



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS FAKULTETAS  
GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ IR GEOTECHNIKOS KATEDRA

Živilė Klibavičiūtė

**VGTU CENTRINIŲ RŪMŲ INTEGRUOTO PROJEKTO RENGIMO  
METODOLOGIJA**  
**AN INTEGRATED PROJECT METHODOLOGY OF VGTU SRC**

Baigiamasis magistro darbas

Statinio informacinio modeliavimo studijų programa, valstybinis kodas 621H20006

Statybos inžinerijos studijų kryptis 02T

Vilnius, 2019

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Vilniaus Gedimino technikos universitetas<br>Statybos fakultetas<br>Gelžbetoninių konstrukcijų ir geotechnikos katedra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ISBN ..... ISSN .....<br>Egz. sk. ....<br>Data .....-.....-..... |
| Antrosios pakopos studijų <b>Statinio informacinio modeliavimo</b> programos baigiamasis darbas<br>Pavadinimas <b>VG TU Centrinų rūmų integruoto projekto rengimo metodologija</b><br>Autorius <b>Živilė Klibavičiūtė</b><br>Vadovas <b>Tatjana Grigorjeva</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                  |
| <p style="text-align: right;"><b>Kalba:</b> lietuvių</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                  |
| <p><b>Anotacija</b></p> <p>Tobulėjant statybos procesams ir vykdant vis sudėtingesnius projektus privaloma tobulinti projektų vykdymą, planavimą ir organizavimą. Vienas iš būdų šiam tikslui įgyvendinti – integruotas projekto vystymas, kuris ir yra šio baigiamojo darbo objektas. Darbą sudaro pagrindinės trys dalys: statinio integruoto projekto sąvoka, statinio integruoto projekto rengimo organizavimas, VG TU centrinų rūmų integruoto projekto rengimo pavyzdys. Pirmoje dalyje aprašomi pagrindiniai kriterijai reikalingi sėkmingam integruoto projekto vystymui. Antroje dalyje pateikiamas rekomendacinis vykdymo planas, o trečiojoje dalyje pateikiamas projekto pavyzdys.</p> <p>Darbą sudaro įvadas, trys pagrindinės dalys su poskyriais ir skyreliais, išvados, literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 70 p. teksto be priedų, 35 paveikslai, 30 bibliografinių šaltinių. Atskirai pridedami 2 darbo priedai.</p> |                                                                  |
| <p><b>Prasminiai žodžiai:</b> integruotas projektas, REVIT, BIM, informacinis modelis, modeliavimas, organizavimas, statyba.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|
| Vilnius Gediminas Technical University<br>Faculty of Civil Engineering<br>Department of Reinforced Concrete Structures and Geotechnics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | ISBN<br>Copies No. ....<br>Date .....-.....-..... |
| Master Degree Studies <b>Building Information Modelling</b> study programme Master Graduation Thesis<br>Title <b>An integrated project methodology of VGTU SRC</b><br>Author <b>Živilė Klibavičiūtė</b><br>Academic supervisor <b>Tatjana Grigorjeva</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                   |
| <p style="text-align: right;"><b>Thesis language:</b> Lithuanian</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                                                   |
| <b>Annotation</b><br><p>The interfaces between the disciplines in construction are getting complex with more specialized equipment, technical infrastructure, and cross-disciplinary topics to be solved. Building Information Modeling and Integrated Projects are the main solution for construction industry. The project includes three main parts: a concept of building execution plan, building integrated project, an example of integrated project of VGTU building. The first part includes the major principles of integrated project. The second part includes recommendations and basic plan. A third part is an example of integrated project.</p> <p>The project includes introduction, three main parts with chapters, conclusions and references. The project is made out of 70 p. Without additional text, 35 pictures, 30 bibliographic sources. Appendix added separately.</p> |  |                                                   |
| <b>Keywords:</b> integrated project, REVIT, BIM, design, building.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                   |

## TURINYS

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| IVADAS .....                                                | 13 |
| 1. STATINIO INTEGRUOTO MODELIO SAMPRATA .....               | 15 |
| 1.1. BIM raida ir vystymo etapai.....                       | 15 |
| 1.2. Programinė įranga.....                                 | 18 |
| 1.2.1. Monoplatformė programinė įranga.....                 | 18 |
| 1.2.2. Daugiaplatformė programinė įranga .....              | 19 |
| 1.3. Modelių tipai .....                                    | 20 |
| 1.4. Modelių integracijos tipai .....                       | 27 |
| 1.5. Bendradarbiavimas ir koordinavimas .....               | 29 |
| 1.5.1. Bendradarbiavimas .....                              | 29 |
| 1.5.2. Bendra duomenų valdymo aplinka.....                  | 31 |
| 1.6. Standartai, dokumentai ir rekomendacijos.....          | 34 |
| 1.7. Teikiamos naudos .....                                 | 35 |
| 1.8. Pirmojo skyriaus išvados .....                         | 37 |
| 2. STATINIO INTEGRUOTO PROJEKTO RENGIMO ORGANIZAVIMAS ..... | 38 |
| 2.1. BIM projekto vykdymo plano sąvoka .....                | 38 |
| 2.2. Projekto BIM tikslai ir taikymo būdai .....            | 40 |
| 2.3. Integruoto projekto dalyviai ir procesų valdymas ..... | 42 |
| 2.4. Integruoto projekto rengimo taisyklės .....            | 44 |
| 2.5. Integruoto modelio vystymas .....                      | 46 |
| 2.5.1. Modelių tipai .....                                  | 47 |
| 2.5.2. Centrinis modelis .....                              | 49 |
| 2.5.3. Lokalūs modeliai .....                               | 50 |
| 2.5. Antrojo skyriaus išvados.....                          | 51 |
| 3. VGTU CENTRINIŲ RŪMŲ INTEGRUOTO PROJEKTO RENGIMAS .....   | 52 |
| 3.1. Projekto tikslai ir taikymo būdai .....                | 55 |
| 3.2. Integruoto projekto dalyviai .....                     | 59 |

|                          |                                   |    |
|--------------------------|-----------------------------------|----|
| 3.3.                     | Modeliavimo taisyklės .....       | 65 |
| 3.4.                     | Integruoto projekto vystymas..... | 66 |
| 3.5.                     | Trečiojo skyriaus išvados.....    | 67 |
| BENDROSIOS IŠVADOS ..... |                                   | 68 |
| LITERATŪRA.....          |                                   | 69 |

## PAVEIKSLŲ TURINYS

|      |                                                                                          |    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1  | pav. BIM brandos lygiai (Richards, 2008).....                                            | 16 |
| 1.2  | pav. Monoplatformės programinės įrangos (sudaryta autorės).....                          | 19 |
| 1.3  | pav. Daugiaplatformės programinės įrangos (sudaryta autorės).....                        | 20 |
| 1.4  | pav. Modelių tipai, architektūrinis, konstrukcinis, skaičiuojamasis (Dlubal, 2017) ..... | 21 |
| 1.5  | pav. Analitiniai modeliai (StruSoft, 2015).....                                          | 22 |
| 1.6  | pav. Analizei skirti modeliai ir rezultatai (Green BIM engineering, 2016).....           | 23 |
| 1.7  | pav. Modelio pagrindu gautos kiekių lentelės (Design BIM Studio, 2016).....              | 23 |
| 1.8  | pav. Situacijos modelių sluoksniai (GEO University, 2016) .....                          | 24 |
| 1.9  | pav. Koordinavimo modelio sudėtis (Areo, 2016) .....                                     | 25 |
| 1.10 | pav. 4D modelis (Vancouver Sun, 2014).....                                               | 25 |
| 1.11 | pav. Tempetarūros pasiskirtymas pastate (Autodesk, 2015).....                            | 26 |
| 1.12 | pav. Bendrojo modelio struktūra (sudaryta autorės).....                                  | 27 |
| 1.13 | pav. Paskirstyto modelio struktūra (sudaryta autorės).....                               | 27 |
| 1.14 | pav. Tiesioginė integracija, naudojant skirtingas programas (sudaryta autorės) .....     | 28 |
| 1.15 | pav. Netiesioginė integracija, naudojant neutralius formatus (sudaryta autorės).....     | 28 |
| 1.16 | pav. Modelio kūrimo diagrama (pagal Yu-Cheng, 2018).....                                 | 30 |
| 1.17 | pav. Bendra duomenų valdymo aplinka (pagal Wiley, 2014).....                             | 31 |
| 1.18 | pav. Projekto vykdymo planas (pagal RIBA, 2013).....                                     | 32 |
| 1.19 | pav. Suderinimo, apsiikeitimo ir informacijos įkėlimo schema (pagal BS 1192, n.d.) ...   | 33 |
| 1.20 | pav. Integruoto projekto stadijų ir dalyvių ryšys (pagal AIA, 2014).....                 | 35 |
| 1.21 | pav. Tradicinio projekto stadijų ir dalyvių ryšys (pagal AIA, 2014).....                 | 36 |
| 1.22 | pav. MacLeamy kreivė (pagal MacLeamy, 2004).....                                         | 36 |
| 2.1  | pav. BIM projekto vykdymo vadovas ir PAS 1192 – 2:2013 .....                             | 39 |
| 2.2  | pav. BIM taikymo būdai (pagal Messner, 2011).....                                        | 40 |
| 2.3  | pav. Integruoto projekto dalyvių ryšys ( pagal Thomsen ir Darrington, 2018).....         | 43 |
| 2.4  | pav. Modelių ryšys (sudaryta autorės).....                                               | 47 |
| 2.5  | pav. Modelio saugojimo būdai (sudaryta autorės).....                                     | 48 |
| 2.6  | pav. Modelio dalijimosi funkcija (sudaryta autorės) .....                                | 49 |
| 2.7  | pav. Worksets pagrindinis langas (sudaryta autorės).....                                 | 49 |
| 2.8  | pav. <i>Worksets</i> kūrimas (sudaryta autorės).....                                     | 50 |
| 2.9  | pav. Lokalaus modelio kūrimas (sudaryta autorės) .....                                   | 50 |
| 3.1  | pav. Sritys, apimančios integruotą projektą (sudaryta autorės).....                      | 52 |
| 3.2  | pav. Darbų vykdymo grafikas (sudaryta autorės).....                                      | 53 |

|            |                                                                        |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3.3</b> | <b>pav. Aplankų struktūra (sudaryta autorės) .....</b>                 | <b>54</b> |
| <b>3.4</b> | <b>pav. Integruoto projekto vystymo schema (sudaryta autorės).....</b> | <b>66</b> |

## LENTELIŲ TURINYS

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1 lentelė.</b> Pagrindiniai projekto tikslai pagal prioritetą .....                 | 41 |
| <b>2 lentelė.</b> Vertinimo balai .....                                                | 42 |
| <b>3 lentelė.</b> Atsakomybių matrica .....                                            | 43 |
| <b>4 lentelė.</b> Statinio modelio grafinio išvystymo lygiai .....                     | 45 |
| <b>5 lentelė.</b> Statinio modelio informacinio išvystymo lygiai.....                  | 46 |
| <b>6 lentelė.</b> Pagrindiniai projekto tikslai pagal prioritetą .....                 | 55 |
| <b>7 lentelė.</b> BIM taikymo būdai pagal projekto etapus ir projekto stadijas.....    | 57 |
| <b>8 lentelė.</b> Atsakomybių matrica .....                                            | 59 |
| <b>9 lentelė.</b> Informacijos pateikimo grafikas (architektūriniams elementams) ..... | 65 |

## TERMINAI

2D – (*angl.* Two – Dimensional) dvimatė erdvė, naudojama grafiniams objektams atkurti.

3D – (*angl.* Three Dimensional) trimatė erdvė, naudojama tūriniams kūnams kurti. Trimačiai objektai gali būti pateikiami kaip erdviniai vaizdai arba paruošti dvimačiai vaizdai gaunami iš trimačio objekto.

BIM – (*angl.* Building Information Modeling) pastato informacinio modelio kūrimo ir valdymo procesas per visą jo gyvavimo ciklą. Įgyvendinamas naudojant trimačio pastato modeliavimo programinę įrangą. Sukuriama pastato geometrija, elementams suteikiama atributinė informacija, atliekamas kiekybinė ir kokybinė analizė.

CAD – (*angl.* Computer – Aided Design) kompiuterinių sistemų panaudojimas virtualių objektų projektavimui. Kuriami objektai grafinės informacijos pagrindu, projektuojant dvimatėje arba trimatėje erdvėje.

CAE – (*angl.* Computer – Aided Engineering) yra inžinerinis sprendimo procesas panaudojant specializuotą programinę įrangą, apimančią matematines, fizikines taisykles ir standartus reikalingus analizei atlikti.

CDE – (*angl.* Common Data Environment) tai pastato visa skaitmeninė informacija apimanti pastato turto, kūrimo ir valdymo procesus.

IFC – (*angl.* Industry Foundation Classes) atviras neutralusis skaitmeninis formatas. Šio formato tikslas – visaverčiai duomenų mainai modelio pagrindu nepriklausomai nuo naudojamos programinės įrangos.

IP – (*angl.* Integrated project) integruotas projektas

IPD – (*angl.* Integrated project delivery) integruoto projekto vystymas

PĮ – programinė įranga.

RIBA (*angl.* Royal Institute of British Architects) – Karališkasis Britų architektų institutas.

LOD – (*angl.* Level of Development) modelio išvystymo lygis, dažniausiai skirstomas nuo 100 iki 500, bet galimos ir kitos variacijos.

## IVADAS

Šiuolaikinės technologijos leidžia dirbti, susisiekti, mokytis iš skirtingų pasaulio vietų. Panaikinami apribojimai vykdyti sudėtingus ir daugelio žmonių indelio reikalaujančius projektus. Tam reikalingas ryšys ir programinė įranga nuolat tobulėja, kartu pateikdama vis naujų iššūkių projekto dalyviams, kurie privalo greitai prisitaikyti. Ne išimtis ir statybos pramonė, kuri per pastaruosius dešimtmečius ne tik pasaulyje, bet ir Lietuvoje pasistūmėjo skaitmenizavimo ir naujų technologijų pritaikymo srityse.

Statybos sektoriuje siekiama padidinti našumą, efektyvumą, kokybę, statinių tvarumą, taip pat norima sumažinti išlaidas, aplinkos taršą, medžiagų bei laiko sąnaudas. Pasiekti visus šiuos tikslus įmanoma, bet reikalingas visų šalių bendradarbiavimas, skaidrumas viso projekto vykdymo metu. Betarpiškai komunikacijai palaikyti, informacijai kurti, perduoti ir naudoti yra taikoma statinio informacinis modeliavimas (angl. Building Information Modeling – BIM), kurį siekiama integruoti visame objekto gyvavimo cikle.

Integruotas projektas – projektas, kuriame sujungiami statybų proceso dalyviai, informacija ir jos valdymas viso statinio gyvavimo ciklo metu. Bendradarbiavimas, dalyvių pasitikėjimas ir dalinimasis informacija yra neatsiejami nuo sėkmingo projekto įgyvendinimo.

Nors technologijos nuolat tobulėja ir pateikia naujų sprendimų, šiame darbe bus apžvelgti dabartiniu metu aktualūs, integruoto projekto vystymui pritaikomi sprendimai. Svarbu pabrėžti, kad svarbiausia ne programinė įranga, technologija ar jos naujumas, o specialistas, kurio įgūdžiai ir leidžia gauti norimą rezultatą.

Baigiamojo magistro darbo objektas – integruoto projekto rengimas remiantis VGTU centrinių rūmų pastatu.

Baigiamojo magistro darbo tikslas – pritaikyti integruoto projekto rengimo bei modeliavimo procesus realiam projektui.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti integruoto projekto, taikant BIM technologijas, vystymo reikalavimų analizę.
2. Sudaryti tipines technologines-organizacines schemas, skirtas valdyti keitimąsi informacija integruotame BIM projekte.
3. Apibrėžti proceso dalyvių atsakomybes ir vaidmenis.
4. Parengti pavyzdinį integruotą projektą.

Tiriamąjo darbo metodai:

- Literatūros analizė – BIM standartų, dokumentų ir straipsnių apžvalga;
- Skaitinis eksperimentas – parengiamas pavyzdinis integruoto projekto vykdymo planas;
- Išvados ir apibendrinimai.

Praktinis magistro darbo gautų rezultatų pritaikomumas turėtų teigiamos įtakos statybų sektoriaus technologiniam ir organizaciniam vystymuisi, įgyvendinant integruoto projekto diegimą statybos įmonėse.

# 1. STATINIO INTEGRUOTO MODELIO SAMPRATA

Statinio informacinio modeliavimo (BIM) koncepcija pristatyta 1962 metais, kai Douglas Englebartas savo darbe, nagrinėjančiame žmogaus intelektą, aprašė ateities architekto-inžinieriaus profesiją ir jo kasdienį darbą, nors tada tai nebuvo vadinama BIM, bet atspindėjo pagrindines savybes: sudėtingi skaičiavimai, parametrinis modeliavimas, vizualizacijos.

*Inžinierius įveda specifikacijas ir duomenų serijas - šešių colių grindų perdanga; dvylikos colių storio ir aštuonių pėdų aukščio betoninės sienos ir t.t. Kai visi duomenys bus suvesti, ekrane pasirodys atitinkamas vaizdas. Atskiros figūros ir jų deriniai leis formuoti modelį. Inžinierius vizualiai tikrins, taisyks ir suderins visas atskiras modelio dalis. Stambesnius elementus sudarys daugelis smulkių, tarpusavyje susijusių elementų struktūrą, kuri bus nuolatos vystoma. (Englebart, 1962)*

Nors šios mintys užrašytos daugiau nei prieš pusę amžiaus, stebėtina kaip toli sugebėjo nuspėti inžinierius, kurį ribojo tuometinės technologijos.

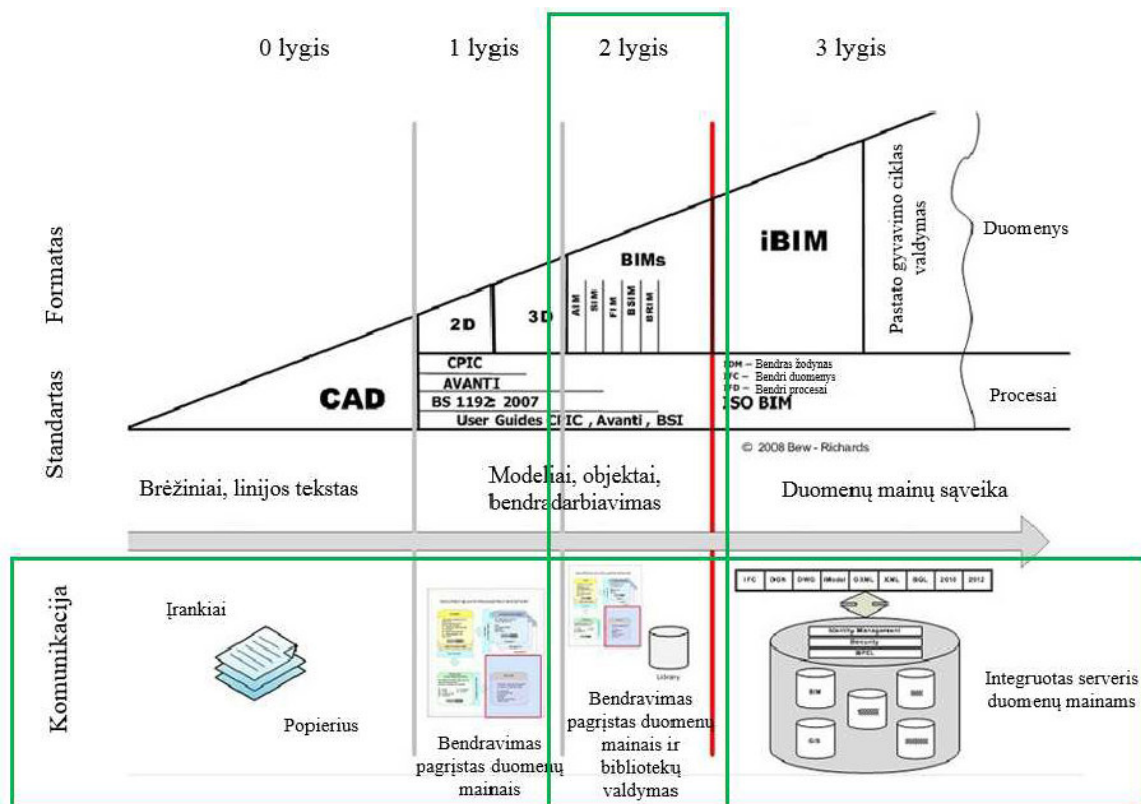
## 1.1. BIM raida ir vystymo etapai

Statybos pramonės pagrindinis tikslas – statinys. Šis tikslas neginčijamas ir tūkstančius metų vis kuriami nauji, pažangesni būdai jam įgyvendinti. Tačiau daugelį metų statybos sektorius atsilieka nuo kitų pramonės šakų, kurios sparčiai modernizuojamos taikant vis pažangesnes technologijas. Todėl stengiamasi optimizuoti procesus ir surasti teisingą kelią vykdyti kasdieniams projektams, o viena iš priemonių – statinio informacinis modeliavimas.

Santrumpa BIM buvo įvairiai apibrėžiama, nurodoma, kad tai pastato, statinio informacinis modelis, valdymas, trimatis modelis, tačiau vystantis šiai technologijai vystėsi ir jas apibūdinančios sąvokos ir apibrėžimai. Dabartiniu metu vienas iš plačiausiai taikomų apibrėžimų yra pateiktas BIM Task Group (Jungtinės Karalystės įsteigta BIM vystymo grupė):

- objekto ir jame esančios informacijos skaitmeninės išraiška per visą projekto gyvavimo ciklą nuo idėjos iki perdirbimo, nugriovimo;
- procesas, kuriuo kuriama apibrėžta bendradarbiavimo aplinka visoje paslaugų tiekimo grandinėje;
- darbo organizavimo būdas, kuris padeda taupyti laiko sąnaudas, valdo rizikų tikimybę, didinama kaštų efektyvumas, padeda sumažinti išlaidas;
- žinių ir informacijos valdymo centras padedantis valdyti procesus apimančius viso statinio gyvavimo ciklą. (ES BIM Task Group, 2017)

ES BIM darbo grupė savo naujausiame leidinyje BIM apibūdina kaip skaitmeninę statybos ir turto eksploatavimo veiklos formą, pagal kurią susiejant technologijas, procesų patobulinimus ir skaitmeninę informaciją iš esmės pagerinami rezultatai užsakovams, projektų rezultatai ir turto eksploatavimas. BIM yra strateginė priemonė, teikianti galimybę geriau priimti sprendimus dėl pastatų ir viešosios infrastruktūros turto per visą jų gyvavimo ciklą. Ji taikoma naujos statybos projektams; taip pat labai svarbu tai, kad BIM padedama atlikti jau užstatytos aplinkos (kuri sudaro didžiąją šio sektoriaus dalį) renovaciją, atnaujinimą ir priežiūrą (ES BIM Task Group, 2017).



1.1 pav. BIM brandos lygiai (Richards ir Bew, 2008)

BIM raidą labai aiškiai ir struktūrizuotai apibūdina 2008 metais pristatyta Mervyno Richardso ir Marko Bew diagrama (1.1 pav.). Diagrama suskirstyta į keturis brandos lygius – etapus, o kiekviename iš jų pateikti informacijos formatai, taikomi standartai ir reikalingi įrankiai. Šis modelis apibūdina BIM kompetencijos lygius įvertinant galimybes naudoti bei keisti informaciją tarp statybos procesų dalyvių. Nustatant brandos lygį, atsiranda galimybė užtikrinti BIM naudotojų pasirengimą. Dažnai organizacijos gali teigti, kad veikia antrame lygmenyje, tačiau vis tiek turi vykdomų projektų pirmame lygyje (Tulenheim, 2015).

Diagramos autoriaus teigimu, tai natūralus procesas, nes technologijos ir naujos žinios įsisavinamos ir pradedamos taikyti palaipsniui. Nors diagramoje optimistiškai prognozuojama, kad

trečias BIM lygis turėtų būti pasiektas jau 2020 metais, tai padaryti ir pritaikyti statybų rinkoje gali užtrukti kiek ilgiau.

