. Mõttus, „Tellija koostöökogemus BIM-platvormiga“, 10-veebr-2014.
- [71] M. Hiir, „Eestis kasutatav projekteerimistarkvara“, 26-nov-2009.
- [72] M. Hiir, „Projekteerimistarkvara uuringu kokkuvõte 2010“. 15-juuni-2010.

- [73] M. Hiir, „Projekteerimistarkvara kasutus Eestis“, 24-mai-2011.
- [74] „Eesti Äritarkvara Liit - Uudised - Projekteerimistarkvara kasutuse uuring 2012“. [Online]. Available at: <http://www.tarkvaraliit.ee/et/Uudised/206/projekteerimistarkvara-kasutuse-uuring-2012/>. [Vaadatud: 17-mai-2016].
- [75] „Eesti Äritarkvara Liit - Uudised - PROJEKTEERIMISTARKVARA JA BIM TEHNOLOOGIA KASUTUSE UURING EESTIS AASTAL 2013“. [Online]. Available at: <http://www.tarkvaraliit.ee/et/Uudised/211/projekteerimistarkvara-ja-bim-tehnoloogia-kasutuse-uuring-eestis-aastal-2013>. [Vaadatud: 17-mai-2016].
- [76] „PROJEKTEERIMISTARKVARA JA BIM TEHNOLOOGIA KASUTUSE UURING EESTIS AASTAL 2014“. Äritarkvara Liid, mai-2014.
- [77] „PROJEKTEERIMISTARKVARA JA BIM TEHNOLOOGIA KASUTUSE UURING EESTIS AASTAL 2015“. ET Infokeskuse ja Usesofti.
- [78] R. Aripmann, „Mudeli kontroll ning kasutamine ehituses“, esitatud BIM Summit 2016, 2016.
- [79] „Tutvustus | Tartu Arhitektuuribüroo“. [Online]. Available at: <http://www.arhpro.ee/tutvustus>. [Vaadatud: 19-mai-2016].
- [80] K. Paal, „MUDELPROJEKTEERIMINE MERKO E HITUSES“.
- [81] N. E. Group, „Nordic Engineering Group- architecture, design, BIM and laserscan | Teenused“.
- [82] „Melior Projekt | BIM Elektiprojekteerimine“, *Melior Projekt*. [Online]. Available at: <http://meliorprojekt.ee/>. [Vaadatud: 19-mai-2016].
- [83] „MARU - Projekteerimine“. [Online]. Available at: <http://maru.ee/ee/maru-ehitus/tegevusalad/projekteerimine>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [84] „Eesti“. [Online]. Available at: <http://novarc.ee/kontakt/eesti/>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [85] „Gravicon EE“. [Online]. Available at: <http://www.gravicon.ee/index.html>. [Vaadatud: 21-mai-2016].
- [86] OKIA, „Üldehitus — Merko“.
- [87] OKIA, „Põhja-Eesti Regionaalhaigla ehitustööd — Merko“.
- [88] „Ehitus : [ajalehe Äripäev lisa] 11 veebruar 2014 — DIGAR Eesti ajalehed“. [Online]. Available at: <http://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=apehitus20140211.2.1#>. [Vaadatud: 19-mai-2016].
- [89] J. Pärtna, „Laserskaneerimine“, esitatud Laserskaneerimine ja mudelprojekteerimine, Tartu, 2016.
- [90] K. Kärmas, „Tehnoloogia, seadmete ja puhastusprotsessi automaatjuhtimise osa seletuskiri“. AS Infragate Eesti, 2016.
- [91] M. Taklai, J. Vene, ja T. Särgava, „Märjamaa asula reoveepuhasti rekonstrueerimine“. OÜ Biotek, 2007.
- [92] K. Kärmas, „Märjamaa alevi reoveepuhastuse rekonstrueerimise alternatiivide analüüs“. AS Infragate Eesti, 2015.
- [93] A. Maastik, *Veekaitse põllumajanduses*. Tallinn: Valgus, 984.
- [94] „Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed – Riigi Teataja“. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/104122012001>. [Vaadatud: 20-mai-2016].
- [95] A. Alt, E. R. Parts, K. Kroon, S. Saidla, ja E. Pikas, „Mudelprojekteerimise projektijuhi kvaliteedikäsiraamatu koostamine Lisa 2 Rakenduskava alusfail“. Ehitusteaduskond Tallinna Tehnikakõrgkool, nov-2014.

- [96] Tõnu Rausberg, I. Stern, ja J. Viljamaa, „Märjamaa asula reoveepuhasti“. TA-Konsult OÜ, 2016.
- [97] „Tehniline informatsioon“ . .
- [98] „About gbXML Green Building XML Schema“. [Online]. Available at: http://www.gbxml.org/About_GreenBuildingXML_gbXML. [Vaadatud: 24-mai-2016].
- [99] „Energy Analysis Software | Green Building Studio | Autodesk“. [Online]. Available at: <http://www.autodesk.com/products/green-building-studio/overview>. [Vaadatud: 24-mai-2016].
- [100] „Green Building Studio Dashboard“. [Online]. Available at: <https://gbs.autodesk.com/Dashboard/Web/Dashboard/edit/1384>. [Vaadatud: 24-mai-2016].
- [101] „Solibri Model Viewer“, *Solibri* . .
- [102] „Downloads | teklabimsight.com“. [Online]. Available at: <https://www.teklabimsight.com/download>. [Vaadatud: 18-mai-2016].
- [103] „Tekla Field3D on the App Store“, *App Store*. [Online]. Available at: <https://itunes.apple.com/us/app/tekla-field3d/id868034113?mt=8>. [Vaadatud: 21-mai-2016].
- [104] „Tekla Field3D“, *Google Play*. [Online]. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tekla.field3d&hl=en>. [Vaadatud: 20-mai-2016].

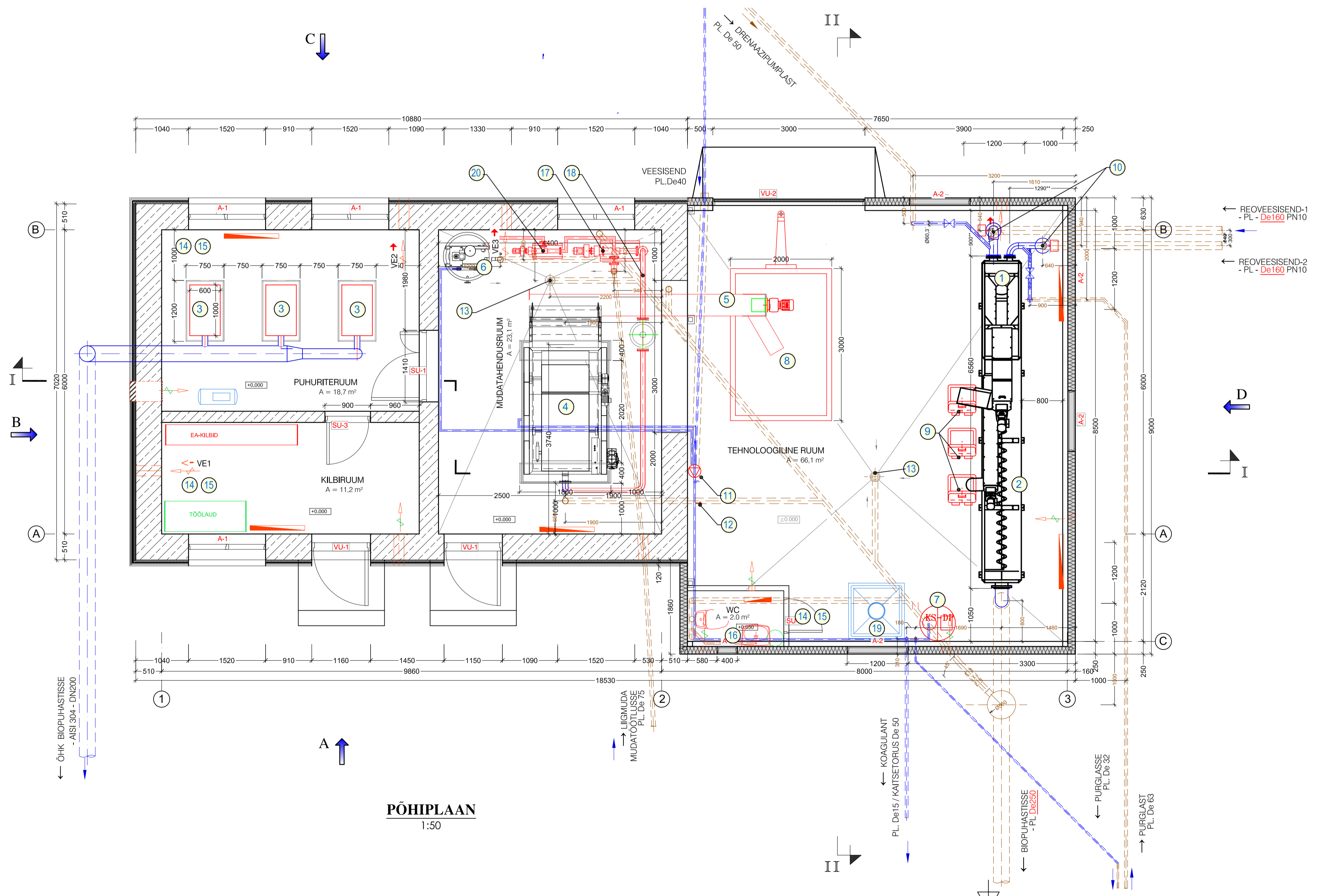
Lisad

ETAPP	KUUP.	KIRJELDUS
a	20.05.07	EELPROJEKT KOOSKÖLASTUSEKS
b	20.08.07	TÖÖPROJEKT KOOSKÖLASTUSEKS
c	15.01.08	HOONE KONSTRUKTSIOONI MUUDATUS



