



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Ievos Salinkaitės

SKAITMENINIO PROJEKTAVIMO POVEIKIS PASTATŲ
STATYBOS IR EKSPLOATACIJOS PROCESŲ DARNUMO
DIDINIMUI

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

prof. dr. Žaneta Stasiškienė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

SKAITMENINIO PROJEKTAVIMO POVEIKIS PASTATŲ
STATYBOS IR EKSPLOATACIJOS PROCESŲ DARNUMO
DIDINIMUI

Baigiamasis magistro projektas

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba

(kodas 621H17002)

Vadovas

prof. dr. Žaneta Stasiškienė

Recenzentas

doc. dr. Darius Pupeikis

Projektą atliko

Ieva Salinkaitė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Ieva Salinkaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Ievos Salinkaitės**, baigiamasis projektas tema „Skaitmeninio projektavimo poveikis pastatų statybos ir eksploatacijos procesų darnumo didinimui“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardas ir pavardė)

(parašas)

Salinkaitė Ieva. Skaitmeninio projektavimo poveikis pastatų statybos ir eksploatacijos procesų darnumo didinimui. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Žaneta Stasiškienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, bendroji inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: *skaitmeninė statyba, skaitmeninis projektavimas, pastato informacinis modeliavimas, BIM.*

Kaunas, 2016. 64 p.

SANTRAUKA

Šio darbo temos aktualumas apima statybos pramonės ir jos daromo poveikio aplinkai vertinimą, pramonės šakoje vyraujančias problemas, išteklių naudojimą, susidarančių atliekų kiekius, neefektyvius darbo procesus bei galimas alternatyvas šioms problemoms spręsti. Statybos sektorius Lietuvoje yra reikšmingas ekonomine, socialine ir aplinkosaugine reikšme.

Statybos pramonė susiduria su poreikiu didinti darbo našumą, išteklių naudojimo efektyvumą, tuo pačiu mažinant eksploatacines išlaidas, laiko ir medžiagų sąnaudas bei aplinkos taršą. Šiems tikslams pasiekti siūloma visuose pastato būvio ciklo etapuose taikyti skaitmeninio projektavimo metodus. Norint įdiegti skaitmeninės statybos principus Lietuvoje reikalingi pokyčiai pastatų projektavimo, statybos, eksploataavimo procesų valdyme ir statybos darbų planavime. Darbo objektas – skaitmeninis pastatų projektavimo procesas. Darbo tikslas – iširti skaitmeniniais metodais pagrįstą projektavimo ir statybos darbų valdymo procesą ir identifikuoti optimalų variantą, remiantis aplinkosauginiais ir ekonominiais kriterijais.

Darbe siūloma integruota sistema, siejanti BIM, būvio ciklo analizę ir energijos analizės priemones su darnių pastatų sertifikavimo sistemomis. Sistema galėtų būti pritaikoma nustatant energetiniu požiūriu optimalius sprendimus, pastato atitiktį sertifikavimo reikalavimams bei naudojamų medžiagų ir sistemų poveikį aplinkai. Pagrindinė tyrimo užduotis – gauti darnios statybos kriterijus atitinkantį, energetiškai efektyvų, minimalų poveikį aplinkai darantį ir nustatytus finansinius kriterijus atitinkantį pastatą. Siūloma integruota BIM sistema galėtų tapti pagrindu tolimesniems tyrimams atlikti.

Siekiant nustatyti statybos sektoriaus dalyvių turimas žinias apie BIM, jo naudojimą, galimas kliūtis, stabdančias plėtrą bei veiksnius, kurie galėtų paskatinti BIM metodų taikymą, buvo atlikta statybos sektorių dalyvių apklausa. Tyrime buvo pateikiami klausimai apie BIM modelio įgyvendinimą, teikiamos naudos vertinimą ir ateities perspektyvas. Rezultatų analizė leido pateikti rekomendacijas, kokios priemonės užtikrintų efektyvų BIM metodų taikymą ir užtikrintų skaitmeninio projektavimo plėtros skatinimą Lietuvoje.

Salinkaite Ieva. Impact of Digital Design on Sustainability in Building's Construction and Maintenance Processes: *Master's* thesis in Environmental Management and Cleaner Production / supervisor assoc. prof. dr. Zaneta Stasiskiene. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technical Sciences, General Engineering

Key words: *digital construction, digital design, building information modeling, BIM.*

Kaunas, 2016. 64 p.

SUMMARY

The relevance of this work includes construction industry and its environmental impact assessment. Assessment of the prevailing industry issues, use of resources, waste production, inefficient work processes and possible options to solve these problems. Construction industry in Lithuania is significant by its economic, social and environmental value.

Construction industry is faced with the need to increase productivity, resource efficiency, while reducing operating costs, time and material costs as well as environmental pollution. In order to reach these goals it is proposed to use digital design methods to apply in all phases of the building lifecycle. To install the principles of digital construction Lithuania the changes are needed in building design, construction, operation processes management and construction planning. The main objective is the digital building design process. Main goal is to investigate design and construction management process based on digital methods and identify the optimal option based on environmental and economic criteria.

This work suggests an integrated system which connects BIM, lifecycle and energy analysis tools with sustainable building certification systems. The system could be used to identify varying energy changes, building certification requirements and used resources and building systems effect to the environment. The main goal of the research is to build the perfect building in terms of consumed resources, energy efficiency while providing the least environmental impact and matching all the sustainable building criteria. The suggested BIM system could be the foundation of further research.

The construction industry member survey took place in order to identify the industry's knowledge of BIM system, its usage and possible obstacles stopping the development and the factors that would encourage the use of BIM methods. The research targeted putting BIM model into practice, the evaluation of provided benefits and future perspective. The analysis of research results allowed us to provide the recommended tools to ensure an effective BIM method appliance and ensure the digital design development in Lithuania.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	8
ĮVADAS.....	9
1. STATYBŲ SEKTORIUS. SAMPRATA, VYRAUJANČIOS PROBLEMOS	11
1.1. Statybų sektoriaus daromas poveikis aplinkai.....	11
1.2. Statybų sektoriaus tiekimo grandinės valdymas ir suinteresuotos šalys	14
1.3. Statybų projekto įgyvendinimo etapai.....	16
1.4. Pastato projektavimo etapai.....	18
1.5. Darnios statybos samprata ir pagrindiniai principai	20
1.6. Pastatų sertifikavimas.....	21
1.6.1 BREEAM sertifikavimo sistema	21
1.6.2 LEED sertifikavimo metodika.....	23
1.6.3 Lietuvos žaliųjų pastatų tvarumo vertinimo sistema	24
1.7 Skaitmeninis projektavimas	26
2. TYRIMO METODIKA	28
3. INFORMACINIS STATINIO MODELIAVIMAS (BIM), JO PLĖTRA LETUVOJE	31
3.1 Informacinio statinio modeliavimo (BIM) samprata.....	31
3.2 BIM teikiama nauda	33
3.3 Pastato energetinis efektyvumo modeliavimas taikant BIM	34
3.4 BIM taikymas ir naudojimas Lietuvoje.....	37
3.5 Projektavimo algoritmas.....	44
3.6 Investicijų į BIM grąža.....	48
3.7 Sėkminga kitų šalių praktika naudojant BIM.....	51
3.8 Veiksniai, stabdantys BIM plėtrą Lietuvoje.....	53
REKOMENDACIJOS.....	54
IŠVADOS.....	55
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	56
PRIEDAI	62

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas. Statybos pramonės sektorius ir su juo susijusios veiklos.....	14
2 paveikslas. Laiko – pastangų pasiskirstymas tarp tradicinio 2D ir BIM projektavimo.....	18
3 paveikslas. Atskirų kategorijų suskirstymas BREEAM pagal jų svarbą.....	22
4 paveikslas. Atskirų kategorijų suskirstymas LEED pagal jų svarbą.....	23
5 paveikslas. BIM brandumo lygiai.....	32
6 paveikslas. Modeliavimo sistemos sudedamosios dalys.....	36
7 paveikslas. Nekomunikacinių ginčų priežastys Lietuvoje 2005 – 2014 m.....	38
8 <i>paveikslas</i> . Komunikacinių ginčų priežastys Lietuvoje 2005 – 2014 m.....	38
9 paveikslas. Kokiais būdais atliekami projektavimo darbai.....	39
10 paveikslas. Programinės įrangos gebėjimas keistis informacija su kitomis programomis.....	40
11 paveikslas. Veiksniai, kurie paskatintų modeliuoti trimatėje erdvėje ir naudoti BIM.....	40
12 paveikslas. Respondentų atsakymai į anketos klausimus.....	42
13 paveikslas. Respondentų atsakymai į anketos klausimus.....	43
14 paveikslas. Kliūtys BIM įgyvendinimui.....	44
15 paveikslas. Integruota BIM sistema.....	46
16 paveikslas. Investicijų į projektavimą produktyvumo kreivė.....	48
17 paveikslas. Investicijų į BIM grąža šalyse.....	50
18 paveikslas. BIM proceso vystymas pasauliniu mastu.....	51

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Pastatų vertinimo kriterijai.....	23
2 lentelė. Statybos darnumo vertinimo kriterijai.....	28
3 lentelė. BIM suteikiama nauda skirtingais projekto etapais.....	30
4 lentelė. Projektavimo etapai ir gaunamas užmokestis.....	35

ĮVADAS

Pastatai sunaudoja apie 40 % bendrai sunaudojamos energijos visame pasaulyje ir yra atsakingi už anglies dioksido išleidimą į aplinką (Harish, Kumar 2016). Klimato kaita, vedanti prie gyvenamosios aplinkos blogėjimo, yra laikoma vienu pagrindinių iššūkių visuomenės raidoje. Pernelyg didelė Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (toliau – ŠESD) emisija yra pripažinta kaip pagrindinis veiksnys, sukeliantis šiltnamio efektą ir klimato šilimą. Reaguojant į didėjančią susirūpinimą, klimato kaita, anglies dioksido emisijų mažinimas tapo bendru siekiu ir susitarimu visame pasaulyje. ŠESD emisijos mažinimas statybų sektoriuje yra laikomas ekonomiškai efektyviausiu, lyginant su kitais sektoriais. Dėl šios priežasties ŠESD emisijos mažinimas statybose buvo pripažintas kaip vienas svarbiausių tikslų, siekiant sumažinti neigiamą klimato kaitos poveikį (Wang et al. 2016).

Statybų sektorius didelę reikšmę turi ir šalies ekonomikai – tiek sukuriama bendro vidaus produkto (BVP) dalimi, tiek darbo vietų sukūrimu. Statybų sektorius yra pagrindinis tarpinių produktų (cheminių medžiagų, statyboms reikiamų žaliavų, elektros ir elektroninės įrangos) bei susijusių paslaugų vartotojas. Dėl savo svarbos ekonomikai šio sektoriaus veiklos rezultatai gali turėti didelę įtaką visos ekonomikos raidai. Atliktų statybos darbų kokybė taip pat turi tiesioginį poveikį juose gyvenančių ar dirbančių žmonių gyvenimo kokybei ir komforto lygiui, nuo to taip pat priklauso pastato eksploatavimo išlaidos (Europos Komisija). Taigi, statybų sektorius yra reikšmingas ne tik aplinkos apsaugos, ekonomine, bet ir socialine prasme.

Neigiamas statybų sektoriaus poveikis atsiranda dėl įvairių priežasčių – neveiksmingo vadovavimo, įsisenėjusių kultūrinių normų, pasenusių technologijų ar komunikavimo stokos tarp suinteresuotų šalių. Teisingas statybos darbų planavimas ir valdymas, atsižvelgiant į visą pastato būvio ciklą, gali sumažinti poveikį aplinkai, suteikia galimybę pasirinkti geriausią projekto alternatyvą, sumažinti laiko sąnaudas ir bendras statybinių projektų išlaidas (Ibrahim 2016). Remiantis Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija (2015), sparčiai tobulėjančios Informacinės ir ryšių technologijos (toliau – IRT) atveria plataus jų panaudojimo statybos sektoriuje galimybes. Pasitelkus šias technologijas būtų galima palengvinti statinių valdymą, pagerinti jų kokybę, tuo pačiu padidinant statybų sektoriaus efektyvumą bei konkurencingumą. Statinio informacinis modeliavimas (angl. *Building Information Modeling, BIM*), kaip naujas požiūris į statybų optimizavimą suteikia galimybę naudojant informacinių technologijų strategijas ir bendradarbiavimo platformą palengvinti projektavimo komandos dalyvavimą projektavimo procese ir daryti didesnę įtaką, tokiu būdu pasiekiant aplinkos apsaugos efektyvumą, didesnę ekonominę bei socialinę naudą (Alwan et al. 2015).

Darbo objektas – skaitmeninis pastatų projektavimo procesas.

Darbo tikslas – ištirti skaitmeniniais metodais pagrįstą projektavimo ir statybos darbų valdymo procesą ir identifikuoti optimalų variantą remiantis aplinkosauginiais ir ekonominiais kriterijais.

Uždaviniai:

1. Atlikti statybos sektoriaus literatūrinę analizę ir nustatyti šiame sektoriuje vyraujančias problemas.
2. Palyginti statinio informacinį modeliavimą su tradiciniu pastatų projektavimo ir statybos darbų valdymo procesu.

3. Atlikti pastatų bei jų elementų projektavimo veikla užsiimančių asmenų apklausą, siekiant nustatyti turimas žinias apie skaitmeninį projektavimą, praktinį jo pritaikymą bei poreikius.
4. Pasiūlyti integruotą pastatų projektavimo algoritmą, paremtą būvio ciklo vertinimu ir darnumo kriterijais.
5. Parengti rekomendacijas, siekiant statybos darbų optimizavimo, poveikio aplinkai mažinimo ir statinio informacinio modeliavimo plėtros skatinimo Lietuvoje.

1. STATYBŲ SEKTORIUS. SAMPRATA, VYRAUJANČIOS PROBLEMOS

Pastatai yra svarbiausi urbanizuotos aplinkos komponentai, nuo kitų pramonės produktų išskiriantys ne tik savo ilgaamžiškumu, bet ir išteklių, reikalingų jų statybai ir eksploatacijai, gausa (Tamkevičiūtė 2012). Pasaulio stebėjimo instituto (angl. *World Watch Institute*) duomenimis, pasauliniu mastu kiekvienais metais pastatų statybai sunaudojama 40 % pagamintos energijos ir išgautų medžiagų, tokia pat dalis neatsinaujinančių išteklių – akmens, žvyro, smėlio, statyboms taip pat sunaudojama 55 % medienos, skirtos ne kurui (Roodman, Lenssen 2016). Pastatų būvio trukmė yra ilga, apima skirtingus pramonės sektorius ir veiklas, dėl to sudėtinga tiksliai įvardinti pagrindinius poveikį darančius veiksnius ir atlikti jų analizę.

1.1. Statybų sektoriaus daromas poveikis aplinkai

Didėjant gyventojų skaičiui, jų poreikiams, plečiantis gyvenamosios ir komercinės paskirties statybos mastams, didėja statyboms reikalingų neatsinaujinančių gamtinių išteklių poreikis – akmens, žvyro, medienos, smėlio (Tamkevičiūtė 2012). Pastatų statyba įvardijama kaip viena didžiausių neatsinaujinančių gamtinių išteklių naudojimo veiklų visame pasaulyje (Ibrahim 2016). Gamtinių išteklių gavyba mažina neatsinaujinančių gamtinių išteklių kiekį gamtoje, tuo pačiu metu naudodama tokius išteklius kaip vanduo ar kuras, kuris reikalingas išteklių transportavimui (Condeixa et al. 2014). Neatsinaujinančių gamtinių išteklių naudojimas statybose taip pat susijęs su energijos sąnaudomis, kadangi jiems išgauti reikalinga sunkioji technika, galinti sukelti dirvos eroziją ar neigiamai paveikti biologinę įvairovę. Šį poveikį sunku apskaičiuoti ir įvertinti, nes nėra sukurto bendro indikatorius ar metodo, kurį būtų galima naudoti siekiant įvertinti pastatų ar statybos darbų daromą poveikį biologinei įvairovei. Statybos produktų gamybai Europos Sąjungoje (toliau – ES) sunaudojama 5–10 %. bendrai sunaudojamos energijos (Herczeg et al. 2014). Gaminant statyboms reikalingas medžiagas naudojama energija, gamtos ištekliai, eksploatuojamas transportas, todėl į atmosferą išmetami kenksmingi teršalai (pagrindinis jų – šiltnamio efektą sukeliančios dujos – anglies dioksidas), teršiamas dirvožemis, vanduo. Eksploatuojant pastatus gamtiniai ištekliai taip pat reikalingi. Vanduo ir energija reikalinga gyventojų poreikiams tenkinti ir įrangai veikti (šildymui, vėdinimui, oro kondicionavimui).

Siekiant patenkinti didėjančią paklausą statybų mastai didėja, sukurdami vis didesnius kiekius statybos ir griovimo atliekų (Ibrahim 2016) Statybų sektoriuje Europos Sąjungoje susidaro trečdalis visų atliekų (European Commission 2011). Statybinės atliekos susidaro įvairiuose pastato būvio ciklo etapuose – dalinių nugriovimų, periodinių statybinių elementų, tokių kaip durys, langai, plytelių keitimo metu, plečiant patalpas, keičiant jų paskirtį. Pastato griovimo metu susidaro dideli kiekiai griovimo atliekų, ypač jei jos nėra perdirbamos ar panaudojamos pakartotinai (Condeixa et al. 2014). Didžioji dalis tokių atliekų yra šalinamos sąvartynuose (Ibrahim 2016). Statybos ir griovimo atliekos keliauja į sąvartynus, nors vėliau tie pats gamtiniai ištekliai vėl yra išgaunami iš gamtos, siekiant patenkinti medžiagų paklausą (Condeixa et al. 2014). Tai – ne tik ekonominiai nuostoliai, bet ir padidinta grėsmė aplinkai: mažinami ištekliai ir teršiama biosfera. Transportui, kuris naudojamas medžiagų išgavimo, gamybos, prekybos, statybų ir atliekų šalinimui sąvartynuose, reikalingas kuras, kurio didžioji dalis (išskyrus biokurą) išgaunama iš neatsinaujinančių gamtinių išteklių bei skleidžia į atmosferą ŠESD

(Condeixa et al. 2014). Pastatų sukeliama aplinkos apkrovos poveikis susijęs su veiklomis statybinių medžiagų tiekimo grandinėje, pastato statyba, eksploatacija, renovacija, atliekų tvarkymu ir naudojamu transportu. Anglies emisijos, energijos poreikis, atliekų susidarymas, išteklių mažėjimas, biologinės įvairovės nykimas – tai tik dalis statybų daromo poveikio aplinkai (Alwan et al. 2016). Pasirinktos netinkamos medžiagos, tiekėjai, statybų technologijos ar spragos organizuojant statybos darbus sukuria didesnius atliekų kiekius, daro didesnę žalą gamtai, patiriami laiko bei finansiniai nuostoliai.

Statiniai, infrastruktūra tiesiogiai veikia ne tik konkrečios vietovės, bet ir visos šalies socialinę, gamtinę sferas bei ekonomiką (Tamkevičiūtė 2012). Statybos pramonė yra viena didžiausių pramonės šakų Europoje (Martinuzzi et al. 2001). Statyba yra strategiškai svarbi ūkio šaka, užtikrinanti pastatų ir infrastruktūrų, nuo kurių priklauso ir daugelis kitų pramonės ūkio šakų plėtra (Tamkevičiūtė 2012). Dėl tos pačios priežasties šis sektorius taip pat dažnai naudojamas kaip bendros šalies ekonomikos būklės indikatorius. Nors mažo ir vidutinio dydžio įmonės sudaro didžiausią statybos įmonių skaičių, sektorius taip pat pasižymi dideliu darbo jėgos intensyvumu. Tai daugiausia darbo vietų pramonės sektoriuje suteikiantis sektorius Europoje (Martinuzzi et al. 2001). Statybų sektorius yra vienas iš sparčiausiai besiplečiančių ūkio sektorių bei viena svarbiausių Lietuvos ekonomikos dalių. 2007–2013 m. šiame sektoriuje buvo sukurta 6-10 % BVP, įdarbinta – 7-12 % visų šalies dirbančių gyventojų. Viena šio sektoriaus darbo vieta susijusi su 3–4 kitų sektorių darbo vietomis. Europoje šis sektorius sukuria beveik 10 % BVP ir 20 mln. darbo vietų. Pastatų statybos ir eksploatacijos metu sunaudojama apie 50 % Lietuvai reikalingos energijos, o pastatams ir inžineriniams statiniams sunaudojama apie 50 % visų šalies materialinių investicijų (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija 2015).

Vietinių ir atsinaujinančių gamtinių išteklių naudojimas yra vienas iš Europos Sąjungos prioritetinių nuostatų. Pagrindinis to motyvas – klimato kaitos problema, skatinama neatsinaujinančių energijos išteklių naudojimo (Tamkevičiūtė 2012), kurių poreikis plečiantis statybų mastams, kaip jau buvo minėta anksčiau, taip pat didėja. Lietuvos statybos sektorius turi ganėtinai stiprius ryšius su medienos ruoša ir apdirbimu, kasyba ir karjerų eksploatavimu, naftos perdirbimu, energijos gamyba. Kadangi didžioji dalis žaliavų ir energijos išteklių yra vietiniai, šiomis veiklomis užsiimančios įmonės yra svarbūs Lietuvos statybos sektoriaus teikėjai (Tamkevičiūtė 2012). Išlaidos, skirtos inovacijoms statybų sektoriuje yra gana mažos, palyginus su visu pramonės sektoriumi. Europos Komisijos komunikate Europos parlamentui ir tarybai (Europos Komisija 2012 07 31) svarstoma, jog greičiausiai šiame sektoriuje bus intensyviau vykdomi moksliniai tyrimai ir sparčiau diegiamos tokios inovacijos, kurios padėtų spręsti didelio žaliavų (pvz., metalų mineralų ir nemetalų mineralų, cheminių medžiagų, medienos) sunaudojimo ir susidarancio didelio atliekų kiekio problemas. Statybos ir griovimo atliekos sudaro daugiau nei trečdalį visų kietųjų atliekų pasaulyje (Llatas 2011; Carpio et al. 2016).