0 lygis – dalinis CAD, be trimačių duomenų, naudojami tradiciniai popieriniai brėžiniai arba elektroniniai atskiri failai, kurie nėra struktūrizuoti ar automatiškai atnaujinami, o esant pakeitimams reikalinga iš naujo parengti dokumentaciją. Tai 2D CAD failų panaudojimas projektavimo ir gamybos informacijai sukurti. Dabartiniu metu daugelis įmonių yra įveikę šį etapą.

1 lygis – kiekvienas projektuotojas dirba atskirai nuo kitų komandos dalyvių. Projektuotojai šiame lygmenyje naudoja CAD technologijas 2D arba 3D, taip pat bendrą duomenų valdymo sistemą, kuri atitinka BS 1192: 2007 (BS 2007) standartą. Taikomos standartizuotos duomenų struktūros ir formatai, o ekonominė (sąmatinė) projekto dalis yra valdoma nepriklausomai nuo BIM modelio. Išlaidų ir resursų valdymo sistemos nėra integruotos.

2 lygis – išsiskiria bendradarbiavimu. Visi projekto dalyviai naudoja 3D CAD modelius, kurie neprivalo būti sujungti. Modelius sudaro grafinė ir negrafinė informacija, kurią rengia atskiri projekto dalyviai viso projekto gyvavimo ciklo metu bendroje duomenų valdymo aplinkoje. Todėl dizaino informacija yra naudojama bendra, nustatytu formatu, kuris leidžia atlikti patikrinimus tarp skirtingų disciplinų. Taigi bet kokia naudojama CAD programinė įranga, turi galėti eksportuoti į vieną iš bendrų failų formų, tokių kaip IFC (*Industry Foundation Class*).

Šiame lygyje pristatomi pirmieji žingsniai naudojant integruotus modelius 4D (laikas) ir 5D (kainai) statybos procesuose. 2 lygyje gaunami rezultatai: brėžinių asociatyvūs ryšiai su modeliu; automatizuota klaidų (kolizijų) patikra; vizualizacijos; statybos procesų planavimas ir valdymas; kalendorinių grafikų sudarymas; projekto išlaidų nustatymas.

3 lygis – visiškai integruotas ir bendradarbiavimui realiu laiku tinkamas projekto modelis, kuris laikomas bendroje centralizuotoje saugykloje (serveryje). Visi projekto dalyviai galės matyti ir modifikuoti tą patį modelį, toks projekto vykdymas dar vadinamas atviruotu BIM (Open BIM). Tačiau jam įgyvendinti reikia išspręsti ne tik programinės įrangos problemas, bet ir teisinės, susijusias su autorių teisėmis, atsakomybėmis. Šiame BIM lygyje bus naudojami 4D statybos modelis, 5D sąnaudų informacinis modelis, 6D projekto gyvavimo ciklo informacinis modelis ir kitų dimensijų informaciniai modeliai, kuriuose bus įdiegtos objektinių duomenų standartinės bibliotekos.

Trečias lygmuo iki šiol yra teorinis, bet kai kurios šalys sparčiai artėja prie įgyvendinimo, todėl tikėtina, kad ateities projektai bus valdomi būtent taip. Šios stadijos taip pat yra naudingos nustatant organizacijos BIM technologijų minimalius gebėjimus, tačiau nėra efektyvios analizuojant ar lyginant rezultatų kokybę. Kad ir kokia technologija būtų pažangi, svarbiausia specialistai, kurie gebėtų gerai modeliuoti, dalintis informacija ir bendradarbiauti su kitais projekto dalyviais.

## 1.2. Programinė įranga

BIM brandą galima apibūdinti naudojama programine įranga (PI), jos suderinamumu su kitais įrankiais, planavimo, projektavimo, statybos ir priežiūros stadijose (Bouška, 2016). PI pasirinkimas yra vienas esminių integruoto projekto vystymo sprendimų, nes pasirinkus netinkamą, nestabilią įrangą, kuria nesugebės naudotis projektavimo komanda, projektas gali žlugti.

Programinė įranga klasifikuojama pagal:

- Struktūrą: daugiaplatformė ir monoplatformė;
- Operacinę sistemą, kuria yra pritaikoma: *Windows, Mac OS, Linux ar UNIX*;
- BIM naudojimo būdus, kurie skirti planavimui, projektavimui, statybai ir naudojimui.

Remiantis R. Bouškos atliktu tyrimu, apie 80 % programinės įrangos, tinkamos integruotam BIM projektui, skirta *Windows* operacinei sistemai.

Programinė įranga būna: monoplatformė ir daugiaplatformė. Monoplatformės – vieno gamintojo, todėl jos užtikrina tarpdisciplininę integraciją, kai naudojamas vienas formatas visam projektui. Daugiaplatformės – kelių gamintojų, todėl reikalingi suprogramuoti perdavimo ryšiai ar neutralūs formatai.

Priklausomai nuo projekto ir naudojimo būdų bei tikslų, gali būti pasirinktos kelios programinės įrangos, kurios atitiktų keliamus lūkesčius. Tokiu atveju labai svarbu jų suderinamumas, galimybė keisti informaciją tarpusavyje, jos neprarandant ar neiškreipiant duomenų. Kiekvienas projekto dalyvis gali ir dažnai naudojasi programine įranga, kuri yra precializuota pagal projekto disciplinas: architektūra, konstrukcijos, inžineriniai tinklai, ŠVOK, elektra ir kt. Siekiant efektyviausios jų integracijos procese kiekviena iš naudojamų programų turi gebėti atitinkamus duomenis perduoti ir priimti (eksportuoti ir importuoti) pagal procesų grandinę, atliekant peržiūros, kolizijų patikras, redagavimo, testinio modeliavimo ir detalizavimo procesus.

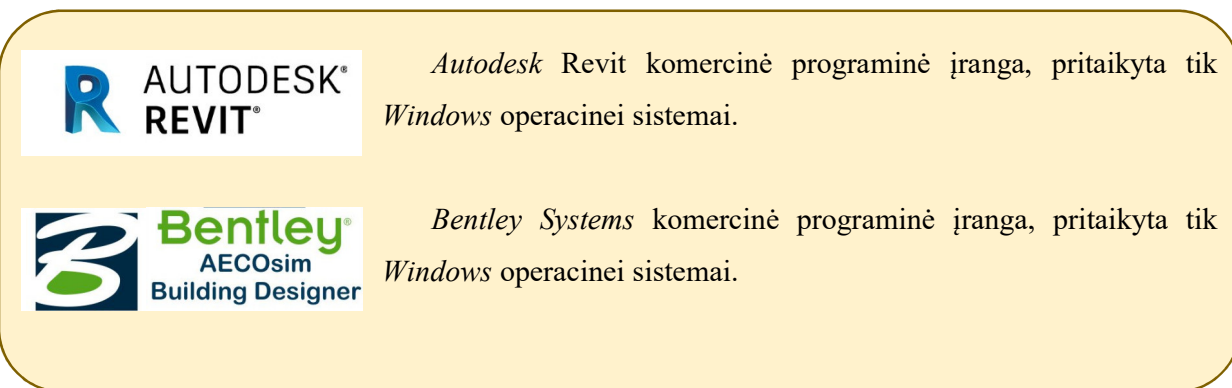
Programinė įranga nuolat tobulėja, statybos sektoriuj siūlomi vis pažangesni sprendiniai, todėl labai svarbu gebėti išsirinkti tinkamiausią ir projekto tikslus atitinkančią programinę įrangą.

### 1.2.1. Monoplatformė programinė įranga

Vienas iš pagrindinių uždavinių, tiek statybos įmonėje, tiek kiekvienam projektuotojui – pasirinkti programinę įrangą, iš anksto numatyti keliamus tikslus ir uždavinius. Tinkami sprendimai gali sumažinti laiko, resursų sąnaudas ir užtikrinti tinkamą informacijos perdavimą. Gali atrodyti, kad vieno gamintojo teikiama programinė įranga yra lengviausias pasirinkimas, užtikrinantis sklandų darbą. Tačiau jos diegimas, darbuotojų apmokymai, dažnai kainuoja daug lėšų, todėl labai svarbu, dar ankstyvoje stadijoje nustatyti keliamus uždavinius ir pasirinkti racionaliausią sprendimą jiems

įgyvendinti. Nes tokios sistemos diegimas negarantuoja, kad investicija atsipirks ir veiks nepriekaištingai.

Monoplatformė programinė įranga – vieno gamintojo programinės įrangos produktai, sukurti bendroje grafinėje platformoje. Geriausi pavyzdžiai: *Autodesk Revit* ir *Bentley Systems AECOsım Building Designer* (1.2 pav.).



**1.2 pav.** Monoplatformės programinės įrangos (sudaryta autorės)

Tai programinės įrangos, kurių išskirtinumas – visos projekto dalys vystomos vieningoje aplinkoje, užtikrinant duomenų perdavimą ir sumažinant klaidų riziką. Vieningas formatas leidžia naudoti informaciją pakartotinai, sumažina laiko sąnaudas. Kuri programinė įranga pranašesnė yra sunku nuspręsti, tai priklauso nuo vartotojo, jo poreikių ir projekto apimties bei tipo.

### *1.2.2. Daugiaplatformė programinė įranga*

Priešingai nei monoplatformėse, naudojamos skirtingos grafinės platformos skirtingiems darbams, dalims įgyvendinti. Tokių programų pavyzdžiai: *Archicad*, *Allplan*, *Vectorworks*, *Tekla Structures* (1.3 pav.).

Dažnai pasirenkama multiplatformė programinė įranga, nes skirtingų sričių specialistai naudoja jiems patogias ar labiausiai tinkančias programas. Tai nėra blogai jei visa informacija, modeliai, gali būti perduodami kitiems projekto dalyviams, priešingu atveju, gresia duomenų iškraipymai, praradimai ir reikalingas pakartotinis darbas.



*ArchiCAD* komercinė *Graphisoft* programinė įranga, pritaikyta *Windows* ir *MacOS* operacinėms sistemoms. Yra sukurti programos priedai, skirti atitinkamoms disciplinoms ir užduotims atlikti: *MEP Modeler*; *ArchiGlazing*; *Virtual Building Explorer*, *Eco Designer*.



*Allplan* yra komercinė *Nemetschek group* programinė įranga, pritaikyta *Windows* ir *MacOS* operacinėms sistemoms.



*Vectorworks* yra komercinė *Nemetschek group* programinė įranga, pritaikyta *Windows* ir *MacOS* operacinėms sistemoms.



*Tekla Structures* yra komercinė *Trimble* programinė įranga, pritaikyta *Windows* operacinei sistemai. Ypač plačiai taikoma konstrukcijų modeliavimui.

**1.3 pav.** Daugiaplatformės programinės įrangos (sudaryta autorės)

Programinės įrangos vystytojai dažnai neatskleidžia algoritmų, kuriais remiantis galėtų suderinti skirtingus formatus, taip siekdami išsilaikyti rinkoje ir vartotojams siūlyti tik jų kuriamas alternatyvas. Komercinės naudos siekimas, ribojantis programinės įrangos tobulinimą, šiuolaikiniam vartotojui trukdo laisvai ir greitai keisti programinę įrangą.

### 1.3. Modelių tipai

Virtualaus modeliavimo galimybės ir funkcijos yra labai įvairios, todėl modelių gausa ir jų panaudojimas yra labai skirtingi. Kiekvienas iš jų gali būti skirtingo detalumo, skirtas atitinkamiems tikslams, priklausyti vienai ar visoms disciplinoms, būti paskirstytas dėl savo apimties ar kitų poreikių.

Svarbu apibėžti tai, kas sieja visus modelius, nepriklausomai, kokia jų paskirtis:

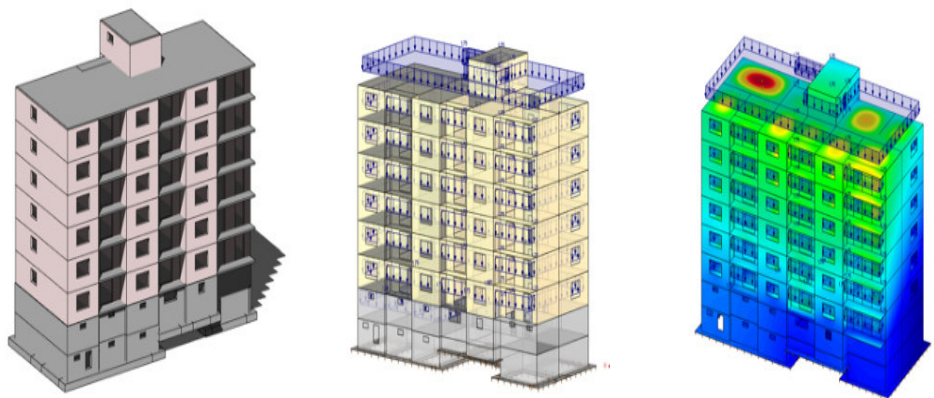
- papildyti aktualiausia inoformacija (*angl.* up to date);
- tikslūs;
- atspindi keliamus tikslus;
- pasiekiami projekto komandai;

- tinkamai koordinuojami viso proceso metu.

Vieni iš dažniausiai naudojamų modelių – projektavimo. Tai tradiciniai pastato modeliai paprastai skirstomi pagal disciplinas. Disciplinos modelis – modelis, kuris yra parengtas pagal konkrečią profesinę projekto discipliną ir kurio sudėtyje yra projektinė informacija, susijusi su šia disciplina: architektūra, konstrukcijos, inžineriniai tinklai (MEP). Nors kiekvienos disciplinos modelis gali būti rengiamas su skirtinga programine įranga (jei nesusitarta kitaip), tačiau visi projekto dalyviai privalo laikytis bendros projekto struktūros ir bendrų modelio kūrimo ir modelio objektų tvarkymo taisyklių. Jos užtikrina, kad kiekviena projekto komanda turi aiškiai apibrėžtas atsakomybių ribas su gerai sutvarkytais sąsajomis savo projekto dalies srityje. Visi projekto dalyviai (komandos) gali kurti ir keisti projektavimo informaciją ir duomenimis visuose statybos projekto procesų etapuose, tokiu būdu pasiekti didžiausią galimą duomenų pakartotinio panaudojimo (tęstinio projekto vystymo) efektą.

Projektavimo modelio išvystymo lygis (LOD) priklauso nuo projektavimo stadijos, yra vystomas viso projektavimo metu, o siekiant efektyviausių rezultatų turėtų pasiekti LOD 350, kuris leidžia atlikti detalią ir išsamią kolizijų patikrą (Andersson, 2016).

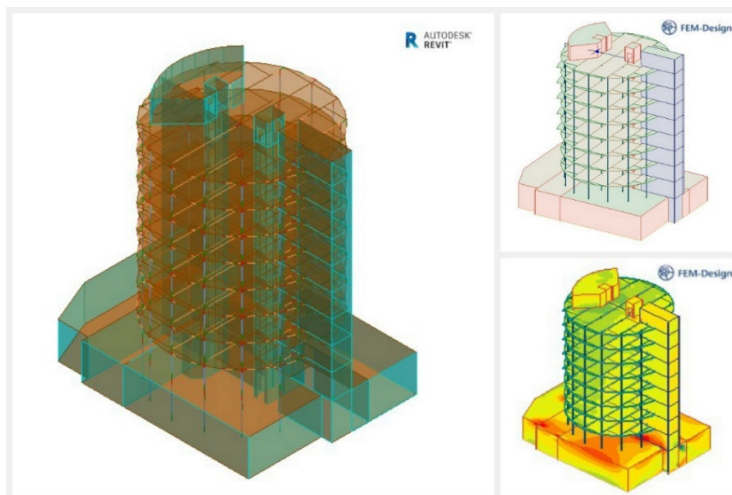
Tam pačiam pastatui ar projektui, priklausomai nuo jo apimties, paskirties ir keliamų reikalavimų, galima parengti daug modelių arba nagrinėti pagrindinį modelį daugeliu aspektų, jei programinė įranga tai leidžia atlikti (1.4 pav.).



**1.4 pav.** Modelių tipai, architektūrinis, konstrukcinis, skaičiuojamasis (Dlupal, 2017)

Konstrukciniai modeliai taip pat gali būti įvairūs, priklausomai nuo statinio sprendinių ir pasirinktų medžiagų, gali būti sudaromi skirtingi skaičiuojamieji (analitiniai) modeliai. Tokiuose modeliuose atsispindi pagrindiniai konstrukciniai elementai, jų ryšiai bei įrašos (1.5 pav.).

Skaičiavimams gali būti naudojamos įvairios medžiagos: plienas, betoniniai blokai, gelžbetonis, mūras, mediena ir kiti. Reikalinga statybinė dokumentacija rengiama pagal vieną bendrą standartą (AGACAD, 2016).



**1.5 pav.** Analitiniai modeliai (StruSoft, 2015)

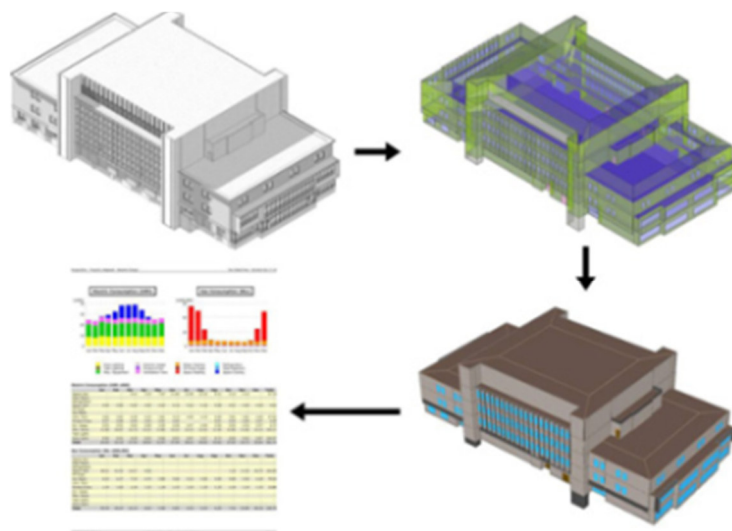
Didelis dėmesys skiriamas pastato energinei klasei ir naudotojo komfortui užtikrinti. Šiems tikslams pasiekti atliekama įvairių parametų analizė (1.6 pav.):

- energinio efektyvumo;
- apšvietimo;
- mechaninių sistemų analizė;
- akustinė;
- kita inžinerinė analizė.

Atsižvelgiant į gautus rezultatus, galimi tiek konstrukciniai, tiek architektūriniai projekto pakeitimai. Tokių modelių išvystymo lygis (LOD), gali būti įvairus, priklausomai nuo simuliacijos tipo. Todėl analizę galima atlikti dar ankstyvose projekto stadijose.

*Boston Consulting Group* 2018 metais atlikto tyrimo rezultatuose skelbiama, kad statybos projektų skaitmenizavimas (BIM, integravimas ir kt.) turėtų sumažinti statybų išlaidas iki 20 % artimiausiame dešimtmetyje. Pagrindiniai veiksmi lemiantys kainos mažėjimą: skaitmeniniai modeliai ir išankstinė analizė įvertinanti geriausią konstruktyvą, apšvietimą, poziciją ir kitus sprendimus įtakančius energinį, akustinį, šiluminį efektyvumą. Gaunamos tikslesnės sąmatos ir statybų valdymas leidžia tausoti gamtą bei išteklius (*Boston Consulting Group*, 2018).

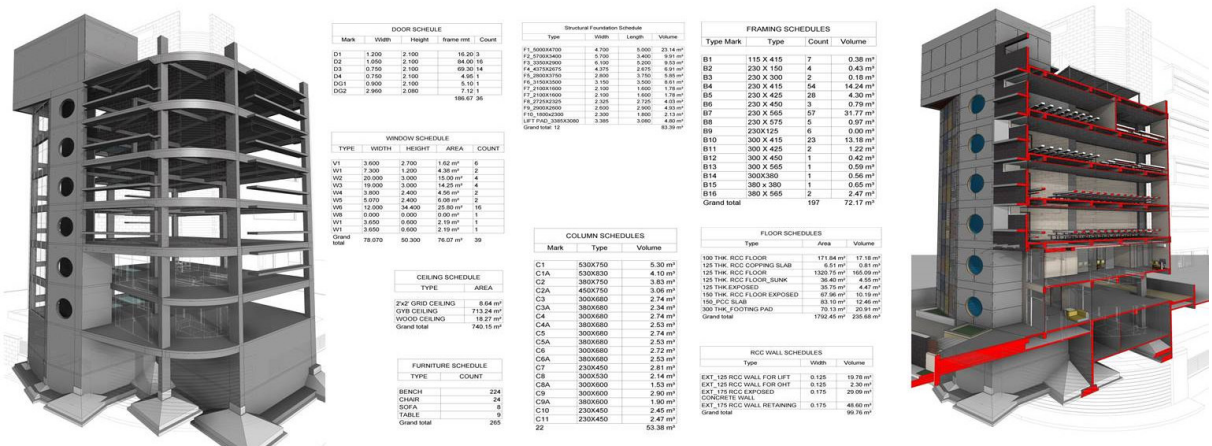
Analizei skirtus modelius, galima generuoti iš jau esamų, architektūrinių, konstrukcinių modelių arba atlikti modeliavimą iš naujo, priklausomai nuo simuliacijos tipo gali būti reikalingi, tik išoriniai gabaritai, tūriai, o kitiems reikalingi ir detalūs, tiksliais medžiagomis ir konstrukciniai sprendimais paremti modeliai.



1.6 pav. Analizėi skirti modeliai ir rezultatai (Green BIM engineering, 2016)

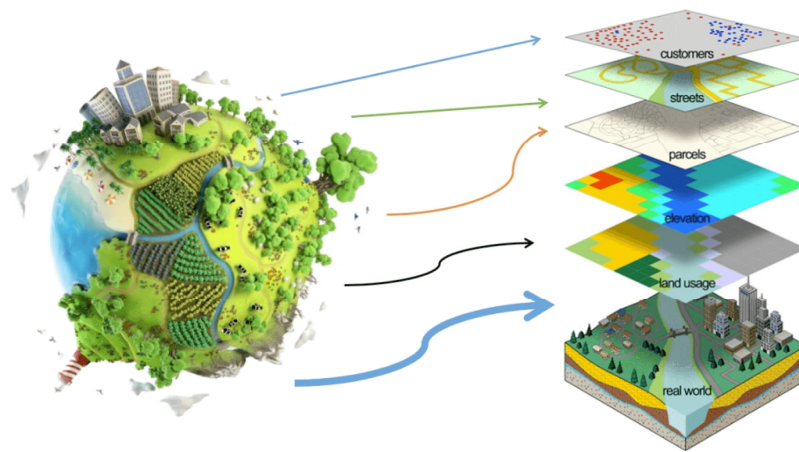
Kita svarbi grupė – statybai ir gaminių užsakymui skirti modeliai. Projektavimo stadijoje gautų modelių tolimesnis vystymas, kai pasiekimas aukštesnis detalumo lygis (LOD 300). Tokie modeliai daug detalesni, skirti gaminiams užsakyti ir gaminti. Dėl didelio informacijos kiekio dažnai padalijami aukštais arba pagal gaminių tipus.

Dirbant su BIM programine įranga, 3D aplinkoje visa informacija lengvai paimama iš modelio, brėžiniai ir kiekiai yra automatizuotai parengiami gamybai (1.7 pav.). Tiesioginis BIM modelio duomenų pateikimas į stakles su skaitmenine indikacija yra dar geresnis variantas, nes tai leidžia išvengti dėl žmogiškojo faktoriaus kylančių klaidų ir padeda optimizuoti gamybos sąnaudas (Vaišvila, 2016).



reikalauja nemažai darbo ir tikslumo. Naudojantis tiksliomis gamintojų rekomendacijomis, o dar geriau, jų parengtomis BIM bibliotekomis, galima parengti tikslų modelį, o kiekius perduoti į gamybos skyrių greitai ir patogiai. Dažnai tokie modeliai susiejami su statyboms skirtu modliu, kuriame galiam stebėti progresą ir esamą statybų stadiją.