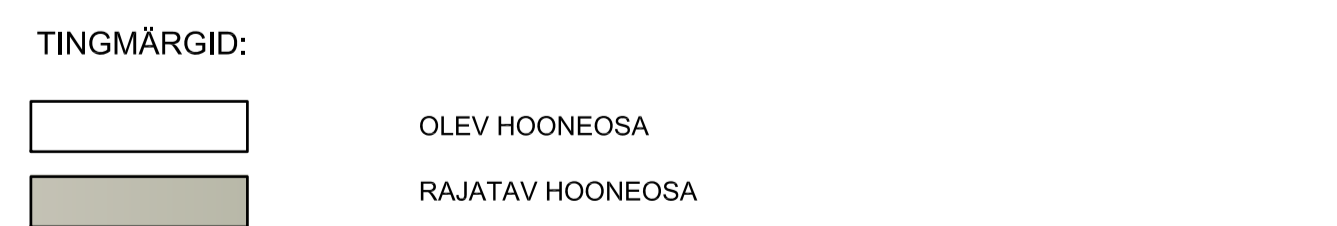
I-I
1:50

II-II
1:50



PÕHIPLAAN
1:50

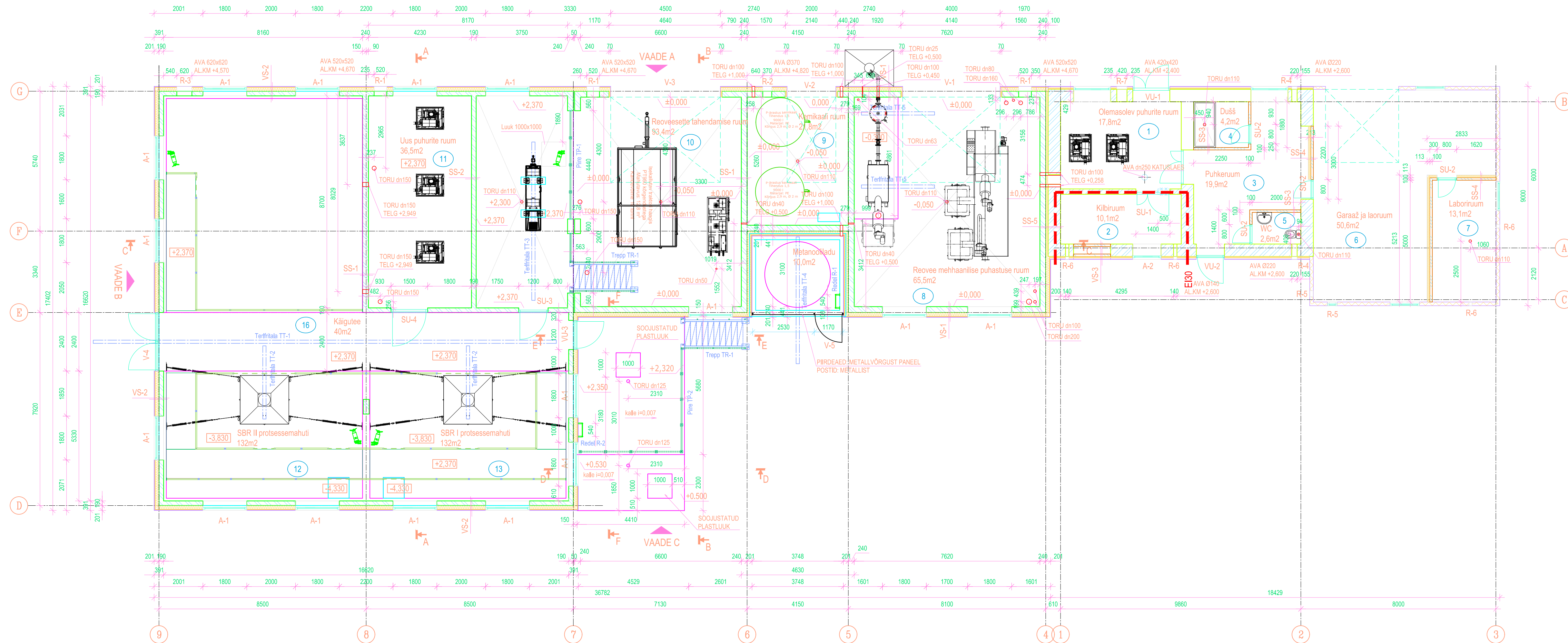
POS.	NIMETUS	ÜHIK	KOGUS	MÄRKUSED
1	MEHHAANILINE VÕRE	TK.	1	
2	LIVASEPARAATOR	TK.	1	
3	ÕHUPUHUR	TK.	3	
4	JÄÄKMUDATAHENDI - FILTERPRESS	TK.	1	
5	TAHENDATUD JÄÄKMUDA KONVEIER	TK.	1	
6	POLÜMEERISEADE	TK.	1	
7	KOAGULANDISEADE	TK.	1	DOSAATOR+MAHUTI 500L
8	TAHENDATUD JÄÄKMUDA VEOK	TK.	1	
9	JÄÄTMEKONTEINER	TK.	1	
10	KULUMÕTUR	TK.	1	
11	VEESEADE	TK.	1	
12	PESIVOOLIK	TK.	2	
13	PÕRANDATRAPP	TK.	2	
14	VENTILATSIOON	TK.	5	VASTAVALT RUUMIDELE
15	KÜTE	TK.	5	- " -
16	WC, VALAMU, BOILER 10L	TK.	1	
17	MUDAPUMP	TK.	1	
18	FLOKULAATOR	TK.	1	
19	KOAGULANDI VARUMAHUTI 1000L	TK.	1	



- MÄRKUSED:
- MÕÖDUD JOONISEL ON MM
 - KÕRGSMÄRGID ON SUHTELISED, SEOTUD ASENDIPLAANIGA ± 0.00 = 38.40 m abs.
 - * MÕÖT ON LIGIKAUDNE, TÄPSUSTATAKSE KOHAPEAL KOHA JÄRGI

JOONESTAJA	M.TAKLAI	MT	PROJEKT	RAPLAMA, MÄRJAMAA VALD, MÄRJAMAA ASULA REOVEEPUHASTI EHTIS	PROJEKT NR:	1007	
KONTROLLIJS	J.VENE	JV	KUUP.	02.11.2007	STATUS	TP	
KOOSKÖLASTAJA	X		FILE	VK301...(TH).dwg	MÕÖT	1: 50	
NIMI	TEHNOHOONE PÕHIPLAAN JA LÕIGE						
Biotek Projekt		JOON.NIMETUS		1007 VK 301			
Narva mnt. 150/90 Tallinn 13619		JOON.NR.		LÄBIVATUS			
tel.-fax 6014772; GSM 05041752		1007 VK 301		c			

Kooskõlastuseks



Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimine Märjamaa vald, Rapla maakond		TEHNOHOONE / ARHITEKTUUR 1 KORRUSE PLAAN		1:100
INFRAGATE EESTI AS		Ilona Stern		08.04.2016
TA KONSULT OÜ		Tõnu Rausberg		TA15-28
A02		PP		

Lisa 3 3D mudel

Käesoleva töö raames koostatud järgmised osamudeli asuvad IFC formaadis käesoleva tööga kaasasoleval CD plaadil:

- EK_Olemasolev tehnohoone_IFC_27.05.2016
- V_Olemasolev tehnohoone_IFC_27.05.2016
- EK_Uus tehnohoone konstruktsioon_IFC_27.05.2016
- V_Uus tehnohoone ventilatsioon_IFC_27.05.2016
- EK_MRP 1000_IFC_27.05.2016
- K_Reoveepuhasti_IFC_27.05.2016
- EL_Reoveepuhasti_IFC_27.05.2016
- TEH-Reoveepuhasti_IFC_27.05.2016
- EK_Kompostimisvarjualuse_IFC_27.05.2016
- AS_Teed ja platsid_IFC_27.05.2016
- AS_Olemasolev olukord_IFC_27.05.2016
- Vesi_IFC_27.05.2016
- KOOND_IFC_27.05.2016

Mudeli vaatamiseks on vaja spetsiaalselt tarkvara. Selleks on mitmeid tasuta kui vabavaralisi programme. Tööga kaasasolevale CD plaadile on lisatud kahe vabavaralise programmi Solibri Model Viewer ja TEKLA BIMSIGHT installi failid, mida saab allalaadida ka tootjate kodulehtedelt mis on vastavalt Solibri Model Viewer: <https://www.solibri.com/products/solibri-model-viewer/> ja TEKLA BIMSIGHT <https://www.teklabimsight.com/download> [101], [102]. Mudeleid on võimalik vaadelda ka nutiseadmetes. Selleks sobiv app on Tekla Field3D mis on olemas nii Androidile kui Apple toodetele ning saab allalaadida Apple App Store või Google Play veebikeskkonnast [103], [104].

Lisa 4 Automaatsed mahutabelid

Tabel 4. Reoveepuhasti seinamaterjal.

Seinamaterjal		
Materjal	Pindala	Ruumala
Ceiling Tile 600 x 600	21 m ²	0.20 m ³
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(140 mm betoneeritud)	49 m ²	6.71 m ³
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(190 mm betoneeritud)	139 m ²	26.46 m ³
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(190 mm)	45 m ²	8.53 m ³
Columbia Kivi murtud õõnesplokk(240 mm betoneeritud)	345 m ²	82.86 m ³
Concrete, High Strength	614 m ²	182.06 m ³
Default Wall	34 m ²	1.64 m ³
ESTplast EPS 100	289 m ²	42.48 m ³
ISOVER VKL	432 m ²	5.61 m ³
Katusekatte rullmaterjal	49 m ²	0.14 m ³
PAROC ekstra	5 m ²	0.27 m ³
PAROC WAS 50	554 m ²	70.89 m ³
Profiilplekk	426 m ²	5.54 m ³
Silikaattellis	1 m ²	0.69 m ³
Softwood, Lumber	432 m ²	10.89 m ³
Steel, Paint Finish, Blue	5 m ²	0.07 m ³
STYROFOAM 250 SL-A-N	49 m ²	6.09 m ³
Tsementkiudplaat vast. arh. Seletustele	220 m ²	2.75 m ³
Weber Fibro 3	59 m ²	5.89 m ³
Põranda materjal		
Materjal	Pindala	Ruumala
Concrete, Cast-in-Place gray	1619 m ²	240.34 m ³
Concrete, Cast-in-Place watertight	351 m ²	172.13 m ³
Default Floor	682 m ²	17.78 m ³
ESTplast EPS 120 Perimeeter Pluss	934 m ²	56.02 m ³
Gyproc Rigidur H	29 m ²	0.56 m ³
Killustiku aluskiht, fraktsioon 10-20 E 80MPa	525 m ²	122.43 m ³
KRONOPOL OSB	15 m ²	0.18 m ³
PAROC ekstra	15 m ²	1.47 m ³
STYROFOAM 250 SL-A-N	176 m ²	17.64 m ³

Tabel 5. Reoveepuhasti paneelid ja talad.

Talad	
Nimetus	Kogus
Concrete-Rectangular Beam: 240x390	2
M_Precast-Hollow Core Slab: 1020x265	2
M_Precast-Hollow Core Slab: 1200x265	47
M_Precast-Solid Flat Slab: 580x200	1
M_Precast-Solid Flat Slab: 890x200	3
M_Precast-Solid Flat Slab: 1000x200mm	3
M_Precast-Solid Flat Slab: 1200x200mm	11
M_W Shapes: IPE270	7
M_W Shapes: W310X38.7	1
Miscellaneous Channel: C200X12.6	10
Rectangular Steel Angle: 150x150x15RSA	1
Rectangular Steel Angle: L80x125x8	11
Rectangular Steel Angle: L125x80x8	7
Rectangular Steel Angle: L200x150x12	2
Square Hollow Section: 80x80	1
T-11: T-11	1
Welded_Grating_11263: 0-3/4"x3/16" (19-4) 2_3238.1	2
Welded_Grating_11263: 0-3/4"x3/16" (19-4) 2_5623	1
Welded_Grating_11263: 0-3/4"x3/16" (19-4) 2_8030	2
Tõsteseadmed	
Nimetus	Kogus
Vanker ja käsitali	7

Tabel 6. Reoveepuhasti lammutus.

Lammutus			
Seinad			
Material	Pindala	Ruumala	
ISOVER VKL	2 m ²	0.02 m ³	
PAROC eXtra	2 m ²	0.08 m ³	
Silikaattellis	3 m ²	1.13 m ³	
Softwood, Lumber	2 m ²	0.07 m ³	
Steel, Paint Finish, Blue	2 m ²	0.02 m ³	
Weber Fibro 3	6 m ²	0.57 m ³	
Lagi			
Material	Pindala	Ruumala	
Gyproc Rigidur H	5 m ²	0.09 m ³	
KRONOPOL OSB	2 m ²	0.03 m ³	
PAROC eXtra	2 m ²	0.23 m ³	
Põrand			
Material	Pindala	Ruumala	
Default Floor	2 m ²	0.05 m ³	
Uksed			
Nimetus	Kogus	Laius (mm)	Kõrgus (mm)
VMV-1	1	3000	3500
VU-2	2	1150	2200
VMSU-2	1	700	2075
VMSU-3	1	750	2075
Aknad			
Nimetus	Kogus	Laius (mm)	Kõrgus (mm)
VMA2	1	1150	1250

Tabel 7. Reoveepuhasti avatäited.

Uksed			
Nimetus	Kogus	Laius	Kõrgus
Plastluuk	4	1000	700
Plastluuk	1	1000	800
Plastluuk	1	2000	1800
Plastluuk	10	1000	1000
SU-1	1	1400	2100
VU-1	1	1520	2200
V-1	1	4000	3500
V-2	1	2000	3500
V-3	1	4500	3500
V-6	1	3000	3500
VU-2	1	1150	3500
SU-2	4	750	2220
SU-3	1	1150	2075
SU-4	1	1450	2075
VU-3	1	1150	2230
Metallluuk	2	1000	1000
V-4	1	2400	2900
Aknad			
Nimetus	Kogus	Laius	Kõrgus
A1	16	1800	1200
A2	1	1150	1250

Tabel 8. Kompostimisvarjualuse ehitusmaterjal.

<Kompostimisvarjualuse ehitusmaterjal>				
A	B	C	D	E
Family and Type	Material: Name	Count	Material: Area	Material: Volume
Basic Roof: Katuseplekk	Steel, Paint Finish, Blue	1	2258 m ²	338.76 m ³
Basic Wall: Kompostimisplatsibetoonsein	Concrete - Precast Concrete - 35 MPa	5	480 m ²	96.09 m ³
Basic Wall: Kompostimisplatsiplekksein	Steel, Paint Finish, Blue	3	1013 m ²	18.24 m ³
Kergroov: LP 250-2,0/350	Metal - Steel - 345 MPa	22	1214 m ²	1.30 m ³
M_Footing-Rectangular: 1400x1000x600	Concrete, Cast-in-Place gray	30	170 m ²	25.20 m ³
M_Footing-Rectangular: 1400x1400x600	Concrete, Cast-in-Place gray	4	29 m ²	4.70 m ³
M_Footing-Rectangular: 2000x2000x400	Concrete, Cast-in-Place gray	14	157 m ²	22.40 m ³
M_Footing-Rectangular: 4200 x 1000 x 400mm	Concrete, Cast-in-Place gray	20	435 m ²	67.20 m ³
M_HSS Rectangular-Column: 500x500	Steel, 45-345	34	1194 m ²	9.48 m ³
M_Light_Gauge-Zees-Canam-Girt_Purlin: Kergroov LP Z15	Metal - Steel - 345 MPa	13	319 m ²	0.32 m ³
Square Hollow Section: 100x100	Metal - Steel - 345 MPa	30	145 m ²	0.36 m ³
Square Hollow Section: 120x120	Metal - Steel - 345 MPa	289	1285 m ²	3.21 m ³

Tabel 9. Tehnoloogilise osamudeli torustikud.