Nepaisant dydžio bei svarbos ekonomikai statybos pramonė yra susiskaldžiusi ir vengia bendradarbiavimo tarp suinteresuotų šalių bei neturi bendros strateginės vizijos. Tam iš dalies įtaką daro šio sektoriaus sudėtis. Daugiau nei 90 % Jungtinės Karalystės pramonės sudaro smulkios statybos įmonės. Projektai paprastai yra valdomi mažų įmonių, kuriose dirba 1 – 59 darbuotojai. Tai atspindi statybų sektoriaus sudėtį tarptautiniu mastu. Taigi, didelė dalis atsakomybės už neigiamo poveikio mažinimą tenka mažoms įmonėms. Tokia pramonės sudėtis neskatina investicijų į mokymus, švietimą, inovacijas ar mokslinius tyrimus. Sisteminio švietimo ir mokymo trūkumas lėmė tik pagrindines darbuotojų, dirbančių statybose, žinias apie statybinių atliekų, taršos ir emisijų

sukeliamas pasaulinio masto pasekmes (Alwan et al. 2015). Siekiant tvaraus gamtos išteklių naudojimo statyboje, būtina skatinti statinių projektavimo normatyvinių dokumentų, suteikiančių galimybes projektuoti statinius iš atitinkamų statybos produktų ir pasitelkiant pažangias technologijas, naudojimą (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija 2015). Remiantis Europos Komisija (2012), tokių technologijų naudojimas skatintų mūsų šalies statybos bendrovių konkurencingumą pasauliniu mastu, kas ne tik leistų siekti šio sektoriaus tvarumo, bet taip pat būtų svarbus savo indėliu į šalies ekonomiką, žmonių užimtumą, darbo vietų sukūrimą.

Statybų sektorius pasižymi vykstančia kainų konkurencija, dideliu darbo jėgos intensyvumu (trumpalaikėmis darbo sutartimis, sezoninio pobūdžio darbu, darbo užmokesčio dempingu), išskirtiniu vaidmeniu viešuosiuose pirkimuose ir ilgu galutinio produkto gyvavimu (su atitinkamu energijos vartojimo poveikiu, gyventojų sveikatai) (Martinuzzi et al. 2001). Kad verslas atneštų ne tik ekonominės naudos, bet būtų naudingas ir socialinei plėtrai bei atitiktų visuomenės gerovės lūkesčius, jis turi būti socialiai atsakingas. Socialinė verslo atsakomybė skatina verslo sampratą įsipareigoti daryti daugiau nei pelno generavimas jo savininkams (Metcalf, Media 2016). Statybų sektoriuje tai – įsipareigojimas integruoti socialiai atsakingas vertybes ir suinteresuotų šalių (darbuotojų, tiekėjų, vietos bendruomenių ir valdžios reglamentavimo institucijų) interesus į statybų veiklą taip, kad atitiktų ir viršytų esamus komercinius lūkesčius. Socialinė atsakomybė svarbi dėl statybos pramonės daromos milžiniškos įtakos visuomenei. Būdas kaip įmonės suprojektuos ir pastatys pastatą darys poveikį, kuris tęsis dešimtmečius – visą pastato gyvavimo laikotarpį (Metcalf, Media 2016). Kokiu būdu aplinka bus sukurta, tokiu būdu žmonės joje gyvens ir dirbs. Jei aplinka bus sukurta socialiai atsakingu būdu, pastato statyba suteiks naudos visoms suinteresuotoms šalims.

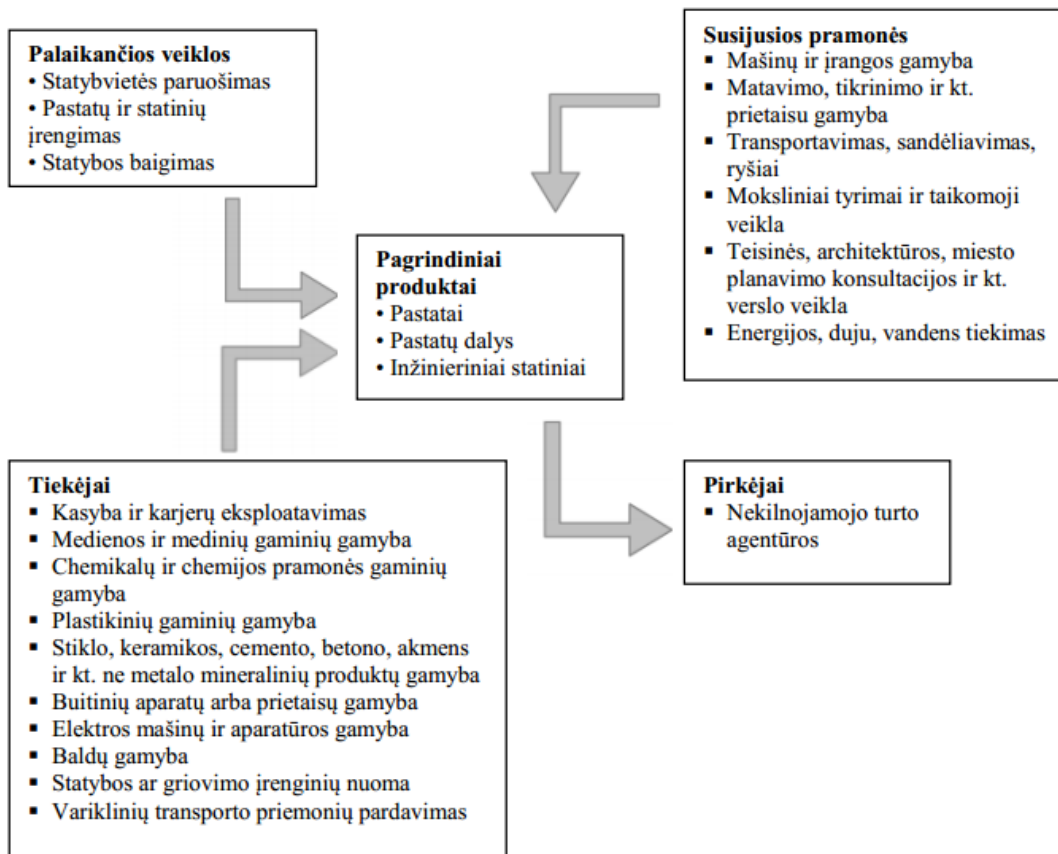
Statybos darbai, darbų valdymas daro poveikį statybos darbus vykdančių žmonių gerovei, o atliktų statybos darbų kokybė taip pat turi netiesioginį poveikį ateityje juose gyvensiančių ar dirbsiančių žmonių gyvenimo kokybei ir komforto lygiui, nuo to taip pat priklausys eksploataavimo išlaidos (Europos Komisija 2012 07 31). Patogus funkcinis ir tinkamas estetinis pastato projektavimas daro kasdieninį gyvenimą patogesnį ir malonesnį. Tinkamai suprojektuoti ir pastatyti pastatai suteikia aukštą komforto lygį ir suteikia tinkamą patalpų mikroklimatą.

Pasak Europos Komisijos (2012), statybų sektorius susiduria su įvairiomis struktūrinėmis problemomis: kvalifikuotų specialistų trūkumu, vyraujančia neigiama nuomone apie jame dirbančius darbuotojus ir darbo sąlygas, paplitęs nedeklaruojamas darbas. Nors statyba suteikia didelę naudą pramonės plėtrai, į ją taip pat dažnai žiūrima kaip į pramonės šaką, kuri yra pavojinga, kenksminga ne tik aplinkai, bet gali turėti ir neigiamą poveikį joje dirbantiems asmenims. Svarbiausi klausimai, susiję su darbo vietų kokybe statybų sektoriuje, yra darbuotojų sveikata ir darbo sąlygos. Žemesnės kvalifikacijos darbuotojams, dirbantiems šiame sektoriuje, tenka susidurti su prastomis fizinio darbo sąlygomis, nepalankiomis darbo valandomis, aukštu nelaimingų atsitikimų ir su darbo sąlygomis susijusių ligų koeficientu (Martinuzzi et al. 2001). Netinkamai valdoma statybų veikla gali reikšti nenumatytas papildomas išlaidas, vėlavimus, darbų atidėjimus, nelaimingus atsitikimus darbo vietoje, kurių, naudojant tinkamas darbų planavimo priemones, galima išvengti. Visi šie poveikiai yra svarbus socialinės atsakomybės aspektai ir jų supratimas galėtų padėti sumažinti jų neigiamą poveikį statybų sektoriuje ir pasiekti geresnių rezultatų ateityje (Metcalf, Media 2016).

1.2. Statybų sektoriaus tiekimo grandinės valdymas ir suinteresuotos šalys

Statybos pramonė gali būti naudojama kaip giminiškas terminas, apimantis daug įvairių veiklos rūšių, įskaitant statybos rangovus (darbų meistrus), medžiagų tiekėjus, karjerų eksploatavimo įmones, medienos gamintojus ir profesionalias inžinerijos ir konsultacines paslaugas (Brown 2012).

Statyba apibūdinama kaip sudėtinga, rizikinga ir daug laiko bei sąnaudų reikalaujanti šaka. Ne išimtis yra ir statybos projektai. Statybos projektų įgyvendinimas – tai daugelio šalių, įvairių procesų, skirtingų etapų darbai (1 paveikslas), kuriems reikia daug tiek viešojo, tiek privataus sektoriaus sąnaudų (Gudienė 2014).



1 paveikslas. Statybos pramonės sektorius ir su juo susijusios veiklos (Tamkevičiūtė 2012).

Suinteresuotos šalys yra apibrėžiamos kaip bet kokia individų grupė, galinti turėti įtakos arba daranti įtaką organizacijos tikslams pasiekti. Statybų atveju, projektas yra laikina organizacija ir suinteresuotos šalys apima svarbiausias su projektu susijusias šalis: pvz., užsakovą, projekto dalyvius – architektus, inžinierius, statybų vadovą, rangovus ir jų tiekimo grandinės partnerius, t.y., subrangovus, medžiagų ir įrangos pardavėjus ir taip pat didesnę bendruomenę ir aplinką, kuriai projektas darys poveikį. Projekto sėkmė ar nesėkmė paveikia visas suinteresuotas šalis. Be to, suinteresuotos šalys prisideda, siekiant įgyvendinant pirminius išlaidų, grafikų, kokybės ir saugumo tikslus (Ghost 2015).

Skirtingi statybos projekto dalyviai iš BIM siekia skirtingos naudos. Rangovai ir projekto vadovai tikisi, kad BIM bus išmani duomenų bazės valdymo sistema, galinti išskleisti informaciją iš CAD (angl. *Computer Aided Design*) paketų analizei, laiko ir pinigų srautų modeliavimui, simuliacijai, rizikos scenarijų planavimui. Visos

suinteresuotos šalys iš BIM siekia geresnio bendradarbiavimo ir komunikacijos tarp atskirų disciplinų. Ekonominė BIM vertė atsiranda kartu su suinteresuotoms šalims teikiama nauda. Užsakovai kaip pagrindinę BIM teikiamą naudą yra linkę pripažinti šalių bendravimą ir pagerėjusią projekto eigą bei rezultatus, tuo tarpu architektai ir inžinieriai pirmenybę teikia produktyvumui, bendradarbiavimui ir mažesnėms projekto išlaidoms (Ghost 2015).

Kad patenkintų savo interesus suinteresuotos šalys dažnai prieštarauja viena kitai, nors yra viena nuo kitos priklausomos ir prisideda prie projekto tikslų įgyvendinimo. Tai ypač aktualu kuriant ir dalinantis statybų projekto informacija. BIM naudojimo sėkmė kuriant, dalinantis ir veiksmingai taikant informaciją priklauso nuo patikimumo, tikslumo ir laiku pateikiamos informacijos. Informacijos, sukurtos architekto, vertė priklauso nuo duomenų, gautų iš kitų šaltinių (pvz., užsakovo, eksperto). Taigi, galima teigti, kad gautos, sukurtos ir pasidalintos su suinteresuotomis šalimis informacijos kokybė (patikimumas, tikslumas, informacijos pateikimas laiku) nustatys bendrą BIM taikymo sėkmę projekte.

Pastarąjį dešimtmetį yra akcentuojama tiekimo grandinės valdymo nauda statybų sektoriuje, siekiant pagerinti statybų efektyvumą bei sumažinti didelius atliekų kiekius, atsirandančius dėl neveiksmingo medžiagų valdymo ir kontrolės. Veiksmingo medžiagų valdymo poreikis taip pat buvo plačiai pripažintas visos pramonės bendruomenės (Irizarry et al. 2013). Terminas „tiekimo grandinė“ naudojamas apibrėžti etapams, per kuriuos statybos išteklių (žaliavos, įranga, personalas) keliauja nuo jų išgavimo iki statybų vietos. Statybos tiekimo grandinė yra tiesiogiai susijusi su atskirų žaliavų keliavimu į statybvieta, kur objektas yra surenkamas iš gautų žaliavų, planavimu ir vadovavimu.

Tradicinis būdu valdant tiekimo grandinės procesus dėmesys gali būti sutelktas ties statybvieta veikla (pvz., sumažinti procesų išlaidas ar trukmę statybos vietoje) arba ties pačia tiekimo grandine (sumažinti logistikos išlaidas, pasiruošimo laiką, inventorių). Tačiau tokio požiūrio į statybų tiekimo grandinės valdymą nebepakanka. Diegiant inovacijas statybų sektoriuje ir siekiant vadovautis darnumo principais atsiranda būtinybė aiškiai pateikti proceso informaciją bet kuriai kitai tiekimo grandinės daliai (pvz., tiekėjams, gamintojams, mažmeniniams ar didmeniniams vartotojams), komunikuoti tarpusavyje ir dalintis informacija. Dėl šios priežasties tiekimo grandinės tobulinimui reikalingas perėjimas prie integruotų valdymo metodų (Irizarry et al. 2013).

Statybos pramonės analizė atskleidžia, jog dideli kiekiai statybinių atliekų yra prasto įsisenėjusio statybos žaliavų valdymo rezultatas (pvz., pristatymo paslaugos, prekių inventorių, komunikacija). Atsižvelgiant į tai, kaip būdas pasiekti geresnių statybos etapų valdymo, koordinavimo ir laiko planavimo rezultatų, siūlomas informacinių technologijų (toliau – IT) taikymas. Siekiant pagerinti statybos tiekimo grandinės valdymo integravimą galima panaudoti įvairius IT pritaikymo būdus, kurie palengvintų laiko ir išlaidų vaizdavimą, leistų atlikti transporto analizę, kurio išlaidos sudaro 10 – 20 % statybų išlaidų. Pasinaudojant optimizavimo modeliais galima sumažinti transporto priemonių skaičių, laiką ar atstumą, reikalingą produktui pristatyti, taip pagerinant logistikos našumą bei sumažinant medžiagų užsakymų išlaidas (Irizarry et al. 2013).

Kadangi duomenys, naudojami statybos tiekimo grandinės valdyme, padedami rinkti nuo pat pradinio projektavimo etapo, modelio stebėjimo procesas prasideda vos sukūrus organizuotus duomenų įrašus. Tai naudinga, siekiant užtikrinti duomenų vientisumą bei nuoseklumą ir kituose statybų tiekimo grandinės valdymo etapuose (Irizarry et al. 2013).

Naudojant Informacines ir ryšių technologijas statybos darbų valdymo procesuose galima pasiekti geresnių rezultatų išteklių valdyme, sumažinti projekto savikainą, laiko sąnaudas, klaidų skaičių. Visa tai įmonei atneštų didesnę pelną ir padidintų jos konkurencingumą rinkoje (Vasiliauskas, Šarka 2013). Vienas pagrindinių su IRT taikymu statybos sektoriuje susijusių metodų yra skaitmeninės statybos principų ir statinio informacinio modeliavimo (angl. *Building Information Modeling, BIM*) taikymas. Remiantis Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija (2015), skaitmeninės statybos principų taikymas siekia statybos procesų dalyvių bendravimo viena standartizuota kalba toje pačioje aplinkoje, vadovaujantis vienodomis pagal statybos proceso etapus (projektavimas, statyba, statinio eksploatacija ir priežiūra) standartizuotomis procedūromis, kurių įgyvendinimas pagrįstas BIM ir IRT naudojimu. BIM apjungia statinio projektines dalis ir būvio ciklo etapus – nuo projekto sukūrimo iki pastato nugriovimo.

BIM technologija suteikia tikslų virtualų projekto modelį, sukurtą skaitmeniniu būdu. Kompiuteriu valdomi modeliai pateikia tikslią ir aiškiai apibrėžtą geometriją bei su ja susijusius skaitmeninius duomenis, reikalingus siekiant palengvinti statybos darbus, tokius kaip statybos darbų eiliškumo nustatymas, gamyba, viešieji pirkimai ir pan., kurie yra būtini realizuojant galutinį produktą. Šiais duomenimis dalinasi visos BIM suinteresuotos šalys, įskaitant savininkus (užsakovus), architektus, inžinierius ir projektuotojus. BIM iš esmės yra kitoks būdas kurti, naudoti ir dalintis pastato būvio ciklo informacija (Hungu 2013). Siekdamas bendravimo tarp statybos projekto dalyvių, bendradarbiavimo sprendžiant problemas, kuriant efektyvų projektą ir priimant ekonomiškai efektyvius sprendimus, BIM atneša pokyčius į architektų, inžinierių, statybininkų nusistovėjusią darbo tvarką. Šių dienų itin konkurencingoje statybų rinkoje nebepakanka projektą vykdyti fragmentiškai, atskirai dirbant visiems projekto dalyviams. BIM suteikia galimybę bendradarbiavimu paremtą projektavimo ir statybos darbų vykdymą apimančią visą projekto būvio ciklą (Hungu 2013).

1.3. Statybų projekto įgyvendinimo etapai

Statybos projektų įgyvendinimas – tai daugelio šalių, skirtingų etapų ir procesų darbai, kurie reikalauja tiek viešojo, tiek privataus sektoriaus sąnaudų. Visų statybos projektuose dalyvaujančių šalių – užsakovų, rangovų, inžinierių ir konsultantų tikslas – tiek viešajame, tiek privačiajame sektoriuose, sėkmingai ir laiku atlikti aukštos kokybės darbą bei neviršyti planuoto biudžeto (Gudienė 2014). Pastatų statybos darbų poveikis aplinkai (orui, dirvožemiui, vandeniui) gali būti daromas kiekviename statybų proceso etape – gaminant statybines medžiagas, jas transportuojant, atliekant statybos darbus, pastato eksploatacijos metu (naudojama energija, vanduo), jo griovimo metu, tvarkant statybos atliekas.

Tae et al. (2011) atliko vidutinio dydžio 35 aukštų daugiabučio pastato, kurio būvio trukmė buvo 50 m., CO₂ emisijos tyrimą. Atlikto tyrimo duomenimis, CO₂ emisija pastato būvio ciklo metu buvo pasiskirsčiusi taip: 28,6 % projektavimo ir žaliavų gamybos etape, 3,2 % transporto ir statybų etape ir 67,9 % eksploataavimo ir priežiūros etape. Taigi, didžiausi CO₂ emisijų kiekiai buvo nustatyti pastato eksploatacijos ir priežiūros fazėje, kadangi ši fazė trunka ilgiausiai. Eksploatacijos fazėje energija yra naudojama vėdinimui ir šildymui, taip pat ventiliacijai, siekiant suteikti gyventojams komfortabilumo. Visi šie procesai išskiria į aplinką CO₂. Projektavimo, žaliavų gamybos bei transportavimo ir statybos etapai paaiškina daugiau nei trečdaliu, t.y., 32 % per visą pastato

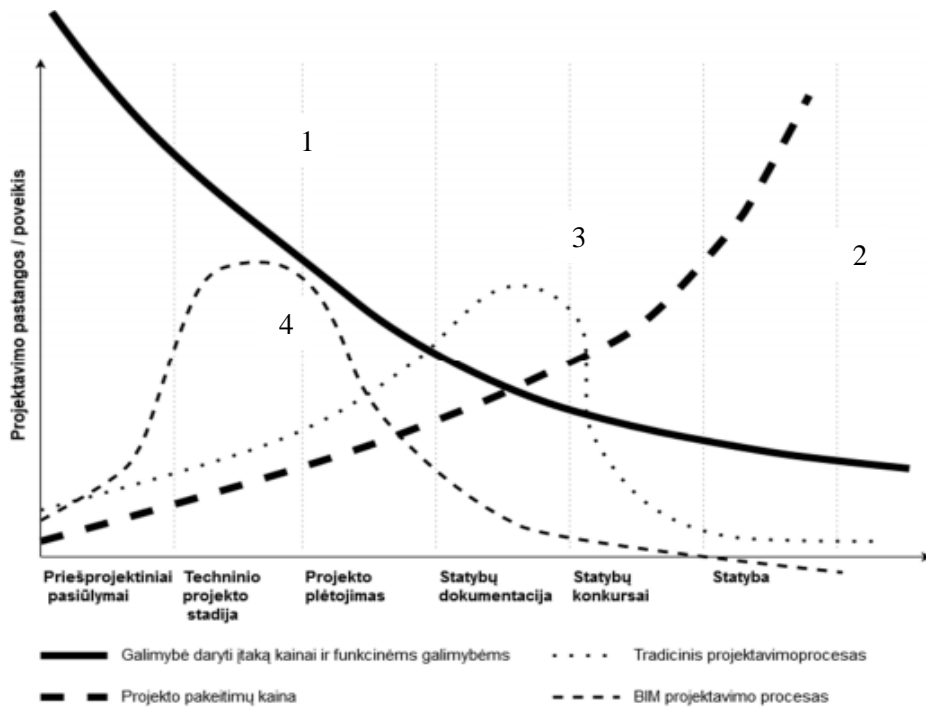
būvio ciklą išskirtų CO₂ emisijų, į kuriuos taip pat turėtų būti atsižvelgiama, siekiant mažinti CO₂ emisijas (Oh et al. 2016). Projektavimo etape statybinių medžiagų kiekiai nustatomi pagal pastato struktūrinių dalių dydžius. CO₂ išsiskiria šių struktūrinių dalių gamybos metu. Pavyzdžiui, CO₂ emisijos gaminant cementą, kurio pastato statybai yra sunaudojama daugiausiai, sudaro maždaug 37 % mln. metrinių tonų per metus (Oh et al. 2016).