Bet koks statinys ar pastatas neatsiejami nuo juos supančios aplinkos, kuri dažnai nulemia tiek architektūrinius, tiek konstrukcinius sprendimus. Sklypas (situacija) gali būti modeliuojamas remiantis 2D brėžiniais ar naudojant lazerinį skenavimą. Svarbiausia suderinti pastato skaitmeninį modelį su sklypo modeliu atsižvelgiant į lokalias ir globalias koordinates. Tokie modeliai palengvina inžinerinių sistemų, kelių planavimą ir diegimą, užtikrina suderinamumą su jau esamomis komunikacijomis.



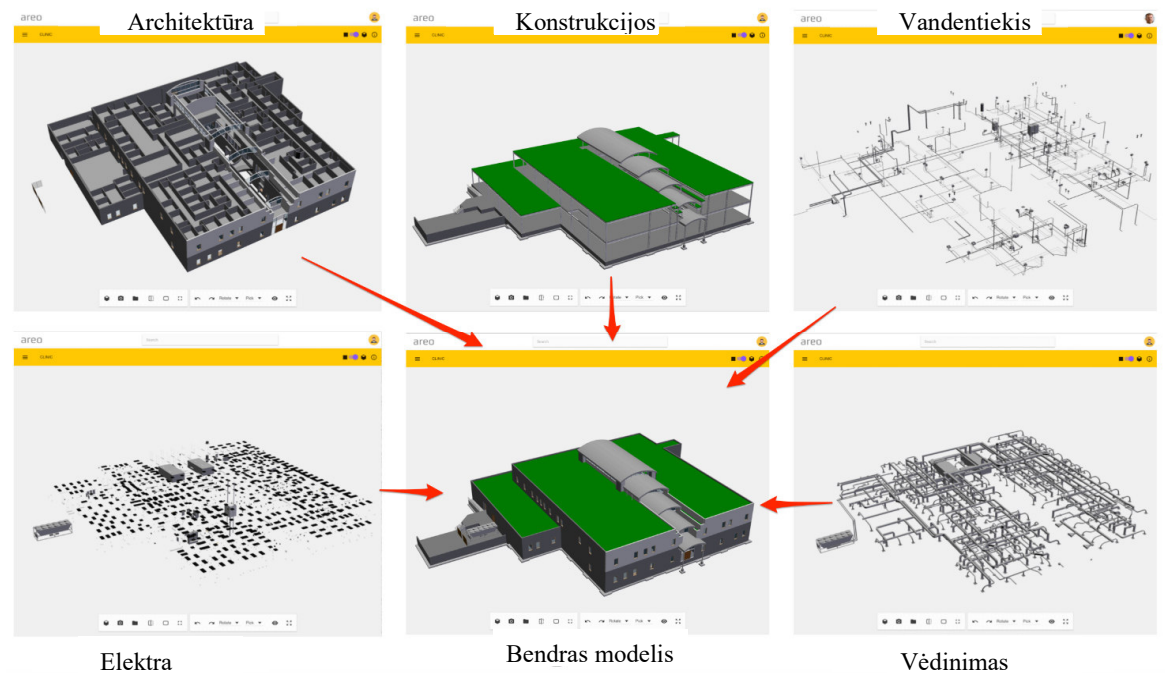
**1.8 pav.** Situacijos modelių sluoksniai (GEO University, 2016)

Geografinė informacinė sistema (GIS) leidžia labai tiksliai atvaizduoti situaciją. Tai ne tik leidžia kurti realistiškas vizualizacijas, bet ir įtakoja tiek architektūrinius, tiek konstrukcinius sprendinius ankstyvoje projektavimo stadijoje. Šiuos modelius sudaro įvairūs sluoksniai atvaizduojantys reljefo aukščius, sklypo ribas, gatves, kitus pastatus ir inžinerinius tinklus (1.8 pav.).

Dažnai projektas susideda iš keletos modelių, todėl svarbu, kad jie neprieštarautų vieni kitiems ir būtų suderinti. Šiems tikslams pasiekti padeda koordinavimo modeliai. Šis modelis savaime neegzistuoja, o yra sudarytas sujungus atskirų disciplinų modelius. Galima jungti dvi ar daugiau disciplinų, atlikti susikirtimų analizę, projekto peržiūrą. Modelių koordinavimo dažnumas ir atsakingas asmuo priklauso nuo projekto bei projekto vykdymo plano.

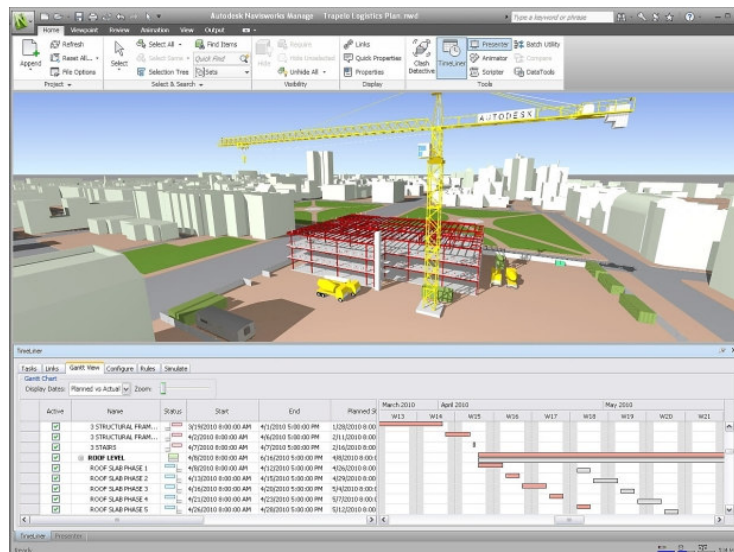
Koordinavimo modeliai apjungia visas disciplinas ir modelius (1.9 pav.), kurie dažnai kuriami skirtingomis programinėmis įrangomis. Modelių sujungimui naudojami savieji formatai jei tai įmanoma ir modelis nėra per didelės apimties arba atvirieji formatai, tokie kaip IFC. Koordinavimo faile (modelyje) nustatomi pagrindiniai projekto parametrai, statinio koordinatės, orientacija, aukštai, ašių tinklas. Tai būtini atributai norint, kad visi kiti modeliai būtų teisingai sujungti koordinavimo

procesui. Dažniausiai, koordinavimo faile, atskirų disciplinų modeliai įkeliami kaip referenciniai failai, tai neapkrauta programinės įrangos ir leidžia atlikti patikrą greitai ir identifikuoti nesutapimus jei tokių yra.



1.9 pav. Koordinavimo modelio sudėtis (Areo, 2016)

Statybos modelis (4D) – statinio modelis, sujungtas su kalendoriniu grafiku (1.10 pav.). Tokiu būdu galima gauti simuliacijas, animacijas, kaip ir koku būdu ir eiliškumu turi vykti darbai. 4D modelis leidžia atlikti statybų proceso stebėjimą ir atlikti atitinkamas prognozes. Modelio pateikimas ir susiejimas su laiko dimensija gali būti įvairus, dažnai pateikiami elementai, kuriems priskiriamos spalvos, leidžiančios grafiškai stebėti procesus.



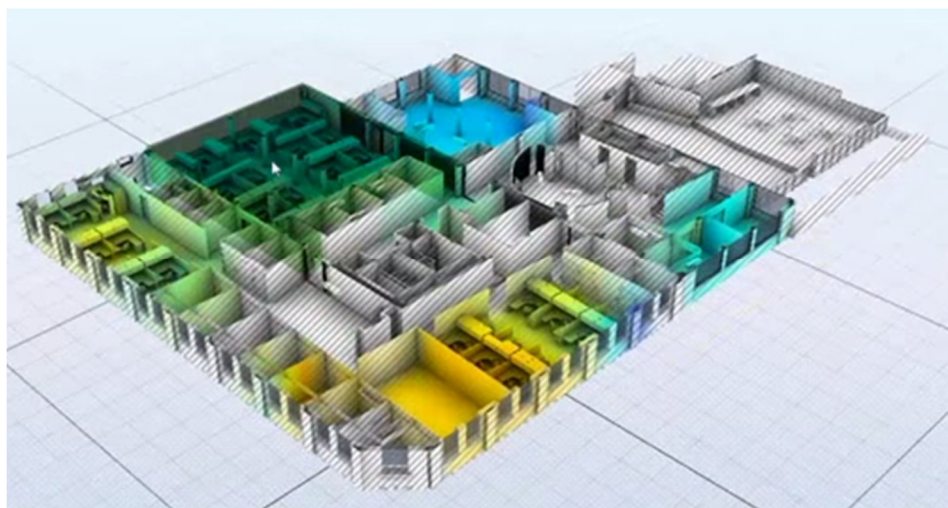
1.10 pav. 4D modelis (Vancouver Sun, 2014)

4D modelis leidžia atlikti statybos darbų simuliacijas, nustatyti kritinius taškus ir suvaldyti procesus taip, kad kuo efektyviau būtų išnaudojamas laikas ir medžiagos.

„Kaip pastatyta“ modelis, tai modelis kuris visiškai atspindi realybę. Projektuojami sprendiniai ne visada atitinka realius sprendinius, gali įvykti pakeitimų vėlyvoje stadijoje ir projektinis modelis tampa nebeaktualus. Vienas iš integruoto projekto tikslų – valdyti visą statinio informaciją jo gyvavimo ciklo metu. Šį tikslą pasiekti galima tik tada, kai visi statybų darbų duomenys suvedami į modelį.

Modeliui tikslinti galima naudoti 3D skenavimo įrankius, skaitmeninius matavimo įrankius, kurie tiesiogiai perkelia atnaujintą informaciją į modelį. Atnaujinta informacija gali būti panaudojama: atliekant perplanavimo darbus, energijos kiekių analizę, evakuacijos planams, gedimų šalinimui ir yra pagrindas pastato priežiūros modeliui. Realybę atspindintys modeliai nėra populiarūs ar labai reikalingi. Jų atsisakoma dėl didelės kainos, papildomo darbo ir sąnaudų, nes dažniausiai reikia modeliuoti iš naujo, remiantis esama situacija.

Naujo projekto vėlyviausioje stadijoje naudojami pastato priežiūros ir valdymo modeliai, taip pat jie gali būti rengiami jau pastatytiems pastatams, jei yra poreikis. Pasirinkta programinė įranga gali turėti tiesioginį ryšį su pastato modeliu arba nuskaityti reikalingus duomenis, tokius kaip geometrija, patalpų plotas ar padėtis, o gautus duomenis susieti su atitinkamomis daviklių vertėmis (1.11 pav.).



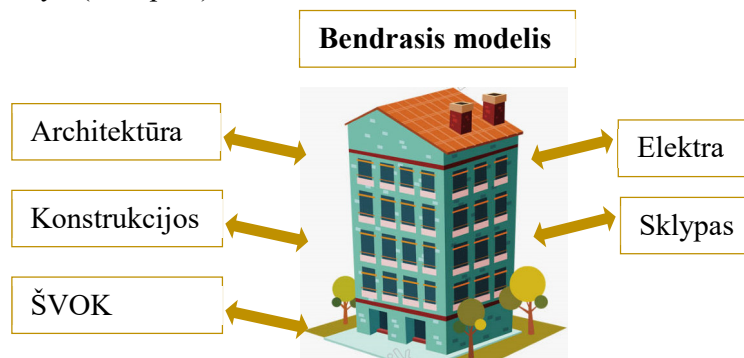
**1.11 pav.** Tempetarūros pasiskirtymas pastate (Autodesk, 2015)

Tokių modelių detalumas ir naudojama informacija priklauso nuo prižiūrimų sistemų, elementų ir naudojamos programinės įrangos. Modelio detalumas gali būti įvairus (*angl.* level of development or LOD), kurį plačiai ir aiškiai aprašo *BIMForum* organizacija. Pastaroji rengia aiškinamąją dokumentaciją skirtą statinio informacinio modelio detalumui apibrėžti.

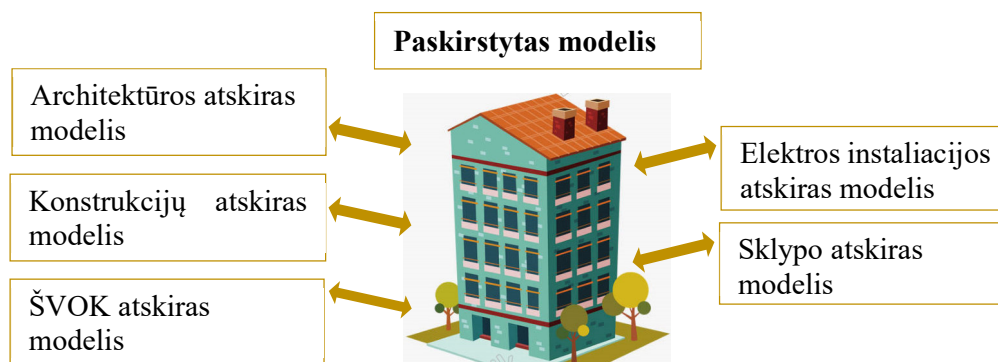
Pagal struktūrą modeliai gali būti:

- Bendrieji (1.12 pav.);

– paskirstyti (1.13 pav.).



**1.12 pav.** Bendrojo modelio struktūra (sudaryta autorės)



**1.13 pav.** Paskirstyto modelio struktūra (sudaryta autorės)

Paskirstyti modeliai padalinti tarp visų projekto dalyvių pagal disciplinas, aukštus, korpusus ar kitą metodologiją, o kiekvienas dalyvis atsakingas už jam skirtą dalį. Darbas koordinuojamas per išorines nuorodas, informacija prieinama viso projektavimo metu. Teises keisti modelį turi tik ji valdantys asmenys, kiti gali tik peržiūrėti. Priešingai nei paskirytas – vieningas modelis, kai visa informacija apie pastatą kaupiama viename modelyje, todėl jį peržiūrėti ir naudoti gali visi projekto dalyviai. Tačiau praktiniu požiūriu toks modelis problematiškas. Kyla sunkumai programinės įrangos atžvilgiu, nes nėra tokios, kuri gebėtų palaikyti vieningo modelio koncepciją visose projekto disciplinų ir vystymo stadijų lygiuose. Taip pat sunku užtikrinti sklandų modelio veikimą, teisių padalijimą projektuotojams, nustatyti teises ir atsakomybes.

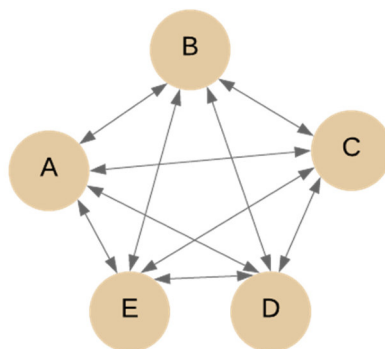
#### **1.4. Modelių integracijos tipai**

Siekiant įgyvendinti vis sudėtingėjančius projektus, integruotas projektavimas sparčiai įgyja populiarumą tarp pagrindinių statybos pramonės dalyvių. BIM suteikia bendradarbiavimo platformą skirtingoms suinteresuotoms šalims, dalyvaujančioms visame projekto gyvavimo cikle. Savininkai,

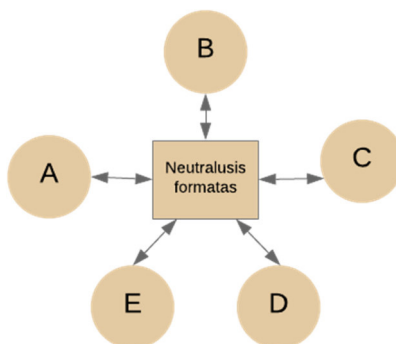
projektuotojai, rangovai ir statybos vadovai gali intergruotus projektus naudoti efektyviau nei bet kada anksčiau (Ghaffarianhoseini, 2017).

Norint užtikrinti bendradarbiavimą tarp projekto dalyvių, turi būti garantuotas atitinkamas integracijos lygis tarp naudojamų programų. Išskiriami keturi pagrindiniai integracijos būdai:

- tiesioginė integracija, naudojant savuosius formatus;
- duomenų apsikeitimas per užprogramuotus ryšius (1.14 pav.);
- duomenų perdavimas savuoju formatu į kitą programinę įrangą, kai perkeliama ne visa informacija, dažniausiai tik geometrija;
- netiesioginė integracija, duomenų perdavimas neutraliais formatais (1.15 pav.).



**1.14 pav.** Tiesioginė integracija, naudojant skirtingas programas (sudaryta autorės)



**1.15 pav.** Netiesioginė integracija, naudojant neutralius formatus (sudaryta autorės)

Pirmuoju atveju programinėje įrangoje naudojami savieji failų formatai, failus paprasta atidaryti ir išsaugoti, nereikia papildomo konvertavimo iš vieno formato ar kitą ar kitų papildomų įrankių. Užtikrinamas failo vientisumas ir neprarandama informacija. Toks darbo metodas leidžia apsikeisti duomenimis tarp skirtingų disciplinų abiem kryptimis.

Antruoju atveju naudojama skirtingų gamintojų programinė įranga, kuri integruojama tarpusavyje. Tokia integracija gali būti suprogramuota gamintojų ir failams perkelti iš vienos aplinkos į kitą reikalingos importavimo ir ekpostavimo funkcijos.

Trečiuoju atveju programinė įranga geba atidaryti kitos programinės įrangos savuosius failus, bet dalis informacijos yra prarandama, dažniausiai tai aprašomiji, atributinė informacija, todėl šis būdas taikomas, kai reikalinga tik geometrija.

Kitas integracijos būdas – naudoti standartinius, patentuotus, neutraliuosius formatus. Vienas iš dažniausiai naudojamų yra IFC (*angl.* Industry Foundation Classes). Tokie formatai yra atviri, neutralūs, tačiau riboti perduodamos informacijos kiekiui. Šis integracijos būdas dažnai sukelia nemažai problemų, nes informacija dingsta, yra iškraipoma ar perduodama tik dalinai.

Visus integracijos būdus galima naudoti tiek vieningam, tiek paskirstytam modeliui.

## **1.5. Bendrinimas ir koordinavimas**

Pastato informacinis modelis gali būti naudojamas įvairiems tikslams nuo koncepcijos iki pastato priežiūros. Visose stadijose privaloma bendrabarbiauti su projekto dalyviais ir dalintis informacija, užtikrinant kuo efektyvesnį rezultatą. Bendradarbiavimo sąvokoje

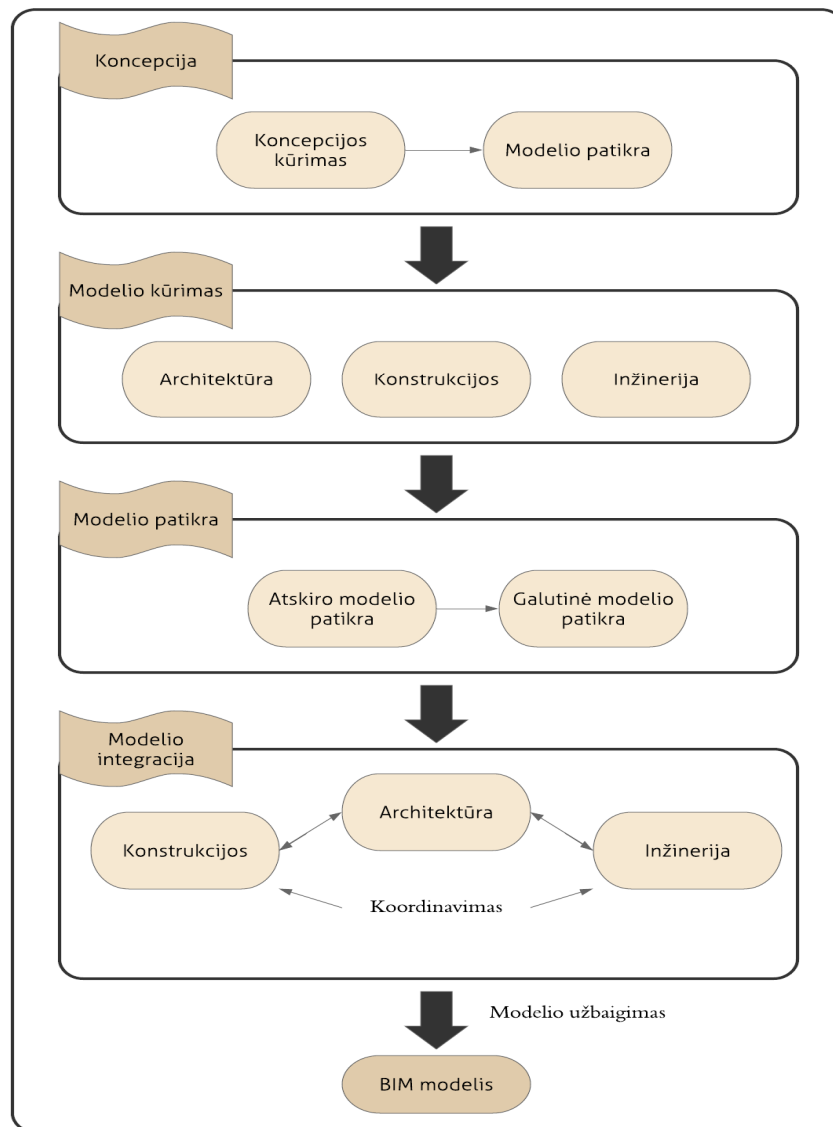
### *1.5.1. Bendradarbiavimas*

Bendradarbiavimas reikalingas viso projekto gyvavimo ciklo metu, tačiau vienas iš esminių momentų – modelio kūrimas, nes nekokybiškas modelis negali būti naudojamas tolimesniems procesams. Viena didžiausių praktinių kliūčių – didelės apimties ir sudėtingo modelio kūrimas per trumpą laiką, tokiu atveju reikalinga didelė komanda, kuri dirba su modeliu. Komandos ir jos valdomos informacijos koordinavimas tampa esmine užduotimi, tačiau dažnai susiduriama su sunkumais.

Praktiniu požiūriu dažniausiai susiduriama su šiomis problemomis:

- netinkamas ir neefektyvus informacijos valdymas;
- modelio kūrimo ir pakeitimų valdymas;
- pavėluotas informacijos perdavimas;
- netinkamas versijų kūrimas ir valdymas;
- galimybė ištrinti, modifikuoti kitų projekto dalyvių sukurtą informaciją (Yu-Cheng ir Hui-Hsuan, 2018).

Remiantis Azijos šalyse atlikto tyrimo rezultatais, siekiant pagerinti ir užtikrinti efektyvų BIM modelio kūrimą, patariama naudoti keturių pakopų modelio kūrimo planą (1.16 pav.): koncepcijos kūrimas, parengiamieji darbai; modelio kūrimas; modelio patikra; modelio integracija (Yu-Cheng et al., 2018).