<Torud>		
A	B	C
Material	Diameeter	Pikkus
PE	10.0 mm	104.01
PE	15.0 mm	1.85
PE	20.0 mm	0.39
PE	25.0 mm	32.46
PE	32.0 mm	11.23
PE	40.0 mm	60.10
PE	50.0 mm	12.11
PE	75.0 mm	17.46
PE	90.0 mm	177.38
PE	160.0 mm	89.64
PE	200.0 mm	55.98
Polyvinyl Chloride - Rigid	50.0 mm	3.01
Polyvinyl Chloride - Rigid	110.0 mm	65.06
Polyvinyl Chloride - Rigid	150.0 mm	0.25
Polyvinyl Chloride - Rigid	200.0 mm	14.68
Polyvinyl Chloride - Rigid	250.0 mm	14.99
Polyvinyl Chloride - Rigid	300.0 mm	108.79
Stainless Steel	50.0 mm	30.60
Stainless Steel	65.0 mm	36.04
Stainless Steel	80.0 mm	39.38
Stainless Steel	100.0 mm	109.81
Stainless Steel	150.0 mm	58.38
Stainless Steel	200.0 mm	31.62
Stainless Steel	250.0 mm	4.35

Tabel 10. Tehnoloogilise osamudeli toruühendused.

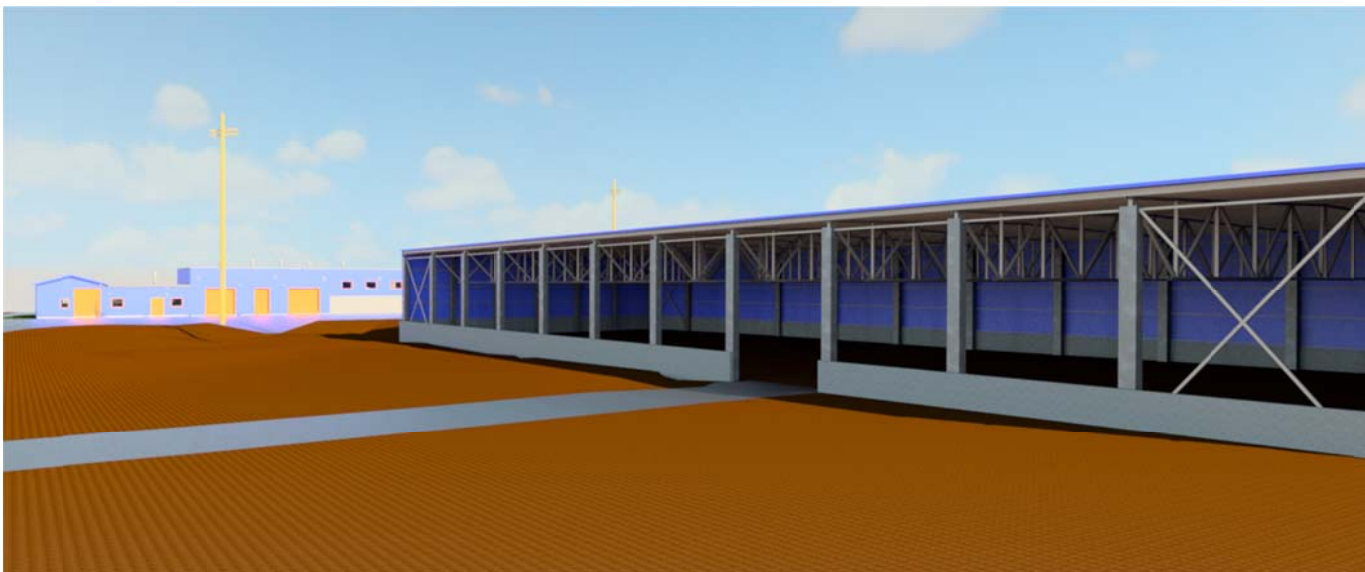
Suurus	Nurk	Tüüp	Kogus
AISI 316 põlv			
50 mmø-50 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	16
65 mmø-65 mmø	45.00°	AISI 316 põlv	1
65 mmø-65 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	5
80 mmø-80 mmø	45.00°	AISI 316 põlv	2
80 mmø-80 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	10
100 mmø-100 mmø	45.00°	AISI 316 põlv	4
100 mmø-100 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	44
150 mmø-150 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	24
200 mmø-200 mmø	45.00°	AISI 316 põlv	2
200 mmø-200 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	9
250 mmø-250 mmø	90.00°	AISI 316 põlv	2
AISI üleminek			
90 mmø-80 mmø		AISI üleminek	1
100 mmø-50 mmø		AISI üleminek	2
100 mmø-80 mmø		AISI üleminek	2
150 mmø-80 mmø		AISI üleminek	4
200 mmø-100 mmø		AISI üleminek	2
250 mmø-200 mmø		AISI üleminek	1
300 mmø-250 mmø		AISI üleminek	1
ABS Nopon PIK 300			
10 mmø		ABS Nopon PIK 300	318
90 mmø-90 mmø-90 mmø		Aeraatori ühendus	368
PermaCap			
10 mmø		PermaCap	50
AISI 316 kolmik			
50 mmø-50 mmø-50 mmø		AISI 316 kolmik	1
65 mmø-65 mmø-65 mmø		AISI 316 kolmik	1
80 mmø-80 mmø-80 mmø		AISI 316 kolmik	5
100 mmø-100 mmø-80 mmø		AISI 316 kolmik	1
100 mmø-100 mmø-100 mmø		AISI 316 kolmik	3
150 mmø-150 mmø-100 mmø		AISI 316 kolmik	2
150 mmø-150 mmø-150 mmø		AISI 316 kolmik	5
200 mmø-200 mmø-150 mmø		AISI 316 kolmik	4
200 mmø-200 mmø-200 mmø		AISI 316 kolmik	4
250 mmø-250 mmø-250 mmø		AISI 316 kolmik	1
AISI 316 pime			
200 mmø		AISI 316 pime	4
PE kolmik			
25 mmø-25 mmø-25 mmø		PE kolmik	2
40 mmø-40 mmø-40 mmø		PE kolmik	5
50 mmø-50 mmø-50 mmø		PE kolmik	3
160 mmø-160 mmø-160 mmø		PE kolmik	76

Tabel jätkub järgmisel lehel

Tabel jätkub

Suurus	Nurk	Tüüp	Kogus
PE põlv			
10 mmø-10 mmø		PE põlv	35
15 mmø-15 mmø		PE põlv	5
20 mmø-20 mmø		PE põlv	5
25 mmø-25 mmø		PE põlv	14
32 mmø-32 mmø		PE põlv	5
40 mmø-40 mmø		PE põlv	25
50 mmø-50 mmø		PE põlv	10
75 mmø-75 mmø		PE põlv	3
90 mmø-90 mmø		PE põlv	10
110 mmø-110 mmø		PE põlv	3
160 mmø-160 mmø		PE põlv	2
200 mmø-200 mmø		PE põlv	21
PE üleminek			
32 mmø-25 mmø		PE üleminek	2
40 mmø-25 mmø		PE üleminek	6
50 mmø-20 mmø		PE üleminek	2
50 mmø-32 mmø		PE üleminek	2
50 mmø-40 mmø		PE üleminek	1
75 mmø-65 mmø		PE üleminek	2
80 mmø-25 mmø		PE üleminek	2
80 mmø-32 mmø		PE üleminek	1
80 mmø-50 mmø		PE üleminek	1
80 mmø-75 mmø		PE üleminek	1
90 mmø-10 mmø		PE üleminek	368
90 mmø-50 mmø		PE üleminek	1
100 mmø-80 mmø		PE üleminek	2
160 mmø-25 mmø		PE üleminek	4
160 mmø-90 mmø		PE üleminek	66
160 mmø-100 mmø		PE üleminek	4
160 mmø-150 mmø		PE üleminek	4
PVC kolmik			
110 mmø-110 mmø-110 mmø		PVC kolmik	5
200 mmø-200 mmø-200 mmø		PVC kolmik	1
PVC põlv			
50 mmø-50 mmø		PVC põlv	5
110 mmø-110 mmø		PVC põlv	4
150 mmø-150 mmø		PVC põlv	1
200 mmø-200 mmø		PVC põlv	4
250 mmø-250 mmø		PVC põlv	1
300 mmø-300 mmø		PVC põlv	3
PVC üleminek			
110 mmø-50 mmø		PVC üleminek	1
150 mmø-110 mmø		PVC üleminek	1