Remiantis Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija (2015), statybos procesuose ir eksploatuojant statinius sunaudojama puse (t.y., apie 50 %) Lietuvai reikalingos energijos. Dar tiek pat (apie 50 %) visų šalies materialinių investicijų išleidžiama bendrai pastatams ir inžineriniams statiniams.

Karališkasis Britanijos architektų institutas (angl. *The Royal Institute of British Architects, RIBA*) statybos procesą siūlo skirstyti į aštuonis etapus:

- **0 etapas – projekto apibrėžimas.** Nusprendžiama, koks bus planuojamas projektas, ar verta ir yra galimybių jį vystyti. Paruošiama pirminė projekto programa.
- **1 etapas – pasiruošimas projektui.** Atliekama galimybių studija, sklypo analizė, nustatomi esminiai projekto tikslai ir reikalavimai. Nustačius projektui reikalingas kompetencijas surenkama komanda, kuri vykdys planuojamą projektą.
- **2 etapas – koncepcinis projektas.** Koncepcinį projektą vykdo architektai, konstruktoriai, inžinieriai, priežiūros specialistai. Suinteresuotos šalys sprendimus vertina pagal savo požiūrį, analizuojami įvairūs sprendimų variantai, vykdoma skaičiavimai. Kadangi šiame etape dirba integruota komanda koncepcijos projekto apimtį ir kokybę vertinti yra sudėtinga.
- **3 etapas – projekto vystymas (techninis darbo projektas).** Vykdomi jau priimti pagrįsti sprendimai. Po šio etapo pasirenkami rangovai.
- **4 etapas – techninis (gamybos) projektas.** Vyksta rangovų ir projektuotojų komandos sprendimų derinimas. Šiame etape ruošiami gana detalūs gamybos, pirkimų ir statybos darbų planas.
- **5 etapas – statybų procesas.** Vykdomas numatytas statybų planas, atliekama projekto vykdymo kontrolė, atsiradus poreikiui – daromi projekto pakeitimai, renkama informacija, skirta pastato eksploatacijai.
- **6 etapas – perdavimas eksploatuoti.** Užsakovui perduodama pastato eksploatacijai skirta informacija, paruošiami statinio stebėjimo ir priežiūros planai. Pasirašomos pastato administravimo sutartys.
- **7 etapas – eksploatacija.** Eksploatuojant statinį vykdoma garantinė techninė priežiūra, atliekami papildomi vertinimai, atnaujinama detalioji informacija (Sinclair 2013).

2 paveikslas iliustruoja ryšį tarp pastangų, skiriamų projektavimui, projektavimo etapų, nurodant galimybę daryti įtaką kainai ir funkcinėms galimybėms (1 linija) bei kokia yra projekto pakeitimų kaina (2 linija) tradiciškai paskirstant pastangas projektavimui (3 linija) ir taikant BIM metodiką (4 linija). Tradiciškai atliekant projektavimą didžiausias projekto komandos dėmesys yra skiriamas ir pastangos telkiamos ties statybos projekto dokumentacijos rengimu, valdymu, o taikant BIM metodologiją daugiau pastangų reikalaujama pradinių etapų metu – reikalingas ankstyvas bendradarbiavimas, komunikacija ir atviras informacijos keitimasis tarp visų projekto dalyvių (Reizgevičius 2016).



2 paveikslas. Laiko – pastangų pasiskirstymas tarp tradicinio 2D ir BIM projektavimo (Reizgevičius 2016).

2 paveikslas iliustruoja BIM teikiamą naudą statybos projektams ir pabrėžia ankstyvų projektavimo sprendimų priėmimų poveikį bendram funkcionalumui, sąnaudoms ir išlaidoms. Iš grafiko matyti, kad kuo ankstesniame projekto etape priimami projektavimo sprendimai, tuo labiau sumažinamos pakeitimų išlaidos ir padidinama galimybė gauti teigiamų rezultatų. Pokyčių darymas vėlesniuose statybų etapuose reikalauja didesnių pastangų bei išlaidų.

1.4. Pastato projektavimo etapai

Pasak Europos Komisijos (2014), projektavimas yra veikla, kurios metu pirmiausiai apibrėžiama didžioji dalis informacijos apie projektą. Sprendimai, padaryti pradiniame pastato statybų būvio ciklo etape gali nulemti ir jo poveikį aplinkai. Projektavimo sprendimai ir statybinių medžiagų pasirinkimas daugiausia lemia išteklių panaudojimą. Projektuotojams reikia priimti daug sprendimų, tačiau kartais sunku nuspręsti, kurie sprendimai yra naudingiausi poveikio aplinkai atžvilgiu (Basbagill et al. 2013). Kaip teigia Europos Komisija (2014), kad ištekliai būtų naudojami efektyviau ne tik projektuotojai, bet ir inžinieriai, architektai turi gauti patikimos reikalingos informacijos, kuri padėtų jiems priimti teisingus sprendimus.

Namo projektas priklauso nuo užsakovo individualių poreikių ir charakteristikų: kokios paskirties pastatas bus statomas, koks sklypo dydis, reljefas ir pan. Kiekvienas projektas yra unikalus. Pastato projektavimo procesas susideda iš kelių etapų:

- **Architektūrinė projekto dalis**

Konsultacijų su užsakovu metu nustatomi pastato reikalavimai – pastato išvaizda, proporcijos, suformuojamos gyvenamojo namo vidaus erdvės, nustatomi ir sumodeliuojami visi statinio funkciniai ryšiai. Pirmajame projekto etape užsakovas išdėsto savo pageidavimus bei įgyvendinimo galimybes sukuriama pastato koncepcija, paruošiami schematiniai brėžiniai. Paruošus būsimą pastato eskizą papildomi pakeitimai sukelia daug problemų: pavyzdžiui, padarius pakeitimą pirmojo pastato aukšto plane, automatiškai reikia keisti visų aukštų planus, pjūvius, fasadus, stogo planą, įvairias detales. Vėliau parenkamos konstrukcinių dalių medžiagos, statybos procesas.

- **Konstruktinė projekto dalis**

Konstruktinę projekto dalį atlieka inžinierius – konstruktorius. Pagrindiniai elementai, kuriuos būtina tikrinti skaičiavimais: pamatai, sienos, perdangos ir denginiai, stogas. Pastato pamatai priklauso nuo jo dydžio, aukštų skaičiaus, sienų konstrukcijos (t.y., nuo apkrovų, slegiančių iš viršaus). Siekiant atrasti patį ekonomiškiausią variantą, taip pat labai svarbu yra tinkamai įvertinti grunto, ant kurio bus statomas pastatas, geologinių tyrimų rezultatus. Be konstrukcinės dalies neišduodamas leidimas statyboms. Be jos taip pat nebūtų įmanoma suderinti techninio darbo projekto.

- **Inžinerinės projekto dalys**

Pirmuose projekto rengimo etapuose nustatomi pagrindiniai inžinerinių sistemų sprendimai – kur ir kaip bus įrengiami elektros tinklai, šildymo sistema. Vandentiekio ir nuotekų tinklus projektuoti pradinėse projekto rengimo stadijose nėra būtina. Projekto suderinimui ir leidimui statybai gauti, užtenka nuspręsti iš kur į pastatą bus paduodamas geriamasis vanduo ir kur bus išleidžiamos buitinės bei nukreipiamos lietaus nuotekos.

Schematiniai brėžiniai tobulinami, atliekama projekto sąmata – įvertinamos pagrindinės projekto išlaidos. Kuo anksčiau jas pradeda skaičiuoti, tuo lengviau priimti sprendimus ir yra didesnė galimybė sutaupyti finansiškai. Namų forma, apdaila, pamatų tipas, medžiagų kiekiai, langų angos – visi šie veiksniai turi įtakos galutinei projekto kainai. Pastatų statybose dalyvauja daug įvairių medžiagų. Projektavimas ir tinkamų medžiagų pasirinkimas yra pagrindiniai veiksniai, siekiant sumažinti pastato poveikį aplinkai (Khasreen et al. 2009)

Kada sprendimai statomam pastatui yra priimami dalimis, bendra visuma atrodo miglota. Užsakovai, nematydami pastato projekto kaip visumos, keičia sprendimus statybų eigoje, dėl ko pailgėja statybos darbų įgyvendinimas. Laike ištestų statybų sąnaudos didėja, kadangi atsiranda papildomos išlaidos už teritorijos saugojimą, papildomus projektų vadovo vizitus, atsirandančias prastovas samdytiems padėjėjams. Kuo statybos darbai yra geriau suplanuoti, tuo visi šie kaštai yra mažesni.

Informacinio pastato modeliavimo (BIM) metodikos taikymas paremtas statybos dalyvių bendradarbiavimu, vieningu projekto valdymu. BIM pasižymi tuo, kad jo pritaikymas būvio ciklo vertinime geriausiai gali būti panaudojamas ankstyvajame sprendimų priėmimo etape, taip suteikiant grįžtamąjį ryšį apie poveikį aplinkai priimant pastato informacinio modeliavimo sprendimus (Basbagill et al. 2013). Turėdama informacijos apie visus statybos produktus ir medžiagas, BIM metodologija realiuoju laiku pagal atliekamus pakeitimus projekte leidžia numatyti šių pokyčių poveikį kainai. Taigi, siekiant efektyviausio panaudojimo ir

didžiausios naudos tiek ekonomine, tiek aplinkosaugine prasme, informacinio pastato modeliavimo metodus reikėtų taikyti nuo pat pradinių projekto kūrimo etapų.

1.5. Darnios statybos samprata ir pagrindiniai principai

Pastatai, kuriuos projektuojant ir statant atsižvelgiama į tai, kad per visą jų būvio ciklą būtų padarytas kuo mažesnis poveikis aplinkai, teikia visokeriopą naudą. Nors tvaraus pastato statyba pradiniame statybų etape gali pareikalauti didesnių išlaidų, nei statant tradicinį pastatą, tyrimai rodo, kad papildomos statybų išlaidos turi tendenciją mažėti. Prancūzijoje buvo atliktas tyrimas, kurio duomenimis, papildomos tvarių gyvenamųjų pastatų, palyginti su tradiciniais, statybos išlaidos nuo 10 %, kurios buvo užfiksuotos 2003 m., šiuo metu tesiekia tik 1 %. Panašios tendencijos pastebėtos ir Jungtinėje Karalystėje (Europos Komisija 2014). Be to, tokių pastatų eksploatacinės ir priežiūros išlaidos yra mažesnės nei tradicinių, dėl ko viso pastato būvio ciklo atžvilgiu gaunama ekonominė nauda pastatų naudotojams. Prie viso to taip pat būtų galima pridėti, kad toks pastatas turi ilgalaikę ir didesnę turo vertę.

Sąvokos „žalias“, „darnus“ apima tokius aplinkos apsaugos aspektus kaip energija, anglies emisija, medžiagos, atliekos ir vanduo. Šie aspektai pramonės paprastai įvardijami kaip darantys didžiausią aplinkosauginį poveikį pastatuose per visą jų būvio ciklą (Harish, Kumar 2016). Darnus, „žalias“ pastatas – tai pastatas, kuriame naudojami atsinaujinantys gamtiniai ištekliai, pagal galimybes sumažinamas pastato neigiamas poveikis aplinkai, ekologiškų medžiagų, neturinčių kenksmingų savybių būsimiems pastato naudotojams, naudojimas pastato statybai bei įvairūs sprendimai, lemiantys mažesnes energijos sąnaudas ir atsinaujinančios energijos panaudojimą (Bauer et al. 2010).

Darnaus (ar „žaliojo“) pastato sąvoka yra atsakas sprendžiant aplinkosaugos ir sveikatos problemas, kurias sukelia pastatai, taip pat mažinant statybų sektoriaus poveikį gamtinei aplinkai ir žmonėms (Balaban, Puppim de Oliveira 2016). Darni statyba atsižvelgia į aplinkosauginius aspektus visame pastato būvio cikle, įskaitant žaliavų, reikalingų pastato statybai, įsigijimą, transportavimą, įrangos montavimą, pastato eksploatavimą bei pastato nugriovimo metu susidariusių atliekų šalinimą ar perdirbimą (Dwaikat, Ali 2016). Nors skirtinguose literatūros šaltiniuose apibrėžimai skiriasi, apibendrinus juos galima teigti, jog darnus pastatas remiasi darnumo principų taikymu projektuojant, statant ir valdant statybų procesus, siekiant sumažinti statybų sektoriaus daromą ekologinį pėdsaką (angl. *footprint*) (Tan et al. 2011; Balaban 2012; Balaban, Puppim de Oliveira 2016). Darnumu pastato statybos ir eksploatavimo metu siekiama sumažinti poveikį aplinkai ir išteklių naudojimą, taip pat padidinti naudą ir investicijų grąžą statybos sektoriuje.

Tvarūs pastatai yra integruoti į supančią natūralią aplinką bei visuomenę ir apima tris tvarumo aspektus:

- aplinkosauginį (efektyvus išteklių ir energijos vartojimas, ekologiškų medžiagų naudojimas statybai, pakartotinis medžiagų panaudojimas);
- socialinį (sveika ir saugi gyvenamoji bei darbo aplinka, nelaimingų atsitikimų prevencija, socialinės garantijos, užimtumas);
- ekonominį (racionalus medžiagų naudojimas, optimalus išlaidų ir kokybės santykis) (Tamkevičiūtė 2012).

Yra dvi pagrindinės strategijos, pagal kurias pastatai tampa tvaresniais ar „žalesniais“. Pirmoji yra naujo („žaliojo“) pastato statyba, kuri yra pagrindinė strategija siekiant miesto tvarumo keičiant sukurtą aplinką (Cidell, Cope 2014). Antroji strategija yra darni esamų pastatų renovacija, kuri yra alternatyva naujų pastatų, reikalaujančių didesnių investicijų statyboms. Sertifikuoti žalieji pastatai teikia didelę naudą aplinkai – mažesnę energijos sunaudojimą, padidėjusį energijos efektyvumą, mažesnę kiekį statybos ir griovimo atliekų, pagerėjusį vandens vartojimo efektyvumą. Tokių pastatų konstrukcijai ir apdailai naudojamos ekologiškos medžiagos, turinčios itin mažą arba visai neturinčios neigiamo poveikio gamtai (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016). Žiūrint per pastato eksploatacijos perspektyvą nauda taip pat gaunama – sutaupoma išlaidų, geresnis organizacinis įvaizdis (Shi et al. 2016). Pagal šiuos tikrus principus suprojektuotuose pastatuose užtikrinamas didelis natūralios šviesos kiekis, sukuriama komfortiška ir sveika aplinką, kas skatina kūrybingumą ir produktyvumą asmenų, gyvenančių ir dirbančių juose, kas tiesiogiai padidina pastato vertę bei teikiamą naudą jo gyventojams ar jame dirbantiems asmenims (Kibert 2008). Pastaruosius dešimtmečius dėmesys žaliųjų pastatų statyboms ir esamų pastatų renovacijai su žaliosiomis technologijomis gerokai išaugo. Pagrindiniai šio išaugusio dėmesio rezultatai yra žaliųjų pastatų tarybos ir sertifikavimo sistemos įvedimas, siekiant įvertinti aplinkosauginį pastatų veiksmingumą ir patvirtinti geriausios praktikos pavyzdžius (Balaban, Puppim de Oliveira 2016).

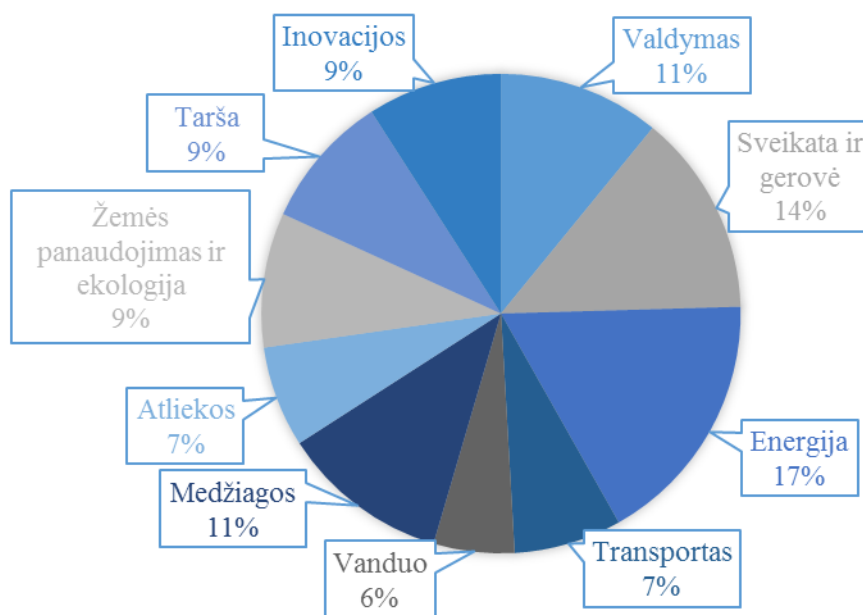
1.6. Pastatų sertifikavimas

Siekiant objektyviai įvertinti pastatus tvarumo aspektais, pasaulyje buvo sukurtos sertifikavimo sistemos. Šios sistemos suteikia galimybę jų naudotojams, investuotojams, valstybinių institucijų darbuotojams tarpusavyje palyginti nekilnojamo turto objektus pagal vieną metodiką. Klasifikavimo sistemos leidžia įvertinti pastatus pagal skirtingų kategorijų rodiklius visą jų būvio ciklą – nuo projekto sukūrimo ir statybos darbų iki pastato nugriovimo ir atliekų tvarkymo. Pastatų darnumo vertinimo sistemos susideda iš keleto kategorijų ir klasifikatorių, kurie paprastai nustatomi remiantis ekspertų nuomone pagal jų reikšmingumą tvarumui. Pastatų sertifikavimas skatina tobulėti, siekti inovacijų ir veiksmingo išteklių naudojimo statybų sektoriuje. Be to, dėmesys pastatų tvarumui ir efektyvumo didinimui padeda pritraukti investicijas tvarios aplinkos kūrimui. Pasaulyje plačiausiai naudojamos dvi pastatų sertifikavimo sistemos – BREEAM ir LEED.

1.6.1 BREEAM sertifikavimo sistema

Pastatų poveikio aplinkai vertinimo metodas (angl. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM*) – Jungtinėje karalystėje sukurtas tarptautinis tvarių pastatų vertinimo standartas bei sertifikavimo sistema. Šiuo sertifikatu ženklinami pastatai, darantys mažiausią poveikį aplinkai viso būvio ciklo metu. Ši sertifikavimo metodika gali būti naudojama tiek naujų, tiek jau egzistuojančių pastatų vertinimui (BREEAM 2016). BREEAM atkreipia dėmesį į aplinkos ir darnumo problemas, kad statybų planuotojai ir pastatų naudotojai galėtų pademonstruoti pastatų poveikio aplinkai charakteristikas klientams ir kitoms suinteresuotoms šalims (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016).

BREEAM vertinimo sistemoje naudojami nesudėtingi, moksliniais tyrimais paremti skaičiavimai. Šis vertinimo metodas naudoja vertinimo rodiklius, kurie lyginami su etalonu, siekiant įvertinti pastato projektą, konstrukcijas ir naudojimą (Žaliųjų pastatų standartai ir ženklavimas 2016). BREEAM vertinimo procesas vertina viešųjų pirkimų, projektavimo, statybos ir eksploatacijos procesus, remiantis tam tikrais kriterijais. Vertinamos šios kategorijos: energija, vidaus aplinka (sveikata ir gerovė), valdymas, inovacijos, tarša, ekologija, atliekos, medžiagos, vanduo, transportas (BREEAM 2016). Tačiau kiekviena kategorija, priklausomai nuo jos svarbos, vertinama skirtingai. Pavyzdžiui, energijos naudojimui yra skiriamas didesnis dėmesys, nei, tarkim, vandeniui, transportui ar atliekoms (3 paveikslas).



3 paveikslas. Atskirų kategorijų suskirstymas BREEAM pagal jų svarbą (The Digest of BREEAM Assessment Statistics 2014).

BREEAM pastato vertinimas ir sertifikavimas atliekamas trimis etapais:

1. Pasirengimas vertinimui: susipažįstama su vieta, jos apribojimais, sąlygomis ir galimybėmis. Konsultuojamasi su užsakovu ir projektavimo komanda, keliami tikslai ir ruošiamas tvari strategija užsibrėžtam BREEAM įvertinimui gauti.
2. Projekto vertinimas: vyksta konsultacijos su projektuotojų komanda, įrodymų rinkimas siekiamiems tvariems kriterijams įgyvendinti, ruošiamas ataskaita. Suteikiamas laikinasis BREEAM sertifikatas.
3. Vertinimas baigus statybą: pastatui suteikiamas įvertinimas, atsižvelgiant į technologijų ir tvarių sprendimų, numatyti projektavimo etape, įgyvendinimą. Suteikiamas galutinis BREEAM sertifikatas (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016).

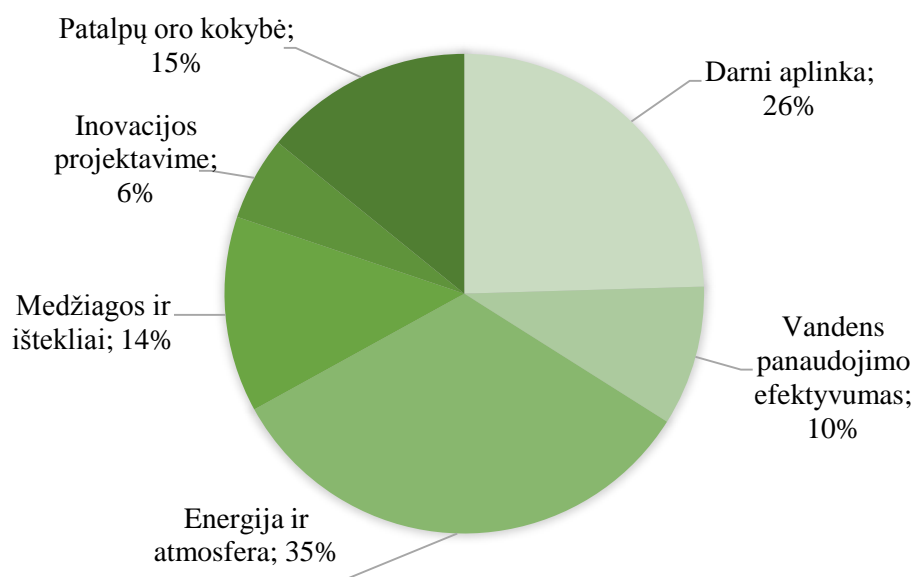
Kiekviena BREEAM kategorija turi kriterijus, kuriuos įgyvendinus suteikiami kreditai. Šių kreditų skaičius nulemia pastatui suteikiamą BREEAM įvertinimo lygį. Pastatas gali būti įvertintas kaip: „įvertintas“ „geras“, „labai geras“, „puikus“ ir „išskirtinis“ (BREEAM 2016f).