**1.16 pav.** Modelio kūrimo diagrama (pagal Yu-Cheng, 2018)

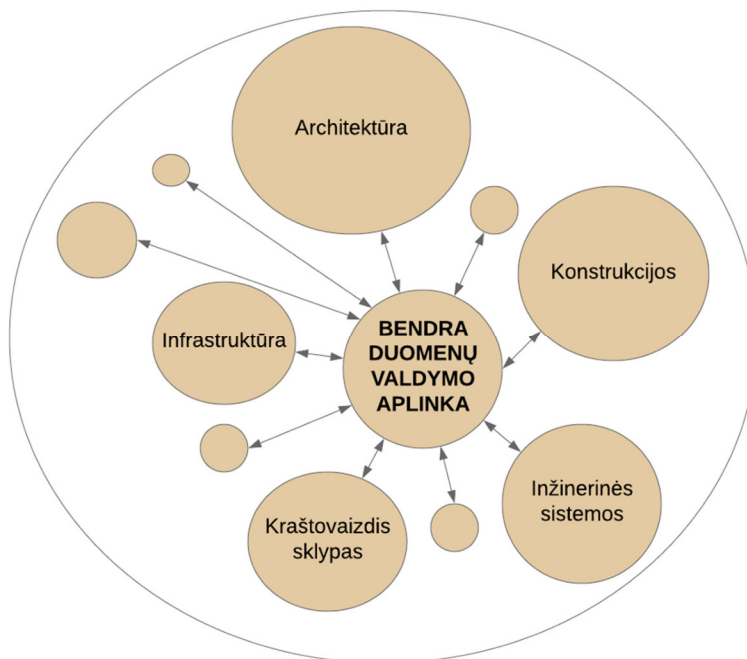
Pradiniame etape, siekiant aukštos kokybės rezultatų, visi projekto dalyviai turi nuspręsti dėl siekiamų tikslų, terminų, jų laikymosi sąlygų ir galimų pasekmių. Taip pat svarbu apibrėžti, kokiomis programinėmis įrangomis naudosis dalyviai, patikrinti jų suderinamumą (jeigu nėra naudojama bendra platforma), modeliui keliamų reikalavimų detalumo ir informacijos kiekio atžvilgiu, failų, brėžinių vardinimo taisykles. Kone visus šiuos parametrus detaliai aprašo BIM įgyvendinimo planas (BEP) ir užsakovo reikalavimai informacijai (EIR) dokumentai, todėl naudojantis jais nesudėtinga apibrėžti pagrindines modeliavimo taisykles.

Modelio kūrimo stadija, priklausomai nuo naudojamos programinės įrangos, duomenų dalinimosi platformos, gali vykti įvairiai. Tačiau svarbu, kad visi dalyviai galėtų naudotis naujausia ir aktualiausia informacija ir nebūtų pažeistos jų teisės.

Modelio patikra vykdoma dviem etapais, kai kiekviena modelio dalis, priklausomai nuo jo paskirstymo, tikrinama atskirai ir kai apjungiamas visas modelis. Kolizijos fiksuojamos ir taisomos, patikrų dažnumas priklauso nuo modelio sudėtingumo ir nustatomas iš anksto. Galiausiai visi, skirtingų disciplinų modeliai yra sujungiami ir tikrinamas jų suderinamumas.

### 1.5.2. Bendra duomenų valdymo aplinka

Bendradarbiavimo procesas integruotame projekte užtikrinamas naudojant bendrą duomenų valdymo sistemą (*angl.* Common Data Environment or CDE). Sistema leidžia efektyviai ir tiksliai dalintis informacija tarp visų projekto komandos narių. Informacija gali būti 2D, 3D, grafinė, negrafinė, tekstinė ir skaitmeninė, o informacija dalinasi visų disciplinų atstovai (1.17 pav.).



**1.17 pav.** Bendra duomenų valdymo aplinka (pagal Wiley, 2014)

CDE gali būti įgyvendinama įvairiais būdais:

- naudojant serverių saugyklas, fizines ir debesų (*cloud*);
- ekstranetu;
- elektronine dokumentų valdymo sistema.

CDE neatsiejama integruoto projekto dalis, kai informacija dalinamasi viso projekto gyvavimo ciklo metu. Pagrindiniai privalumai naudojant bendrą duomenų valdymo sistemą:

- naudojamas tik vienas informacijos šaltinis;

- visiems projekto dalyviams realiu laiku pasiekama aktualiausia informacija, modeliai ir dokumentai;
- projekto dalyviai gali naudotis kitų dalyvių informacija, generuoti tikslią ir pilną dokumentaciją;
- CDE aplinkoje procesai automatizuoti, todėl sutaupo daug laiko.

Nepaisant pagrindinių privalumų, kai projektus vystančios organizacijos naudoja tokia duomenų valdymo sistema ne viename, o daugelyje projektų, gaunama nauda ateities projektams. Tai apibrėžia Karališkasis britų architektų institutas (*angl.* The Royal Institute of British Architects – RIBA), projekto vykdymo plane (*Plan of Work*), kai visi projektai vykdomi ne linijiniu būdu, o ratu (1.18 pav.).



**1.18 pav.** Projekto vykdymo planas (pagal RIBA, 2013)

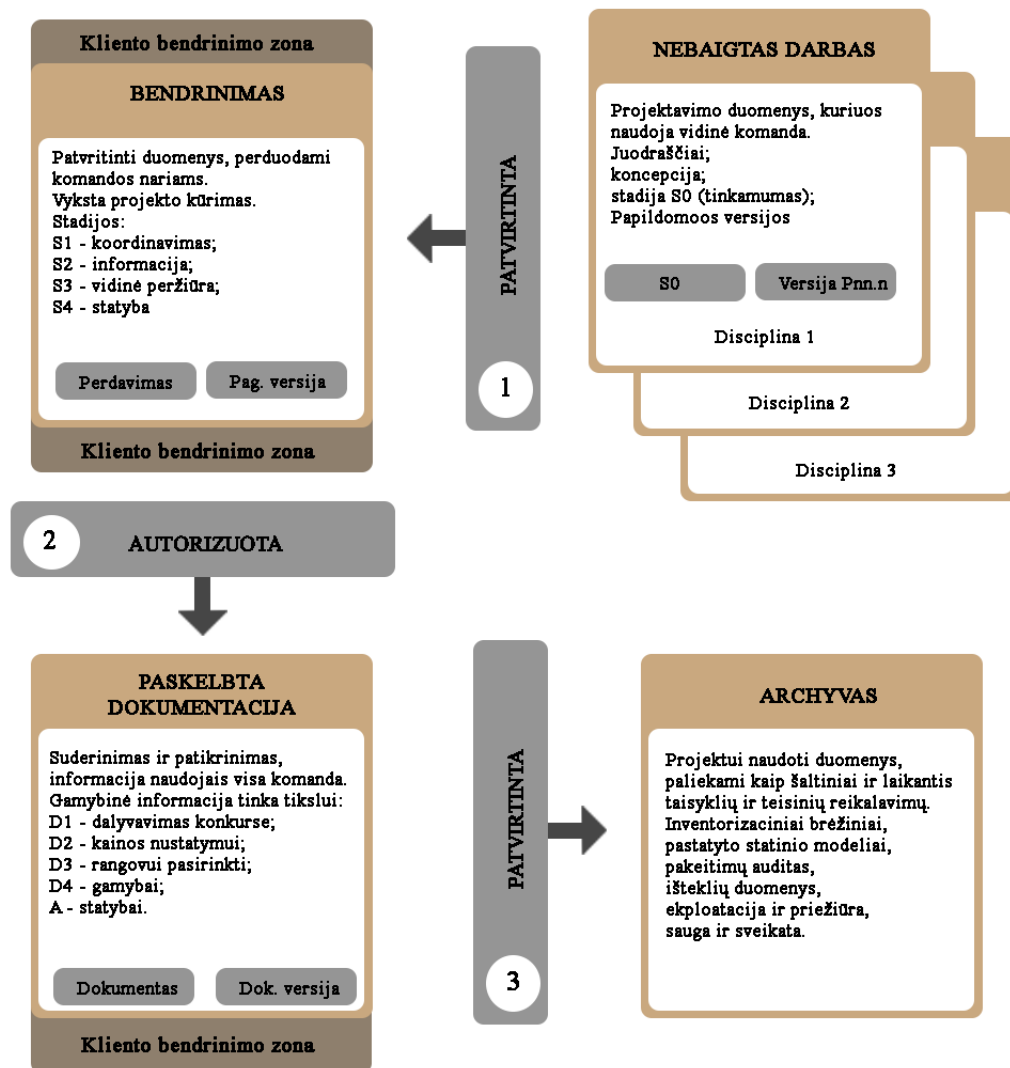
Tad kiekvienas naujas projektas tampa vis produktyvesnis ir jame gauta informacija gali būti panaudojama iš naujo.

Bendrą duomenų valdymo aplinką aiškiai ir nuosekliai aprašo britų išleisti standartai PAS1192-2:2013 ir BS 1192. Standartuose nurodoma, kad kiekviena užduotis pateikiama pagal numatytą tvarką, atsakingų asmenų, taip informacija perduodama laiku ir visada yra aktualios redakcijos. Standartuose aprašyta tvarka ir taisyklės atskiroms projekto dalims. Pagrindiniai standartų taikymo kriterijai (Popov, 2017):

- projekto nariai dalijasi informacija bendroje duomenų valdymo aplinkoje;
- naudojama suderinta duomenų lygių struktūra ir failų saugojimo tvarka;
- numatyta visų failų ir aplankų vardijimo struktūra;

- numatyta projekto dalyvių atsakomybių matrica kiekvienai disciplinai.

Remiantis šiais kriterijais sukurta aplinka yra paprasta rinkti, tvarkyti ir perduoti dokumentus, modeelius bei kitą informaciją, atlikti koordinavimą, versijavimą ir peržiūras bet kuriuos projekto etapo metu. Standarte BS 1192 pateikiama modelių apsiukeitimo schema (1.19 pav.):



1.19 pav. Suderinimo, apsiukeitimo ir informacijos įkėlimo schema (pagal BS 1192, n.d.)

Šioje schemoje susiejama organizaciniai ir technologiniai procesai. Nurodoma direktorija, informacijos judėjimas, kūrėjas, versija ir esamas statusas. Visi šie kriterijai padeda išlaikyti tvarką, spartą ir darną viso projekto metu, matyti ir sekti pakeitimus. Tačiau aprašyti procesai gali būti taikomi tik naudojantis vieno gamintojo programine įranga ir nėra suderinti tarp skirtingų programinių paketų.

## 1.6. Standartai, dokumentai ir rekomendacijos

Globaliu mastu statybos sektoriuje visi pokyčiai ir naujovės pritaikomos palaipsniui, todėl standartai ir jų diegimas trunka ne vienerius metus. Tradicinių procesų skaitmenizavimas ir koordinavimas reikalauja fundamentalių pokyčių, pradedant projekto dalyvių santykiais ir baigiant sutartiniais įsipareigojimais, todėl siekiant skaidrumo, sąžiningumo ir proceso tęstinumo reikalingi aiškūs ir visiems suprantami standartai.

Bendradarbiavimu grįsto darbo aplinkoje projekto komandos narių prašoma pateikti informaciją naudojant standartizuotus procesus ir sutartus standartus bei metodus, kad būtų užtikrinta visiems vienodai suprantama duomenų forma ir kokybė, o informaciją būtų galima naudoti be pakeitimų ar interpretacijų (Popov, 2017).

Visų standartų pagrindinis tikslas – sukurti taisykles (standartus, reikalavimus, techninius reglamentus ir specifikacijas), kaip elgtis, kuriant ir/arba naudojant, bei pakartotinai naudojant BIM duomenis, efektyviai be nuostolių, prieštaravimų ar iškraipymų dalintis BIM duomenimis (informacija) su kitais statybos projekto dalyviais; rekomendacijas (vadovus), kaip įgyvendinti BIM procesus projektuose, patobulinti gebėjimą bendrauti ir bendradarbiauti, kad pagerinti darbo našumą, veiklos efektyvumą ir konkurencingumą visame objekto projektavimo, statybos, turto valdymo gyvavimo cikle visame statybos sektoriuje (Skaitmeninė statyba, 2016).

Dabartiniu metu Lietuvoje nėra nacionalinių BIM standartų, todėl naudojamosi kitų šalių gerąją praktika, viešai prieinamais standartais ir rekomendacijomis, siekiant juos adaptuoti Lietuvos rinkai. Daugelis įmonių turi savo vidinius techninius standartus, tokius kaip CAD/BIM, modelio išvystymo ir detalumo, informacijos apsikeitimo reglamentuojančius dokumentus. Tačiau vystant didesnius projektus, juose dažnai dalyvauja keletas ar net keliolika įmonių, todėl apsikeitimas informacija tampa iššūkiu, kai visi dirba remdamiesi skirtingomis taisyklėmis ir tenka derintis vieniems prie kitų. Tokiu atveju visiems bendri standartai ir rekomendacijos padėtų suvienodinti tvarką ir užtikrintų sklandų darbą tiek įmonės viduje, tiek įgyvendinant jungtinius projektus.

Lietuvos BIM metodikos entuziastų ir valstybės sektoriaus atstovų diskusijos, vykusios ir anksčiau, rodo, kad būtinybė viešajam ir privačiam sektoriui glaudžiau bendradarbiauti gerai suvokiama, be to, siekiama, kad aktyviau dalyvautų ir valstybė. Tačiau, jei priimant esminius sprendimus bus pernelyg delsiama, statybos sektorius jau yra sukaupęs nemažą potencialą, kad galėtų savarankiškai tęsti BIM sklaidą Lietuvoje (Popov, 2017).

## 1.7. Teikiamos naudos

Pagrindiniai kiekvieno statybos projekto dalyviai naudodami integruoto projekto vystymą pasiekia geresnių rezultatų. Tačiau kiekvienas iš jų gauna ir asmeninės naudos.

Užsakovui – atviras ir ankstyvas bendradarbiavimas tarp projekto dalyvių užtikrina pasirinkti tinkamiausius sprendimus projektui, nesivadovaujama mažiausios kainos, nepatikimais pasirinkimais. Daugelis sprendimų priimami ankstyvojo stadijoje randat tinkamiausius sprendimus, numatytas biudžetas sutampa arba beveik sutampa su realia projekto kaina, užtikrinamas aukštos kokybės ir tvarus produktas.

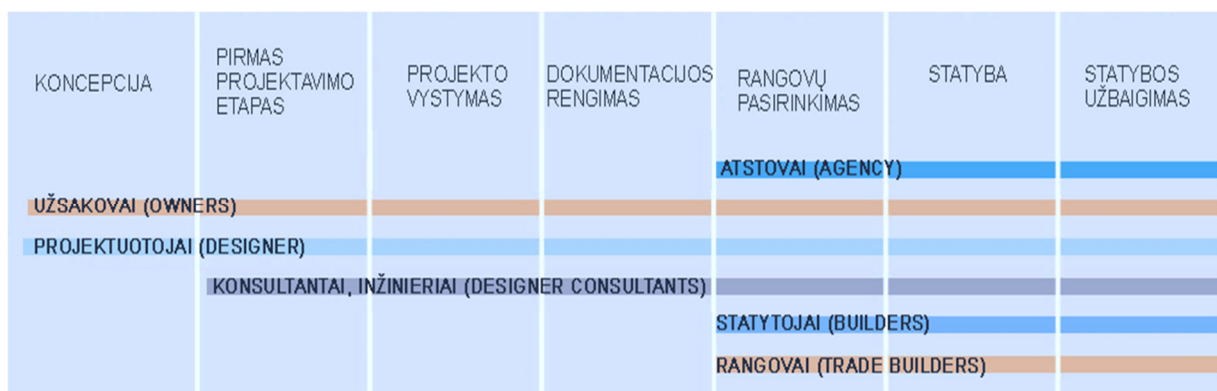
Architektams – priešprojektinių pasiūlymų stadijoje, sprendimai remiasi konstrukcijų pasiūlymais, priimami tiek konstruktoriams, tiek architektams priimtini sprendimai. Sumažinama pakeitimų tikimybė, nustačius esminius konstrukcinius ir architektūrinius sprendinius galima sudaryti tikslesnę sąmatą, projekto apimtį.

Projektuotojams – konstrukciniai sprendimai, jų suderinamumas tarp skirtingų projektuotojų atliekamas ankstyvoje stadijoje, pasiekiamas optimaliausias sprendimas tinkantis visiems, užtikrinant tvarius bei efektyvius sprendinius. Projektuotojai dalyvauja prieš projektinių sprendimų rengime, gali patarti ir apibrėžti galimus sprendinius, taip sutaupant laiko ir neatliekant didelių pakeitimų tolimesnėse stadijose.

Kadangi komanda formuojama nuo pat projekto pradžios, visi dalyviai dalinasi atsakomybėmis ir naudomis (1.20 pav.). Šalių dalyvavimas skirtingose stadijose užtikrina vientisumą projekto vystymo metu, o vystant tradiciniam procesui (1.21 pav.) dalyviai atskiriami, dažnai siekia tik asmeninės naudos, todėl nukenčia pagrindinis tikslas.

| KONCEPCIJA                                       | KRITERIJŲ NUSTATYMAS | PROJEKTAVIMAS | DOKUMENTACIJOS RENGIMAS | RANGŲ PASIRINKIMAS | STATYBA | STATYBOS UŽBAIGIMAS |
|--------------------------------------------------|----------------------|---------------|-------------------------|--------------------|---------|---------------------|
| ATSTOVAI (AGENCY)                                |                      |               |                         |                    |         |                     |
| UŽSAKOVAI (OWNERS)                               |                      |               |                         |                    |         |                     |
| PROJEKTUOTOJAI (DESIGNER)                        |                      |               |                         |                    |         |                     |
| KONSULTANTAI, INŽINIERIAI (DESIGNER CONSULTANTS) |                      |               |                         |                    |         |                     |
| STATYTOJAI (BUILDERS)                            |                      |               |                         |                    |         |                     |
| RANGOVAI (TRADE BUILDERS)                        |                      |               |                         |                    |         |                     |

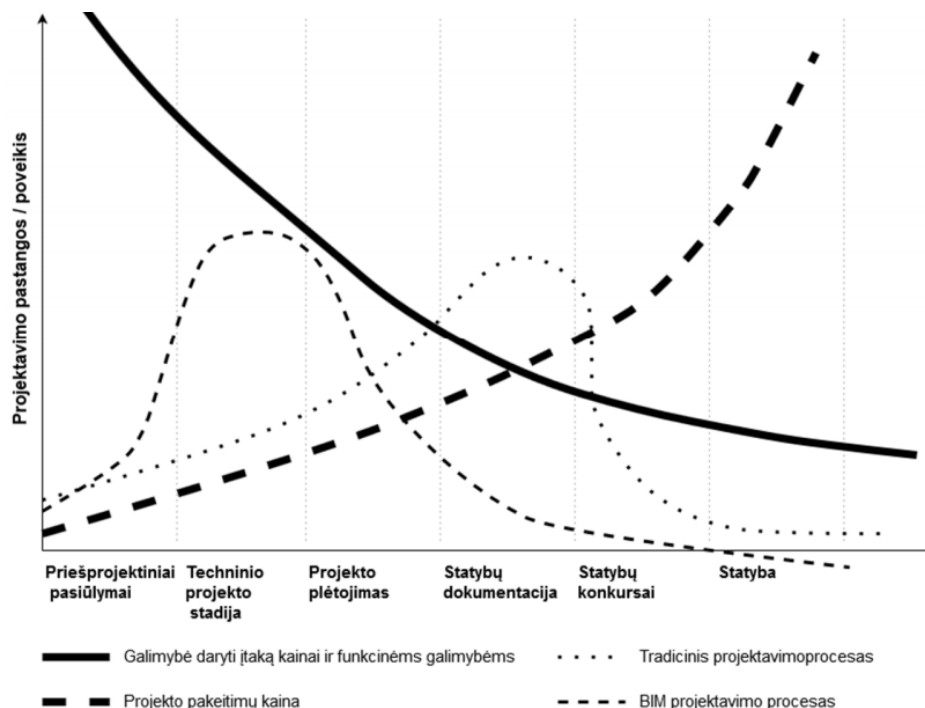
1.20 pav. Integruoto projekto stadijų ir dalyvių ryšys (pagal AIA, 2014)



**1.21 pav.** Tradicinio projekto stadijų ir dalyvių ryšys (pagal AIA, 2014)

Projekto komandos sudarymas dar ankstyvoje stadijoje suteikia galimybę susipažinti su projektu visiems dalyviams ir pasirinkti tinkamiausią kelią jam įgyvendinti.

Kainos ir laiko kriterijai neatsiejami statybų sektoriuose. Augant ir plečiantis galimybėms, siekiama, kad projektai būtų įgyvendinti kuo sparčiau, o numatytos išlaidos neišaugtų. Šiuos kriterijus, integruotas procesas, leidžia suvaldyti ir nustatyti dar ankstyvoje stadijoje. 2004 metais Patrick MacLeamy pastebėjo, kad projektai tampa vis kompleksiškesni, o tai apsunkina galimybę atlikti pakeitimus, o juos atlikus kaina ženkliai išauga (1.22 pav.).



**1.22 pav.** MacLeamy kreivė (pagal MacLeamy, 2004)

Palyginus tradicinį ir integruoto projektus, aiškiai matoma, kad pastarojo dauguma pakeitimų atliekami ankstyvoje stadijoje, kurioje pakeitimų kaina yra nedidelė.

## 1.8. Pirmojo skyriaus išvados

Pirmame skyriuje apžvelgiama BIM nauda, vystymasis, pritaikymas statybos sektoriuje. Nagrinėjami pagrindiniai kriterijai reikalingi integruoto projekto vystymo organizavimui:

- Bendra duomenų valdymo aplinka, jos struktūra ir pritaikymas. Privaloma pasirinkti kokioje aplinkoje dalinamasi informacija, kokia naudojama failų struktūra, vardijimo taisyklės, kad visi projekto dalyviai greitai galėtų rasti reikiamą informaciją, ji nesikartotų ir būtų aktuali.
- Programinė įranga, jos paskirtis ir skirtingos galimybės. Monoplatformė programinė įranga pranašesnė duomenų perdavimo srityje, palegvina projektuotojų darbą ir užtikrina tęstinumą. Tačiau dažnai pasirenkamas ir daigiaplatformės programinės įrangos sprendimas, kai kiekvienas projektuotojas naudojasi jam tinkamiausia. Abu sprendimai yra geri, priklausomai nuo projekto tipo ir apimties, kurią privaloma numatyti pradinėje stadijoje.
- Modelių tipai, integracija, skirstymas ir kūrimas. Kiekvieno modelio kūrimas privalo turėti aiškų ir apibrėžtą tikslą, nuo kurio priklauso modelio detalumas, sprendiniai programinė įranga.
- Bendradarbiavimas ir koordinavimas, bendrų projekto tikslų įgyvendinimas. Modelio paskirstymas tarp skirtingų projektuotojų ir projekto dalyvių bei nuolatinis koordinavimas vykdomas laikantis griežtų taisyklių ir reglamnetų, kad kada ir kokį modelį ar jo dalį privalo pateikti, kad būtų atliktos patikros procedūros.
- Teisinė aplinka, dokumentai, standartai ir rekomendacijos, reikalingi bendrai projekto tvarkai ir aiškumui užtikrinti.

Integruoto projekto įgyvendinimui reikalingas nuoseklus ir ilgas pasiruošimas, privaloma atsižvelgti ir numatyti daugelį sričių ir rizikų. Tik jas visas įvertinus gaunamas visus projekto dalyvius tenkinantis rezultatas.

## 2. STATINIO INTEGRUOTO PROJEKTO RENGIMO ORGANIZAVIMAS

### 2.1. BIM projekto vykdymo plano sąvoka

Igyvendinant BIM projektus, vienas svarbiausių dokumentų yra BIM įgyvendinimo (vykdymo) planas arba BEP (*angl.* BIM execution plan). Šiame dokumente aprašoma, kaip projekto dalyviai dirbs, kokia ir kada informacija bus pateikta, koks modelio detalumo ir išvytymo lygis (LOD ir LOI), kaip ir kada bus keičiamasi informacija tarp projekto dalyvių ir kaip ir kokia informacija bus perduodama užsakovui. Taip pat BEP yra dokumentas, kuris atsako į užsakovo išskeltus reikalavimus EIR (*angl.* Employer information requirement) BIM modeliui ir procesams.

Šiuo metu yra galybė BEP variantų, skirtų specifiniams, pasikartojantiems projektams ar naudoti tik įmonės viduje. Tačiau visuose išskiriamos esminės dalys, leidžiantis parengti minimalų BIM projekto vykdymo planą. Tokį pavyzdį pavadintą „Praktinis BEP“ (*angl.* Practical BEP) parengė Karen Kensek 2014 metais, jame aprašomos penkios svarbiausios BEP dalys. Pirmoje dalyje aprašoma visų projekto dalyvių kontaktinė informacija, pareigos; projekto pagrindinė informacija. Antroje dalyje aprašoma naudojama programinė įranga, versijos, kuriomis naudosis visi projekto dalyviai. Trečioje dalyje nurodoma kaip ir kada bus dalinamasi informacija, modeliais, tarp skirtingų dalyvių; atsakomybių matrica; aplankų ir failų hierarchija; atsarginių kopijų kūrimo ir saugojimo tvarka; modelio padalijimas. Ketvirtoje dalyje nustatomi modelio kūrimo reikalavimai: pavadinimų sudarymas, koordinatų sistema, naudojami lapų formatai, projekto parametrai, linijų tipai, naudojamų objektų, šeimų, simbolių sistema; matmenų stiliai ir kiti su modelio kūrimu susiję reikalavimai. Penktoje dalyje aprašomi modelio elementų detalumo lygiai, jiems nustatomi „valdytojai“ (dažniausiai skirstoma pagal disciplinas), kurie atsako ir gali kooreguoti elementus (Kensek, 2014).