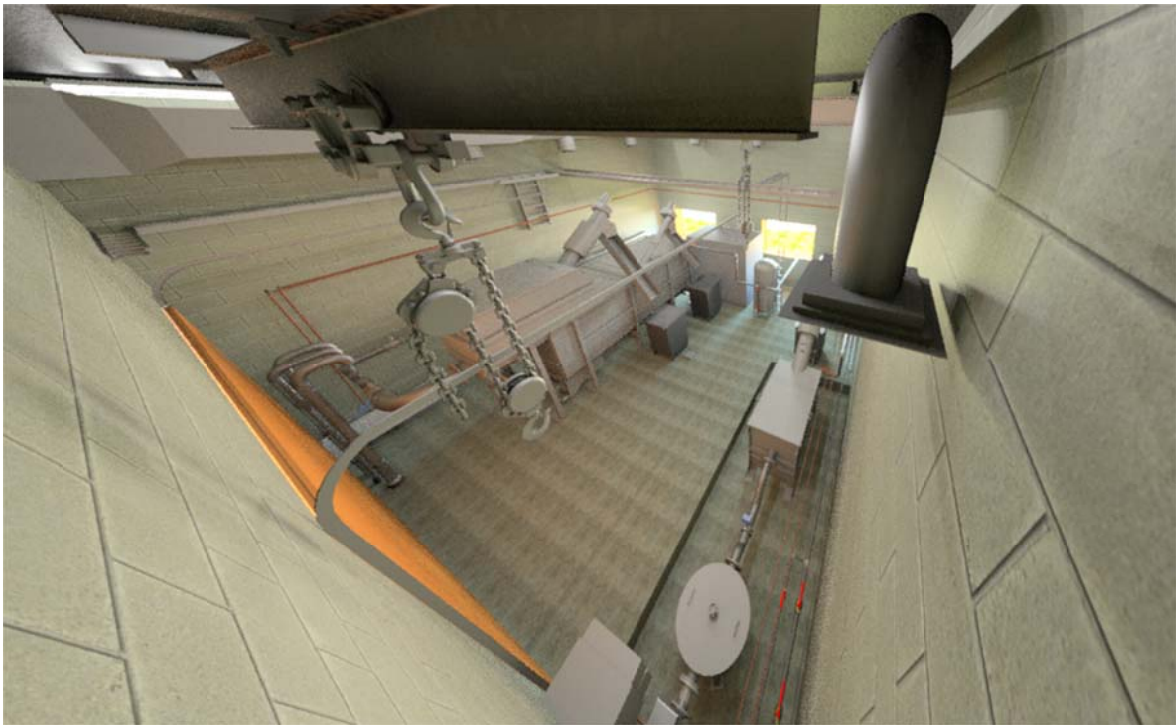
Lisa 5 Visualiseerimispildid



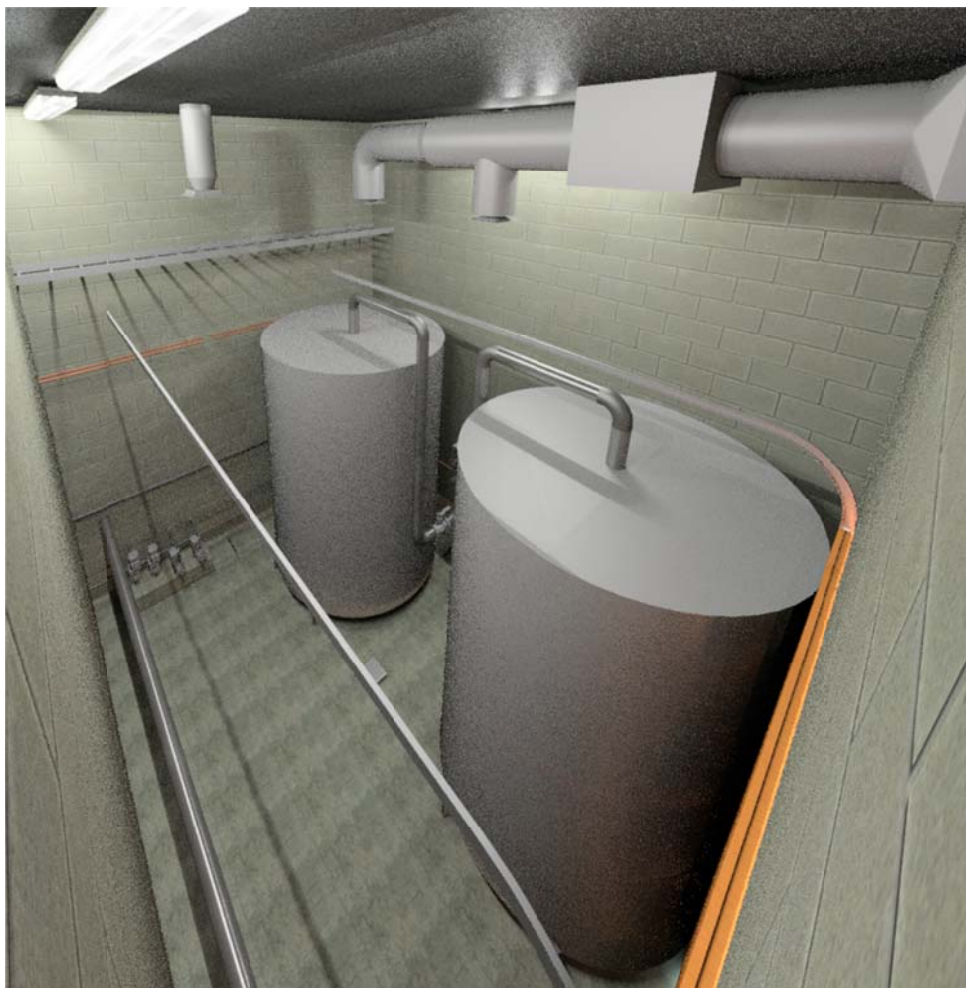
Joonis 27. 3D vaade reoveepuhastile lõunaküljelt.



Joonis 28. 3D vaade reoveepuhastile põhjaküljelt.



Joonis 29. Reovee mehhaanilise ruumi 3D sisevaade.



Joonis 30. Kemikaali ruumi 3D sisevaade.



Joonis 31. Reoveesette tahendamise ruumi 3D sisevaade.



Joonis 32. Uue puhuriruumi 3D sisevaade.



Joonis 33. SBR mahuti pealse ruumi 3D sisevaade.



Joonis 34. SBR mahuti 3D sisevaade.



Joonis 35. Garaaži ja laoruumi 3D sisevaade.



Joonis 36. Laboriruumi 3D sisevaade.



Joonis 37. Puhkeruumi 3D sisevaade, lisavalgustusega.



Joonis 38. Olemasoleva puhuriruumi 3D sisevaade.



Joonis 39. Kilbiruumi 3D sisevaade.

Lisa 6 „Jalutuskäigu“ video

Käesoleva töö raames koostati 3D mudelist video mis on lisatud tööga kaasasolevale CD plaadile

Software - Preliminary Design and Feasibility Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Link
Revit Architecture	Autodesk	Creating and reviewing 3D models	Autodesk® Revit® technology is Autodesk's platform for building information modeling. Built on the Revit platform, Autodesk® Revit® Architecture software is a complete, discipline-specific building design and documentation system supporting all phases of design, from conceptual studies through the most detailed construction drawings, documentation and schedules.	Architectural Modeling and parametric design.	www.autodesk.com
DProfiler	Beck Technology	Conceptual Design and Cost Estimation	The company's flagship program, called DProfiler™, integrates conceptual 3D modeling with cost estimating intelligence enabling project teams to evaluate more alternatives in less time with better clarity before moving into design development	3D conceptual modeling with real-time cost estimating	www.beck-technology.com
Bentley Architecture	Bentley Systems	Creating and reviewing 3D models	Bentley's fully integrated multi-disciplinary products empower architects, structural engineers, civil engineers, electrical engineers, mechanical engineers, energy assessors, site designers, and other professionals to design, analyze, construct and manage buildings of all types and scales.	Architectural Modeling	www.bentley.com
SketchUp Pro	Google	Conceptual 3D Modeling	Google SketchUp Pro is used to quickly create accurate 3D models for pursuit and marketing, preliminary estimation, detailing, site logistics and staging, design and construction validation, sequencing and line-of-sight analysis. It enables collaboration and communication between the various stakeholders on a project.	Conceptual Design Modeling	www.sketchup.google.com
ArchiCAD	Graphisoft	Conceptual 3D Architectural Model	ArchiCAD was the first object oriented BIM Architectural application available in the commercial market, and the only BIM architectural application running on the MAC platform, as well as Windows	Architectural Model Creation	www.graphisoft.com
Vectorworks Designer	Nemetschek	Conceptual 3D Modeling	From design concept to construction documentation and every design phase in between, Vectorworks Designer marries precision 2D drafting and flexible 3D modeling with state of the art technology.	Architectural Model Creation	www.nemetschek.net
Tekla Structures	Tekla	Conceptual 3D Modeling	Tekla Structures is primarily a structural authoring tool, however it is possible to create conceptual models, as well.	A structural 3D Model Application	www.tekla.com
Affinity	Trelligence	Conceptual 3D Modeling	Trelligence Affinity focuses on architectural programming and schematic designs that fast-forward BIM into the pre-design phase, thereby providing both time and room design concept to construction documentation and every design phase in between, Vectorworks Designer marries precision 2D drafting and flexible 3D modeling with state of the art technology.	A 3D Model Application for early concept design	www.trelligence.com
Vico Office	Vico Software	Conceptual 5D Modeling	Vico Office allows GCs to combine BIMs from Revit, Tekla, ArchiCAD, CAD-Duct, and IFC files. The "whole model" (whatever its level of detail) can then be coordinated, scheduled and estimated	5D conceptual model which can be used to generate cost and schedule data	www.vicosoftware.com