Kitų šalių praktika rodo, kad ankstyvas apsisprendimas statybose taikyti darnumo principus ir naudoti BREEAM sistema dar projektinių pasiūlymų rengimo stadijoje palengvina aukštesnių rezultatų pasiekimą, o išlaidos, reikalingos tikslams įgyvendinti, yra mažesnės, lyginant su vėlesnėmis stadijomis, kai reikalingos projekto korektūros. Dar projektavimo stadijoje pradėjus naudoti BREEAM sistemą, ji įpareigoja į projektavimo procesą įtraukti visą komandą (architektus, inžinierius, konsultantus ir kitus statybos proceso dalyvius) (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016). Tai pasiekti leidžia BIM metodologijos taikymas, o sklandus komandinis darbas leidžia pasiekti geriausių rezultatų ir priimti efektyviausius sprendimus, įgyvendinant darnaus pastato viziją.

1.6.2 LEED sertifikavimo metodika

Energijos ir aplinkos dizaino lyderystė (angl. *Leadership in Energy and Environment Design, LEED*) – tai metodika, vertinanti aplinkai palankius veiksmus bet kuriame pastato būvio ciklo etape – projektavimo, statybos ir eksploatacijos metu. LEED metodu siekiama įvertinti pastato darnumą žmogaus sveikatai ir aplinkai svarbiais požiūriais (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016).

LEED vertinimo sistema pastatų savininkams ir naudotojams pateikia bendrąsias nuostatas, kaip praktiškai išmatuoti ir įvertinti „žaliuosius“ pastatus per projektavimo, statybos, eksploatacijos ir priežiūros etapus, labiau tausoti aplinką ir efektyviau išnaudoti gamtinius išteklius. Projektai, siekiantys LEED sertifikato renka balus keliose srityse, kuriose sprendžiami tvarumo klausimai, Pagal surinktą balų skaičių, projektas gauna vieną iš keturių LEED reitingavimo lygių: „sertifikuotas“, „sidabrinis“, „auksinis“, „platininis“ LEED vertinimo skalė yra 100-balė, suskirstyta į atskiras kategorijas, pagal kurias nustatomas jų galimas poveikis aplinkai. Pagrindiniai šios sistemos kriterijai, pagal kuriuos yra klasifikuojami pastatai: darni aplinka, vandens panaudojimo efektyvumas, energija ir atmosfera, medžiagos ir ištekliai, patalpų oro kokybė ir inovacijos projektavime (LEED Credits Categories 2013). LEED sertifikavimo kategorijų suskirstymas pagal svarbą, lyginant su BREEAM metodika, turi tam tikrų skirtumų.



4 paveikslas. Atskirų kategorijų suskirstymas LEED pagal jų svarbą (U.S. Green Building Council 2008).

LEED metodika skirta nustatyti, ar pastatas buvo suprojektuotas ir pastatytas taikant strategijas, kurios galėtų paskatinti energijos ir vandens taupymą, efektyvesnį išteklių valdymą, sumažintą CO₂ emisiją, pagerintą vidaus patalpų kokybę ir sumažintą priklausomybę nuo neatsinaujinančių išteklių, o tuo pačiu atnešti ir finansinės naudos.

Vienas pagrindinių LEED tikslų – pakeisti statybos pramonės požiūrį į pastatų statybą. Sertifikavimo sistemos remia nekilnojamojo turto plėtrą, kuri skatintų pažangių ir aukštos kokybės pastatų statybą, laikantis aukštų ne tik aplinkosauginių, bet ir socialinės atsakomybės nuostatų. Sertifikuoti LEED ar BREEAM pastatai laikosi aukščiausių aplinkosauginių reikalavimų, taip prisidėdami prie neigiamo statybos pramonės poveikio aplinkai mažinimo. Tokie pastatai ne tik užtikrina taupesnes energijos, vandens sąnaudas naudotojams, bet ir akcentuoja darniai plėtojamo verslo vertybes ir skatina socialiai atsakingos visuomenės vystymąsi.

1.6.3 Lietuvos žaliųjų pastatų tvarumo vertinimo sistema

Nors vieną standartizuotą sertifikavimo sistemą būtų patogiau ir paprasčiau naudoti, tačiau tokia sistema, tinkama ir naudojama visose šalyse, yra sunkiai įsivaizduojama, atsižvelgiant į geografinius, socialinius, kultūrinius ir ekonominius šalių skirtumus (Seinre et al. 2014, Ding 2008). Bendrosios sertifikavimo nuostatos gali būti naudojamos tik kaip orientyras vertinimo priemonių plėtrai. Priklausomybė nuo šalies geografinės padėties ir ekonominės situacijos daro didelę įtaką parametrų reikšmėms, todėl vietos kontekstas yra itin svarbus (Seinre et al. 2014).

Atsižvelgiant į tai, 2015 metų rudenį Lietuvoje buvo parengta ir pristatyta nacionalinė pastatų sertifikavimo sistema. Sprendimą sukurti tokią sertifikavimo sistemą motyvavo noras padaryti sertifikatą prieinamą visiems nekilnojamojo turto plėtra užsiimančiais asmenims, kadangi BREEAM ar LEED standartai finansiškai yra prieinami ne visiems. Kitų šalių (Australijos, Švedijos, Japonijos, Ispanijos) praktika rodo, kad sertifikuojant pastatus remtis tarptautiniais standartais nėra būtina. Nacionalinių pastatų tvarumo vertinimo sistemų privalumas yra tas, jog kuriant jas atsižvelgiama į konkrečios šalies savitumą, jos geografinę padėtį, klimato sąlygas, statybų praktiką, galiojančius reglamentus. Pastatas, atitinkantis pasaulyje paplitusių tvarumo vertinimo sistemų standartus, tiek BREEAM, tiek LEED, yra ilgaamžis, komfortiškas, nekenkiantis žmonių sveikatai, energetiškai efektyvus ir racionaliai naudojantis gamtinius išteklius (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016).

Lietuviška pastatų tvarumo vertinimo sistema mažai skiriasi nuo tarptautinių standartų. Pagrindiniai skirtumai – paprastesnės vertinimo procedūros, rėmimasis nacionaliniais teisės aktais ir higienos normomis (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016). Pastatai vertinami pagal tam tikras kriterijų grupes:

- energiją (pastato energinis efektyvumas, energijos vartojimo stebėseną, atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas);
- transportą (viešojo susisiekimo galimybes ir infrastruktūrą, viešųjų paslaugų objektų pasiekiamumas, alternatyvių transporto priemonių infrastruktūrą, pėsčiųjų ir dviratininkų judėjimo saugumas, automobilių eismo ir infrastruktūros ribojimas);
- vandentvarką (geriamojo vandens stebėseną, tvarus želdinių drėkinimo būdas, paviršinių nuotekų surinkimas ir panaudojimas, tvarios buitinių/gamybos nuotekų tvarkymo sistemos);

- medžiagas (vietinės kilmės medžiagos, pavojingų cheminių medžiagų prevencija);
- atliekų tvarkymą ir taršą (atliekų tvarkymas pastato statybos ir eksploatacijos metu, šaldymo agentų GWP, triukšmo taršos prevencija);
- sklypo naudojimą ir ekologiją (sklypo antrinis panaudojimas, vietovės ekologinės vertės apsauga, naudojimas ir didinimas);
- sveikatą ir gerovę (natūralus apšvietimas ir vėdinimas, patalpų oro kokybė, akustinis, vizualinis komfortas gyvenamojoje/darbo vietoje, pastato sistemų valdymas).
- projekto valdymą (visuomenės, tvarios plėtros specialisto dalyvavimas, skaitmeninis projektavimas) (Žalieji pastatai ir jų vertinimas 2015).

Projekto valdymo dalis apima tris kategorijas:

- visuomenės dalyvavimą;
- tvarios plėtros specialisto dalyvavimą;
- integruotą projektavimą.

Siekiant atitikti projekto valdymo kriterijaus integruoto projektavimo kategoriją, projektas turi būti rengiamas BIM aplinkoje taikant integruotą projektavimo praktiką. Tai – visų statinio projekto dalių specialistų projektavimo procesas, naudojant BIM technologijas. Šių technologijų pagalba užtikrinama, kad visi projektavimo darbai užsiimantys specialistai dirbtų aplinkoje, kurioje būtų matomi visų kitų projekto dalių sprendiniai ir objektų informacija, naudojant tarptautinio duomenų apsikeitimo standarto IFC (angl. *the Industry Foundation Classes*) standartus. Be to, vertintojui taip pat turi būti pateikiamas pastato 3D modelis (Simanavičius 2015).

Siekiant gauti bent mažiausią tvarumo įvertinimą būtina įgyvendinti privalomus kriterijus ir surinkti būtiną EKO taškų kiekį (nurodyta lentelėje apačioje).

1 lentelė. Pastatų vertinimo kriterijai.

Nr.	Kriterijai	Privalomi balai	
		Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai
1	Pastato energinis efektyvumas	3	3
2	Viešojo susisiekiimo galimybės ir infrastruktūra	1	1
3	Alternatyvių transporto priemonių infrastruktūra	1	1
4	Geriamojo vandens stebėseną	1	1
5	Pavojingų cheminių medžiagų prevencija	1	1
6	Atliekų tvarkymas statybos metu	1	1
7	Atliekų tvarkymas pastato eksploatacijos metu	1	1
8	Natūralus vėdinimas	1	-
9	Akustinis komfortas	-	1
		10	10

(Žalieji pastatai ir jų vertinimas 2015)

Pagal surinktą balų skaičių pastatas įvertinamas tam tikru lygiu: kaip „įvertintas“, „geras“, „labai geras“, „puikus“ ar „išskirtinis“.

Savanoriškos aplinkosauginės lyginamosios analizės priemonės, tokios kaip BREEAM ar LEED, naudojamos visame pasaulyje viešuosiuose ir privačiuosiuose statybų projektuose, siekiant pokyčių statybos sektoriuje tvarumo atžvilgiu. Jos taip pat naudojamos kaip būdas palengvinti aplinkosauginių pokyčių įgyvendinimą, kurį lengviau pasiekti veikloje pritaikant BIM (Alwan et al. 2016). Tikimasi, kad Lietuviška pastatų tvarumo vertinimo sistema taps gairėmis projektuojant ir statant darnius pastatus (Savickis, Ramoškevičiūtė 2016) bei skatins tokių pastatų statybų plėtrą Lietuvoje.

1.7 Skaitmeninis projektavimas

Pastato projekto vykdymo etapai apima planavimo, projektavimo, statybos ir eksploatavimo bei priežiūros etapus. Kiekvienas etapas aprėpia didelį kiekį informacijos, kuria reikia dalintis tarp įvairių projekto dalyvių. Informacija apima tiek grafinius (2D, 3D brėžiniai), tiek ne grafinius (darbų grafikai, medžiagų aprašai, kiekių žiniaraščiai) duomenis (Hungu 2013). Požiūris į pastatą ne atskirais etapais, o kaip į bendrą visumą, apimantis viso būvio ciklo planavimą, leidžia rasti ir priimti optimaliausią variantą ekologine ir aplinkosaugine reikšme (Bacius 2013). Pastato projektavimo, darbų planavimo ir vykdymo visam jo būvio ciklui rezultatas – darnių statybos principų įgyvendinimas, daromas minimalus poveikis aplinkai bei sukurta komfortiška gyvenamoji ar darbo aplinka.

Norint įgyvendinti darnios statybos principus reikalinga sistema, apjungianti architektūrą, architektūrinius sprendimus, statybos technologiją, medžiagų ir energijos panaudojimą, statinio fizikines savybes. Šiems tikslams įgyvendinti pastato planavimo ir projektavimo etapuose siūloma naudoti informacines ir ryšių technologijas, pritaikytas informacijos apie pastato savybes ir naudojimo valdymą kaupimui, statybos dalyvių bendravimui, darbų planavimui ir simuliacijoms (Bacius 2013). BIM praktiškai yra sukurtas integruoti visą turimą kiekvieno etapo informaciją į vieną saugyklą, kur ji galėtų būti lengvai saugojama, atkurama, redguojama ir kuria būtų galiam dalintis su kitais projekto dalyviais (Meadati, 2009; Bullinger et al., 2010; Hungu 2013).

Kaip rodo skaitmeninės statybos procese labiausiai pažengusių šalių, tokių kaip JAV, Danija, Norvegija, Jungtinės Karalystės, patirtis, BIM principų taikymas statybose gali padidinti pastatų projektavimo, statybos (Hungu 2013) darbų ir eksploatacijos efektyvumą, sumažinti medžiagų ir investicijų sąnaudas, sutrumpinti procesų trukmę. BIM leidžia iš anksto patikrinti konkrečių sprendimų poveikį pastato energetiniam efektyvumui ir išvengti klaidų projektavimo etape dar prieš pastato statybų pradžią bei jų taisymo statybų aikštelėje. Tai projektuotojams, architektams, inžinieriams ir rangovams leidžia daryti esminius pakeitimus, renkantis sprendimus iš daugelio variantų. Nors BIM buvo sukurtas prieš dešimtmetį, išpopuliarėjo dar visai neseniai, atskirdamas informacija turtingą 3D modeliavimą nuo tradicinių 2D brėžinių. BIM naudojimas statybos pramonėje yra priimtas dėl savo gebėjimo ištaisyti klaidas ankstyvajame projektavimo etape, taip pat dėl pagalbos tiksliai suplanuoti statybą, statybos darbų seką, nelaimingų atsitikimo aptikimo ir dėl sprendimų priėmimo palengvinimo sudėtinguose projektuose (Hungu 2013). Nepaisant BIM teikiamos naudos, skaitmeninės statybos

realizacija visame pasaulyje, apimant visą projekto būvio ciklą, pagrinde dėl žinių apie BIM potencialą trūkumo, dar nėra pilnai išnaudota (Hungu 2013).

Problemos formuluotė. Statybos pramonė susiduria su poreikiu didinti darbo našumą, išteklių naudojimo efektyvumą, kelti infrastruktūros vertę ir tvarumą, tuo pačiu mažinant eksploatacines išlaidas, laiko ir medžiagų sąnaudas bei aplinkos taršą. Šiems poreikiams įgyvendinti reikalingas suinteresuotų šalių komunikavimas ir veiksmingas bendradarbiavimas, kuriuos įgyvendinti gali padėti skaitmeninė statyba. Lietuva dar tik pradeda žengti pirmuosius žingsnius skaitmeninės statybos link. Norint įdiegti skaitmeninės statybos principus reikalingi dideli pokyčiai statinių projektavimo, statybos, eksploatavimo procesų reguliavime ir valdyme, viešųjų pirkimų bei mokslinių tyrimų srityse.

BIM suteikia galimybę įvertinti skirtingas projekto alternatyvas, tačiau nėra galimybės jų įvertinti būvio ciklo bei darnumo požiūriu. Todėl šiame darbe bus siekiama sukurti algoritmą integruojantį būvio ciklo vertinimo ir darnumo vertinimo metodikas su BIM platforma, siekiant priimti sistemiškai įvertintus optimalius sprendimus.

2. TYRIMO METODIKA

Projektavimo algoritmo sukūrimas;

Tyrimo duomenų rinkimas, apdorojimas ir analizė;

- Statybos sektoriaus dalyvių apklausa.
- Apklausos duomenų apdorojimas ir pateikimas grafine išraiška, rezultatų analizė.

Darbe siūloma integruota metodika, kuri susietų BIM, būvio ciklo analizę ir energijos analizės priemones su darnių pastatų sertifikavimo sistemomis. Siūlomas algoritmas yra paremtas modeliu, apimančiu statinio informacinį modeliavimą, pastato energetinės analizės modeliavimo priemones, būvio ciklo vertinimo programą, darnios statybos indikatorių sistemą ir projekto sąnaudų vertinimą.

„Building Cost Estimation“ – programinė įranga, skirta atlikti statybos darbų sąmatiniams skaičiavimams. Programą galima naudoti apskaičiuojant projektuojamo objekto statybos išlaidas, vertinant darbo, mechanizmų ir medžiagų sąnaudas.

Energijos sąnaudų analizę atlikti ir pastato energetinį efektyvumą analizuoti galima programos „Graphisoft ArchiCAD“ priedu „EcoDesigner“. Ši programa pateikia virtualų pastato modelį energetinei projekto analizei.

Būvio ciklo vertinimas yra priemonė, leidžianti nustatyti gaminio, žaliavos poveikį aplinkai. „SimaPro 8“ yra pasaulyje plačiausiai naudojama programinė įranga, skirta būvio ciklo vertinimui atlikti.

Tam, kad statybos darbai būtų vykdomi darniai, jie turi atitikti darnios statybos vertinimo kriterijus. Šie kriterijai buvo nustatyti remiantis moksline literatūra.

2 lentelė. Statybos darnumo vertinimo kriterijai.

Pagrindinė kategorija	Kriterijai	Antriniai kriterijai
Aplinkosauginiai kriterijai	Energijos sunaudojimas Integruotumas Atliekos Perdirbimo kriterijai Taršos kriterijai Išteklių naudojimas	Energijos sunaudojimas medžiagų gamybos ir statybų vykdymo etape. Energijos sunaudojimas per pastato būvio ciklą. Integruotumas į aplinką. Medžiagų praradimas. Išteklių praradimas. Energijos praradimas. Medžiagų perdirbimas. Atsinaujinančių išteklių taikymas. Taršos kiekis gamybos ir vykdymo etapuose. Taršos kiekis eksploatacijos ir techninės priežiūros etapuose. Taršos kiekis nugriovimo etape. Medžiagų naudojimas. Vandens naudojimas.
Ekonominiai kriterijai	Išlaidos Investiciniai kriterijai	Išteklių ir medžiagų išlaidos. Darbo išlaidos. Eksploatacijos išlaidos. Renovacijos ir griovimo išlaidos. Investicijų grąža.

	Laikas Darbų vykdymas	Pradinės investicijos. Išlaidų suma Statybų laikas. Ilgaamžiškumas. Vykdymo etapų tęstinumas. Lankstumas. Medžiagų ir įrangos prieinamumas.
Socialiniai kriterijai	Socialinės problemos Darbo rinka Saugumas ir sveikata Projektavimo ir architektūriniai klausimai	Socialinis įtraukimas. Socialinis trikdymas. Darbo prieinamumas. Įtaka darbo rinkai. Darbų sauga. Darbuotojų sveikata. Individualumas ir socialinis identitetas. Fizinė erdvė ir našumas. Estetika ir architektūriniai klausimai.

(Zebihi et al. 2012)

Atliktu tyrimu buvo siekiama nustatyti statybos sektoriaus dalyvių turimas žinias apie BIM, atskleisti praktinio skaitmeninės statybos taikymo stiprybes bei silpnybes ir išsiaiškinti galimas kliūtis tolesnei BIM plėtrai. Tyrime pateikiami klausimai apie BIM modelio įgyvendinimą, teikiamos naudos vertinimą ir ateities perspektyvas. Surinkti duomenys buvo apdorojami ir pateikiami grafine išraiška. Rezultatų analizė leido pateikti rekomendacijas, kokie veiksniai galėtų lemti sėkmingą sistemos įgyvendinimą ir kokios priemonės užtikrintų efektyvų BIM metodų taikymą. Apklausa buvo vykdoma anonimiškai, siekiant išvengti, bet kokių veiksmų įtakos respondentų atsakymams. Dalis klausimų buvo atviri, suteikiant galimybę respondentams pateikti savo nuomonę tais atvejais, jei nėra pateikto varianto, labiausiai atitinkančio jų nuomonę.

Prieš pradėdant vykdyti tyrimą buvo pasirinktas statybos sektoriaus dalyvių ratas duomenų patikimumui užtikrinti. Pagal Lietuvos statybos įmonių registrą (Lietuvos statyba 2016), Lietuvoje yra 738 statinių projektavimo paslaugas teikiančios įmonės. Iš šių įmonių buvo atrinktos įmonės, turinčios elektroninį paštą, kuriuo būtų galima su jomis susisiekti, ir tinklapi, kuris įrodytų, jog įmonė yra aktyvi ir vis dar vykdo savo veiklą. Tokių Lietuvoje rasta 353 (Lietuvos statyba 2016).

Kaip teigiama Lietuvos Respublikos smulkaus ir vidutinio verslo įstatyme, įmonės pagal dydį yra skirstomos į tam tikras kategorijas:

- Labai maža įmone laikoma įmonė, kurioje dirba mažiau kaip 10 darbuotojų ir kurios metinės pajamos neviršija 2 mln. eurų arba įmonės balanse nurodyto turto vertė neviršija 1,5 mln. eurų.
- Maža įmonė – tai įmonė, kurioje dirba mažiau kaip 50 darbuotojų ir kurios metinės pajamos neviršija 7 mln. eurų arba įmonės balanse nurodyto turto vertė neviršija 5 mln. eurų.
- Vidutinė įmonė – įmonė, kurioje dirba mažiau kaip 250 darbuotojų ir kurios metinės pajamos neviršija 40 mln. eurų arba įmonės balanse nurodyto turto vertė neviršija 27 mln. eurų.
- Stambi įmonė – įmonė, kurioje dirba virš 250 darbuotojų.

Buvo apklaustos visų dydžių projektavimo darbus atliekančios įmonės – labai mažos (16), mažos (29), vidutinės (20) ir stambios (7).