Kiti BEP rengimo pavyzdžiai pateikiami tokiuose dokumentuose kaip Jungtinių Amerikos valstijų išleistame BIM projekto vykdymo vadovas (*angl.* BIM Project Execution Planning Guide); Jungtinės Karalystės išleistame standarte PAS 1192 – 2:2013 (2.1 pav.) ir kita.



**2.1 pav.** BIM projekto vykdymo vadovas ir PAS 1192 – 2:2013

Remiantis anksčiau minėtais pavyzdžiais, galima išskirti pagrindines BIM projekto vykdymo plano dalis:

- projekto pagrindinė informacija (statinio bendrinė, lokacinė informacija, dalyvių kontaktai, naudojamos sąvokos, terminai, naudojamų dokumentų aprašymas);
- projekto BIM tikslų ir taikymo būdų nustatymas;
- BIM procesų valdymas;
- BIM procesų projektavimas;
- Statinio modelio išvystymo lygių nustatymas;
- BIM informacijos pateikimo plano sudarymas;
- Bendradarbiavimo procedūrų aprašymas;
- Kokybės kontrolės užtikrinimas;
- Projekto technologinės infrastruktūros aptarimas;
- Modeliavimo taisyklių aprašymas;
- BIM/CAD standartų reikalavimų nustatymas.

BIM projekto vykdymo dalys yra rekomendacinės, jų gali būti daugiau ar mažiau priklausomai nuo projekto ir jam keliamų reikalavimų.

## 2.2. Projekto BIM tikslai ir taikymo būdai

Vienas svarbiausių BIM privalumų yra atviras bendradarbiavimas tarp projekto dalyvių, kuris suteikia galimybę matyti ir naudotis tik naujausia medžiaga, modeliais ar dokumentacija. Taip ženkliai sumažinama klaidų, papildomų pakeitimų rizika. Bendradarbiavimas iki šiol sunkiai įgyvendinamas, siekiant apsaugoti autorių teises, asmeninius interesus, dažnai nepasitikima kitais komandos dalyviais. Tokį požiūrį privaloma keisti ir suprasti, kad projektas yra bendras komandos darbas, o laiku ir tinkamai įgyvendintas jis atneša didžiausią vertę. Šiai situacijai pagerinti privaloma patiesti teisinius pagrindus, aiškiai suformuluotas sutartys, kuriomis projekto dalyviai sąžiningai dalinasi pareigomis, atsakomybėmis, bei pelnu.

Kadangi integruotas projektas neatsiejamas nuo BIM technologijų, tradiciniai taikymo būdai, apimantys planavimo, projektavimo, statybos ir naudojimo etapus (2.2 pav.), taip pat pasiekiami ir integruoto projekto vystymo metu.

| PLANAVIMAS | PROJEKTAVIMAS                        | STATYBA                                  | EKSPLOATAVIMAS          |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|
|            | Esamų sąlygų modeliavimas            |                                          |                         |
|            | Kainos įvertinimas                   |                                          |                         |
|            | Etapų planavimas                     |                                          |                         |
|            | Erdvinis programavimas               |                                          |                         |
|            | Aplinkos analizė                     |                                          |                         |
|            | Projekto peržiūros                   |                                          |                         |
|            | Projekto autorystė                   |                                          |                         |
|            | Energijos analizė                    |                                          |                         |
|            | Konstrukcijų skaičiavimas ir analizė |                                          |                         |
|            | Apšvietimo analizė                   |                                          |                         |
|            | Mechaniniai skaičiavimai ir analizė  |                                          |                         |
|            | Kiti inžineriniai skaičiavimai       |                                          |                         |
|            | LEED įvertinimas                     |                                          |                         |
|            | Atitikimas normoms                   |                                          |                         |
|            |                                      | 3D suderinimas ir parengimas             |                         |
|            |                                      | Statybos aikštelės / aplinkos planavimas |                         |
|            |                                      | Konstrukcijų projektavimas ir planavimas |                         |
|            |                                      | Skaitmeninė gamyba                       |                         |
|            |                                      | 3D kontrolė ir planavimas                |                         |
|            |                                      |                                          | Modelio įrašymas        |
|            |                                      |                                          | Priežiūra ir planavimas |
|            |                                      |                                          | Pastato sistemų analizė |
|            |                                      |                                          | Turto valdymas          |
|            |                                      |                                          | Erdvės valdymas         |
|            |                                      |                                          | Nelaimių planavimas     |

2.2 pav. BIM taikymo būdai (pagal Messner, 2011)

Rengiant projekto vykdymo planą būtina apibrėžti kiekvieno projekto tikslus, kurie bus įgyvendinti naudojant atitinkamus BIM taikymo būdus. Priklausomai nuo projekto, jo paimties, sektoriaus ir kitų aplinkybių jų gali būti keli ar net keletas. BIM tikslus ir taikymo būdus nustato užsakovas, kuri gali ir net privalo konsultuotis su BIM vadovu ar koordinatoriumi. Tai unikali užduotis, kuri privalo būti suformuluota aiškiai ir tiksliai, kad BIM integravimas į projektą atneštų teigiamą naudą.

BIM projektui keliami tikslai ir taikymo būdai priklauso nuo užsakovo keliamų reikalavimų informacijai, projekto prioritetų ir dalyvių pasirengimo jiems įgyvendinti. Keliamus tikslus būtina susieti su projekto vykdymo etapais, stadijomis ir apibrėžti kokiais būdais jie gali būti įgyvendinti. Taip pat galima siekiamus tikslus suskirti pagal svarbą, taip taip užtikrinant, kad svarbiausi tikslai bus įgyvendinami taikant griežtesnę kontrolę. Apibrėžus kiekybiškai įvertinamus tikslus projekto požiūriu, nustatomi konkretus BIM taikymo projekte būdai pagal VGTU statinių skaitmeninio ir informacinio modeliavimo technologijų centro BIM taikymo būdų vadovą ir aprašus (versija V1.0 ) (1-2 lentelės).

**1 lentelė.** Pagrindiniai projekto tikslai pagal prioritetą

| Prioritetas balais | Tikslas                                             | Projekto etapai                    | Projekto stadijos            | Susiję BIM taikymo būdai                                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 2                  | Automatizuota susikirtimų patikra                   | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa (S1)       | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|                    |                                                     |                                    | Projektiniai pasiūlymai (S2) | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|                    |                                                     |                                    | Techninis projektas (S3)     | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |
|                    |                                                     |                                    | Darbo projektas (S4)         | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                       |
|                    |                                                     |                                    | Statyba (S5)                 | Projekto vizualizavimas ir peržiūros                         |
| 1                  | Tikslūs esamo statinio medžiagų kiekių žiniaraščiai | Projektavimas; Statyba             | Projektiniai pasiūlymai (S2) | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|                    |                                                     |                                    | Techninis projektas (S3)     | Ekonominiai/kiekių ir kainos skaičiavimai (sąmatų sudarymas) |
|                    |                                                     |                                    | Darbo projektas (S4)         | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |
|                    |                                                     |                                    | Statyba (S5)                 | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|                    |                                                     |                                    |                              | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                       |
| 1                  | 3D modelio sukūrimas                                | .....                              | .....                        | .....                                                        |
|                    |                                                     |                                    | .....                        | .....                                                        |
|                    |                                                     |                                    | .....                        | .....                                                        |
|                    |                                                     |                                    | .....                        | .....                                                        |

**2 lentelė.** Vertinimo balai

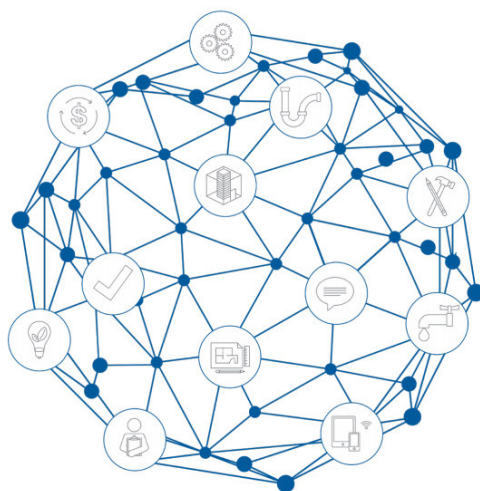
| Balas | Prioritetas |
|-------|-------------|
| 1     | Aukštas     |
| 2     | Vidutinis   |
| 3     | Žemas       |

Pagrindiniai BIM taikymo būdai: esamų sąlygų modeliavimas; ekonominiai / kiekių ir kainos skaičiavimai; projekto etapų planavimas; sklypo analizė; funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas; projekto vizualizavimas ir peržiūra; projektavimas / modeliavimas; inžineriniai skaičiavimai ir analizė; energinė analizė; tvarumo vertinimas; konstrukcijų analizė ir projektavimas; apšvietimo analizė; inžinerinių sistemų analizė; kiti analizės atvejai; atitikties vertinimas / projekto ekspertizė; 3d koordinavimas / susikirtimų patikra; statybietės planavimas (statybietės planas); sveikatos ir saugos priemonių planavimas; konstrukcinė-technologinė analizė; statybos technologijos (technologinės schemos) ir montavimo eigos simuliacija; statybos logistikos planavimas; statybos procesų modeliavimas ir valdymas; skaitmeninė gamyba; statybos darbų techninė priežiūra; išpildomasis modeliavimas; duomenų modeliavimas; statinio priežiūros planavimas; statinio (inžinerinių) sistemų analizė; energijos sąnaudų analizė; turto valdymas; erdvės valdymas ir stebėseną; tvarumo stebėseną ir analizė; avarijų prevencija. BIM taikymo būdus susiejus su atitinkama projekto stadija ir vykdymo trukmę galima gauti projekto vykdymo kalendorinį grafiką.

### **2.3. Integruoto projekto dalyviai ir procesų valdymas**

Tradiciškai daugelyje organizacijų vyrauja linijinė hierarchija, tokiu būdu vykdomi ir projektai, kai pasirenkamas vadovas, tada pasirenkami kiti dalyviai, o pastarieji gali turėti dar kelis „žemesnius“ lygmenis. Tokiu principu sprendimai priimami aukščiausio vadovo, o tai užtrunka, perduodama ne visa informacija ar sprendimai priimami skubotai. Integruoto projekto dalyviai glaudžiau bendradarbiauja tarpusavyje, turi tiesioginį ryšį su kitais dalyviais, užtikrinant efektyvų ir greitą komunikavimą (2.3 pav.).

Nepaisant to, kad dalyvių ryšiai sudaro tarytum tinklą, išlieka ir vadovaujanti grandis, kurios pareiga priimti kasdienes sprendimus, nustatyti projekto vystymo kryptį, užtikrinti informacijos sklaidą. Vadovaujančią grupę dažniausiai sudaro užsakovas arba jo atstovas, architektas ir konstruktorius, kurie svarbiausius sprendimus gali priimti konsensuso būdu (Darrington ir Lichtig, 2018).



**2.3 pav.** Integruoto projekto dalyvių ryšys ( pagal Thomsen ir Darrington, 2018)

BIM projekto tikslams strategiškai ir koordinuotai nustatyti ir valdyti sudaroma dalyvių atsakomybių matrica (3 lentelė). Matricoje nustatomos projekto dalyvių vaidmenys, pareigos ir atsakomybės BIM procesuose. Atsakomybių matrica reikalinga projekto dalyvių pareigoms ir atsakomybėms apibrėžti taip išvengiant nesutarimų komandos viduje. Atsakomybių matricą rengia užsakovas ir užsakovo BIM atstovas kartu su projekto vadovu. Komandos nariai privalo žinoti savo pareigas, laiku jas atlikti pagal projekto vykdymo tvarkaraštį. Dėl atsakomybių paskirstymo pasiūlymus projekto vadovui teikia projekto dalies vadovai (VŠĮ Skaitmeninė Statyba, 2017).

**3 lentelė.** Atsakomybių matrica

| Pareigos  | Vaidmuo                                       | Atsakomybės BIM procese                                                                                                                                 | Žymėjimas |
|-----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Užsakovas | Užsako BIM projektą, pagal EIR ir pirminį BEP | <b>Rengia ir teikia:</b><br>Kontroliuoja EIR dokumento rengimą;<br>Išgrynina BIM tikslus ir naudas;<br>Kontroliuoja Projekto vykdymo programos rengimą; | SU        |
|           |                                               | <b>Reikalauja:</b><br>BEP;<br>Atsakomybių matricos;<br>Informacijos teikimo grafikas<br>Projekto vykdymo programos.                                     |           |
|           |                                               | <b>Dalyvauja:</b><br>Keičiant BEP dokumentą;<br>Informacijos teikimo grafikas                                                                           |           |
|           |                                               | <b>Tvirtina:</b><br>BEP dokumentą;<br>BIM tikslus ir naudas;<br>Projekto vykdymo programą ir atsakomybių matricą.                                       |           |
|           |                                               | <b>Atsako:</b><br>BIM projekto realizavimą                                                                                                              |           |

|                              |                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                         |               |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Užsakovo BIM atstovas</b> | Koordinuoja BIM įgyvendinimo procesą, formuoja BIM modelio sukūrimo grafikus, vadovauja paskirstant BIM veiklas, kontroliuoja kokybę, dalyvauja suderinant atsakomybes, užtikrina duomenų pateikimą užsakovui. | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>Rengia EIR dokumentą;<br>Dalyvauja rengiant BEP dokumentą;<br>Išgrynina BIM tikslus ir naudas. | <b>BIM SU</b> |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Reikalauja:</b><br>.....                                                                                                             |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Dalyvauja:</b><br>.....                                                                                                              |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Tikrina:</b><br>.....                                                                                                                |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br>.....                                                                                                       |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Atsako:</b><br>.....                                                                                                                 |               |
| <b>Projekto vadovas</b>      | Valdo ir koordinuoja viso projekto įgyvendinimo veiklas; dokumentaciją, grafikus, suderina bei paskirsto projekto dalyvių atsakomybes, užtikrina duomenų apsikeitimą                                           | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>.....                                                                                          | <b>PV</b>     |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Reikalauja:</b><br>.....                                                                                                             |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Dalyvauja:</b><br>.....                                                                                                              |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Tikrina:</b><br>.....                                                                                                                |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br>.....                                                                                                       |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Atsako:</b><br>.....                                                                                                                 |               |

Atsakomybių matricoje privalo atsispindėti visi projekto dalyviai, jų vaidmenys, atsakomybės procese ir žymėjimas. Kiekviena pareigybė gali turėti skirtingas atsakomybės t.y. rengti, teikti, informuoti, reikalauti, dalyvauti, tvirtinti, atmesti ar atsakyti už atitinkamas sritis.

Apibrėžiant atsakomybes ir projekto dalyvius įvertinamas žmonių kiekis reikalingas komandai sudaryti.

## 2.4 Integruoto projekto rengimo taisyklės

Taisyklės ir reglamentuoti susitarimai yra privalomi kiekviename projekte, o integruotame jie ypatingai svarbūs. Nes tik laikantis bendrų vardinimo, modeliavimo, informacijos pateikimo reikalavimų pasiekiamas visus tenkinantis rezultatas.

Pagrindiniai elementai, kuriuos reikia apibrėžti prieš pradėdant modeliuoti:

- CAD/BIM standartas;
- grafinio ir informacinio išvystymo lygiai;
- modeliavimo taisyklės, pasirinktos programinės įrangos aplinkoje;

- asmenys atsakingi už atskirus elementus;
- atliktų darbų pateikimo grafikas.

CAD/BIM standarte aprašomos grafinės informacijos sudarymo ir saugojimo taisyklės. Šis standartas gali būti BEP sudedamoji dalis ar egzistuoti kaip atskiras dokumentas. Jame nurodomi tekstinių, grafinių, failų, sluoksnių, simbolių, mastelių, matmenų ir kitos atributinės informacijos reikalavimai. Apibrėžiama aplankų struktūra, taip pat nurodoma programinė įranga, jei tokia yra naudojama, skirta saugoti, versijuoti ir dalintis projekto informacija. Visoms projekto byloms, talpykloms privaloma suteikti sutartinius pavadinimus, naudojant kodus ir trumpinius, leidžiančius nustatyti, kūrėją, versiją, projektą, tinkamumą ir kitą svarbiausią informaciją vien iš pavadinimo. CAD/BIM standarte turi būti aprašyta tekstinių dokumentų rengimo tvarka, stiliai, raidžių dydis, taikomi standartai, linijų tipai, lapų maketai, matmenų stiliai, santrumpos ir naudojami simboliai.

Modeliavimo taisyklės ir modelio vystymo eiga priklauso nuo projekto, pasirinktos programinės įrangos ir užsakovo poreikių.

Statinio modelio ir jų elementų išvystymo lygis priklauso nuo jame esančių elementų informacijos atvaizdavimo detalumo ir papildomos informacijos.

**4 lentelė.** Statinio modelio grafinio išvystymo lygiai

| Žymėjimas                  | Aprašymas                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LOD 1<br/>(LOD 100)</b> | Modelio erdvės vietai užimti skirtas žymėjimas, vaizduojantis elementą. Elementas gali būti neteisingo mastelio arba išvis be matmenų. Tai būdinga elektros elementų simboliams, kurie nevaizduojami kaip trimatis objektas.                                                                      |
| <b>LOD 2<br/>(LOD 200)</b> | Elementarus trimatis objekto modelis su kiek įmanoma mažiau detalumo. Objekto matmenys neapibrėžti, medžiaga nenurodyta arba nurodytas tik jos abstrakcija – balta, gal būti stiklinė.                                                                                                            |
| <b>LOD 3<br/>(LOD 300)</b> | Bendrinis trimatis modelis, pakankamai detalus, kad būtų galima atskirti elementų tipą ir jo komponentų medžiagiškumą. Sumodeliuotas pagal mastelį.                                                                                                                                               |
| <b>LOD 4<br/>(LOD 350)</b> | Tiksliai sumodeliuotas objektas, pakankamai detalus, kad būtų galima atskirti tipą ir komponentų medžiagiškumą. Tinkamas gamybos, pasiruošimo statybai, projektavimo sprendimams pavaizduoti. Pakankamo detalumo projektavimo darbams žymėti. Tinkamas pirkimams organizuoti ir sąnaudų analizei. |
| <b>LOD 5<br/>(LOD 400)</b> | Detalus, tikslus, parengtas pagal individualius statybos reikalavimus. Sumodeliuotas taip, kad atspindėtų tikslią geometriją ir papildomą informaciją. Naudojamas tik tada, kai trimačiam vaizdai reikalingas ypač didelis detalumas                                                              |
| <b>LOD 6<br/>(LOD 500)</b> | Pastatyto statinio tiksliai sumodeliuoto su elementų nuokrypomis atvaizdas.                                                                                                                                                                                                                       |

Prenkamas pakankamas galimas modeliavimo elementų informacijos detalumas, reikalingas įgyvendinti iškeltiems projekto BIM tikslams. LOD – grafinio detalumo lygio sąvoka, apibrėžianti, kaip detalai turi būti sumodeliuotas BIM projektas, bei kokia informacija turi būti pateikta grafiniu pavidalu.

LOI - tai modelio objekto informacijos laipsnis, BIM duomenų bazės patikimumo įvertinimo matas aprašantis objekto informacijos tankį. Ši informacija pateikiama raidiškai ir skaitiškai arba kaip papildomi dokumentai, kurie keičiantis projekto stadijomis perleidžiami kaip objekto specifikacijos iki atributinio lygio.

**5 lentelė.** Statinio modelio informacinio išvystymo lygiai

| <b>Žymėjimas</b> | <b>Aprašymas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LOI 1</b>     | Visi modelio elementai esminiai komponentai aprašyti minimaliais reikalavimais kurie nurodo: funkciją, sritį, apimtį (tūrį), vietą, orientaciją ir ryšį su aplinka.                                                                                                                     |
| <b>LOI 2</b>     | Visi modelio elementai esminiai komponentai aprašyti bendrais reikalavimais kurie nurodo: funkciją, sritį, apimtį (tūrį), vietą, orientaciją ir ryšį su aplinka.                                                                                                                        |
| <b>LOI 3</b>     | Visi modelio elementai esminiai komponentai, kurie aprašyti ir iliustruoti forma, padėtimi, atsižvelgiant į kitus susietus objektus. Komponentų funkcijos, medžiagos ir kt. turi loginius ryšius ir pagrįstumą.                                                                         |
| <b>LOI 4</b>     | Visi modelio elementai esminiai komponentai yra aiškiai apibrėžti ir aprašyti ir sudaro pagrindą statybai. Nustatyta galutinė forma, vieta ir ryšiai su kitais susietais objektais. Apibrėžta kaina ir kalendorinis grafikas, gamybos ir surinkimo sąlygos, sutarties ir kiti aspektai. |
| <b>LOI 5</b>     | Visi modelio elementai esminiai komponentai yra aiškiai apibrėžti ir aprašyti bei sudaro pagrindą elemento priežiūrai ir naudojimui.                                                                                                                                                    |
| <b>LOI 6</b>     | Informacijos detalumo lygis skirtas skaitmeninei gamybai (programuojamoms staklėms).                                                                                                                                                                                                    |

Visus projekte naudojamus elementus patartina klasifikuoti, taip nustatant atsakingus asmenis, jų išvystymo lygį ir pateikimo terminą. Paprasčiausia elementus skirtyti pagal disciplinas (architektūra, konstrukcijos, inžineriniai tinklai), o pastaruosius skirtyti į smulkesnes grupes ir pavienius elementus (kolonos, perdangos, durys, langai ir kita).

## **2.5. Integruoto modelio vystymas**

Integruotam projektui vystyti galimos dvi strategijos: vientiso BIM modelio ir paskirstyto modelio. Vientisas arba bendrasis modelis kuriamas monoplatforminės programinės įrangos

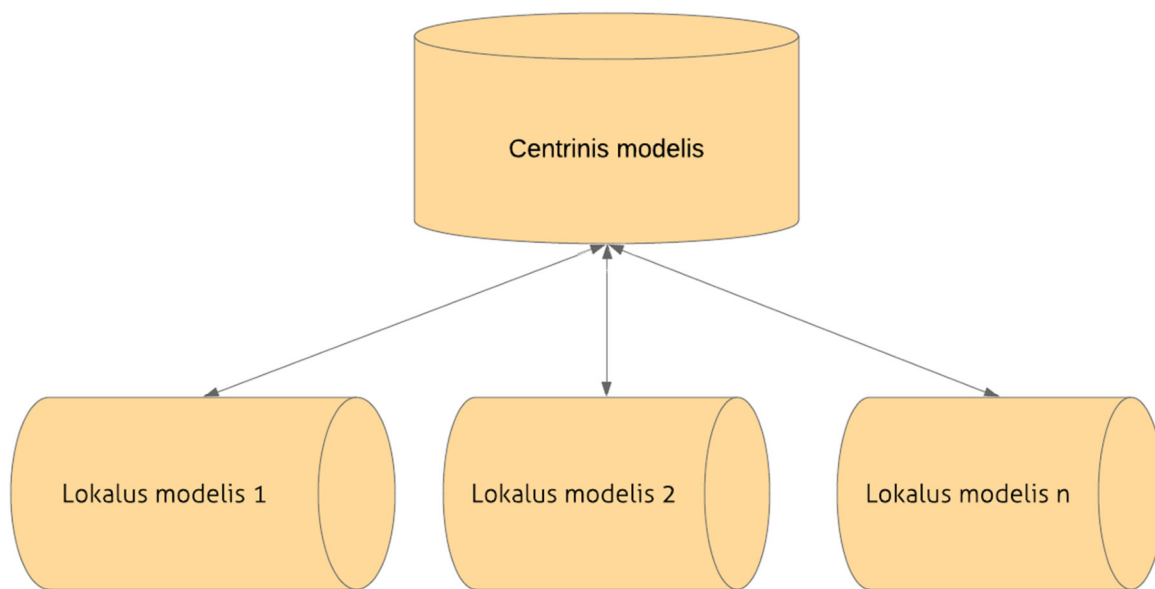
aplinkoje, o duomenys perduodami gimtaisiais formatais. Informacija perduodama nesudėtingai ir jos neprarandant, tačiau ne visada galima naudoti vieno gamintojo programinę įrangą, todėl dažnai naudojamas paskirstytas arba federalizuotas modelis. Naudojama įvairi programinė įranga, duomenų manai užtikrinami neutraliu formatu, dažniausiai IFC.