Software - BIM Authoring Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Link
Revit Architecture, AutoCAD Architecture	Autodesk	Architecture and site design	Autodesk® Revit® technology is Autodesk's platform for building information modeling. Built on the Revit platform, Autodesk® Revit® Architecture software is a complete, discipline-specific building design and documentation system supporting all phases of design, from conceptual studies through the most detailed construction drawings, documentation and schedules.	Architectural Modeling and parametric design.	www.autodesk.com
Revit Structure	Autodesk	Structural	Same as above, but for Structural design	Structural Modeling and parametric design	www.autodesk.com
Revit MEP, AutoCAD MEP	Autodesk	MEP	Same as above, but for MEP design, modeling to support analysis	MEP modeling	www.autodesk.com
Bentley BIM Suite - Includes MicroStation, Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Building Mechanical Systems, Bentley Building Electrical Systems, Bentley Building Electrical Systems for AutoCAD, Generative Design and Generative Components	Bentley Systems	Multi-discipline	Each discipline-specific application provides an informed work environment to support the design and documentation process throughout all phases of the project lifecycle—from conceptual design and construction documentation to coordination and construction and allow distributed teams to "build as one" within a managed environment. Building Information Modeling (BIM) is a way of approaching the design and documentation of building projects – by modeling and managing not just graphics, but also information. This information allows the automatic generation of drawings and reports, design analysis, schedule simulation, facilities management, and more – ultimately enabling the building team to make better-informed decisions and to produce better buildings. Generative design enables architects and engineers to pursue designs and achieve results that were virtually unthinkable before. Using associative parametrics and computational methods, designers can explore a broad range of "what-if" alternatives for even the most complex buildings, quickly and easily. Prerequisites: MicroStation® v8.5.2 or higher , Microsoft Word & Excel (for reporting), Supports DGN,DWG,DXF, PDF, IFC, SKP,3DS, CIS2,gbXML and more..	Architectural, Structural, Mechanical, Electrical and Generative Components - all within the 3D modeling environment	www.bentley.com
Digital Project	Gehry Technologies	Multi-discipline	Gehry Technologies combined PLM's 3D design and management capabilities with project experience gained with using Dassault Systemes' 3D solutions over the years to create Digital Project, a CATIA-based building information modeling (BIM) system. A platform which combines Dassault Systemes' solutions and dedicated software developed by Gehry Technologies specifically for building industry systems, Digital Project generates a single digital model which can be accessed and modified by all teams participating in the same building projects.	Digital Project Designer is a high-performance 3D modeling tool for architectural design, engineering, and construction. Designer provides an extensive set of tools for creating and managing building information throughout the building lifecycle.	www.gehyrtechnologies.com
Digital Project MEP Systems Routing	Gehry Technologies	MEP	Digital Product Systems Routing is a design application that enables system planners to reserve the space needed for functional and detail layouts of HVAC, raceways, and plumbing. MEP planners can optimize their designs analyzing spatial needs and installation sequences	MEP Design	www.gehyrtechnologies.com
SketchUp Pro	Google	Multi-discipline	Google SketchUp Pro is used to quickly create accurate 3D models for pursuit and marketing, preliminary estimation, detailing, site logistics and staging, design and construction validation, sequencing and line-of-sight analysis. It	3D Architectural and Structural modeling	www.sketchup.google.com

ArchiCAD	Graphisoft	Architecture, MEP and site design	ArchiCAD was the first object oriented BIM Architectural application available in the commercial market, and the only BIM architectural application running on the MAC platform, as well as Windows	3D Architectural Modeling	www.graphisoft.com
Vectorworks	Nemetschek	Architecture	From design concept to construction documentation and every design phase in between, Vectorworks Designer marries precision 2D drafting and flexible 3D modeling with state of the art technology.	3D Architectural Modeling	www.nemetschek.net
Fastrak	CSC (UK)	Structural	Fastrak Building Designer provides the most comprehensive range of solutions available for structural steel building design. The complete physical design model can be created, incorporating timber and concrete members, as well as steel.	3D Structural Modeling	www.cscworld.com
SDS/2	Design Data	Structural	SDS/2 is the only product with the built-in intelligence to automatically design connections using a 3D model with a multitude of options for beams, columns, bracing and joists. A full station of SDS/2 gives you the power to get the job done.	3D Structural Modeling and Detailing	www.dsndata.com
RISA	RISA Technologies	Structural	RISA is a full suite of structural design and analysis applications, in both 2D and 3D.	Full Suite of Structural Design Applications for steel, wood, concrete, and masonry	www.risatech.com
Tekla Structures	Tekla	Structural	Tekla Structures is Building Information Modeling (BIM) software that enables the creation and management of accurately detailed, highly constructable 3D structural models regardless of material or structural complexity. Tekla models can be used to cover the entire building process from conceptual design to fabrication, erection and construction management	3D Structural Modeling, Detailing, Fabrication and Construction Management	www.tekla.com
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	MEP	CADPIPE HVAC provides contractors with the ultimate mechanical drafting tool. This AutoCAD based program has a full range of rectangular, oval, and round fittings. CADPIPE HVAC contains an imperial database based on SMACNA standards and a metric database based on British standards.	3D HVAC Modeling	www.cadpipe.com
MEP Modeler	Graphisoft	MEP	Where the MEP engineer can provide 3D data, architects are able to import the consultants MEP model into ArchiCAD using IFC format. In addition to this generic IFC interface, the MEP Modeler package provides an improved connection with AutoCAD MEP 2008/2009 via IFC, using an export plug-in called ArchiCAD Connection	3D MEP Modeling	www.graphisoft.com
Fabrication for ACAD MEP	East Coast CAD/CAM	MEP	East Coast CAD/CAM, together with Autodesk has developed the first fully embedded fabrication toolset for HVAC and Piping inside AutoCAD MEP software, the version of AutoCAD® software designed specifically for mechanical, electrical and plumbing designers and drafters.	MEP detailed Modeling, for Fabrication	www.eccadcam.com
CAD-Duct	Micro Application Packages Ltd.	MEP	CAD-Duct is a 3D Drafting Software Package that loads as an Application in AutoCAD® or ADT®. The Software provides the Product Libraries and Productivity Tools that allow accurate, detailed Services to be quickly drawn by a competent draftsmen. CAD-Duct contains HVAC, Mechanical, Public Health Fitting and Equipment Libraries based on Leading Manufacturers Products. There are also Electrical Containment and Structural Steel Libraries.	3D MEP detailed Modeling, for Fabrication	www.cadduct.com
DuctDesigner 3D, PipeDesigner 3D	QuickPen International	MEP	QuickPen's state-of-the-art 3D CAD systems extend AutoCAD functionality to provide sheet metal and piping-specific detailing solutions. Increase detailing productivity and accuracy, integrate with fabrication, and reduce costs.	3D MEP detailed Modeling	www.quickpen.com
Trimble® Design Link	Trimble	MEP	Trimble® Design Link extends the usability of sheet metal designs created in AutoCAD® MEP by adding standards driven detail which can be seamlessly exchanged between Vulcan(R) fabrication software, the AutoBid SheetMetal estimating solution, Trimble construction layout systems and collision avoidance & collaboration applications.	3D MEP detailed Modeling	www.quickpen.com
HydraCAD	Hydratec	Fire Protection	HydraCAD is a fully integrated 3D software package specialized toward the design of fire sprinkler systems and is the most complete and integrated CAD package available.	3D Fire Sprinkler Design and Modeling	www.hydratec.com
AutoSPRINK VR	M.E.P. CAD	Fire Protection	AutoSPRINK VR is a stand-alone Fire Sprinkler CAD program for the Microsoft Windows family of operating systems. AutoSPRINK VR requires no additional CAD software; it has its own 3D CAD design engine based on object-oriented technology.	3D Fire Sprinkler Design and Modeling	www.autosprink.com
FireCad	Mc4 Software	Fire Protection	FireCad is a professional software which has been created to design fire net systems, to calculate fire loads and to verify the stability, seal and thermal insulation structure coefficient. The program is able to size the sprinklers and hydrants pipe net in any configuration. It is also able to calculate the pump pressure in any pipe net form. FireCad can effectively simulate the real performance of a fire pipe net.	Fire piping network design and modeling	www.mc4software.com
AutoCAD Civil 3D	Autodesk	Civil & Infrastructure and Site Logistics	AutoCAD Civil 3D uses BIM to help civil engineering project teams evaluate more what-if scenarios earlier in the design process and get transportation, land development and environmental projects done faster and more efficiently.	Site development	www.autodesk.com
PowerCivil	Bentley Systems	Civil & Infrastructure and Site Logistics	PowerCivil for North America automates site design field to finish, with relationship modeling for real-time scenario exploration. Designers, engineers, and surveyors share a single environment.	Site development	www.bentley.com
Site Design Site Planning	Eagle Point	Civil & Infrastructure and Site Logistics	Site Design is a toolkit for situations when a project requires complex site modeling and analysis. Site Planning provides a set of tools that professional landscape architects can use to set up and design elements for a site plan	Site development	www.eaglepoint.com
Synchro Professional	Synchro Ltd.	Site Logistics	Synchro can be used to display and sequence time-based activities to include placement of temporary equipment and material,	Scheduling (4D), sequencing	www.synchro ltd.com