Kadangi ne visiems statybų sektoriaus subjektams savo veikloje yra aktualu ar naudinga taikyti skaitmeninės statybos metodus, vertinti imties tūrį nuo visų statybos sektoriaus subjektų būtų netikslinga. Apklausoje tikslinė grupė buvo pasirinkti statybos sektoriaus dalyviai, savo veikloje taikantys arba galintys taikyti BIM metodus. Apklausoje dalyvavo 72 statybos sektoriaus atstovai – įmonių vadovai (5), inžinieriai (19), architektai (26) ir projektuotojai (22). Anketa pateikiama darbo priede.

3. INFORMACINIS STATINIO MODELIAVIMAS (BIM), JO PLĖTRA LETUVOJE

Projektuojant statybos objektą visų pirma yra svarbu sukurti kokybišką, tikslių ir konkurencingą projektą. Statybos darbų dalyviai (architektai, konstruktoriai, inžinieriai) turi ne tik paruošti tokį projektą, bet ir atlikti skaičiavimus. Šiems darbams atlikti svarbu pasirinkti tinkamą programinę įrangą, kuri leistų lengvai atlikti reikiamus skaičiavimus, braižyti brėžinius ir nesukeltų papildomų problemų architektams kūrimo procese. Be to, programa turėtų kontroliuoti projektuotojo darbą, sumažinti galimų klaidų galimybę. Todėl padidėjus projektavimo apimtims bei projektavimo darbais užsiimančių asmenų ir užsakovų poreikiams vis plačiau naudojami įrankiai, siūlantys platesnes projektavimo bei statybos darbų valdymo galimybes (Perlytė, Šlepikaitė 2015).

3.1 Informacinio statinio modeliavimo (BIM) samprata

BIM – tai nėra programinė įranga ar paprastas 3D CAD įrankis. Tai procesas, kurio metu kuriamas informacinis statinio modelis, apjungiantis visas statinio projektines dalis ir jo būvio ciklus, nuo projekto sukūrimo iki pastato nugriovimo (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija 2015) ir tuo pačiu žmogaus veikla, susijusi su procesų pakeitimais projektavime, statybos darbuose ir pastatų ūkio valdyme. BIM yra tarsi duomenų bazė, palaikanti plataus masto informaciją apie atributus ir ryšius tarp įvairių statybos elementų (McArthur 2015).

Pagrindiniai aspektai, geriausiai apibūdinantys BIM:

- **Geometrinė informacija.** Ji apibrėžiama kaip trimatis parametrinis geometrijos modeliavimas, vaizduojantis fizinius pastato komponentus, įskaitant tokius veiksnius kaip vietos, erdvės požymiai ir matmenys. BIM yra pastato projektavimo procesas bendrai kuriamas naudojant vieną universalų kompiuterinį modelį, vietoj kelių atskirų brėžinių komplektų (Alwan et al. 2016).
- **Aprašomoji informacija.** Ji apima funkcines savybes ir semantinius objekto duomenis, įskaitant informaciją apie objekto pobūdį, funkcijas, medžiagas, kainą ir pan. Tai – objekto specifikacijos, eksploatacijos reikalavimai ir kita informacija, reikalinga pastato statybai ir priežiūrai.
- **Darbų koordinavimas.** Šis aspektas susijęs su planavimo procesu, įgyvendinant ir naudojant 3D CAD modelius su geometrine ir aprašomąja informacija; įskaitant, tačiau neapsiribojant, informacijos įgijimą, valdymą, keitimą ir atnaujinimą.

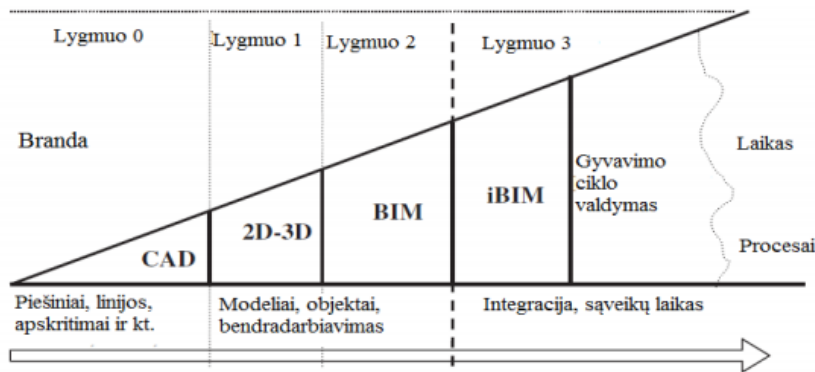
Projektinis BIM modelis – tai iš atskirų informacinių elementų sukurtas virtualus objekto modelis turintis visą būtiną ir tinkamą būdu organizuotą informaciją, kurią galima valdyti (Gedvilas et al. 2014). BIM išplečia įprastą 2D (dviejų dimensijų) modelio sąvoką. Skaitmeninis projektavimas turi daug privalumų, dėl kurių tradicinis projektavimo modelis pamažu praranda savo vertę (Reizgevičius et al. 2013). Naudojant projektinį modelį kaip pradinės informacijos šaltinį statybų darbams įgyvendinti sukuriamas statybinis pastato BIM modelis arba 4D (ketvirtos dimensijos) modelis. Jis apibrėžia fizinių elementų sąveiką su laiku. BIM kainos modelis arba 5D (penktosios dimensijos) modelis – tai statybos ekonominiai rodikliai pagal medžiagų ir konstrukcijų kiekius, gaunami iš 3D BIM modelio, kartu su pagal gamybos laiką paskirstytų resursų kaina (Gedvilas et al. 2014). BIM susieja įvairius pastato statybos procesų įgyvendinimui įtakos turinčius veiksnius: geografinę padėtį, laiką,

sąnaudas, apšvietimą, statybines medžiagas ir jų kiekius. Pastato informacinis modeliavimas koncentruojasi į skaitmeninės statybos projekto informacijos įvedimą, kaupimą, naudojimą ir perdavimą, siekiant tobulinti projektavimo, statybos ir eksploatacijos vykdymo procesus, projekto dizainą, konstrukcijas ir pastatų ūkio valdymą (Messner 2011).

BIM brandumo lygiai

BIM procesas remiasi virtualaus pastato modelio sukūrimu prieš pradėdant realaus pastato statybas. Projektuojant pastato informacinį modelį visa projekto informacija turi būti aiški ir lengvai prieinama visoms suinteresuotoms šalims, siekiant eliminuoti klaidas ir išvengti papildomų nenumatytų problemų (Perlytė, Šlepikaitė 2015).

Vienas iš svarbiausių informacinio pastato modeliavimo veiksnių yra komandinis darbas. Statybos projekto dalyvių judėjimas link visiško statybos dalyvių bendradarbiavimo paremto darbo turi būti laispsniškas. Jungtinėje Karalystėje sukurta BIM brandumo lygių samprata tapo priimtiniu apibrėžimu, siekiant įvardinti, kokių kriterijų turi būti laikomasi, siekiant atitikti BIM.



5 paveikslas. BIM brandumo lygiai (Vasiliauskas, Šarka 2013).

0 brandumo lygis. Bendradarbiavimas tarp šalių, produkcijos, procesų dokumentacija rengiama ir pateikiama popierine forma, atliekami 2D projektavimo darbai. Didžioji dalis pramonės yra pažengusi aukščiau už šį brandos lygį.

1 brandumo lygis. Bendradarbiavimas tarp šalių vykdomas popierine ir elektronine formomis. Projektai atliekami 2D ir 3D, taikant CAD sprendimus. Tai – lygis, kuriame šiuo metu veikia didžioji dalis organizacijų.

2 brandumo lygis. Šis brandumo lygis iš kitų išsiskiria bendradarbiavimu tarp šalių grindžiamu darbu – visos šalys naudoja savo 3D CAD modelius, bet nebūtinai dirba su vienu, bendru modeliu. Bendradarbiavimas atsiranda informacijos mainų tarp skirtingų šalių forma - tai yra esminis šio lygio aspektas. Projekto informacija dalijamasi per bendrą failų formatą, kuris leidžia bet kuriai organizacijai apjungti projekto duomenis su jų turimais duomenimis, siekiant sukurti bendrą BIM modelį ir vykdyti jame užklausas.

3 brandumo lygis reprezentuoja visišką bendradarbiavimą tarp visų disciplinų atstovų, naudojant vieną, bendrą projekto modelį, kuris patalpintas centralizuotoje saugykloje. Visos šalys gali pasiekti ir keisti tą patį

modelį, dėl to užkertamas kelias atsirasti prieštaringai informacijai (BIM Levels Explained 2014). Ši iniciatyva kitaip dar vadinamas „Open BIM“ – atviruoju statinių informacijos modeliavimu.

Statinio informacinis modeliavimas yra sąvoka, kuri pastaraisiais metais tapo sėkmingo projektavimo ir statybos projektų sinonimu. Nors visame pasaulyje statybų pramonėje BIM taikymas yra skirtingo lygmens, statybos pramonės ataskaitos ir moksliniai tyrimai rodo, kad padidėjęs susidomėjimas BIM yra svarbus kaip sritis investicijoms, tyrimams ir inovacijų taikymui. Be efektyvesnės dokumentacijos ir informacijos valdymo projekto būvio cikle, padidėjęs BIM taikymas yra sutarčių sudarymo ir projekto pristatymo, energiją taupančio projektavimo, taupios statybos, prototipų kūrimo ir gamybos naudojant kompiuterinę techniką rezultatas. Jau esamiems pastatams BIM taikymas orientuojasi vertinant jų efektyvumą, renka projekto informaciją apie infrastruktūros valdymą, operacijas ir priežiūrą (Ghosh 2015).

3.2 BIM teikiama nauda

Kadangi viena iš BIM sudedamųjų dalių yra koordinuoti 3D dizaino modeliai, papildyti duomenimis, sukurtais ir valdomais naudojant sąveikaujančių technologijų spektrą (Alwan et al. 2015), informacinis pastatų modeliavimas keičia pastatų projektavimą ir statybą bei palengvina įvairių sričių koordinavimą, apjungia 3D projektavimą, analizę, sąmatų ir statybos planų sudarymą. Naudojamas teisingai nuo projekto pradžios visą pastato būvio ciklą BIM modelis gali būti pritaikytas pastatų ūkio ir statybos darbų valdymui (McArthur 2015), o individuali duomenų įvesties galimybė visiems projekto komandoms nariams sukuria grįžtamąjį ryšį ir supaprastina projekto rengimą (Hungu 2013).

BIM nauda gali būti suskirstyta pagal skirtingus statybos projekto etapus. Konkreti nauda ir galimybės, kurias suteikia BIM, skirtingais projekto etapais pareikti lentelėje. Akivaizdu, kad daugiausia naudos BIM gali suteikti per projektavimo ir statybos etapus.

3 lentelė. BIM suteikiama nauda skirtingais projekto etapais.

Statybų projekto etapas	Gaunama nauda
Pasirengimo statyboms etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Vieninga informacija, apimanti pastatus ir inžinerinius tinklus, leidžia aiškiau planuoti naujų teritorijų apstatymą, inžinerijų tinklų vedimą ir priimti sprendimus (Gedvilas ir kt. 2014). • Realių situacijų simuliacijos leidžia pasirinkti optimalų variantą.
Projektavimo etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Kokybiškiau ir racionaliau vykdomas projektavimo procesas (Gedvilas ir kt. 2014). • Ankstesnės ir tikslesnės projekto vizualizacijos 3D modeliu (Qian 2012). • Mažesnis objekto pakeitimų poreikis ateityje (Gedvilas ir kt. 2014). • Visų projektavimo dalių projektinių sprendinių vizualizacija leidžia užsakovui geriau suvokti rezultatus (Gedvilas ir kt. 2014) • Klaidų, atsirandančių atskirų projekto dalių sankirtoje, eliminacija (Gedvilas ir kt. 2014). • Informacijos mainai tarp visų suinteresuotų šalių. Ankstesnis bendradarbiavimas ir sinchroninis kelių statybos darbų specialistų darbas (Qian 2012).

	<ul style="list-style-type: none"> • Ankstyvas pastato modelio susiejimas su energijos analizės įrankiais, siekiant pagerinti energijos naudojimo efektyvumą ir tvarumą (Qian 2012). • Informacijos perdavimo valdymas tarp realaus laiko operacijų. • Geometrinė ir medžiagų informacija. • Projekto informacija atnaujinama kiekviename darbų etape – taip išvengiama informacijos nuotolių ar darbų dubliavimo.
Statybų etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Ekonomiškesnis statybų procesas. Kadangi projektavimo procesas tikslesnis, išvengiama projektavimo klaidų ir jų taisymo statybų aikštelėje (Gedvilas ir kt. 2014). • Skaitmeniniame modelyje gaunami tikslūs medžiagų kiekiai, todėl išvengiama medžiagų perteklinių kiekių skaičiavimų, o tuo pačiu ir papildomų išlaidų (Gedvilas ir kt. 2014). • Informacijos mainai tarp statybos darbų dalyvių leidžia greičiau reaguoti į projektavimo ar statybos problemas (Qian 2012). • Lengvesnis pastato komponentų paruošimas gamybai. • Mažesni logistikos kaštai. Darbų planavimo grafiko dėka galima žinoti kokių medžiagų konkrečiam statybos etapui reikės (Gedvilas ir kt. 2014). • Atliekų mažinimas ir darnių statybos metodų įgyvendinimas. • Avarijų aptikimas leidžia atrasti projektavimo klaidas dar prieš vykdant statybas.
Eksploatacijos etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Statinio būvio ciklo stebėseną. Modelis tampa informacijos šaltiniu pastato sistemoms, geresniam operacijų ir įrangos valdymui (Qian 2012). • Informacinis pastato modelis vienoje vietoje kaupia duomenis, kuriuos galima taikyti remonto ar renovacijos darbams. Šie procesai bei statinio priežiūra tampa greitesni ir sutaupoma išlaidų (Gedvilas ir kt. 2014).

3.3 Pastato energetinis efektyvumo modeliavimas taikant BIM

Energinio efektyvumo reikalavimai pastatams auga. 2002 m. Europos Parlamentas ir Taryba priėmė direktyvą 2002/91/EB „Dėl pastatų energinio naudingumo“, kuria įpareigojo Europos valstybės narses (įskaitant ir Lietuvą) racionaliai naudoti energijos šaltinius, mažinti anglies dioksido išsiskyrimą į aplinką, skatinti efektyvesnį energijos naudojimą. Vadovaujantis šia direktyva buvo priimtas statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:2013, pagal kurį „naujai statomi pastatai, kuriems leidimas statyti naują statinį ar rašytinis įgalioto valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas, o kai statybą leidžiantys dokumentai neprivalomi, – statybos darbai pradėti, yra po 2016 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A“. Tokie pastatai privalo atitikti statybos techniniame STR 2.05.01:2013 nustatytas A naudingumo klasės pastato rodiklių vertes.

Energijos sunaudojimą pastatuose lemia daug veiksnių – pastato forma, sandarumas, išorinės atitvaros (sienos, stogas, pertvaros), langų dydis ir orientacija, šildymo, vėdinimo, karšto vandens paruošimo sistemos ir kt. Teisingas šių veiksnių parinkimas ir optimizavimas leidžia ne tik sumažinti eksploatacines išlaidas, bet ir daromą neigiamą poveikį aplinkai. Šiems tikslams įgyvendinti atliekamas pastato energetinis modeliavimas, kurio pagalba galima sumodeliuoti energetiškai efektyvų pastatą.

Pastato energetinis modeliavimas – tai sudėtingas procesas, reikalaujantis žinių apie pastatuose vykstančius energetinius procesus, architektūrinių ir mechaninių sprendimų įtaką energijos naudojimui. Energetinis modeliavimas leidžia stebėti būsimo pastato energijos sunaudojimą, energijos naudojimo rodiklius atlikus projekto pakeitimus, parinkti efektyviausią alternatyvą ir priimti optimalius energetiniu požiūriu sprendimus. Jau nuo pat pirmųjų projekto etapų yra naudingas visos projektavimo komandos darbas kartu ir bendrų sprendimų priėmimas, kadangi kiekvienas elementas gali daryti įtaką pastato energijos poreikiams. Todėl nuo pačios projekto pradžios architektas, konstruktorius ir inžinierius privalo dirbi kartu, siekdami atrasti bendrą, energijos naudojimo požiūriu efektyviausią sprendimą (Vaišvila 2013). Vienas efektyviausių būdų tai įgyvendinant atlikti pastato energetinę analizę yra BIM modelio kūrimas. Norint suprasti BIM modelio naudą energijos efektyvumo analizei ir modeliavimui, pirmiausia reikia išanalizuoti tradicinio energijos efektyvumo modeliavimo trūkumus.

Pasirengimas tradiciniam pastato energetinio efektyvumo modeliavimui ir analizei paprastai prasideda tik po architektūrinės ir šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemų (toliau – ŠVOK) dalių suprojektavimo, siekiant užtikrinti pakankamą informacijos kiekį pastato modelio sukūrimui. Tai reiškia, kad modeliavimas ir analizė paprastai neprasideda iki tol, kol būna padaryti pagrindiniai projekto sprendimai, potencialiai svarbūs ateities pastato energetiniam efektyvumui (Bazjanac 2008). Taigi, kadangi modeliavimas vykdomas po projektavimo etapo, modelis nėra integruotas į su projektu susijusių sprendimų priėmimą. Be to, vėlesniame pastato projektavimo etape pokyčių darymas tampa sudėtingesnis ir užimantis daugiau laiko. Visa tai rodo tikslaus energijos poreikių įvertinimo ir pastato sprendimų optimizavimo ankstyvuose projektavimo etapuose svarbą (Santos et al. 2014). Siekiant įvertinti eksploatacinių savybių priklausomybę nuo medžiagų pasirinkimo ir techninių sistemų pastato energetinio efektyvumo vertinimas turėtų būti integruotas į projektavimo etapą (Schlueter, Thesseling 2009). Tačiau, atsižvelgiant į duomenų trūkumą ankstyvuosiuose projektavimo etapuose, tradicinės metodologijos ir priemonės, gebančios įvertinti pastatų energetinį efektyvumą, tokiomis sąlygomis savo funkcijų negali (Santos et al. 2014).

Sukurti tradicinį pastato energetinį modelį reikalingas pastato informacinis modelis su pagrindinėmis pastato charakteristikomis ir speciali energijos skaičiavimui pritaikyta programinė įranga. Energijos modeliavimas apima pastato geometrinius rodiklius, jo planą su terminėmis pastato zonomis, pastato konstrukcijas, ŠVOK sistemą, vidinius elektros energijos šaltinius, specifinius pastato vietos rodiklius (pvz., oro sąlygos).



6 paveikslas. Modeliavimo sistemos sudedamosios dalys (Didžiulytė 2010).

Atliekant tradicinį pastato energetinio efektyvumo nustatymą analizuojami brėžiniai, specifikacijos, nuotraukos ir kiti projektiniai dokumentai, kurie nėra tiesiogiai susiję su energijos modeliavimo programomis, iš kurių sukuriama modeliai (Didžiulytė 2010). Pastato geometrinė informacija paprastai būna paimta iš 2D CAD brėžinių, kuriuose atsispindi architektų požiūris į pastatą. Specialistas, ruošiantis modelį ir analizę, paima informaciją ir apibrėžia šiluminį pastato vaizdą pagal save. Be to, įvedant duomenis iš kitų projektinių dokumentų dažnai pasitaiko klaidų, todėl skirtinga programinė įranga tą patį pastatą gali išanalizuoti skirtingai. Gautas vaizdas priklauso nuo specialisto statybų objekto suvokimo, jo žinių ir įgūdžių, patirties, pačio pastato sudėtingumo, turimų išteklių ir pan. Deja, rezultatas gali būti subjektyvus: netgi skirtingi žmonės, apibrėžiantys to pačio pastato šiluminį vaizdą, sukurs skirtingus to paties pastato vaizdus (Basbagill et al. 2013).

Apibrėžtos geometrijos detalumas ir tikslumas priklauso nuo modeliuojančiojo supratimo apie originalią pastato geometriją, gebėjimu naudotis CAD įrankiais, poreikio supaprastinti dėl resursų ar laiko limitų ir pan (Basbagill et al. 2013). Tačiau geometriniai pastato rodikliai, kurie apima elementus, neidentiškus originaliai pastato geometrijai, praktiškai sudaro originalios geometrijos supaprastinimą. Modelyje pateikiami supaprastinti geometriniai parametrai, nedetalizuojamos konstrukcijos, neapibrėžiamos zonos. Supaprastintų konstrukcijų modelių energijos kiekius programinė įranga apskaičiuoja lengviau, tačiau tokie modeliai neatitinka tikrųjų parametrų. Jeigu statinio būvio cikle atliekami geometrinių rodiklių pakeitimai, tenka perskaičiuoti ir energijos kiekius, o tai reikalauja papildomų laiko ir darbo sąnaudų (Didžiulytė 2010).

ŠVOK sistemų ir įrenginių duomenys taip pat privalo būti naudojami kaip įvesties informacija, tačiau jų vaizdavimas dažnai būna ne ką mažiau subjektyvus. Originalūs duomenys, apibūdinantys sistemų komponentus, srautus, ryšius ir priklausomybes, veiklą ir diegimą suprojektuotų ar planuojamų projektuoti ŠVOK sistemų ir įrenginių paprastai turi būti pakeisti į apibrėžto formato failus, kad sistema galėtų atlikti modeliavimą. Didelė dalis šių transformacijos duomenų yra subjektyvi ir priklauso nuo tų pačių veiksnių, kaip ir pastato geometrija ir šiluminis vaizdas (Basbagill et al. 2013). Jei tam tikra ŠVOK sistemų duomenys nebuvo apibrėžti schematiškai, tokiu atveju naudojamos ŠVOK įrenginių vertės iš taisyklių ar kitų informacijos šaltinių, atitinkančius projekto

reikalavimus (Vaišvila 2013). Taigi, tradicinis energijos efektyvumo modeliavimas ir analizė paprastai yra paremti subjektyviu modelio apibrėžimu. Jos kiekybiniai rezultatai nėra atkuriami ir gali būti patikimi tik tam tikromis aplinkybėmis. Visa tai gali turėti įtakos numatomiems energijos taupymo pastatuose rezultatams.