### 2.5.1. Modelių tipai

Kai naudojama vieno gamintojo programinė įranga, kuri suderinta tarp skirtingų disciplinų ir turi visus reikalingus įrankius bei funkcijas. Tokio tipo koncepcijai analizuoti naudojama *Autodesk Revit* programinė įranga. Todėl naudojamas vienas ir bendras formatas, centrinis modelis. Kiekvienas vartotojas gali prisijungti ir atlikti priskirtas užduotis, taip pat peržiūrėti ir matyti kitų dalyvių atliktą darbą.

Centrinis modelis suteikia galimybę visiems projekto dalyviams dirbti integruotai naudojant centrinių ir lokalių failų sistemą. Modelio vystymo procesas nuolat matomas visų projektuotojų, inžinierių, todėl lengvai ir greitai nustatomi susikirtimai. Visos klaidos ir neatitikimai išsprendžiami ankstyvoje projektavimo stadijoje, sumažinant laiko ir dokumentacijos rengimo trukmę. (Bokmiller Don, 2014)

Iki šiol paplitusi nuomonė, kad dirbti vienu metu keliems projektuotojams, viename faile yra neįmanoma, tačiau privaloma apibūdinti visą veikimo principą, kuris siedamas lokalius ir centrinius failus užtikrina sklandų darbą.



2.4 pav. Modelių ryšys (sudaryta autorės)

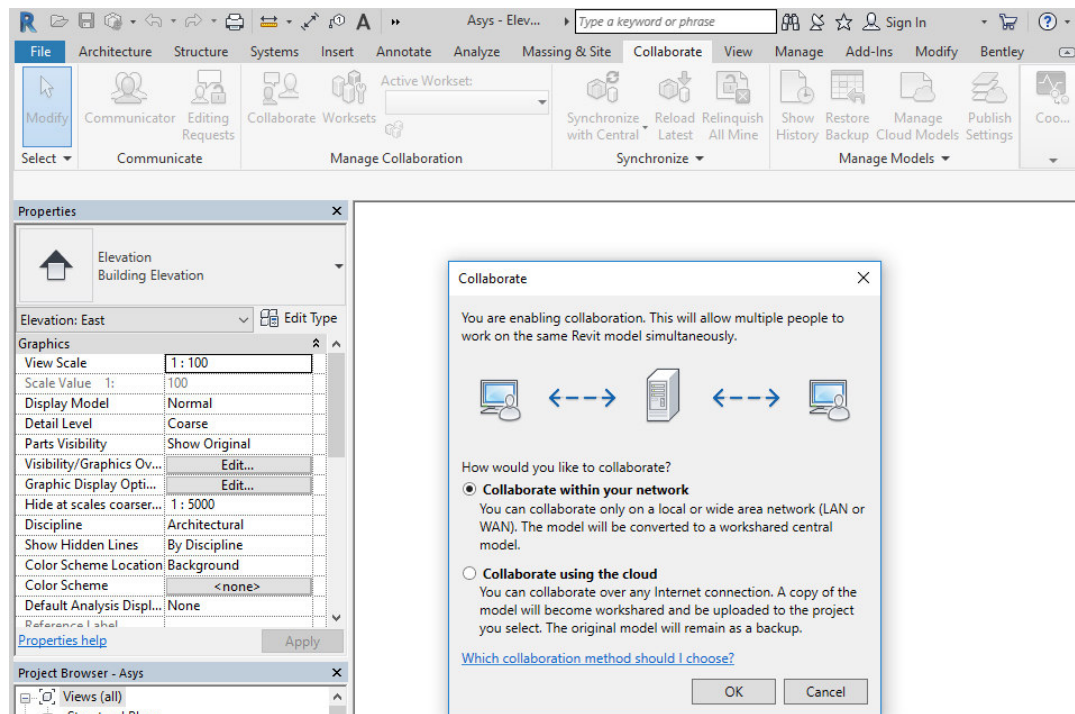
Pasirinkus integruotą projektavimą, išsaugomas pagrindinis – centrinis modelis, kuriame tiesiogiai nedirba vartotojai, tačiau naudojama centrinio failo kopija, kiekvienam projektuotojui atskira, kurioje atliekamos atitinkamos užduotys, kurios nukopijuojamos atgal į centrinį modelį (2.4 pav.). Ši centrinio failo kopija yra vadinama lokaliu modeliu, kuris gali būti sukurtas dviem būdais:

- Centrinio modelio atidarymo metu, kai nurodoma sukurti lokalų modelį;
- Nukopijuojant centrinį failą į kitą aplanką, turintį sąsają su centriniu modeliu ir pakeičiant pavadinimą.

Dirbant lokaliame modelyje užtikrinama, kad:

- Tinklas nebus nuolatos užimtas, nekils trukdžių, kai atliekamas modelio kūrimas ar modifikavimas;
- Duomenys perduodami tik nustatytais intervalais ar sinchronizuojant vartotojų pasirinktu metu;
- Nereikalinga tiesioginė sąsaja modeliavimo metu, vartotojas gali dirbti nepriklausomai;
- Sukuriamos kelios atsargines failų kopijos.

Vartotojų skaičius, kuriam leidžiama naudotis centriniu modeliu yra neribojamas. Kiekvienas projektuotojas dirba savo lokaliame faile, išsaugodamas pakeitimus, atnaujinimus ir periodiškai, priklausomai nuo reikalavimų, sinchronizuoja modelį su centriniu modeliu.

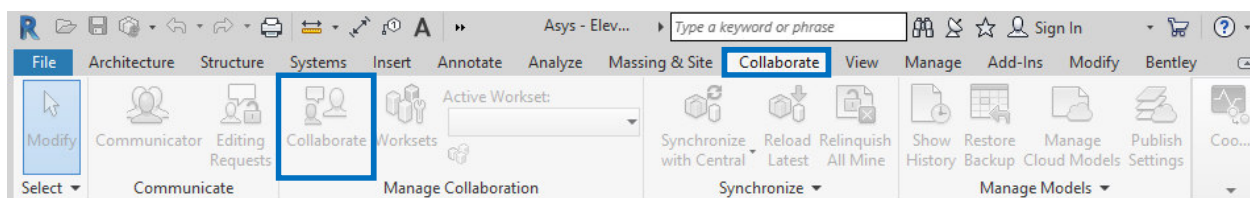


2.5 pav. Modelio saugojimo būdai (sudaryta autorės)

Centrinis modelis gali būti saugomas įmonės serveryje ir būti pasiekiamas LAN arba WAN sąsaja arba galima naudotis *cloud* saugykla (2.5 pav.).

## 2.5.2 Centrinis modelis

Kaip ir daugelį kitų failų, taip ir Revit programine įranga kuriami modeliai yra pasiekiami vienam vartotojui. Privaloma aktyvuoti funkciją, suteikiančią galimybę modelį pasiekti visiems vartotojams, tai reikia atlikti tik kartą ir patartina kuo ankstyvesnėje stadijoje. Įrankių juostoje pasirenkamas *Collaborate* skirtukas ir spaudžiamas mygtukas *Collaborate* (2.6 pav.).

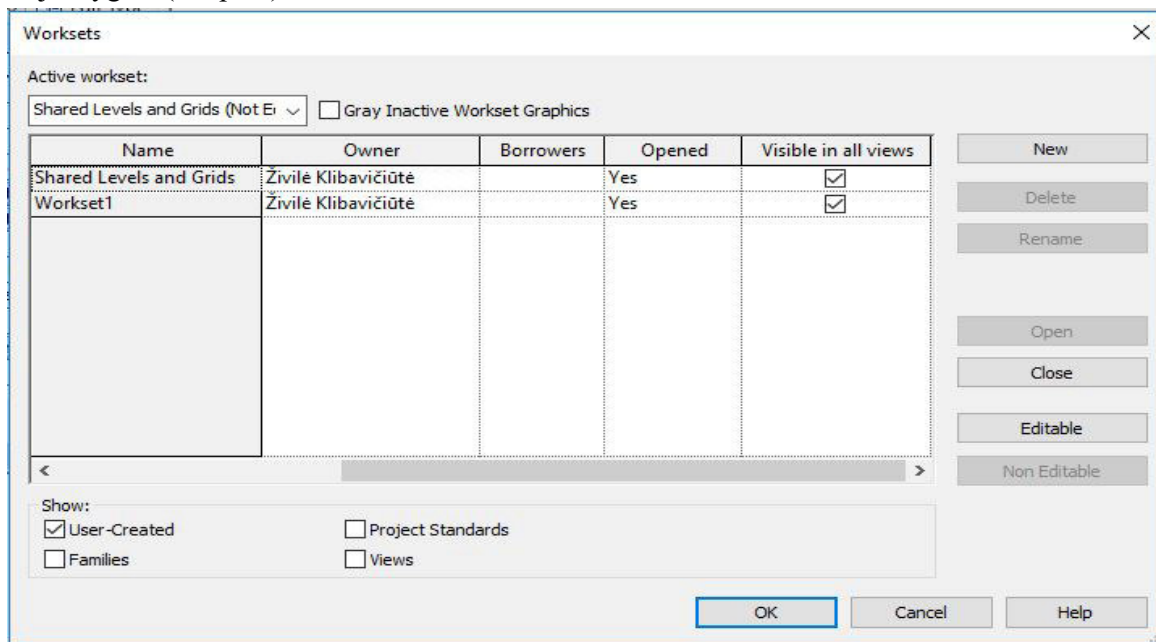


2.6 pav. Modelio dalijimosi funkcija (sudaryta autorės)

Centrinis modelis suskirstomas į atskiras dalis – *worksets*. Tai tarytum sluoksniai ar darbo zonos, kurios apibrėžiamos keturiais bruožais:

- Vartotoju, kuris sukūrė jį;
- Šeima (elementų);
- Naudojamais standartais;
- Vaizdais, kuriuose matomas elementas (aukštų, pjūvių ir kiti).

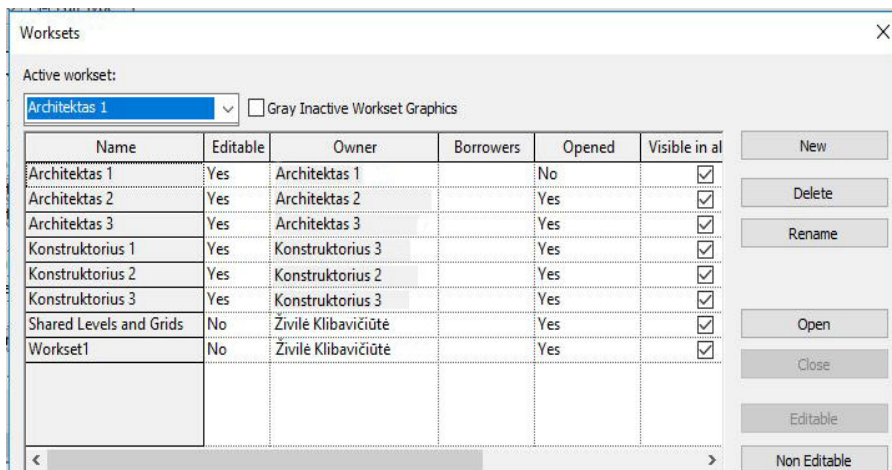
Manipuliuojant šiais bruožais galima kiekvieną elementą priskirti reikiamai sričiai, suteikti teises matyti, modifikuoti ar keisti paskirtį, priklausomai nuo disciplinos. Automatiškai programa sukuria du sluoksnius (*worksets*), juos galima pervadinti, koreguoti, priskirti norimus elementus, susikurti naujus lygius (2.7 pav.).



2.7 pav. Worksets pagrindinis langas (sudaryta autorės)

*Workset1* negalima ištrinti, todėl patartina jo nekoreguoti, o susikurti naujus, poreikius atitinkančius lygius.

Šeimininkas (*owner*) negali būti priskirtas ar pakeistas, todėl tik atitinkamą lygį (*workset*) rengiantis vartotojas susikuria jį (2.8 pav.).



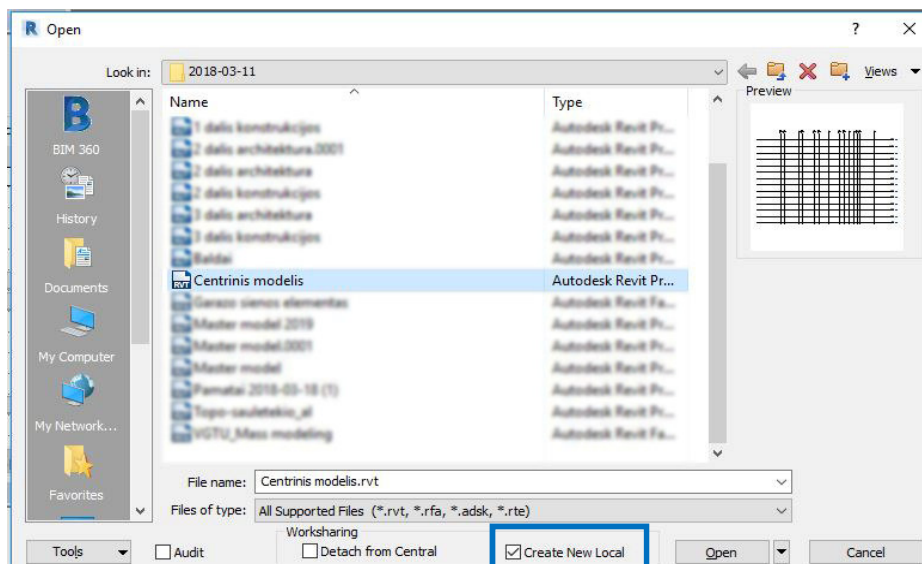
2.8 pav. *Worksets* kūrimas (sudaryta autorės)

Jei nustatoma, kad lygis yra nemodifikuojamas (*non editable*), tai reiškia, kad jis priklauso visiems ir jame dirbti bei modifikuoti gali visi vartotojai.

Centriniam modeliui galima sukurti atsargines kopijas, nustatyti jų skaičių ir direktoriją.

### 2.5.3. Lokalūs modeliai

Sukūrus centrini modelį, kiekvienas vartotojas susikuria lokalią kopiją (2.9 pav.), kurioje dirbs.



2.9 pav. Lokalaus modelio kūrimas (sudaryta autorės)

Kopija saugoma pasirinktoje direktorijoje, išsaugant ryšį su centriniu modeliu ir užtikrinant modelių sinchronizaciją. Vienas iš anksčiau minėtų būdų sukurti lokalią kopiją – atidarinėjant centrinį modelį pasirinkti *Create new local*.

Modelio tipo pasirinkimas įtakoja visos komandos darbą, todėl privaloma gerai apgalvoti, kokio tipo ir apimties modeliai yra racionalūs ir patogūs kasdieniam darbui.

## **2.5. Antrojo skyriaus išvados**

Statinio integruoto projekto rengimo organizavimas – sudėtinis procesas, apimantis daug sričių ir reikalaujantis kruopštaus pasiruošimo. Kuo tikslesnis planas, tuo projekto vykdymas ir organizavimas vyks sklandžiau. Planą išplėtus ir apibūdinus ne tik asmenius kriterijus, jis tampa esminiu dokumentu vykdant projektą ir sprendžiant kasdienius klausimus.

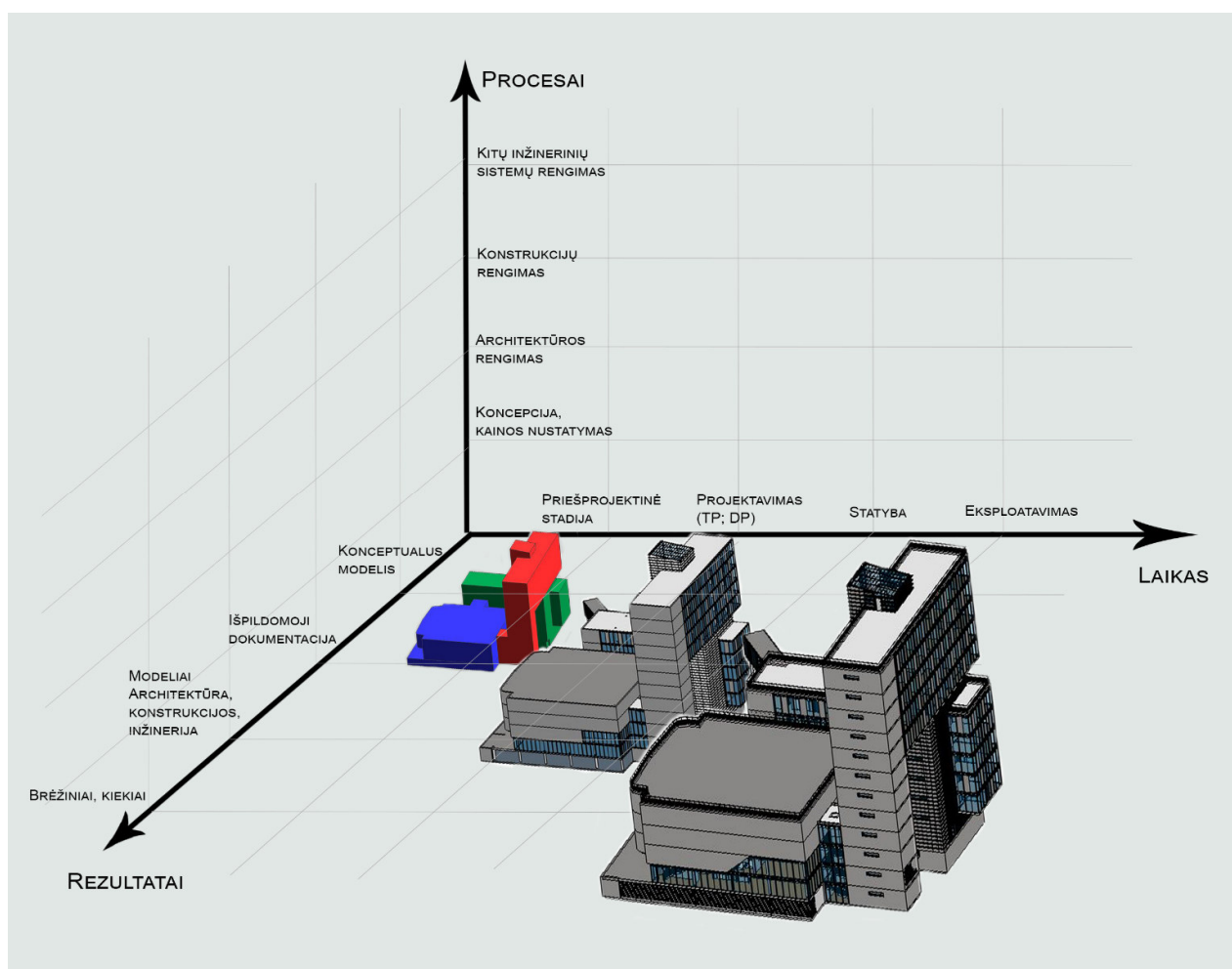
Šiame skyriuje apibendrinamos pagrindinės BIM projekto vykdymo plano dalys. Planas susideda iš: bendrosios projekto informacijos; tikslų ir jų taikymo, kurie gali būti nustatomi kiekviename etape ir stadijoje; dalyvių atsakomybių ir pareigų nustatymo; modeliavimo taisyklių, išvystymo ir informacijos lygių pasirinkimo ir taikymo kiekviename etape; koordinavimo ir informacijos perdavimo dažnumo ir atsakingų asmenų nustatymo; vykdymo grafiko sudarymo; priedų ir papildomos dokumentacijos (BIM/CAD standartai, sutartys ir kita).

### 3. VGTU CENTRINIŲ RŪMŲ INTEGRUOTO PROJEKTO RENGIMAS

Šiame darbe nagrinėjamas pavyzdys – VGTU Centriniai rūmai, atliekama šio projekto galimybių studija taikant integruotą projekto vystymą. Aptariamos galimybės ir kilę sunkumai, naudojamos programos, jų pritaikymas, teisinė infrastruktūra. Didelis dėmesys skirtas modeliavimo procesui ir jo vystymui nuo projekto koncepcijos stadijos.

Projekto komandą sudaro nuo keliasdešimt žmonių iki kelių tūkstančių ar net daugiau. Informacijos srautai dideli ir dažnai keičiasi, kai kurie specialistai dalyvuoja tik atitinkamoje projekto stadijoje, todėl aktualiausia informacija visada turi būti prieinama visiems dalyviams.

Integruotas projektas apima visų disciplinų, projekto dalyvių, reikalingos dokumentacijos ir modelio kūrimo procesus, juos tarpusavyje koordinuoja. Jame apjungiamos tarytum trys dimensijos ar sritys: laikas, rezultatai ir procesai. Visi jie vystomi nuosekliai nuo koncepcijos stadijos, o galutinis rezultatas – įvykdytas projektas (3.1 pav.).



3.1 pav. Sritis, apimančios integruotą projektą (sudaryta autorės)

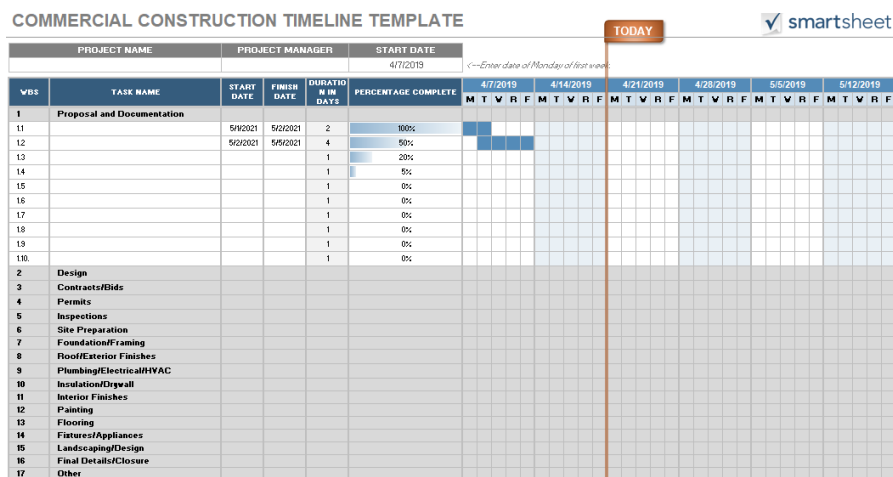
Žinoma, kiekvienas projektas yra unikalus, atitinkamos apimties, sudėtingumo, todėl svarbu atsižvelgti ir į tai ar integracija reikalinga. Kai kuriuos, ypač tipinius, projektus valdyti galima ir daug paprastesniais įrankiais.

Pagrindinės kiekviename projekte vyraujančios sferos: technologinė ir organizacinė, kurios glaudžiai susijusios, o jų darna garantuoja tinkamą ir aiškią komunikaciją bei sklandų projekto vystymo procesą. Organizacinėje dalyje nagrinėjamas:

- BIM strategija ir taikymo būdai;
- bendradarbiavimas tarp atskirų disciplinų;
- modelio vystymo gairės;
- procesų koordinavimas;
- bendra ir suderinta valdymo aplinka (CDE).