Tekla Structures	Tekla	Site Logistics	Tekla Structures software provides fully detailed models for centralizing essential planning and management data. Construction managers can visualize the building in its 'as-built' condition, locate the task in the building, and show their team the exact way to proceed.	A fully integrated BIM solution based upon a structure-centric approach	www.tekla.com
------------------	-------	----------------	--	---	--

Software - BIM Analysis Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Link
Robot	Autodesk	Structural Analysis	Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional software provides a scalable, country-specific analysis solution for the structural engineer to analyze many types of structures, including buildings, bridges, civil, and specialty structures.	Bi-directional link with Autodesk Revit Structure	www.autodesk.com
Green Building Studio	Autodesk	Energy Analysis	The Autodesk® Green Building Studio® web-based energy analysis service can help architects and designers perform whole building analysis, optimize energy efficiency, and work toward carbon neutrality earlier in the design process.	Measure energy use and carbon footprint	www.autodesk.com
Ecotect	Autodesk	Energy Analysis	Autodesk® Ecotect® Analysis green building software is a comprehensive sustainable analysis tool that delivers a wide range of simulation and analysis functionality through desktop and web-service* platforms.	Weather, energy, water, carbon emission analysis	www.autodesk.com
Structural Analysis/Detailing-(STAAD.Pro, RAM, ProStructures), Building Performance-(Bentley Hevacomp, Bentley Tas)	Bentley Systems	Structural Analysis/Detailing, Quantity Take-off, Building Performance	Bentley's fully integrated multi-disciplinary products empower architects, structural engineers, civil engineers, electrical engineers, mechanical engineers, energy assessors, site designers, and other professionals to design, analyze, construct and manage buildings of all types and scales. Each discipline specific application provides an informed work environment to support the design and documentation process throughout all phases of the project lifecycle—from conceptual design and construction documentation to coordination and construction and allow distributed teams to "build as one" within a managed environment. . Building Information Modeling (BIM) is a way of approaching the design and documentation of building projects – by modeling and managing not just graphics, but also information. This information allows the automatic generation of drawings and reports, design analysis, schedule simulation, facilities management, and more – ultimately enabling the building team to make better-informed decisions and to produce better buildings. Generative design enable architects and engineers to pursue designs and achieve results that were virtually unthinkable before. Using associative parametrics and computational methods, designers can explore a broad range of "what-if" alternatives for even the most complex buildings,	Measure, assess and report building performance.	www.bentley.com
Solibri Model Checker	Solibri	Model Checking & Validation	Solibri Model Checker is a rules-based model checking application. It is possible to check 3D models for an unlimited number of behaviors, from egress analysis to ADA compliance, spatial coordination and spatial validation vs. existing specifications.	Rules-based checking for compliance and validation of all objects in the model	www.solibri.com
VE-Pro	Integrated Environmental Solutions (IES)	Energy & Environmental Analysis	IES offers a wide range of energy-related analytical tools for use on 3D models.	All aspects of energy analysis and simulation in many areas	www.iesve.com
RISA	RISA Technologies	Structural Analysis	Links to Autodesk Revit Structure	Full suite of analysis tools for steel, wood, concrete and masonry	www.risatech.com
Digital Project	Gehry Technologies	Structural Analysis	Digital Project is a suite of tools that include design and analysis of 3D models for structural, mechanical and building behavior.	Comprehensive suite of BIM tools based upon the CATIA CAD engine.	www.gehrytechnologies.com
GTSTRUDL	Georgia Institute of Technology	Structural Analysis	Structural Analysis tool developed at Georgia Tech	Structural Analysis	www.gtstrudl.gatech.edu
Energy Plus	U.S. Department of Energy & LBNL	Energy Analysis	EnergyPlus models heating, cooling, lighting, ventilating, and other energy flows as well as water in buildings.	Energy Simulation	www.apps1.eere.energy.gov
DOE2	Lawrence Berkeley National Lab (LBNL)	Energy Analysis	DOE-2 is a widely used and accepted freeware building energy analysis program that can predict the energy use and cost for all types of buildings.	Energy Simulation	www.doe2.com
FloVent	Mentor Graphics	Air Flow/CFD	FloVENT is a powerful Computational Fluid Dynamics (CFD) software that predicts 3D airflow, heat transfer, contamination distribution and comfort indices in and around buildings of all types and sizes.	Environmental simulation and analysis	www.mentor.com
Fluent	Ansys	Air Flow/CFD	ANSYS FLUENT software contains the broad physical modeling capabilities needed to model flow, turbulence, heat transfer, and reactions for industrial applications ranging from air flow over an aircraft wing to combustion in a furnace, from bubble columns to oil platforms, from blood flow to semiconductor manufacturing, and from clean room design to wastewater treatment plants.	Environmental simulation and analysis	www.ansys.com
Acoustical Room Modeling Software	ODEON	Acoustical Analysis	Odeon software for simulating the interior acoustics of buildings. From geometry and surface-properties acoustics can be predicted, illustrated and listened to. Sound reinforcement is easily integrated in the acoustic predictions. Odeon use image-source method combined with ray tracing.	Acoustic Simulation and Analysis	www.odeon.dk
Apache HVAC	IES	MEP Analysis	ApacheHVAC enables you to simulate heating, ventilation and air-conditioning systems quickly and easily. It uses a flexible component-based approach which enables you to assemble systems on-screen as designed.	HVAC Plant Simulation	www.iesve.com
Carrier E20-II	Carrier	MEP Analysis	Individual programs are available to assist in heating & cooling load estimating, annual building operating cost estimating, refrigerant piping system design, and economic life cycle analysis.	HVAC system analysis	www.commercial.carrier.com
TRNSYS	Solar Energy Lab/U of Wisconsin & U of Colorado	Thermal Energy Analysis	TRNSYS is a well respected energy simulation tool under continual development by a joint team made up of the Solar Energy Laboratory (SEL) at the University of Wisconsin-Madison, The Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB) in Sophia Antipolis, France, Transsolar Energietechnik GmbH in Stuttgart, Germany and Thermal Energy Systems Specialists (TESS) in Madison, Wisconsin.	Simulation of performance of thermal energy systems.	www.trnsys.com

Software -Shop Drawing and Fabrication Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Lin
--------------	--------------	---------	----------------------------	------------------	------------------