Dėl laiko, paprastai reikalingo atlikti modeliavimą ir analizę tradiciniu būdu, jo rezultatai visada atsilieka nuo projekto sprendimų priėmimo laiko, dažnai padarydami ieškomus atsakymus nereikšmingais, kai jie būna pateikiami. Tai prisideda prie daugelio priežasčių, kodėl pastatų energetinio efektyvumo modeliavimas ir analizė nėra dažnai naudojami ir kodėl, kai naudojami, jų rezultatai retai turi įtakos galutiniam pastato energijos naudojimo efektyvumui (Basbagill et al. 2013).

Įgyvendinant BIM projektus, sėkmę lemia visų dalių – architektūrinio, konstrukcinio ir inžinerinio modelio kūrimas vieningoje BIM aplinkoje, jų suderinamumas, informacijos kaupimas ir komandinis darbas. Energijos modeliavimas naudojantis BIM supaprastina prieš tai aprašyto proceso eigą ir daro jį efektyvesnį. BIM modelyje saugomi architektūriniai ir mechaniniai duomenys iš pirminių šaltinių su tiksliais rodikliais: tiksliais pastato geometriniais duomenimis, konstrukcijų specifikacijomis, pastato statyboms naudojamų medžiagų šiluminėmis savybėmis ir pan (Didžiulytė 2010). Kadangi statybinė projekto dalis modeliuojama su jai skirtais modeliavimo įrankiais (pvz., pastato grindys kuriamos naudojant specialius grindų modeliavimo įrankius, sienos – sienų modeliavimo įrankius ir pan.) (Vaišvila 2013), perkeliant pastato modelį į energinio modeliavimo programą, ji geba automatiškai sugrupuoti besikartojančius vienodų savybių elementus, kas žymiai sutrumpina skaičiavimo laiką. Automatiškai atliekant skaičiavimus taip pat išvengiama klaidų, todėl pastato energetinis efektyvumas nustatomas tiksliau. Naudojant pastato informacinį modeliavimą procesas tampa pastovus, visi skaičiavimai atliekami automatiškai net atlikus duomenų pakeitimus. Dėl tikslios duomenų apie elementus įvesties, modelio parametrai yra identiški originalaus pastato parametrams, todėl gaunama pastato energetinio efektyvumo analizė tikslumu pranoksta tradicinį modeliavimą su supaprastintu originalaus pastato modeliu.

3.4 BIM taikymas ir naudojimas Lietuvoje

Lietuvos statybos teisiniuose reglamentuose apibrėžti statybų projekto įgyvendinimo etapai ganėtinai skiriasi, lyginant su geriausia užsienio praktika. Dėl tokio neapibrėžtumo įvairių interpretacijų, dėl ko tarp užsakovo ir statybos darbų vykdytojo kyla konfliktai.

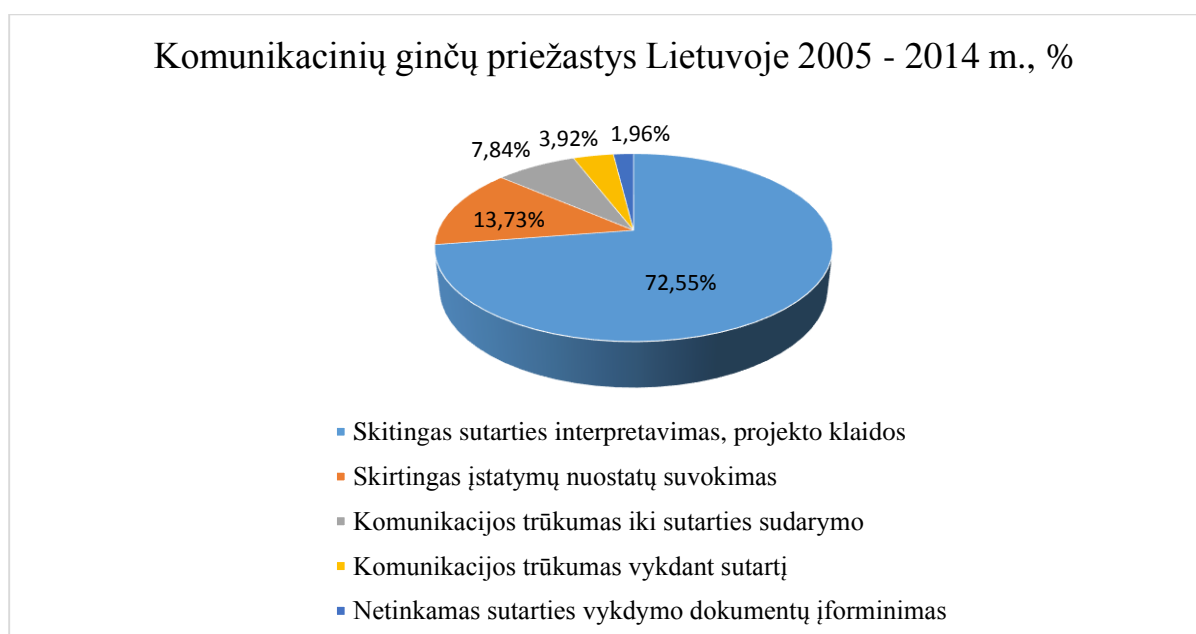
2005 – 2014 m. laikotarpiu pirmos instancijos teismuose buvo išnagrinėtos 449 su statybos ranga susijusios bylos. Per tą patį laikotarpį Aukščiausiasis teismas išnagrinėjo daugiau nei 100 tokio tipo bylų. 2015 m. buvo atliktas tyrimas, siekiant nustatyti dėl statybos rangos sutarčių kylančių teisminių ginčų priežastis (Mitkus 2016). Kilusių ginčų priežastis galima suskirstyti į dvi kategorijas: komunikacinės ginčų priežastys sudarė 49 % visų priežasčių, nekomunikacinės – 51 %. Didžiausią nekomunikacinių priežasčių dalį (59 %) sudarė užsakovo neapmokėjimas už rangovo atliktus darbus, šiek tiek daugiau nei trečdalis (32 %) ginčų kilo dėl rangovo veiksmų – pareigų nevykdymo ar nepagrįstų reikalavimo kėlimo. 9 % ginčų kilo dėl nepagrįstų užsakovų reikalavimų.



7 paveikslas. Nekomunikacinių ginčų priežastys Lietuvoje 2005 – 2014 m.

Išvengti šio pobūdžio konfliktų būtų galima abiem šalims tinkamai apsibrėžiant ir vykdant sutartyje išsikeltas sąlygas ir įsipareigojimus, tiksliai pildant atliktų darbų aktą, apsibrėžiant garantijas.

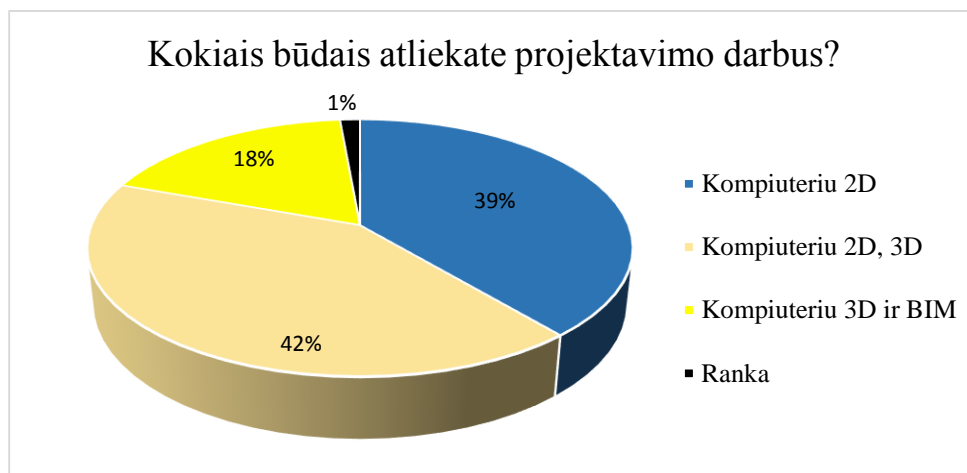
Komunikacinės ginčų priežastys atsiranda dėl skirtingos šalių interpretacijos apie vykdomą projektą. Jeigu abi šalys nesugeba aiškiai, vienareikšmiškai apibrėžti sutarties sudarymo sąlygų, teisių ir pareigų, koks turėtų būti galutinis projekto rezultatas, gali kilti konfliktai, kurie, jeigu nėra randamas abi šalis tenkinantis kompromisas, gali peraugti į teisminį ginčą.



8 paveikslas. Komunikacinių ginčų priežastys Lietuvoje 2005 – 2014 m.

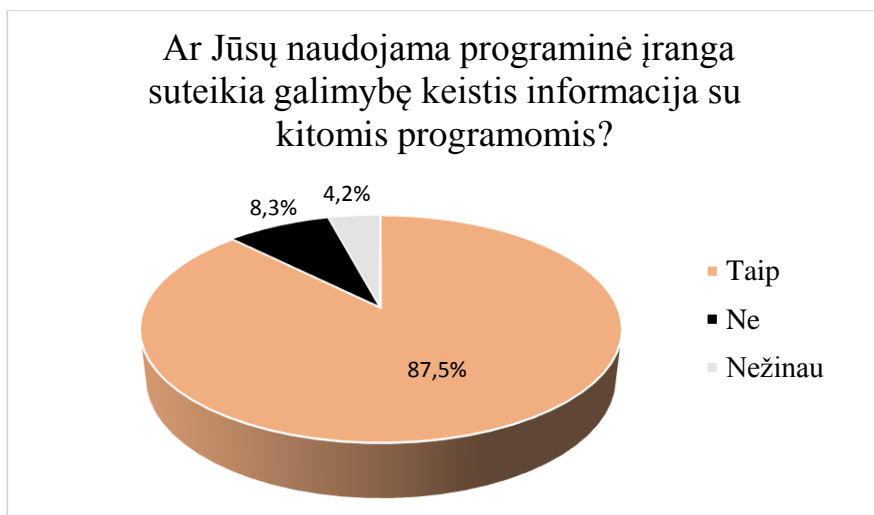
Komunikacinio pobūdžio konfliktų galima išvengti projekto sudarymo ir vykdymo etapais taikant informacinio pastato modeliavimo procesą. Tokiu būdu būtų kaupiama projektui reikalinga ir tiksli informacija su aiškiais kiekvieno projekto etapo tikslų ir darbų apibrėžimu, užkertanti kelią skirtingoms šalių interpretacijoms, be to palengvinama ir sklandžiau vykdoma komunikacija.

Siekiant nustatyti statybos sektoriaus atstovų turimas žinias apie BIM, jo taikymą, galimas kliūtis, stabdančias plėtrą bei veiksnius, kurie paskatintų taikyti BIM metodus, buvo atlikta statybos sektorių dalyvių apklausa.



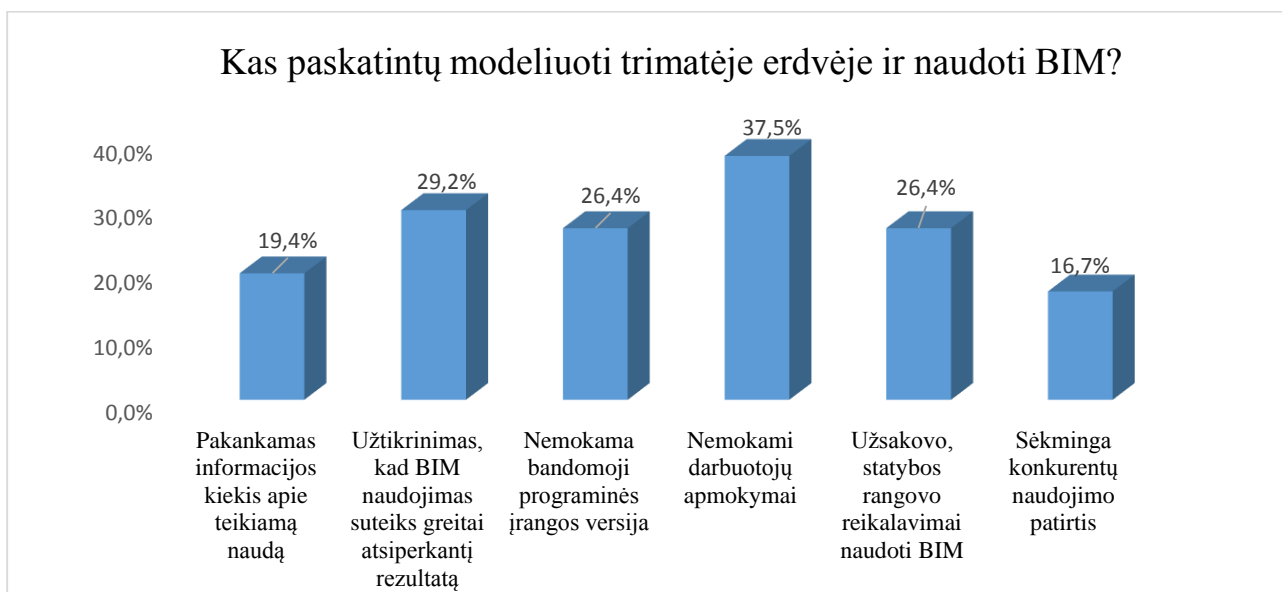
9 paveikslas. Kokiais būdais atliekami projektavimo darbai.

Į klausimą „Kokiu būdu atliekate projektavimo darbus?“ didžiosios dalies respondentų (42 %) atsakymas buvo kompiuteriu, dvimatėje, trimatėje erdvėje (2D, 3D). Dabartiniai projektavimo darbai sunkiai įsivaizduojami be kompiuterinio projektavimo programų. Projektuojame ne tik plokštumoje, bet ir erdvėje (3D). Trimačiai perspektyviniai vaizdai (3D) suteikia galimybę pamatyti erdvinį pastato vidaus ir išorės vaizdą, virtualios realybės panoramą. Lyginant apklausos rezultatus su apklausos, atliktos 2013 m. (Galdikas, Migilinskas 2013), rezultatais, galima užfiksuoti 3D projektavimo augimą. Lyginant su 2013 m., 3D projektavimas kartu su 2D išaugo beveik 2 kartus. Beveik tokia pati dalis (39 %) respondentų atsakė projektuojantys kompiuteriu dvimatėje erdvėje ir ruošiantys projekcinius brėžinius. Informaciniu pastato modeliavimu, apimančiu visą projektavimo procesą – nuo idėjos sukūrimo iki projektinės ar eksploataavimo dokumentacijos parengimo, ir 3D projektavimą taiko 18 % respondentų. Pagal šiuos rezultatus galima teigti, jog nors 3D galimybės yra naudojamos, BIM metodai dar nėra plačiai taikomi.



10 paveikslas. Programinės įrangos gebėjimas keistis informacija su kitomis programomis.

Galimybe keistis informacija su kitomis programomis turi 87,5 % programinės įrangos naudotojų, neturintys tokios galimybės – 8,3 %, 4,2 % apklaustųjų teigia neturintys žinių ar jų naudojama programinė įranga suteikia tarpdisciplininio bendravimo galimybę. Taigi, naudojamos pakankamai naujos arba atnaujintos programinės įrangos versijos, suteikiančios galimybę dalintis informacija ir palengvinančios komunikaciją tarp statybos darbų dalyvių.



11 paveikslas. Veiksniai, kurie paskatintų modeliuoti trimatėje erdvėje ir naudoti BIM.

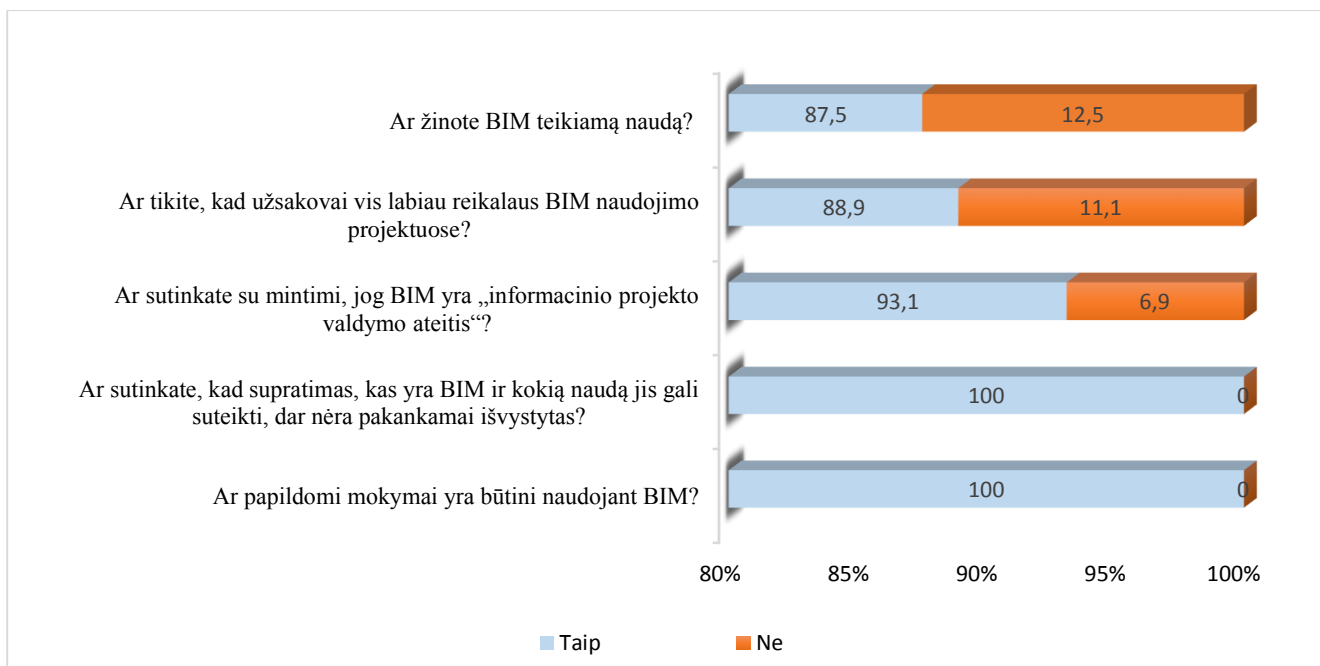
Statybos darbų dalyviams svarbus greitai gaunamas rezultatas. Idealiu atveju tai – greitas pelnas, nereikalaujantis didelių investicijų. Užtikrinimas, kad BIM naudojimas suteiks greitai atsiperkantį rezultatą modeliuoti trimatėje erdvėje ir taikyti BIM metodus paskatintų 29,2 % respondentų. Investicijų atsiperkamumas yra susijęs su darbuotojų gebėjimais pilnai išnaudoti BIM teikiamas galimybes. Jei darbuotojai sugebės išnaudoti visas BIM teikiamas galimybes, pelno gavimas, o tuo pačiu ir investicijų atsiperkamumas bus didesni. Supratimas,

kad BIM programiniai sprendimai – tai investicija į ateitį dar nėra plačiai priimtas. Dalis respondentų sutiktų savo veikloje taikyti BIM metodus, tačiau kaip kliūtį įvardija nemažai papildomų išlaidų reikalaujančią programinę įrangą, tad pageidautų nemokamos bandomosios jos versijos (26,4 %) bei apmokymų (37,5 %). Piniginės lėšos didžiausias iššūkis yra mažesnėms įmonėms, kurių pelnas, lyginant su didelėmis įmonėmis, yra mažesnis, tačiau norint taikyti BIM metodologiją, nepriklausomai nuo įmonės dydžio, programinė įranga yra būtina. Modeliuoti trimatėje erdvėje ir taikyti BIM metodus respondentus taip pat paskatintų užsakovo ar statybų rangovo reikalavimai naudoti BIM (26,4 %). Prie to taip pat galėtų prisidėti tinkamas teisinis įforminimas ir teisiniai nutarimai statybos darbus vykdyti naudojant BIM metodologiją, kurie Lietuvoje kol kas yra tik rekomendacinio pobūdžio. Skaitmeninės statybos perspektyvų matymas, informacija apie naudą projektui taip pat praplėstų BIM naudotojų ratą (teigė 19,4 % apklaustųjų).

Didžioji dauguma (87,5 %) apklausoje dalyvavusių statybos sektoriaus atstovų atsakė žinantys BIM teikiamą naudą. Tai rodo jų domėjimąsi savo disciplina, inovacijomis, kurios tiesiogiai siejasi su jų veikla, bei norą neatsilikti nuo naujovių.

93,1 % respondentų sutiko su mintimi, jog BIM yra „informacinio projekto valdymo ateitis“. 88,9 % tiki, kad užsakovai vis labiau reikalaus BIM naudojimo projektuose. Taigi, statybos sektoriaus dalyviai supranta statybos darbų vykdymo laukiančius pokyčius ir augantį susidomėjimą statinio informaciniu modeliavimu. Tačiau, respondentų nuomone, visuomenės supratimas, kas yra BIM ir kokią naudą jis gali suteikti, dar nėra pakankamai išvystytas. Su tuo sutinka visi (100 %) apklaustieji. Nacionalinėje 2015 m. Jungtinės Karalystės BIM ataskaitoje pateiktos apklausos duomenimis (NBS Nacional BIM Report 2015) du trečdaliai (67 %) apklaustųjų Jungtinės Karalystės statybos darbų dalyvių pritaria teiginiui, kad „pramonės supratimas kas yra BIM dar nėra pakankamai aiškus“. Taigi, aiškumo ir informacijos plėtros apie skaitmeninę statybą problema, nors ir mažesniu mastu, tačiau nėra iki galo išspręsta netgi ir Jungtinėje Karalystėje. Maža informacijos sklaida apie skaitmeninių technologijų teikiamą naudą Lietuvoje gali taip pat turėti įtakos ir valstybės dėmesio trūkumui skaitmeninės statybos plėtrai bei sunkaus pripažinimo dėl savo pridėtinės vertės indėlio į valstybės ir privataus sektoriaus biudžetą.

Vienareikšmiškai visi (100 %) apklausoje dalyvavę asmenys teigia, kad siekiant diegti informacinį pastatų modeliavimą į statybos sektorių darbuotojams reikalingi papildomi mokymai, kurie supažindintų ir padėtų išmokti dirbti su nauja programine įranga, supažindintų su BIM galimybėmis ir teikiama nauda.