Bendradarbiavimas tarp atskirų disciplinų, aktualiausios informacijos pateikimas laiku ir jos neprarandant yra vienas iš sunkiausiai užtikrinamų ir suvaldomų procesų. Privaloma laikytis griežtų taisyklių ir terminų. Integruoto projekto išskirtinumas nuo kitų projekto vystymo tipų, tai sutaupytas laikas. Laikas, leidžiantis sutaupyti įvairius kitus išteklius, todėl organizuotumas ir operatyvumas yra esminis kriterijus.

Bendradarbiavimui ir užduočių paskirstymui labai patogu ir patartina naudoti vaizdų darbų vykdymo grafiką, kad visi dalyviai matytų ir galėtų sekti ir laiku įvykdyti priskirtas užduotis. Dažniausiai jos parengiamos lentelių principu (3.2 pav.), diagramomis ar kitu būdu.

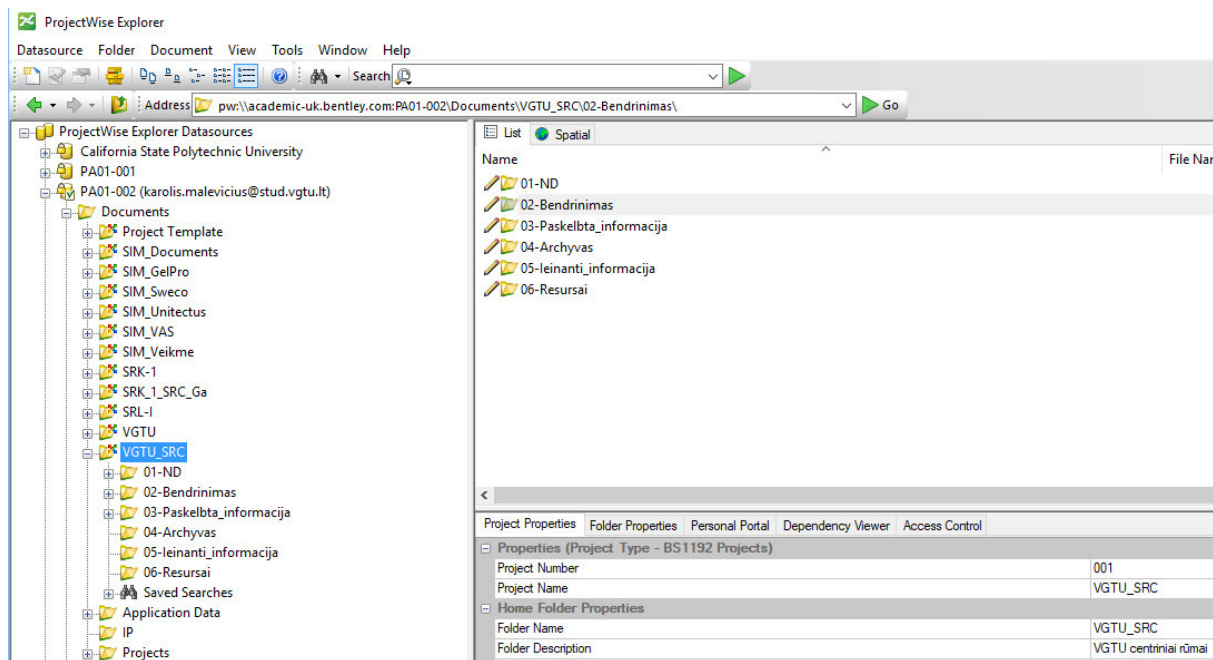


3.2 pav. Darbų vykdymo grafikas (sudaryta autorės)

Modelio vystymą apima bendros taisyklės, standartai, išvystymo lygiai: detalumo ir informacijos, modelio kūrimo grafikas, proceso dalyviai, gavėjai, siuntėjai, koordinatoriai, naudojami formatai bei programinė įranga. Modelio vystymą taip pat patogu suskirstyti etapais, laiko grafikais. Nustatomas koordinavimo ir informacijos saugojimo laiko intervalas, direktorija ir priskiriami atsakingi asmenys.

Valdymo aplinka, priklauso nuo projekto dydžio ir komandos. Tačiau dažniausiai praktikoje pasitaikantis scenarijus kai naudojama vidinės įmonės valdymo aplinka, serveriai, saugyklos, kuriose saugoma informacija, o dalijamasi su kitais dalyviais, įmonėmis pasitelkiant išorinius serverius, saugyklas ar kitu būdu perduodant informaciją.

Rengiant VGTU centrinių rūmų projektą naudota *Bentley Systems ProjectWise* duomenų valdymo aplinka, kurioje buvo sukurta aplankų struktūra (3.3 pav.).



**3.3 pav.** Aplankų struktūra (sudaryta autorės)

Valdymo aplinkoje leidžiama programuoti procesų kontrolę, t. y. leidžiama įkelti tik aktualiausią informaciją ir apie atsinaujinusią informaciją automatiškai informuoti visus asmenis, kuriems ji aktuali. Priskirti teises, t.y. ar vartotojas gali tik peržiūrėti ar ir koreguoti informaciją.

Nebaigto darbo aplankas – komandos nariai atlieka turimą darbą, naudojami organizacijos kompiuterines sistemas. Informacija gali būti saugoma su prieiga ir teisėmis peržiūrėti arba pakeisti šią informaciją autoriui ir kitiems projekto komandos nariams. Šiame aplanke saugomi failai, turintys gimtuosius formatus. Nebaigto darbo aplanke pateikti duomenys nuolat atnaujinami, dėl to jie yra indeksuojami nurodant versijos pakeitimus pvz: P01.1; P01.2 ir t.t. Taip pat nurodomas tinkamumo kodas S0 – pradinis nesutartinis kodas skirtas modeliams, brėžiniams ir dokumentas. Failų indeksai lieka iki kito paskelbimo bendrinimo skiltyje.

Bendrinimo sritis – informacija gali būti perkeliama į šią sritį tik po to, kai visi modelio failai paruošti „Nebaigto darbo“ zonoje yra kruopščiai peržiūrėti, patikrinti ir patvirtinti, ar jie atitinka keliamus reikalavimus ir pripažinti tinkamais konkrečiam tikslui. Bendrinimo strityje projekto nariai modelius naudoja kaip informacijos šaltinį, dėl to informacija negali būti dubliuojama.

Perkeliant modelius ir informaciją yra atnaujinamas laidos kodas pažymint svarbų pakeitimą pvz. P01. Taip pat pakeičiama versijos būseną, kuri nurodo informacijos tinkamumą. Modeliai su žyma S1 – tinka derinimui turi būti pateikti gimtaisiais formatais arba neutraliai IFC. Visi kiti duomenys pažymėti kodais S2-S4 turi būti pateikti neredaguojamais formatais.

Paskelbtos dokumentacijos sritis – prieiga prie aplanke esančių dokumentų suteikiama kitiems projekto nariams, pavyzdžiui, dalyvavimui konkurse ar statybai. Bet iš pradžių reikia oficialiai patikrinti, patvirtinti ir duoti leidimą ją publikuoti ir tik po to suteikti prieigą prie jos kitiems projekto nariams.

Šiame etape klientas duoda leidimą brėžinius ir dokumentus priskirti A (tinka statyboms) arba B (tinka dalyvauti konkurse) kategorijai. Jei paskiriama kategorija C, dokumentas atmentamas ir grąžinamas projektuotojui, kad būtų atlikti pataisymai.

Archyviniai duomenys – visi projekto duomenys, paliekami kaip žinių šaltinis, laikantis taisyklių bei teisių aktų reikalavimų. Šioje srityje visada turi būti pasiekama visa projekto informacija: dokumentai, modeliai, pakeitimų auditas.

### 3.1. Projekto tikslai ir taikymo būdai

Nustatomi projekto įgyvendinimo tikslai (6 lentelė), naudojant BIM metodologiją. Kiekvienam tikslui priskiriamas prioritetas nuo 1 (svarbiausias) iki 3 (mažiau svarbus). Nurodomas stadijos bei taikymo būdai reikalingi tikslui įgyvendinti.

**6 lentelė.** Pagrindiniai projekto tikslai pagal prioritetą

| Prioritetas balais | Tikslas                                                     | Projekto etapai                    | Projekto stadijos       | Susiję BIM taikymo būdai                       |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
| 1                  | BIM projekto parengimo ir standartizuotas bendradarbiavimas | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa       | Esamų sąlygų modeliavimas                      |
|                    |                                                             |                                    | Projektiniai pasiūlymai | Projekto etapų planavimas (4D)                 |
|                    |                                                             |                                    |                         | Statybos procesų modeliavimas ir valdymas (4D) |
|                    |                                                             |                                    | Techninis projektas     | Sklypo analizė                                 |
|                    |                                                             |                                    | Darbo projektas         | Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas        |
|                    |                                                             |                                    | Statyba                 | Projektavimas / modeliavimas                   |
|                    |                                                             |                                    | Statybos užbaigimas     | Projekto vizualizavimas ir peržiūros           |
| 1                  | Automatizuota susikirtimų patikra                           | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa       | Projektavimas / modeliavimas                   |
|                    |                                                             |                                    | Projektiniai pasiūlymai | Esamų sąlygų modeliavimas                      |
|                    |                                                             |                                    | Techninis projektas     | Konstrukcijų analizė ir projektavimas          |
|                    |                                                             |                                    | Darbo projektas         | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra         |
|                    |                                                             |                                    | Statyba                 | Projekto vizualizavimas ir peržiūros           |

6 lentelės tęsinys

|   |                                                                           |                                    |                         |                                                              |
|---|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 2 | Tikslūs esamo statinio medžiagų kiekių žiniaraščiai                       | Projektavimas; Statyba             | Projektiniai pasiūlymai | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | Ekonominiai/kiekių ir kainos skaičiavimai (sąmatų sudarymas) |
|   |                                                                           |                                    | Darbo projektas         | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                       |
| 1 | 3D modelio sukūrimas                                                      | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projektiniai pasiūlymai | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                       |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    |                         | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |
| 1 | Informacijos generavimas iš modelio                                       | Projektavimas; Statyba             | Projektiniai pasiūlymai | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |
|   |                                                                           |                                    | Darbo projektas         | Duomenų modeliavimas                                         |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas                      |
|   |                                                                           |                                    |                         | Projektavimas / modeliavimas                                 |
| 1 | Išsami esamo statinio informacijos duomenų bazė (BIM objektų bibliotekos) | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa       | Projekto vizualizavimas ir peržiūros                         |
|   |                                                                           |                                    | Projektiniai pasiūlymai | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |
|   |                                                                           |                                    | Darbo projektas         | Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas                      |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | Statyb vietės planavimas (statyb vietės planas)              |
|   |                                                                           |                                    | Statybos užbaigimas     | Duomenų modeliavimas                                         |
| 1 | Modelio geopozicija                                                       | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa       | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|   |                                                                           |                                    | Projektiniai pasiūlymai | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|   |                                                                           |                                    | Darbo projektas         | Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas                      |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | Sklypo analizė                                               |
| 1 | Koordinavimas                                                             | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa       | Statyb vietės planavimas                                     |
|   |                                                                           |                                    | Projektiniai pasiūlymai | Projektavimas / modeliavimas                                 |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas                      |
|   |                                                                           |                                    | Darbo projektas         | Projekto vizualizavimas ir peržiūros                         |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | Statybos procesų modeliavimas ir valdymas (4D)               |
|   |                                                                           |                                    |                         | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |
|   |                                                                           |                                    | Statybos užbaigimas     | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
| 2 | Duomenų apsikeitimas                                                      | Planavimas; Projektavimas; Statyba | Projekto programa       | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                       |
|   |                                                                           |                                    | Projektiniai pasiūlymai | Esamų sąlygų modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    | Techninis projektas     | Ekonominiai / kiekių ir kainos skaičiavimai                  |
|   |                                                                           |                                    | Darbo projektas         | Projekto etapų planavimas (4D)                               |
|   |                                                                           |                                    |                         | Duomenų modeliavimas                                         |
|   |                                                                           |                                    |                         | Išpildomasis modeliavimas                                    |
|   |                                                                           |                                    | Statyba                 | Statyb vietės planavimas (statyb vietės planas)              |
|   |                                                                           |                                    |                         | Inžineriniai skaičiavimai ir analizė                         |
|   |                                                                           |                                    | Statybos užbaigimas     | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                        |

## 6 lentelės pabaiga

|   |                                                     |                                          |                     |                                                                               |
|---|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Parinkti racionalų konstrukcinį sprendį bei fasadą  | Planavimas;<br>Projektavimas;<br>Statyba | Techninis projektas | Projektavimas / modeliavimas                                                  |
|   |                                                     |                                          | Darbo projektas     | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                                        |
|   |                                                     |                                          |                     | Statybos technologijos (technologinės schemos) ir montavimo eigos simuliacija |
|   |                                                     |                                          | Statyba             | Esamų sąlygų modeliavimas                                                     |
|   |                                                     |                                          |                     | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                                         |
| 2 | Informacijos generavimas iš konstrukcinio modelio   | Planavimas;<br>Projektavimas;<br>Statyba | Techninis projektas | Projektavimas / modeliavimas                                                  |
|   |                                                     |                                          |                     | Statybvietsės planavimas (statybvietsės planas)                               |
|   |                                                     |                                          | Darbo projektas     | Duomenų modeliavimas                                                          |
|   |                                                     |                                          |                     | Statybos technologijos (technologinės schemos) ir montavimo eigos simuliacija |
|   |                                                     |                                          | Statyba             | Išpildomasis modeliavimas                                                     |
|   |                                                     |                                          |                     | Esamų sąlygų modeliavimas                                                     |
|   |                                                     |                                          |                     | Statybos procesų modeliavimas ir valdymas (4D)                                |
| 3 | Parengti kuo aiškesnį Statybvietsės parengimo planą | Projektavimas;<br>Statyba                | Techninis projektas | Statybvietsės planavimas (statybvietsės planas)                               |
|   |                                                     |                                          |                     | Statybos procesų modeliavimas ir valdymas (4D)                                |
|   |                                                     |                                          | Darbo projektas     | Statybos technologijos (technologinės schemos) ir montavimo eigos simuliacija |
|   |                                                     |                                          | Statyba             | Esamų sąlygų modeliavimas                                                     |
|   |                                                     |                                          |                     | Duomenų modeliavimas                                                          |

Visus BIM taikymo būdus galima suskirstyti pagal projekto etapus ir stadijas (7 lentelė). Tokiu būdu bus paprasta nustatyti, kokiose stadijose juos galima nustatyti ir kuriose jie nereikalingi.

7 lentelė. BIM taikymo būdai pagal projekto etapus ir projekto stadijas

| Eil.<br>Nr. | BIM taikymo būdai                           | Projekto etapai   |    |                    |    |         |    |                 |  |
|-------------|---------------------------------------------|-------------------|----|--------------------|----|---------|----|-----------------|--|
|             |                                             | Planavimas        |    | Projektavi-<br>mas |    | Statyba |    | Naudo-<br>jimas |  |
|             |                                             |                   |    |                    |    |         |    |                 |  |
|             |                                             | Projekto stadijos |    |                    |    |         |    |                 |  |
| S0          | S1                                          | S2                | S3 | S4                 | S5 | S6      | S7 |                 |  |
| 1           | Esamų sąlygų modeliavimas                   |                   | x  | x                  | x  | x       | x  | x               |  |
| 2           | Ekonominiai / kiekių ir kainos skaičiavimai |                   |    | x                  | x  | x       | x  | x               |  |
| 3           | Projekto etapų planavimas (4D)              |                   | x  | x                  | x  | x       | x  | x               |  |
| 4           | Sklypo analizė                              |                   | x  | x                  | x  | x       |    |                 |  |
| 5           | Funkcinis, tūrinis, planinis vertinimas     |                   | x  | x                  | x  | x       |    |                 |  |

7 lentelės pabaiga

|    |                                                                                |  |   |   |   |   |   |   |   |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|
| 6  | Projekto vizualizavimas ir peržiūros                                           |  | x | x | x | x |   |   |   |
| 7  | Projektavimas / modeliavimas                                                   |  | x | x | x | x | x |   |   |
| 8  | Inžineriniai skaičiavimai ir analizė                                           |  |   |   | x | x |   |   |   |
| 9  | Energinė analizė                                                               |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 | Tvarumo vertinimas                                                             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | Konstrukcijų analizė ir projektavimas                                          |  |   |   | x | x | x |   |   |
| 12 | Apšvietimo analizė                                                             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 | Inžinerinių sistemų analizė                                                    |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 | Kiti analizės atvejai                                                          |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 | Atitikties vertinimas / projekto ekspertizė                                    |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 | 3D koordinavimas / susikirtimų patikra                                         |  |   | x | x | x | x |   |   |
| 17 | Statybvietės planavimas (statybvietės planas)                                  |  |   |   | x | x | x |   |   |
| 18 | Sveikatos ir saugos priemonių planavimas;                                      |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 19 | Konstrukcinė-technologinė analizė                                              |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 20 | Statybos technologijos (technologinės schemas) ir montavimo eigos simuliacijos |  |   |   |   | x | x |   |   |
| 21 | Statybos logistikos planavimas                                                 |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 22 | Statybos procesų modeliavimas ir valdymas (4D)                                 |  |   |   |   |   | x | x |   |
| 23 | Skaitmeninė gamyba                                                             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 24 | Statybos darbų techninė priežiūra (aiškštelėje)                                |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 25 | Išpildomasis modeliavimas                                                      |  |   |   |   |   |   | x |   |
| 26 | Duomenų modeliavimas                                                           |  |   |   |   | x | x | x |   |
| 27 | Statinio priežiūros planavimas                                                 |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 28 | Statinio (inžinerinių) sistemų analizė                                         |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 29 | Energijos sąnaudų analizė                                                      |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 30 | Turto valdymas                                                                 |  |   |   |   |   |   |   | x |
| 31 | Erdvės valdymas ir stebėsena                                                   |  |   |   |   |   |   |   | x |
| 32 | Tvarumo stebėsena ir analizė                                                   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| 33 | Avarijų prevencija                                                             |  |   |   |   |   |   |   |   |

Nustačius tikslus, taikymo būdus kiekvienoje stadijoje lieka tik susieti darbus su kalendoriniu grafiku, taip numatant darbų atlikimo trukmę, galimus kritinius taškus ir darbų pasiskirtymą.

### 3.2. Integruoto projekto dalyviai

Dalyviai ir jų pareigos apibrėžiamos atsakomybių matricoje (8 lentelė), kurioje nurodomos pareigos, vaidmuo, atsakomybės procese ir žymėjimas (trumpinys), kuris vėliau naudojamas tolimesniame plano rengime.

8 lentelė. Atsakomybių matrica

| Pareigos                     | Vaidmuo                                                                                                                                                                                                        | Atsakomybės BIM procese                                                                                                                                           | Žymėjimas     |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Užsakovas</b>             | Užsako BIM projektą, pagal EIR ir pirminį BEP                                                                                                                                                                  | <b>Rengia ir teikia:</b><br>Kontroliuoja EIR dokumento rengimą; išgrynina BIM tikslus ir naudas; kontroliuoja Projekto vykdymo programos rengimą;                 | <b>SU</b>     |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Reikalauja:</b><br>BEP; atsakomybių matricos; informacijos teikimo tvarkaraščio; projekto vykdymo programos.                                                   |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Dalyvauja:</b><br>Keičiant BEP dokumentą; informacijos teikimo tvarkaraštį.                                                                                    |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Tvirtina:</b><br>BEP dokumentą; BIM tikslus ir naudas; projekto vykdymo programą ir atsakomybių matricą.                                                       |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Atsako:</b><br>BIM projekto realizavimą                                                                                                                        |               |
| <b>Užsakovo BIM atstovas</b> | Koordinuoja BIM įgyvendinimo procesą, formuoja BIM modelio sukūrimo grafikus, vadovauja paskirstant BIM veiklas, kontroliuoja kokybę, dalyvauja suderinant atsakomybes, užtikrina duomenų pateikimą užsakovui. | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>Rengia EIR dokumentą; dalyvauja rengiant BEP dokumentą; išgrynina BIM tikslus ir naudas.                                 | <b>BIM SU</b> |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Reikalauja:</b><br>Pagal informacijos teikimo tvarkaraštį pateikti modelius užsakovui ir kokybės tikrinimui; BIM PV pateikti užduotis tarpdisciplininiais PDV. |               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                | <b>Dalyvauja:</b><br>Keičiant BEP dokumentą, informacijos teikimo tvarkaraštį, projekto vykdymo programą                                                          |               |

8 lentelės tęsinys

|                                                                                                                    |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| BEP dokumento nuostatas; BIM tikslų įgyvendinimo kokybę; BIM komandos informacijos teikimo tvarkaraščio laikymąsi. |                                                                                                                                                                      | <p><b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br/>BEP dokumentą ir atsakomybių matricą; projekto vykdymo programą ir informacijos teikimo tvarkaraštį.</p> <p><b>Atsako:</b><br/>BEP dokumento aktualumą; prižiūri CDE ir už savo darbo kokybę atsako užsakovui.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |               |
| <b>Projekto vadovas</b>                                                                                            | Valdo ir koordinuoja viso projekto įgyvendinimo veiklas; dokumentaciją, grafikus, suderina bei paskirsto projekto dalyvių atsakomybes, užtikrina duomenų apsikeitimą | <p><b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br/>Projekto vykdymo programą; organizuoja komandos susitikimus.</p> <p><b>Reikalauja:</b><br/>Pagal informacijos teikimo tvarkaraštį pateikti informaciją tikrinimui; atlikti darbus pagal pateiktas užduotis BIM V ir PDV.</p> <p><b>Dalyvauja:</b><br/>Rengiant BEP dokumentą ir informacijos teikimo tvarkaraštį bei projekto vykdymo programą.</p> <p><b>Tikrina:</b><br/>BEP dokumento nuostatas; tikslų įgyvendinimo kokybę; BIM komandos informacijos teikimo tvarkaraščio laikymąsi; kontroliuoja kokybę.</p> <p><b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br/>BEP dokumentą ir atsakomybių matricą; projekto vykdymo programą ir informacijos teikimo tvarkaraštį; tvirtina parengto vieningo modelio aktualumą CDE.</p> <p><b>Atsako:</b><br/>BEP dokumento aktualumą; projekto tikslų paskirstymą projekto dalyviams;</p> | <b>PV</b>     |
| <b>BIM vadovas (koordinat.)</b>                                                                                    |                                                                                                                                                                      | <p><b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br/>Rengia BEP dokumentą ir išgrynina BIM tikslus ir naudas; sudaro atsakomybių matricą ir informacijos teikimo tvarkaraštį; vykdo BIM projekto koordinavimą; organizuoja BIM komandos susitikimus; sukuria CDE bylų sistemą; rengia pasitarimo protokolus, BIM ir CAD standartus.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>BIM PV</b> |