CADPIPE Commercial Pipe	AEC Design	Shop Drawing & Fabrication	AutoCAD-based program with full range of materials, connection types, and fittings for plumbing, pressure, waste and copper pipe.	Fabrication	www.cadpipe.com
Revit MEP	Autodesk	Shop Drawing	Creates detailed shop drawings	Detail Design for Shop Drawings	www.autodesk.com
SDS/2	Design Data	Shop Drawing	SDS/2 is the only product with the built-in intelligence to automatically design connections using a 3D model with a multitude of options for beams, columns, bracing and joists. A full station of SDS/2 gives you the power to get the job done.	Detail Design for Shop Drawings	www.dsndata.com
Fabrication for AutoCAD MEP	East Coast CAD/CAM	Fabrication	East Coast CAD/CAM, together with Autodesk has developed the first fully embedded fabrication toolset for HVAC and Piping inside AutoCAD MEP software, the version of AutoCAD® software designed specifically for mechanical, electrical and plumbing designers and drafters.	Interact with AutoCAD MEP for custom libraries and fabrication	www.eccadcam.com
CAD-Duct	Micro Application Packages Ltd.	Fabrication	CAD-Duct is a 3D Drafting Software Package that loads as an Application in AutoCAD® or ADT®. The Software provides the Product Libraries and Productivity Tools that allow accurate, detailed Services to be quickly drawn by a competent draftsmen. CAD-Duct contains HVAC, Mechanical, Public Health Fitting and Equipment Libraries based on Leading Manufacturers Products. There are also Electrical Containment and Structural Steel Libraries.	Use AutoCAD geometry, for fabrication	www.cadduct.com
PipeDesigner 3D & Duct Designer 3D	QuickPen International	Fabrication	QuickPen's state-of-the-art 3D CAD systems extend AutoCAD functionality to provide sheet metal and	Use AutoCAD geometry, for fabrication	www.quickpen.com
Tekla Structures	Tekla	Shop Drawing	It streamlines the entire workflow from sales, bidding, cost estimation, and conceptual design to detailing, fabrication, erection, and follow-up	Structure-centric fabrication	www.tekla.com
Trimble® Design Link	Trimble	MEP	Trimble® Design Link extends the usability of sheet metal designs created in AutoCAD® MEP by adding standards driven detail which can be seamlessly exchanged between Vulcan(R) fabrication software, the AutoBid SheetMetal estimating solution, Trimble construction layout systems and collision avoidance & collaboration applications.	Uses AutoCAD MEP geometry and sheet metal manufacturer design libraries	www.quickpen.com

Software - Construction Management Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Link
Navisworks Manage	Autodesk	Clash Detection	Manage provides facility to import models from wide range of file formats, to perform clash detection and to generate reports in multiple formats (html, xml, viewpoints) as desired.	Model-based Clash Detection between trades	www.autodesk.com
ProjectWise Navigator	Bentley	Clash Detection	ProjectWise creates a seamless foundation environment for all Bentley applications to extend interoperability.	Coordination between models and disciplines	www.bentley.com
Digital Project Designer	Gehry Technologies	Model Coordination	Full range of capabilities, from takeoff to estimating, to scheduling and project management	Full featured suite, based upon CATIA application	www.gehyrtechnologies.com
Solibri Model Checker	Solibri	Spatial Coordination	Model Checker is a true BIM application focused on the Information associated with model objects and their compliance with established rules or standards.	QA/QC of models based upon rulesets and spatial requirements	www.solibri.com
Synchro Professional	Synchro Ltd.	Planning & Scheduling	BIM for Delivery from concept to commissioning (versus BIM for Design or Facilities Operations); Integrated and collaborative 3d model based scheduling, budgeting/cost and supply chain management.	Schedule-driven site coordination	www.synchro ltd.com
Tekla Structures	Tekla	Construction Management	Tekla Structures for construction management is an information model-based software solution that supports contractors, sub-contractors, and project management professionals by helping them to centralize and visualize project data.	Structures is a very broad BIM offering from a structure-centric perspective	www.tekla.com
Vico Office	Vico Software	Multiple function	Vico Office allows GCs to combine BIMs from Revit, Tekla, ArchiCAD, CAD-Duct, and IFC files. The "whole model" (whatever its level of detail) can then be coordinated, scheduled and estimated	As the level of detail increases, the schedule and estimate become more precise.	www.vicosoftware.com

Software - Quantity Takeoff and Estimating Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Link
QTO	Autodesk	Quantity Takeoffs	With QTO, cost estimators can create synchronized comprehensive project views that combine information from Autodesk Revit applications	Generating takeoffs from multiple environments both 2D & 3D	www.autodesk.com
DProfiler	Beck Technology	Conceptual Estimates	The company's flagship program, called DProfiler™, integrates conceptual 3D modeling with cost estimating intelligence enabling project teams to evaluate more alternatives in less time with better clarity before moving into design development	Conceptual 3D modeling with cost estimating and life cycle operational costs forecasting	www.becktechnology.com
Visual Applications	Innovaya	Estimating	Innovaya Visual Quantification performs object quantity takeoff accurately, quickly, and intelligently from Autodesk's ADT/Revit	Extracting quantities and building estimates from ADT & Revit files	www.innovaya.com
Vico Takeoff Manager	Vico Software	Quantity Takeoffs	Vico Takeoff Manager™ generates quick and highly accurate model- and location-based quantity takeoffs derived from 3D models created with leading BIM authoring tools. Since quantity takeoff is a live view, newly published and activated model versions result in automatically updated quantities.	Quantity Takeoffs, feeding into estimating and scheduling	www.vicosoftware.com

BIM Software - Scheduling Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Function	Supplier Web Link
Navisworks Simulate	Autodesk	Scheduling	Simulate allows the user to link popular project software with selected objects (or sets of objects) in the 3D model, then to simulate the project's progress.	Linking 3D model to popular project schedule applications (e.g. MS Project or Primavera)	www.autodesk.com
ProjectWise Navigator	Bentley	Scheduling	Schedule Simulator allows the linkage between the major project software and selected objects (or sets of objects) in the 3D model, then to simulate the project's progress	Linking 3D model to popular project schedule applications (e.g. MS Project or Primavera)	www.bentley.com
Visual Simulation	Innovaya	Scheduling	Visual Simulation makes it possible to link the Revit model with the leading project software, then to simulate the progress of the project	Linking 3D model to popular project schedule applications (e.g. MS Project or Primavera)	www.innovaya.com
Synchro Professional	Synchro	Scheduling	BIM for Delivery from concept to commissioning (versus BIM for Design or Facilities Operations); Integrated and collaborative 3d model based scheduling, budgeting/cost and supply chain management.	Bi-directional linking to popular project schedule applications (e.g. MS Project or Primavera)	www.synchro ltd.com
Tekla Structures	Tekla	Scheduling	It is a model based solution that supports contractors, sub-contractors and project management professionals by centralizing project data into a visual 3D and 4D context.	Schedule driven by link between model and project software	www.tekla.com

Vico Control	Vico Software	Scheduling	Using Control, planners can design significantly compressed schedules without increasing risk. The incorporation of locations, estimated quantities and productivity rates early in the planning phase yields clear, accurate, and feasible schedules	Schedule is scientifically derived from the resource-loaded, cost-loaded, location-based BIM	www.vicosoftware.com
--------------	---------------	------------	---	--	--

BIM Software - File Sharing & Collaboration Tools

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Manufacturer's Description	Primary Focus	Supplier Web Link
Digital Exchange Server	ADEPT Project Delivery	File Sharing and Communication	A user friendly environment for file sharing which can be customized for each user/project. Allows setting of security/access levels and versioning of all model (or generic document) files.	Project-centric, auto-tracking, supports BIM protocol in collaborative process	www.adeptprojectdelivery.com
Buzzsaw	Autodesk	File Sharing	Autodesk Buzzsaw collaborative project management streamlines the way your project teams work together.	A repository for all project related documents and files.	www.autodesk.com
Constructware	Autodesk	Collaboration	Delivered on-demand, helps construction organizations standardize and optimize business processes and control costs	Web-based suite of management tools for construction projects	www.autodesk.com
ProjectDox	Avolve	File Sharing	A central repository for all project communication and documents	electronic plan submission, review, tracking and archiving	www.avolvesoftware.com
SharePoint	Microsoft	File Sharing, Storage, Management	Microsoft Office SharePoint Server is an integrated suite of server capabilities that can help improve organizational effectiveness by providing comprehensive content management and enterprise search, accelerating shared business processes, and facilitating information-sharing across boundaries for better business insight.	Web-based portal for file storage, management and sharing	www.microsoft.com
Project Center	Newforma	Project Information Management	environment for project managers and the project team by organizing technical project information, facilitating information sharing, and enabling more effective project process.	Enterprise level, self-hosted Project Information Management System	www.newforma.com
Doc Set Manager	Vico Software	Drawing Set Comparison	Doc Set Manager automatically collates and compares construction drawing sets. Users cloud changes and create RFIs.	Identifying changes between construction drawing sets	www.vicosoftware.com
FTP Sites	Generic Providers	File Sharing	Uploading and downloading of files, normally not a customized environment.	Web-based file sharing environment, limited security, limited flexibility	