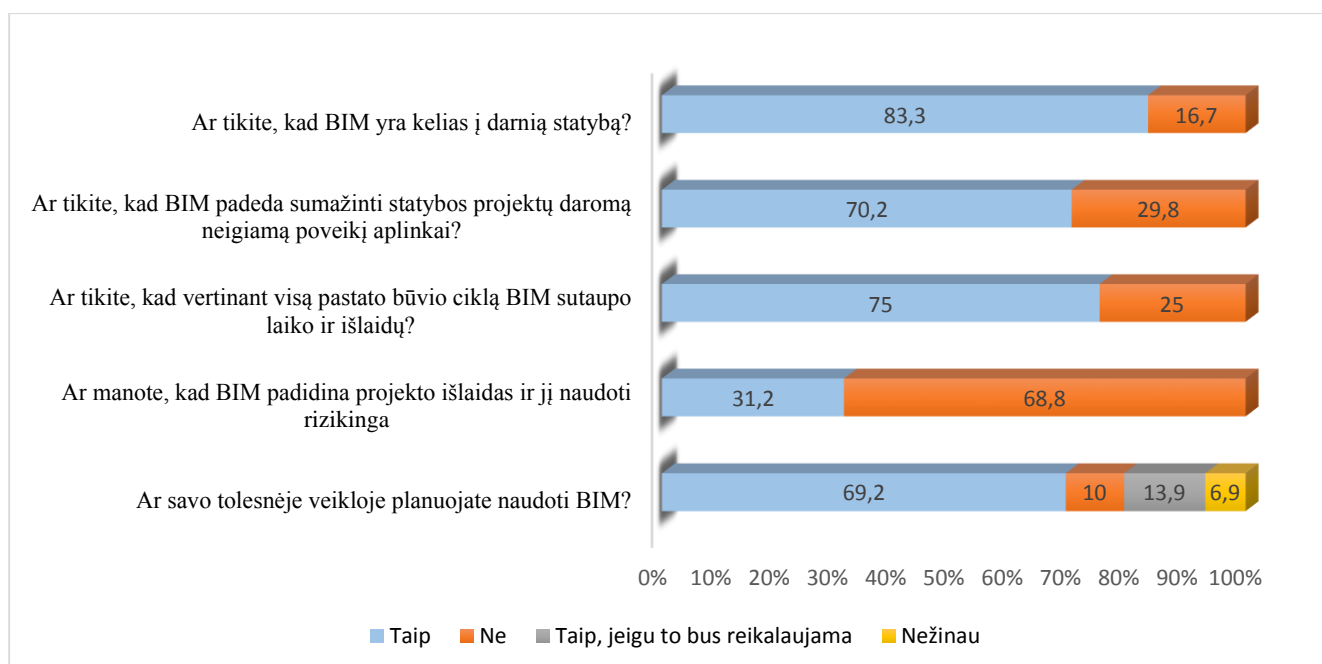
12 paveikslas. Respondentų atsakymai į anketos klausimus.

83,3 % apklaustų statybos sektoriaus dalyvių išreiškė tikėjimą, kad BIM yra kelias į darnią statybą, 70,2 % tiki, kad BIM procesų taikymas padeda sumažinti statybos projektų daromą neigiamą poveikį aplinkai. Skaitmeninis pastatų modeliavimas taikomas visame pastato būvio cikle. Sklandesnis statybos projektų vykdymas ir darbų optimizavimas, tikslūs medžiagų kiekiai, mažinantys išteklių sąnaudas ir neigiamą poveikį aplinkai padeda įgyvendinti darnios statybos principus.

Trys ketvirtadaliai (75 %) respondentų atsakė tikintys, kad vertinant visą pastato būvio ciklą skaitmeninis pastato modeliavimas sutaupo išlaidų ir laiko. Nors kuriant trimatį modelį daugiau laiko sugaištama projektavimo etape, tačiau dėl informacijos mainų tarp užsakovo, statybos darbų vykdytojų, projektavimo etape eliminuotų klaidų, sukauptos informacijos jo sutaupoma kitais statybos darbų etapais. Laiką taip pat taupo ir automatinės modelio korekcijos – atlikus pakeitimą virtualiame modelyje, korekcija automatiškai atsiranda visuose su projektu susijusiuose brėžiniuose bei žiniaraščiuose.

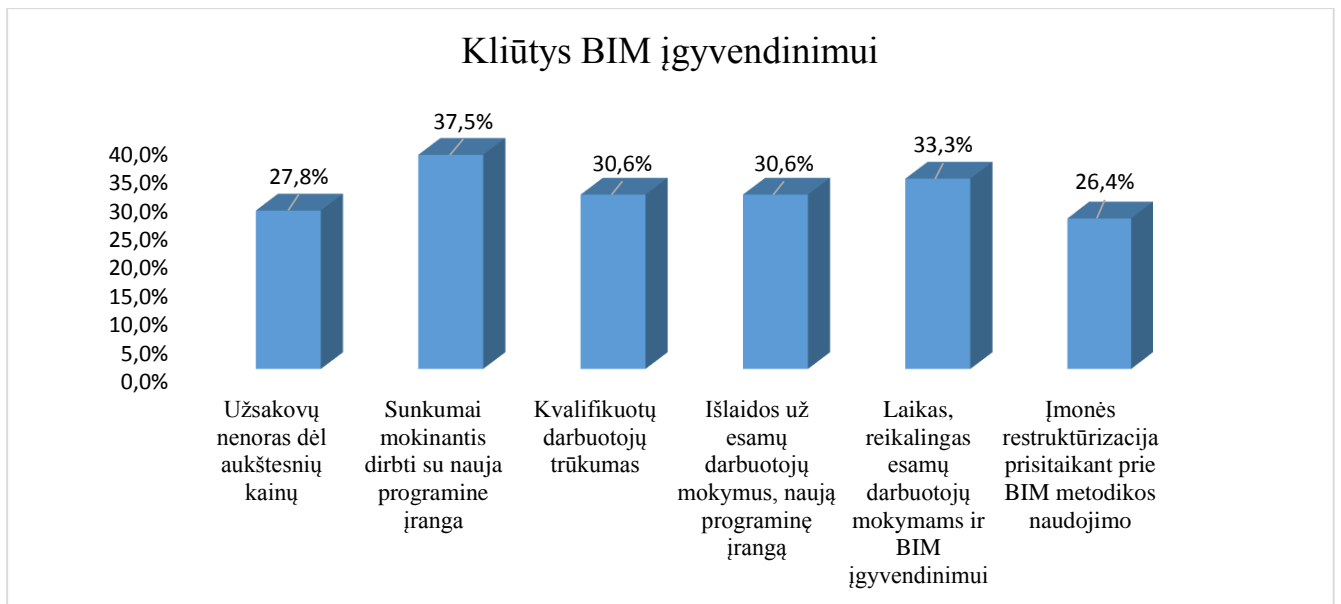
68,8 % respondentų nemano, kad BIM padidina projekto išlaidas ir jį naudoti yra rizikinga. Kaip jau buvo minėta anksčiau, skaičiuojant investicijų į BIM grąžą darbo produktyvumo sumažėjimas tikėtinas tik BIM įdiegimo įmonėje pradžioje, kol personalas įgauna reikiamų įgūdžių ir prisitaiko prie naujų darbo metodų. Su kiekvienais BIM taikymo metais investicijų grąža didėja, o BIM diegimo įmonėje išlaidos padengiamos.

Respondentų paklausus apie tolimesnius jų planus taikyti BIM 69,2 % apklaustųjų patikino planuojantys naudoti BIM, 13,9 % naudos, jeigu to bus iš jų reikalaujama, 10 % nenaudos, o 6,9 % - liko neapsisprendę. Visgi, didžioji dauguma apklaustųjų mato BIM teikiamą naudą ir ateityje planuoja naudoti BIM.



13 paveikslas. Respondentų atsakymai į anketos klausimus.

Respondentų buvo paprašyta įvardinti kliūtis, kurios, jų manymu, stabdo BIM įgyvendinimą. Pagrindine kliūtimi buvo įvardinti sunkumai mokintis dirbti su nauja programine įranga (37,5 %). Kita svarbia priežastimi, užkertančia kelią BIM plėtrai buvo įvardintas laikas, reikalingas darbuotojų mokymams ir BIM įgyvendinimui (33,3 %). Mokymų trūkumas buvo įvardintas kaip viena pagrindinių priežasčių ir Jungtinėje Karalystėje atliktoje apklausoje (NBS National BIM Report 2015). Kol kas Lietuvoje nėra susiformavęs mąstymas, kad BIM galėtų tapti investicija į ateitį. Statybų sektoriaus fragmentiškumas ir priklausomybė nuo viešųjų pirkimų mažiausio kainos principo vykdomos nekilnojamojo turto pirkimų praktikos stabdo potencialią BIM plėtrą. Kaip dar viena kliūtis, užkertanti kelią BIM įgyvendinimui, buvo įvardintas kvalifikuotų darbuotojų trūkumas. Ši problema jau yra sprendžiama organizuojant seminarus ir darbuotojų mokymus, o žvelgiant į tolesnę perspektyvą – ruošiamos studijų programos, paruošiančios daugiau skaitmeninio projektavimo srities specialistų. Kitos įvardintos kliūtys BIM įgyvendinimui – įmonės restruktūrizacija prisitaikant prie BIM metodikos naudojimo ir užsakovų nenoras dėl aukštesnių kainų.



14 paveikslas. Kliūtys BIM įgyvendinimui.

3.5 Projektavimo algoritmas

Energijos sunaudojimas pastatuose yra pakankamai didelis, todėl pastatų savininkai, architektai, inžinieriai turėtų labiau rūpintis tvarumu ir energetiniu siūlomų statybinių projektų efektyvumu. Energijos analizės įrankiai daugelį metų buvo naudojami projektuotojų, siekiant projektuoti energetiškai efektyvius pastatus. Tokio tipo energijos analizės yra dažniausiai vykdomos projektavimo etapo pabaigoje, kai jau yra atrinkti pastato projekto komponentai ir elementai. Tačiau analizuoti šių komponentų energijos sunaudojimą koncepcinio projektavimo etape projektuotojams yra naudinga tada, kai priimami sprendimai, susiję su tinkamiausia projekto alternatyva, siekiant suprojektuoti energetiškai efektyvų pastatą. BIM suteikia galimybę vartotojams įvertinti skirtingas projekto alternatyvas ir pasirinkti energijos strategijas ir sistemas koncepciniame projekto etape. Be to, naudojant BIM priemones projektuotojai gali pasirinkti tinkamą medžiagų tipą ankstyvajame projektavimo etape ir priimti energetinius sprendimus, kurie gali turėti didelės įtakos visam pastato būvio ciklui.

Pagrindinis tyrimo tikslas – pasiūlyti integruotą metodiką, kuri susietų BIM, būvio ciklo analizę ir energijos analizės priemones su darnių pastatų sertifikavimo sistemomis. Ši metodika turėtų būti taikoma ankstyvajame projekto kūrimo etape. Ji padėtų projektuotojams nustatyti energetiniu požiūriu optimalius sprendimus, naudojamų medžiagų ir sistemų poveikį aplinkai bei nustatyti pastato atitiktį sertifikavimo reikalavimams. Tokia integruota metodika padėtų pasirinkti optimalią alternatyvą.

Energijos efektyvumas yra svarbus požymis, rodantis statybinės medžiagas esant ekologiškomis. Naudojant energiją taupančias medžiagas tikslas yra sumažinti dirbtinai sukuriamos energijos kiekį, reikalingos statybvietyje. Statybinės medžiagos naudoja energiją visame būvio cikle, pradedant gamybos etapu, naudojimu ir baigiant pastato griovimu. Šie etapai apima žaliavų gamybą, transportavimą, gamybą, surinkimą, montavimą ir nugriovimą.

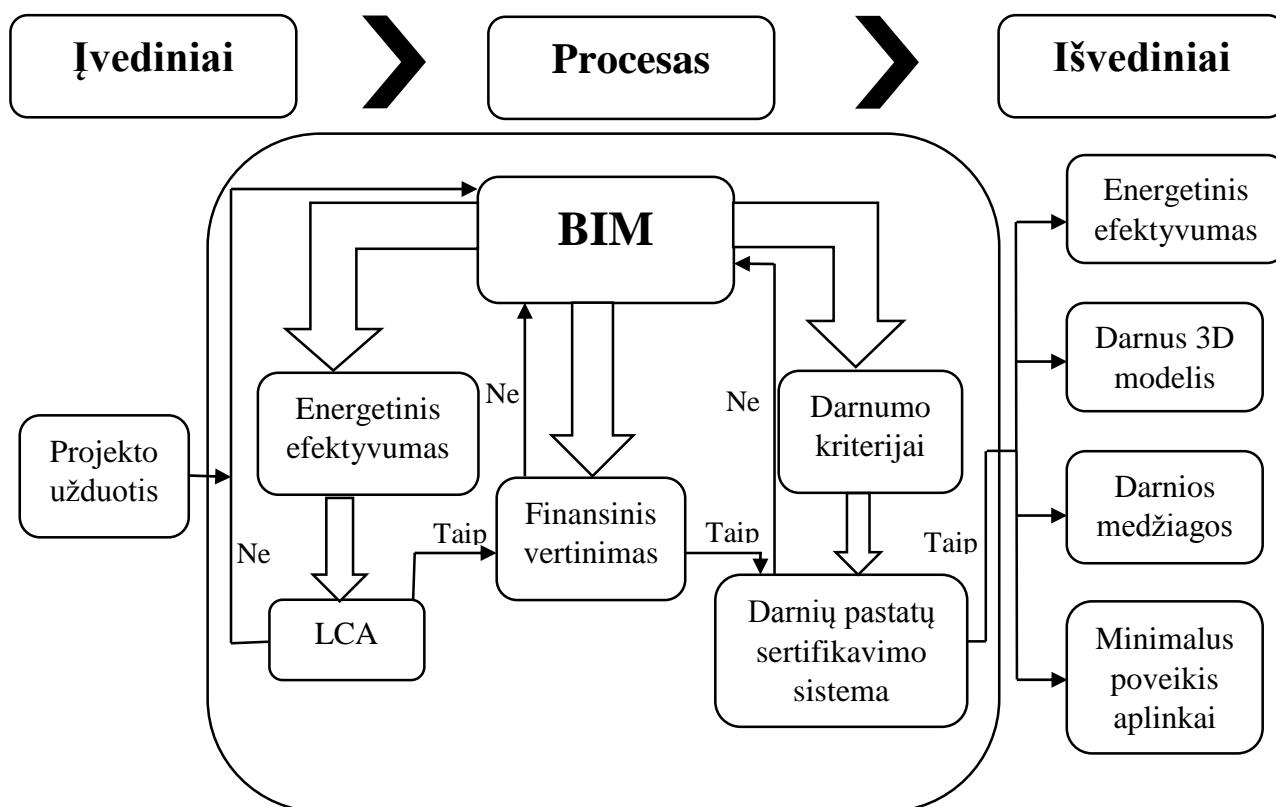
BIM priemonės suteikia naudotojams galimybę ištirti skirtingas energijos taupymo alternatyvas ankstyvajame projektavimo etape, tokiu būdu išvengiant laiką atimančio pastato geometrinių duomenų ir kitos informacijos, reikalingos atlikti energijos analizę, pakartotinio įvedimo.

Būvio ciklo vertinimo integravimas į BIM procesą galėtų padėti užsakovams ir projektuotojams priimti su energija susijusius sprendimus jau ankstyvajame projektavimo etape. Taip būtų pasirenkamos medžiagos ir komponentai, turintys įkūnytą energiją (angl. *embodied energy*). Palyginus gautus rezultatus su darnumo vertinimo kriterijais bus nustatomas optimalus variantas, t.y., bus įvertinti funkciniai, techniniai ir finansiniai kriterijais. Aiškų statybinių medžiagų funkcinio kriterijaus supratimas yra svarbus, siekiant užtikrinti projekto sėkmę.

Techniniai duomenys pateikia išsamią informaciją apie medžiagas ir komponentus, naudojamus pastate. Paprastai tokia informacija, pateikiama gamintojo, apima informaciją apie tipą, matmenis, montavimo procedūras ir kitą informaciją, kuri parodo galimybes ir šių medžiagų pritaikymą. Siekiant patenkinti ekonomiškai efektyvus projekto reikalavimus, taip pat turėtų būti atsižvelgiama ir į pasirinktų medžiagų finansinį kriterijų. Tačiau vis labiau poveikis aplinkai įgauna pirmenybę statybinių medžiagų pasirinkime. Techniškai, statybinės medžiagos turi atitikti stiprumo, eksploatacijos ir architektūrinius reikalavimus, nesukeliant neigiamo poveikio aplinkai.

Darbe siūloma metodika gali būti naudojama, siekiant įgyvendinti integruotą sistemą tvariam naujų namų projektavimui atlikti jų koncepciniame etape, analizuoti energetinį efektyvumą bei įvertinti tvarumą. Metodika yra paremta modeliu, apimančiu šiuos modulius:

- 1) Informacinė duomenų bazių, projektavimo ir darbų valdymo sistema (BIM platforma);
- 2) Energijos efektyvumo analizės modulis (integruotas į BIM);
- 3) Būvio ciklo vertinimo programinė įranga (SimaPro 8);
- 4) Pastatų darnumo indikatorių sistema;
- 5) Sąnaudų vertinimo sistema (integruota į BIM).



15 paveikslas. Projektavimo algoritmo schema.

Paveiksle schematiškai pavaizduotas projektavimo algoritmo veikimo principas. Tarkime, projektuotojas gauna iš užsakovo užduotį sumodeliuoti pastato darnumo kriterijus atitinkantį, energetiškai efektyvų, minimalų poveikį aplinkai darantį ir finansiškai prieinamą gyvenamosios paskirties daugiabučių pastatą.

Vykdam šį projektą pagal BIM metodiką ir taikant BIM principus jau ankstyvajame projektavimo etape, gaunamas 3D modelis, palaikantis plataus masto informaciją apie atributus ir ryšius tarp įvairių pastato elementų, kurią galima panaudoti tolimesnėms funkcijoms atlikti. Siekiant įgyvendinti vieną iš projekto užduočių – sumodeliuoti energetiškai efektyvų pastatą, atliekamas energetinis daugiabučio pastato modeliavimas. Kaip jau buvo minėta anksčiau, dėl BIM modelyje saugomų architektūrinių ir mechaninių duomenų apie planuojamą statyti pastatą, energetinė pastato analizė atliekama tiksliau, efektyviau ir su mažesnėmis laiko sąnaudomis, nei taikant tradicinį energijos efektyvumo nustatymą. Energetinis pastato modeliavimas padeda prognozuoti, o tinkamai suprojektavus ir sumažinti, eksploatacijos metu reikalingą energiją pastatuose. Būvio ciklo vertinimas (LCA) yra priemonė, leidžianti architektams ir kitiems statybos darbų dalyviams suprasti energijos naudojimą ir suteikia grįžtamąjį ryšį apie galimą poveikį aplinkai, susijusį su visais pastato būvio ciklo etapais – statyba, eksploatacija, nugriovimu. Atlikti pastato komponentų, medžiagų, sistemų, procesų potencialų energijos sunaudojimą visame pastato būvio cikle reikalingi dideli kiekiai duomenų, kurie talpinami BIM modelyje. Atliekamas BIM modelio energetinis efektyvumo vertinimas visame būvio cikle, kol randamas užsakovo nustatytus kriterijus tenkinantis variantas.

Kadangi užsakovui yra svarbus finansišnis kriterijus, atliekama projekto sąmata, kurios metu įvertinamos pagrindinės projekto išlaidos. Kuo anksčiau pradedami skaičiavimai, tuo lengviau priimti sprendimus ir yra

didesnė galimybė sutaupyti finansiškai. BIM suteikia galimybę apskaičiuoti projekto išlaidas, įvertinant medžiagų, elementų, mechanizmų ir darbo sąnaudas, o pagal poreikį pasirinktiems elementams gali pateikti pagal konkrečius kriterijus sugrupuotas ar išplėstines sąnaudų sąmatas, dėl ko projekto išlaidos nustatomos tiksliau. Greitai apskaičiuojamos statybos išlaidos leidžia padidinti projektuotojo konkurentinį pranašumą, be to sugaištama mažiau laiko, nes skaičiavimai ir jų ataskaitos atliekamos automatiškai. Taigi, pasitelkus BIM nustatoma projekto įgyvendinimo kaina – vykdomas finansinis vertinimas. Modeliuojami variantai, kol randamas toks, kuris tenkintų užsakovo finansines galimybes ir nustatytus kriterijus.

Kadangi užsakovas išreiškė poreikį, kad pastatas atitiktų darnumo kriterijus, sukurtas BIM modelis siejamas su duomenų baze, talpinančia visus reikalingus statybos darnumo kriterijus, kuriuos atitinkantis pastatas galėtų būti sertifikuojamas pagal konkrečią darnių pastatų sertifikavimo sistemą. Vykdomas modeliavimas, kol surandamas pastatų darnumo ir sertifikavimo sistemos kriterijus atitinkantis variantas.

Kiekvienas iš pateiktų schemos modulių yra susietas su viena ar daugiau duomenų bazių, talpinančių konkrečioms veiksmams įgyvendinti reikalingus duomenis ir informaciją. Atlikus projekto užduoties modeliavimą ir gavus visus užsakovo iškeltus reikalavimus tenkinančius rezultatus, gaunamas energetiškai efektyvus ir finansinius reikalavimus tenkinantis ir darnias medžiagas naudojantis 3D daugiabučio pastato modelis, darantis minimalų poveikį aplinkai.

Naudojant BIM integruotą platformą skatinami projektavimo sprendimai ankstyvajame etape, ypač kai yra atliekamas skirtingos projektavimo alternatyvų lyginimas, kuris yra laikomos šio tyrimo pagrindu. Sukurtas modelis leidžia užsakovams palyginti ir pasirinkti skirtingas medžiagas ir komponentus, saugomus išorinėse duomenų bazėse, kurie turėtų būti naudojami jų projektavime, paremtame energijos ir tvarumo reikalavimais bei išlaidomis.