8 lentelės tęsinys

|                                              |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |               |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>BIM vadovas<br/>(koordinat.)</b>          | Rengia BIM įgyvendinimo proceso dokumentus, formuoja BIM modelio sukūrimo grafikus, paskirsto BIM veiklas, kontroliuoja kokybę, suderina atsakomybes, užtikrina duomenų apsaugą, rengia BEP. | <b>Reikalauja:</b><br>Pagal informacijos teikimo tvarkaraštį pateikti modelius kokybės tikrinimui; atlikti darbus pagal pateiktas užduotis tarpdisciplininiais PDV.                                                                                                                                            | <b>BIM PV</b> |
|                                              |                                                                                                                                                                                              | <b>Dalyvauja:</b><br>Rengiant BEP dokumentą ir informacijos teikimo tvarkaraštį bei projekto vykdymo programą. Rengiant modelį.                                                                                                                                                                                |               |
|                                              |                                                                                                                                                                                              | <b>Tikrina:</b><br>BIM tikslų įgyvendinimo kokybę; BIM komandos informacijos teikimo tvarkaraščio laikymąsi; kontroliuoja modelių kokybę.                                                                                                                                                                      |               |
|                                              |                                                                                                                                                                                              | <b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br>BEP dokumentą ir atsakomybių matricą; projekto vykdymo programą ir informacijos teikimo tvarkaraštį; tvirtina parengto vieningo modelio aktualumą CDE.                                                                                                                             |               |
|                                              |                                                                                                                                                                                              | <b>Atsako:</b><br>BEP dokumento aktualumą; projekto vykdymo programos, atsakomybių matricos ir informacijos teikimo tvarkaraščio pakeitimų paskelbimą visai BIM komandai; vieningo modelio kokybę; prižiūri CDE ir už savo darbo kokybę atsako užsakovo BIM atstovui.                                          |               |
| <b>Projekto dalies vadovas - Architektas</b> | Valdo ir koordinuoja projekto dalies įgyvendinimo veiklas.                                                                                                                                   | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>Teikia pasiūlymus dėl BEP dokumento nuostatų keitimo; informacijos teikimo tvarkaraščio pakeitimų; teikia užduotis kitoms disciplinoms; informuoja BIM V vadovą dėl užduočių teikimo; paskirtas BIM V užduotis.                                                       | <b>PDV A</b>  |
|                                              |                                                                                                                                                                                              | <b>Reikalauja:</b><br>Reikalauja kitų disciplinų užduočių                                                                                                                                                                                                                                                      |               |
|                                              |                                                                                                                                                                                              | <b>Dalyvauja:</b><br>Rengiant BEP dokumentą ir projekto BIM ir CAD standartą;<br>Skirstant atsakomybes ir tikslų įgyvendinimo užduotis;- Bendradarbiauja su BIM V ir kitais PDV;<br>BIM V organizuojamose pasitarimuose. Kuria architektūrinį modelį pagal projekto BIM ir CAD standartus ir kitus dokumentus; |               |

8 lentelės tęsinys

|                                          |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                          |                                                                         | <p><b>Tikrina:</b><br/>Architektūros modelių kokybę ir gaunamų užduočių iš kitų disciplinų tikslumą.</p> <p><b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br/>Architektūros dalies modelių rengėjų teikiamas užduotis kitoms disciplinoms; tvirtina parengtų architektūrinių modelių aktualumą CDE.</p> <p><b>Atsako:</b><br/>Atsako už laiku pateikiamas užduotis kitoms disciplinoms; pateikiamų modelių kokybę BIM V vadovui; priskirtų BIM tikslų įgyvendinimą; Priskirtų BIM V užduočių atlikimą.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |
| Projekto dalies vadovas - Konstruktorius | Valdo ir koordinuoja projekto konstrukcinės dalies įgyvendinimo veiklas | <p><b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br/>Teikia pasiūlymus dėl BEP dokumento nuostatų keitimo; informacijos teikimo tvarkaraščio pakeitimų;<br/>Teikia užduotis kitoms disciplinoms;<br/>Informuoja BIM V vadovą dėl užduočių teikimo;<br/>Paskirtas BIM V užduotis.<br/>Kuria konstrukcinį modelį pagal projekto BIM ir CAD standartus ir kitus dokumentus;<br/>Rengia užduotis kitoms disciplinoms.</p> <p><b>Reikalauja:</b><br/>Reikalauja kitų disciplinų užduočių</p> <p><b>Dalyvauja:</b><br/>Rengiant BEP dokumentą ir projekto BIM ir CAD standartą;<br/>Skirstant atsakomybes ir tikslų įgyvendinimo užduotis;<br/>Bendradarbiauja su BIM V ir kitais PDV;<br/>BIM V organizuojamose pasitarimose.</p> <p><b>Tikrina:</b><br/>Konstrukcijų modelių kokybę ir gaunamų užduočių iš kitų disciplinų tikslumą.</p> <p><b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br/>Konstrukcijų dalies modelių rengėjų teikiamas užduotis kitoms disciplinoms;<br/>Tvirtina parengtų konstrukcinių modelių aktualumą CDE.</p> | PDV K |

8 lentelės tęsinys

|                                                     |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                     |                                                           | <b>Atsako:</b><br>Atsako už laiku pateikiamas užduotis kitoms disciplinoms;<br>Pateikiamų modelių kokybę BIM V vadovui;<br>Priskirtų BIM tikslų įgyvendinimą;<br>Priskirtų BIM V užduočių atlikimą.                                                                   |                 |
| <b>Projekto dalies vadovas – Inžinierius (ŠVOK)</b> | Valdo ir koordinuoja projekto dalies įgyvendinimo veiklas | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>Teikia pasiūlymus dėl BEP dokumento nuostatų keitimo;<br>Informacijos teikimo tvarkaraščio pakeitimų;<br>Teikia užduotis kitoms disciplinoms;<br>Informuoja BIM PV vadovą dėl užduočių teikimo;<br>Paskirtas BIM PV užduotis | <b>PDV SVOK</b> |
|                                                     |                                                           | <b>Reikalauja:</b><br>Reikalauja kitų disciplinų užduočių.                                                                                                                                                                                                            |                 |
|                                                     |                                                           | <b>Dalyvauja:</b><br>Rengiant BEP dokumentą ir projekto BIM ir CAD standartą;<br>Skirstant atsakomybes ir tikslų įgyvendinimo užduotis;<br>Bendradarbiauja su BIM PV ir kitais PDV;<br>BIM PV organizuojamose pasitaromose.                                           |                 |
|                                                     |                                                           | <b>Tikrina:</b><br>Inžinerinių sistemų modelių kokybę ir gaunamų užduočių iš kitų disciplinų tikslumą.                                                                                                                                                                |                 |
|                                                     |                                                           | <b>Tvirtina/ Atmeta:</b><br>Inžinerinių sistemų dalies modelių rengėjų teikiamas užduotis kitoms disciplinoms;<br>Tvirtina parengtų inžinerinių sistemų modelių aktualumą CDE.                                                                                        |                 |
|                                                     |                                                           | <b>Atsako:</b><br>Atsako už laiku pateikiamas užduotis kitoms disciplinoms;<br>Pateikiamų modelių kokybę BIM PV vadovui;<br>Priskirtų BIM tikslų įgyvendinimą;<br>Priskirtų PDV užduočių atlikimą.                                                                    |                 |
| <b>Statybų vadovas</b>                              | Valdo ir koordinuoja statybos procesą                     | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>Naudodami teiktus modelius užtikrina koordinavimą statybos vietoje, eiliškumą, pastatomumą, vadovauja statyboms darbams.                                                                                                     | <b>SV</b>       |

|                                                  |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                  |                           | <b>Reikalauja:</b><br>Laiku pateikti projekto modelius ir kitą dokumentaciją                                                                                                                                                                                                                         |            |
|                                                  |                           | <b>Tikrina:</b><br>Suderinamumą su statybos modeliais ir brėžiniais, jų įgyvendinimo galimybes.                                                                                                                                                                                                      |            |
| <b>Statinio statybos techninis prižiūrėtojas</b> | Prižiūri statybos procesą | <b>Atsako:</b><br>Atsako už projekto kalendorinio grafiko laikymąsi, darbų vykdymą prisilaikant projekto.                                                                                                                                                                                            | <b>STP</b> |
|                                                  |                           | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b><br>Naudodami teiktus modelius užtikrina koordinavimą statybos vietoje, eiliškumą, pastatomumą, vadovauja statyboms darbams.                                                                                                                                    |            |
|                                                  |                           | <b>Rengia / teikia ir informuoja:</b> kartu su rangovu rengia dokumentus, reikalingus statybai užbaigti                                                                                                                                                                                              |            |
|                                                  |                           | <b>Reikalauja:</b> pateiktų atliktų statybos ir montavimo darbų, panaudotų statybos produktų pateikimo į LR rinką ar tiekimo jai reikalavimus nustatančiuose teisės aktuose nurodytus dokumentus ir įrenginių kokybę patvirtinančius dokumentus; ištaisytų statinio normatyvinės kokybės pažeidimus. |            |
|                                                  |                           | <b>Dalyvauja:</b> išbandant inžinerinius tinklus, inžinerines sistemas, įrenginius, konstrukcijas.                                                                                                                                                                                                   |            |
|                                                  |                           | <b>Tikrina:</b> kad statyba būtų atlikta pagal statinio projektą; naudojamų statybos produktų ir įrenginių tinkamumą; atliktų darbų kokybę;                                                                                                                                                          |            |
|                                                  |                           | <b>Tvirtina/ Atmeta:</b> statinio dokumentus reikalingus statybai užbaigti; esant pažeidimams gali reikalauti stabdyti statybos darbus.                                                                                                                                                              |            |
|                                                  |                           | <b>Atsako:</b> už projekto statybos darbų kokybę, produktų kokybę, informuoti apie atliktus darbus.                                                                                                                                                                                                  |            |

Galima aprašyti ir kitus projekto dalyvius, jų pareigas ir vaidmenis, siekiant užtikrinti aiškumą ir skaidrumą viso projekto metu.

### 3.3. Modeliavimo taisyklės

Modeliavimo taisyklės apibrėžia, kokia, kada ir kieno informacija ir modelio elementai ar modeliai pateikiami, koks jų išvystymo ir detalumo lygiai. Elementus galima skirti pagal disciplinas, tada pagal prioritetus, o galiausiai pavieniais elementais. Pavyzdžiui, pradinis skirstymas: architektūriniai, konstrukciniai, inžinerinių sistemų elementai. Pastarieji skiriami į pirminius ir antrinius architektūrinius elementus. Galiausiai nustatomi pagrindiniai elementai, tokie kaip aukštai, tūriai, fasadai, stogas, ir antriniai, tokie kaip durys, langai, pertvaros. Visiems elementams apibrėžiamas išvystymo lygis kiekvienoje stadijoje, atsakingi asmenys, pateikimo grafikas, informacijos gavėjas, formatai (9 lentelė).

**9 lentelė.** Informacijos pateikimo grafikas (architektūriniams elementams)

| Informacijos pateikimo planas        |                   |          |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |
|--------------------------------------|-------------------|----------|-----|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|------------------|-----|-----|------------------|
| Esamų sąlygų modeliavimas            |                   |          |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |
| Projektavimas/modeliavimas           |                   |          |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |
| Klasifikatorius                      | Modelio elementas | Stadijos |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |
|                                      |                   | S1       |     |                  | S2  |     |                  | S3  |     |                  | S4  |     |                  | S5  |     |                  | S6  |     |                  |
|                                      |                   | LOD      | LOI | Atsakingas asmuo | LOD | LOI | Atsakingas asmuo | LOD | LOI | Atsakingas asmuo | LOD | LOI | Atsakingas asmuo | LOD | LOI | Atsakingas asmuo | LOD | LOI | Atsakingas asmuo |
| Pirminiai architektūriniai elementai |                   |          |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |
|                                      | Statinio tūris    | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
|                                      | Aukštai           | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
|                                      | Liftų šachtos     | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
|                                      | Laikančios sienos | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
|                                      | Atitvarai         | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
|                                      | Fasadai           | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
|                                      | Stogas            | 1        | 1   | PV               | 2   |     | PV               | 2   | 2   | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |     |     | PV               |
| Antriniai architektūriniai elementai |                   |          |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |     |     |                  |
|                                      | Langai            | 1        | 1   | PDV A            | 2   |     | PD V A           | 2   | 2   | PDV A            |     |     | PDV A            |     |     | PDV A            |     |     | PDV A            |
|                                      | Durys             | 1        | 1   | PDV A            | 2   |     | PD V A           | 2   | 2   | PDV A            |     |     | PDV A            |     |     | PDV A            |     |     | PDV A            |
|                                      | Pertvaros         | 1        | 1   | PDV A            | 2   |     | PD V A           | 2   | 2   | PDV A            |     |     | PDV A            |     |     | PDV A            |     |     | PDV A            |

Modeliavimo taisyklės taip pat gali apibrėžti kiekvieno elemento kūrimą atitinkamoje programinėje įrangoje, aprašomus atributus ir kūrimo eiliškumą. Programinė įranga, kuri buvo pasirinkta centrinių rūmų modeliavimui – *Autodesk Revit*. Jos aplinkoje modelis kuriamas nuo koncepcijos iki galutinio rezultato, eiliškumas ir elementų kūrimas aprašomas priede A.

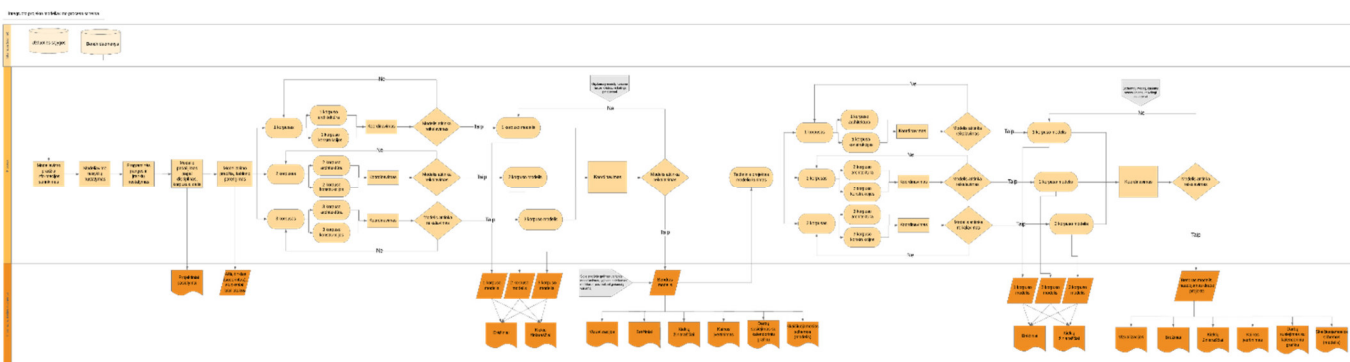
### 3.4. Integruoto projekto vystymas

Integruoto modelio vystymo eigą galima apibūdinti schemomis, kuriose nuosekliai nurodamos eiliškumas, procesų ryšiai ir gaunami rezultatai. Schemose nagrinėjamos pagrindinės projekto dalys: architektūrinė ir konstrukcinė, o kitos dalys, jei jos yra, vystomos analogiškai.

Nagrinėjant VGTU centrinių rūmų projektą, buvo daroma prielaida, kad pastatas suskirstytas į tris korpusus, kurių tiek architektūrinės, tiek konstrukcinės dalys rengia skirtingos įmonės/projektuotojai.

Integruoto projekto privalumas – sutaupyta laikas projektavimo stadijoje, todėl visi jie dirba vienu metu. Pradiniai duomenys, ašių tinklas, geopozicija, bibliotekos ir modelių prieinamumas bei teisės sukuriamas projekto pradžioje. Parengiami standartai, vardijimo taisyklės ir koordinavimo procesai.

Integruoto projekto vystymo schemeje (3.4 pav.) atsispindi, modeliavimo procesai, gauti rezultatai, koordinavimas bei gauti rezultatai. Schema pridedama kaip priedas B darbo pabaigoje.



3.4 pav. Integruoto projekto vystymo schema (sudaryta autorės)

Schemeje aprašomas darbų vykdymo eiliškumas, informacijos šaltiniai, gaunami duomenys, vykstantys procesai.

Šiame skyriuje aprašomos pagrindinės BIM projekto vykdymo plano dalys, pateikiamos rekomendacijos ir galimi sprendimai.

### **3.5. Trečiojo skyriaus išvados**

Šiame skyriuje pateikiamas integruoto projekto vykdymo planas. Nustatomi tikslai, BIM taikymo būdai kiekvienoje stadijoje ir etape. Apibūdinami projekto dalyviai jų pareigos ir vaidmuo projekte, pagrindinės atsakomybės. Nustatoma bendra duomenų valdymo aplinka, taisyklės ir failų vardijimo standartai. Modelio kūrimo procesui nustatomos taisyklės, išvystymo lygiai, atsakingi asmenys, formatai ir kita reikalinga informacija. Pasirenkamas paskirstyto modelio tipas ir koordinavimo procesai, kurie geriausiai atspindi integruoto projekto vystymą.

## BENDROSIOS IŠVADOS

Statinių informacinis modeliavimas, pradedant nuo koncepcijos, gyvuoja daugiau nei 40 metų, tačiau Lietuvoje jis pradėtas diegti keliais dešimtmečiais vėliau. Atsižvelgiant į dabartinį išvystymo lygį, šioje srityje yra dar daug potencialo, leisiančio patobulinti procesus ir pasiekti dar geresnius rezultatus tiek architektūros, tiek projektavimo ir konstrukcijų srityse. Procesų integravimas, žmogaus ir kompiuterinės programinės įrangos sąveika nuolat tobulėja ir leidžia pasiekti puikių rezultatų. Integruoti projektai, tvari architektūra, programinė ir techninė įranga leidžia stebėti statinių informacinio modeliavimo evoliuciją nuo dviejų dimensijų brėžinių iki sudėtingų modelių.

Projektų integracija tik vienas laiptelis aukštyne, siekiant efektyvesnio ir naudingesnio statybų sektoriaus vystymo. Dabartiniam užsakovui projektas privalo būti ne tik įvykdytas, bet ir pasižymėti tvarumu, ekonomišku, tausoti gamtą ir išteklius, įvykdytas laiku ir teikti numatytą naudą eksploatavimo metu. Visus šiuos tikslus padeda įgyvendinti integruotas statybų procesas, atviras ir visus projekto dalyvius glaudžiai vienijantis, siekiant geriausių rezultatų.

Šiame darbe nagrinėtas integruoto BIM projekto vykdymo planas, jo rengimui reikalinga informacija ir pateikimo galimybės. Naudojant realų pavyzdį, VGTU Centrinį rūmų pastatą, parengta integruoto projekto organizacinė pusė, aprašytos pagrindinės dalys ir svarbiausia informacija. Nustatyta, kaip ir koku būdu projekto komanda turėtų vystyti paskirstytą modelį, koku būdu perduoti informaciją, kokia bendra duomenų valdymo aplinka ir sandara. Parengtas projekto vykdymo planas – informacijos šaltinis tiems, kurie nori optimizuoti procesus ir pasiekti geresnių rezultatų.

Lietuvos rinkoje retai naudojamas integruotas projekto vystymas, nes trūksta teisinių pagrindų, žinių ir gebėjimų pritaikyti šį metodą, nors teikiamos naudos ir pripažįstamos daugelio specialistų. Projektų dalyviai dažnai nėra susipažinę su integruotu projektu ir jo vykdymo procesu, todėl kyla daug klausimų ir neaiškumų. Kai kurie asmenys ar įmonės gali dėl šių priežasčių net atsisakyti dalyvauti procese, todėl dalyvių supažindinimas su integruotu projektu labai svarbus. Integruoto projekto sutartys taip pat yra naujovė, todėl gauti paskolas ar finansavimą gali būti nemažas iššūkis, nes rizikos ir galimybės iki šiol nėra apibrėžtos. Nors dirbama tiek su teisine, tiek su technologinėmis ir organizacinėmis sritimis, tačiau trūksta bendrų taisyklių, standartų ir rekomendacijų, kuriomis galėtų vadovautis integruoto proceso dalyviai.

## LITERATŪRA

AGA CAD, (2016). Autodesk Revit konstruktoriams. Prieiga per internetą: <http://www.agacad.lt/paslaugos/programine-iranga/autodesk-revit/konstruktoriams>

Andersson, L.; Farrell, K.; Moshkovich, O. and Cranbourne, C. (2016). *Implementing Virtual Design & Construction using BIM*. New York: Routledge.

Areo. (2016). What is IFC and what do you need to know about it? Prieiga per internetą: <https://blog.areo.io/what-is-ifc/>

Autodesk. (2015). What happens when BIM meets the IoT? Prieiga per internetą: <https://autodeskresearch.typepad.com/blog/2015/09/what-happens-when-bim-meets-the-iot.html>

Autodesk. (2016). Autodesk and the UK BIM Level 2 Mandate. UK.

Bokmiller D.; Whitbread S. and Hristov P. (2014). *Mastering Autodesk Revit MEP*. Canada: John Wiley & Sons.

Boston Consulting Group (2018). How BIM is linked to energy saving and sustainable development. Prieiga per internetą: <https://www.bimcommunity.com/news/load/1046/how-bim-is-linked-to-energy-saving-and-sustainable-development>

Bouška R. (2016). Evaluation of maturity of BIM tools across different software platforms. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816339893>

British Standards Institution. (2007). British Standard BS 1192:2007. *Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practise*. London.

Darrington, J. and Lichtig, W. (2018). *Integrated project delivery. Aligning project organization, operating system and commercial terms*. McLean, VA.

ES BIM Task Group (2017). Europos viešajam sektoriui skirtas statinio informacinio modeliavimo (BIM) diegimo vadovas. Prieiga per internetą: <http://www.eubim.eu/handbook/>

GEO University (2016). Environmental modelling and analysis in GIS. Prieiga per internetą: <https://www.geo.university/courses/environmental-modelling-and-analysis-in-gis>

Ghaffarianhoseini, A. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116308413>

Goubau, T. (2017). A History of BIM. Prieiga per internetą: <https://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim>

Green BIM engineering (2016). Building Energy simulation. Prieiga per internetą: <https://www.greenbim-eng.com/services/building-energy-simulation/>

Yu-Cheng, L. and Hui-Hsuan, Y. (2018). A Framework for Collaboration Management of BIM Model Creation in Architectural Projects. Prieiga per internetą: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaabe/17/1/17\\_39/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaabe/17/1/17_39/_pdf/-char/ja)

Kensek, K. (2014). *Building informational modeling*. New York: Routledge.

McKinsey (2017). Create a Lean, Construction Building Machine with Integrated Project. Prieiga per internetą: <https://www.smartsheet.com/integrated-project-delivery>

Philp, D.; Swaddle, P. and Mordue, S. (2016). *Building Information Modeling For Dummies*. United Kingdom: Wiley.

Popov, V. (2017). BIM standartai – kurį kelią renkasi Lietuva? Prieiga per internetą: <https://skaitmeninestatyba.lt/bim-standartai-kuri-kelia-renkasi-lietuva/>

Reisgevičius, M. (2016). BIM technologiju efektyvumo daugiapakopis vertinimas. Prieiga per internetą: <http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/2498/1/Mariaus%20Reisgeviciaus%20disertacija%202016-04-04.pdf>

RIBA. (2013). Plan of Work. Prieiga per internetą: <https://www.ribaplanofwork.com>

Savickis, E. (2016). Ką reiškia pastatų tvarumo sertifikatai ir kam jie reikalingi? Prieiga per internetą: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/158/1/0/1/article/17906/ka-reiskia-pastatu-tvarumo-sertifikatai-ir-kam-jie-reikalingi>

Skaitmeninė statyba. (2016). Lietuvos statybų sektoriaus skaitmeninimo ir jo finansavimo galimybių studija Prieiga per internetą: [https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/0\\_165081001480603487.pdf](https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/0_165081001480603487.pdf)

Snook, K. (2018). BIM - it's about the Planet. Prieiga per internetą: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM\\_-\\_it%27s\\_about\\_the\\_Planet\\_-\\_Part\\_1](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_-_it%27s_about_the_Planet_-_Part_1)

The American institute of architects (AIA) (2014). Integrated project delivery: an updated working definition. Prieiga per internetą: [file:///E:/Magistrui%20medziaga/AIACC\\_IPD.pdf](file:///E:/Magistrui%20medziaga/AIACC_IPD.pdf)

TMD studio (2018). What is BIM and why do you need it? Prieiga per internetą: <https://medium.com/studiotmd/what-is-bim-and-why-do-you-need-it-c4445eed7941>

Tulenheim, R. (2015). Challenges of Implementing New Technologies in the World of BIM – Case Study from Construction Engineering Industry in Finland, Procedia Economics and Finance. Prieiga per internetą: [http://dx.doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00201-4](http://dx.doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00201-4)

Vaišvila, J. (2016). BIM – efektyviausi statybos sprendimai. Prieiga per internetą: <https://sa.lt/bim-efektyviausi-statybos-sprendimai/>

Vancouver Sun. (2014). A photo outlining BIM 4D. Prieiga per internetą: <http://www.vancouversun.com/photo+outlining+model+with+timeline+below+that+adds+fourth+dimension+time+modelling/9978363/story.html>

## **PRIEDAI**