Išvystytame modelyje projektavimo alternatyvos yra lyginamos pagal energetinio efektyvumo, finansinius ir darnumo kriterijus. Energijos analizės rezultatai galėtų tapti grįžtamuoju ryšiu projekto komandai apie sutaupyta ar prarastą energiją. Šių duomenų naudojimas galėtų palengvinti energijos išlaidų, kurios sudaro didžiąją dalį bet kokio pastato eksploatacinių išlaidų, vertinimą. Gauti finansinių skaičiavimų rezultatų duomenys leistų išvengti užsakovo nustatytų išlaidų viršijimo. Kartu su nauda aplinkai, sertifikuotų pastatų eksploatacija pareikalautų mažesnių pastato naudotojų išlaidų. Integruota sistema turėtų būti įgyvendinama papildinių ir išorinių duomenų bazių pagalba. Duomenų keitimosi būdas turėtų būti paremtas neutraliu duomenų mainų standartu (formatu) (pavyzdžiui, IFC), kuris leistų saugoti modelio informaciją ir keistis jo duomenimis tarp naudojamų skirtingų programinių įrangų.

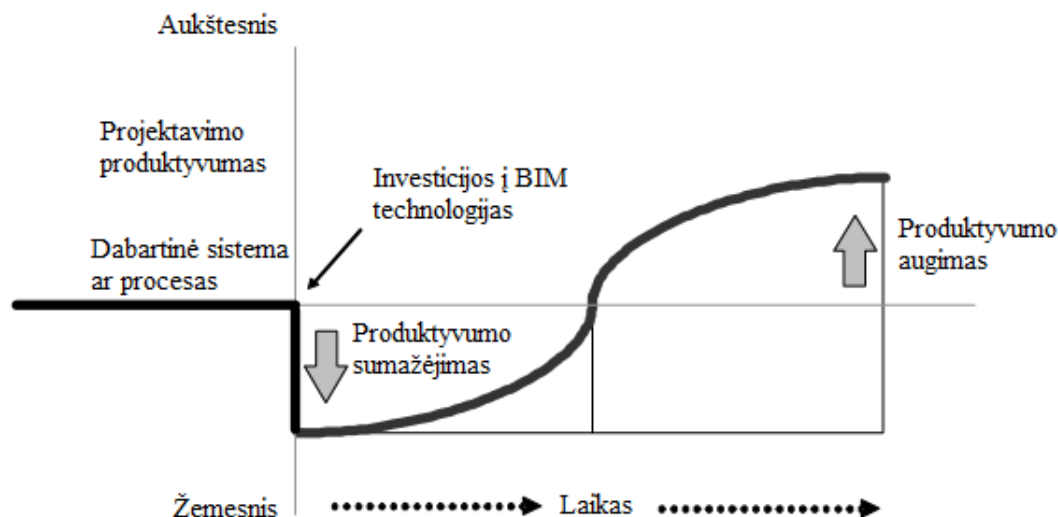
Nors BIM modelio kūrimas ir kiekvieno konkretaus modelio įgyvendinimas pareikalautų daugiau laiko sąnaudų, tokio modelio įgyvendinimas skatintų darnios statybos plėtrą ir užtikrintų tvarius pastato projektavimo procesus nuo ankstyvųjų projekto įgyvendinimo etapų bei sumažintų eksploatacines pastato išlaidas. Pateikta integruota BIM sistema galėtų tapti pagrindu tolimesniems tyrimams atlikti.

3.6 Investicijų į BIM grąža

Nors pramonės analitikai teigia, kad BIM poreikis statybos pramonėje yra akivaizdus, o, kaip teigia Qian (2012), yra pakankamai įrodymų, atskleidžiančių teorinių sistemų ir procesų modelių, padedančių asmenims ar įmonėms statybos pramonėje įrodyti naudą, kurią suteikė BIM ir jo priemonių įgyvendinimas, įmonėms, planuojančioms diegti BIM metodologiją, turėtų būti svarbu ir naudinga žinoti, kokia bus investicijų į BIM grąža, t.y., kiek įmonės išlaidų BIM padės sutaupyti. Šiuo atžvilgiu yra svarbi kiekybinė informacija, įrodanti investicijų į BIM grąžą (angl. *Return on Investment, ROI*). ROI suvokiama kaip pajamų ir investicijų ar išlaidų santykis. Investicijų grąža – tai investicinio projekto vertinimo rodiklis, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{Investicijų grąža, ROI} = \frac{\text{Pajamos}}{\text{Investicijos ar išlaidos}} \quad (1)$$

Apskaičiuoti projektavimo sistemos investicijų grąžą yra ganėtinai sudėtinga dėl daugelio kintamųjų. Reikia atsižvelgti ne tik į programinės įrangos kainą, bet ir į darbuotojų produktyvumo pokyčius. 8 paveikslas vaizduoja pokyčius po naujos sistemos įmonėje įdiegimo. Pradėjus taikyti įmonėje BIM metodiką darbuotojų darbo produktyvumas mažėja, tačiau po tam tikro laiko (2-3 mėn.), darbuotojų mokymų dėka produktyvumas sugrįžta į prieš tai buvusį lygį, o galiausiai, įsivertinus naujai metodikai, pradeda ir augti.



16 paveikslas. Investicijų į projektavimą produktyvumo kreivė (Autodesk Revit Products 2016).

Investicijų į BIM grąžą galima apskaičiuoti remiantis formule:

$$\frac{(B - (\frac{B}{1+E})) \times (12-C)}{A+(B \times C \times D)} = \text{pirmų metų ROI} \quad (2)$$

A – investicijos į programinę bei techninę įrangą;

B – mėnesinės darbo sąnaudos. Mėnesinės darbo sąnaudos susideda iš tiesioginių darbo sąnaudų ir tiesioginių personalo išlaidų. Tiesioginės darbo sąnaudos – tai valandinis darbo užmokestis darbuotojui. Tiesioginės personalo išlaidos – valandinis darbo užmokestis ir 30 % valandinio užmokesčio darbdavio mokamų išlaidų valstybei.

C – mokymams skirtas laikas;

D – našumo sumažėjimas mokymų metu (%)

E – našumo padidėjimas po mokymų (%)

C, D ir E rodikliai nustatomi pagal apklausų metu gautų rezultatų vidurkius:

C – vidutiniškai mokymams skirtas laikas (3 mėnesiai) (Autodesk Revit Products 2016);

D – darbo našumas mokymų metu vidutiniškai sumažėja 50 % (Autodesk Revit Products 2016);

E – vidutiniškai darbo našumas po mokymų padidėja 25 % – 100 % (Autodesk Revit Products 2016), lyginant su prieš tai buvusiu projektavimo metodu.

Pasinaudojus šia formule galima apskaičiuoti teorinės įmonės investicijų grąžą įdiegus BIM:

4 lentelė. Projektavimo etapai ir gaunamas užmokestis.

	Valandos per mėnesį	Projektavimo etapo dalis	Užmokestis per valandą	Užmokestis per mėnesį
Projektavimas	65 h	44%	2,13 €	180,00€
Dokumentacija	68 h	41%	2,13 €	188 €
Projektų valdymas	22 h	13%	2,13 €	42,60 €
Kitos užduotys	5 h	3%	2,13 €	10,65 €
Bendrai	160 h	100%		340,80 €

Valandinis darbo užmokestis – 2,13 € (Lietuvos Respublikos Socialinės apsaugos ir darbo ministerija 2016)

Mėnesinės darbo sąnaudos už projektavimą ir dokumentacijos tvarkymą – 180 + 188 = 368,00 €.

Programinė įranga ir kompiuterio techninė įranga – 6000 € (Revit LT 2016).

Mokymų dirbti su programine įranga išlaidos ir pirminis programos įvaldymas – 3 mėn.

Produktyvumo praradimas mokymų laikotarpiu – 50 %.

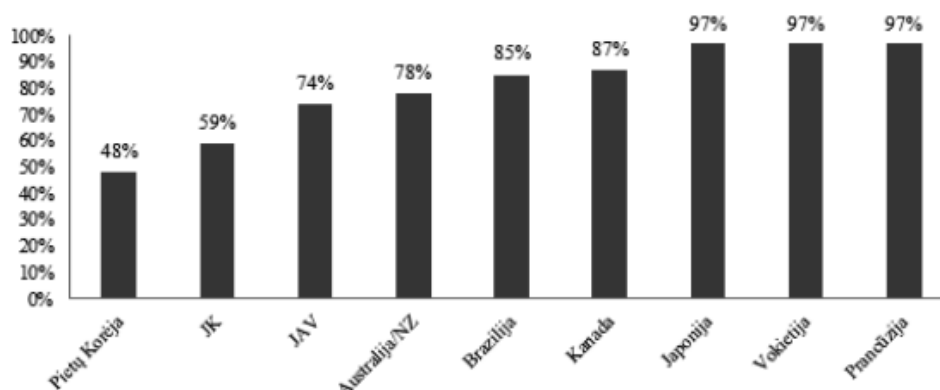
Produktyvumo padidėjimas – 17 %.

Pirmų BIM įdiegimo metų investicijų grąža:

$$\frac{(368 \text{ €} - (\frac{368 \text{ €}}{1+17\%})) \times (12-3 \text{ mėn.})}{6000 \text{ €} + (368 \text{ €} \times 3 \text{ mėn} \times 50\%)} = 7\% \quad (3)$$

Pirmasis BIM taikymo ciklas įmonėje paprastai būna lėtesnis, o investicijų grąža – nedidelė, nes darbuotojai turi prisitaikyti prie naujų darbo metodų, įgyti įgūdžių. Tačiau įsisavinus naujus veiklos metodus ir įgijus patirties, net ir atsižvelgiant į kompiuterinės technikos nusidėvėjimą (~20 % per metus), programinės įrangos prenumeratos kainą, kuri svyruoja tarp 5 – 15 %, priklausomai nuo pasirinktos naudoti programinės įrangos, darbo produktyvumas išauga ir didėja su kiekvienu įgyvendintu projektu, kartu didindamas ir investicijų grąžą.

Analizuojant teigiamą investicijų į BIM grąžą pravartu įvertinti ir šalių, jau taikančių BIM, patirtį. 8 paveiksle pateikiama investicijų grąža skirtingose šalyse.



17 paveikslas. Investicijų į BIM grąža šalyse (Gilmore 2014).

Trys ketvirtadaliai dalyvavusių apklausoje rangovų teigė gavę teigiamą investicijų į BIM grąžą, kuri vidutiniškai siekė 10 – 25 %. Trijų šalių – Prancūzijos, Vokietijos ir Japonijos – investicijų į BIM grąža buvo didžiausia ir siekė net 97 % (Gilmore 2014). Tokį aukštą investicijų atsiperkamumą lėmė greitesnis leidimų gavimas ir projekto planų patvirtinimas, sumažėjusios projekto išlaidos. 40 % apklaustųjų Japonijoje investicijų į BIM grąžą buvo didesnė nei 25 % (Gilmore 2014). Aukštą (87 %) investicijų grąžą Kanadoje lėmė didelės investicijos į infrastruktūros projektus, kurių didžioji dalis paprastai atsiperka. Tuo tarpu Brazilijai pasiekti aukštą (85 %) investicijų grąžą leido investicijos į personalą ir jų apmokymus, kurių dėka buvo pasiektas didesnis darbo produktyvumas. Finansiniai duomenys, tokie kaip sumažėjusios išlaidos, didesnis pelnas ir aukštesnis produktyvumas yra laikomi svarbiausiais kriterijais, siekiant išmatuoti investicijų į BIM grąžą. 60 % visų šalių rangovų pareiškė tikintys, kad labiausiai jų investicijų į BIM grąžą ateityje paskatintų vizualizacijų patobulinimai (Gilmore 2014).

Pagal užsienio šalių įmonių su teigiama investicijų į BIM grąža praktika, pagrindiniai kriterijai sėkmingam BIM įgyvendinimui organizacijoje apima: kultūrinius pokyčius, darbo eigos reorganizaciją, bendradarbiavimo praktikos mokymus, suinteresuotųjų šalių tikslų nustatymą, taikymo sritis ir lūkesčius, tarpdisciplininio bendradarbiavimo techninę plėtrą ir turimos informacijos pritaikymą (Ghosh 2015).

3.7 Sėkminga kitų šalių praktika naudojant BIM

BIM procesas taikomas daugelyje šalių vykdant įvairius infrastruktūros projektus – nuo pastatų, kelių iki uostų, gamyklų ar vandenvėlybų. Nors Lietuvoje BIM pradėtas taikyti pakankamai neseniai (nuo 2002 m.), pasaulyje šis procesas gyvuoja jau beveik 30 metų (nuo 1987 m.). BIM procesas jau yra pilnai išvystytas ir taikomas didžiojoje Šiaurės Amerikos dalyje (JAV, Kanadoje), Didžiojoje Britanijoje, Skandinavijos šalyse (Suomijoje, Švedijoje, Norvegijoje, Danijoje), Jungtiniuose Arabų Emyratuose, Australijoje. BIM proceso vystymas bei plėtra vykdoma Pietų Amerikoje, Meksikoje, Vidurio Europoje, vakarinėje Rusijos dalyje.



18 paveikslas. BIM proceso vystymas pasauliniu mastu (International BIM 2016).

Kaip rodo užsienio šalių patirtis, skaitmeninės statybos principų taikymas leidžia efektyviau projektuoti, statyti ir eksploatuoti statinius, nes sudaromos galimybės iš anksto patikrinti pasirinktų projektavimo sprendinių efektyvumą, sumažinti projektavimo klaidų skaičių, be to sukuriama vieninga ir aiškiomis taisyklėmis pagrįsta erdvė bendrauti statybos dalyviams, sudaromos sąlygos efektyviam statinių procesų valdymui, investicijų planavimui, sudaromos prielaidos viešųjų pirkimų procedūrų skaidrinimui (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija 2015).

Dalis ES valstybių nuo 2016 m. pradeda įgyvendinti ES Viešųjų pirkimų direktyvą, kuria įsipareigoja valstybiniais teisės aktais sukurti galimybes BIM naudoti visuose viešai finansuojamuose projektuose. Jungtinės Karalystės Vyriausybė teisės aktais nuo 2016 m. įtvirtino viešųjų pirkimų sutartyse įgyvendinti antras BIM lygį, kuriuo įsipareigoja projekto modelio duomenis perduoti bendro formato bylomis ir atsakyti popierinių dokumentų. Tokia tvarka buvo nustatyta Vyriausybės iniciatyva – BIM vystymui šalyje ji teikia paramą, skiria lėšų, iniciavo BIM darbo grupės sudarymą.

Jungtinės Karalystės statybų sektoriuje buvo fiksuojama nemažai problemų, susijusių su didelėmis pinigėmis ir laiko sąnaudomis, netinkamu informacijos pateikimu, todėl nuspręsta reformuoti viešųjų pirkimų statybų sektoriuje vykdymą ir imtis priemonių, siekiant užtikrinti palankių sandorių sudarymą, užtikrinti ilgalaikės

socialinę ir ekonominę naudą suteikiančią infrastruktūrą. Svarbiausiu uždaviniu užsibrėžtiems tikslams pasiekti tapo BIM įgyvendinimas visuose viešųjų pirkimų projektuose (Autodesk and the UK BIM Level 2 Mandate 2016).

2011 m. Jungtinė Karalystė paskelbė ilgalaikių tikslų strategiją, kuria siekiama padidinti vyriausybinių statybos projektų efektyvumą, ekonomiškumą ir tvarumą. Be to, tikimasi, kad šia programa bus pasiekti ir platesnio masto tikslai statybos pramonėje:

- Sumažinti statybų išlaidas ir projektų parengimo laiką;
- Sumažinti ilgalaikes pastatų ir infrastruktūrų eksploatacines išlaidas;
- Padėti Jungtinei Karalystei pasiekti anglies dioksido mažinimo tikslus;
- Padaryti Jungtinės Karalystės projektavimo ir statybos pramonę konkurencingesnę pasaulinėje rinkoje (Autodesk and the UK BIM Level 2 Mandate 2016).

Strategija ragina statybos pramonę bendradarbiauti ir naudotis informacinėmis technologijomis, siekiant pokyčių pastatų ir infrastruktūrų projektavimo, statybų ir eksploatacijos metu. BIM įgyvendinimas vykdomas laipsniškai, naujų standartų, specifikacijų pagalba ir vykdomas skirtingais etapais: buvo suformuota įstatyminė bazė, priimti oficialūs BIM veiklą reglamentuojantys dokumentai, nustatytos konkrečios taisyklės, įvardijančios valstybės, pramonės, mokslo indėlį ir vaidmenį BIM procese. Su BIM teikiamais privalumais ir ekonomine nauda buvo supažindinti sektoriaus dalyviai, interesų grupės, organizuojamos konferencijos, kurių metu diskutuota apie galimas BIM problemas, vykdomos konsultacinio pobūdžio programos, mokymai, skirti sektoriaus darbuotojų kvalifikacijos kėlimui (Reizgevičius 2016).

Skandinavijos šalys kartu su Jungtine Karalyste laikomos vienomis iš BIM metodologijos vystymo lyderėmis. Skandinavijos šalyse BIM taikymas yra privaloma norint dalyvauti viešuosiuose projektuose. Čia BIM panaudojimo skatinimas vyksta vyriausybiniu lygiu. 2010 m. Danijoje buvo paskelbti dokumentai, apibendrinantys skaitmeninės statybos sąvoką ir jos siejimąsi su šalies reglamentais. Norvegijoje bendrojo standarto BIM reikalaujama visuose viešuosiuose statybų projektuose nuo 2011 m. Tokiais reikalavimais šalis siekia gerinti savo vykdomų statybos projektų kokybę ir mažinti finansines projektų sąnaudas. Šalyse buriamos organizacijos, vienijančios bendroves ir organizacijas iš visų su statyba susijusių sektorių (nekilnojamojo turto valdytojai, rangovai, statybinių medžiagų tiekėjai), kuriamos organizacijos, koordinuojančios BIM plėtrą.

Kanadoje buvo siūloma BIM projektavimą įteisinti privalomu viešajame sektoriuje. Teigiama, kad dominuojantis veiksnys, darantys įtaką BIM diegimui viešajame sektoriuje yra atsakingų organizacijų nesugebėjimas standartizuoti ir patentuoti statinio informacinio modeliavimo taikymo. Norint, kad informacija būtų laisvai prieinama visiems statybos rinkos dalyviams, reikalingi bendri standartai ir protokolai bendra kalba, programinė įranga, kurios duomenų formatai gali sąveikauti tarpusavyje. Priešingai nei Jungtinė Karalystė ar Skandinavijos šalys, Kanada neskuba daryti BIM privalomu viešiesiems pirkimams. Teigiama, kad BIM nauda šalyje dar nėra pilnai pripažinta. Vidutiniškai 30 % Kanados statybos sektoriaus dalyvių naudojami BIM technologijomis, tuo tarpu JAV šis skaičius siekia beveik 50 %. Viešajame sektoriuje Kanadoje labiau rūpinamasi administraciniais klausimais, BIM taikymui statybų projektuose nėra teikiama pirmenybė, o tik vienas iš įsipareigojimų.

3.8 Veiksniai, stabdantys BIM plėtrą Lietuvoje

Pradinis BIM diegimas įmonėje dažnai susiduria su tokiomis kliūtimis kaip didelės išlaidos, darbuotojų mokymų poreikis, prastas programinės įrangos suderinamumas su kitomis programinėmis įrangomis, patirties stoka, sunkumai vertinant našumą ir pan. Nors pagerėjęs informacinių technologijų naudojimas lėmė padidėjusį našumą daugelyje pramonės šakų, statybos pramonė vis tiek sunkiai priima ir lėtai įsisavina naujas technologijas. Ši lėtą ir sudėtingą įsisavinimą galima paaiškinti techninių priemonių funkciniais reikalavimų ir duomenų organizavimo, vientisumo, standartų, saugojimo poreikiu, komunikacijos ir informacijos mainų trūkumu, ne techninio pobūdžio strateginiais klausimais, tokiais kaip darbuotojų funkcijų ir atsakomybių pasikeitimas, mokymų poreikis.

Kitos naujo darbų vykdymo įsisavinimo kliūtys yra investicijų poreikis, mažesnėms įmonėms – palyginti lėta investicijų grąža. IT investicijos gerokai skiriasi nuo ilgalaikių investicijų. Joms būdinga didesnė rizika, laiko atžvilgiu nereguliarūs pinigų srautai ir reikšmingos nematerialios išlaidos. Terminas „produktyvumo paradoksas“ yra naudojamas apibūdinti tariamą informacinių sistemų ir technologijų nesugebėjimą praktiškai įrodyti teoriškai žadėtą naudą. Investicijų į BIM grąža taip pat priklauso nuo suinteresuotųjų šalių vaidmens projekte, apibrėžto kiekvienos šalies BIM vertinimo ir skirtumų tarp tikimos gauti naudos: projekto užsakovai vertina pagerėjusius projekto procesus ir rezultatus, projektuotojai vertina produktyvumą ir komunikaciją, o statybininkai kaip didžiausią BIM naudą įvardija projekto sąnaudų sąrašus ir padidėjusį produktyvumą.

Siekiant plėtoti BIM modelius, tinkamus darniam operacijų valdymui ir tolimesnių procesų taikymui, turi būti išspręsti pagrindiniai uždaviniai: informacijos, reikalingos priimant su pastato procesais susijusius sprendimus, identifikavimas, būtinos darbuotojų noras ir pastangos, siekiant kurti BIM modelius pastatams, statybos dalyvių informacijos perdavimo valdymas tarp realaus laiko operacijų, išsamios statybos elementų ir procesų dokumentacijos kūrimas (McArthur 2015).

Atliekant projektavimo darbų ir projektų valdymo procesų automatizavimą iškyla informacijos perdavimo standartizavimo poreikis tarp skirtingų programinių paketų. Atsižvelgiant į šią standartizavimo poreikio problemą ir siekiant palengvinti informacijos ir duomenų mainus ir bendradarbiavimą tarp projektavimo, architektūros, inžinerijos ir statybos pramonės atstovų diegiamas neutralus (nepriklausantis nei vienam konkrečiam programinės įrangos kūrėjui), atviros specifikacijos IFC standartas. IFC yra vienas populiariausių ir labiausiai plėtojamų formatų, talpinantis didelius kiekius informacijos apie statybos objektus, procesus, technologijas, su jais susijusias sąvokas ir modelio sudedamųjų dalių tarpusavio ryšį. Lietuva kol kas šios universalios duomenų mainų standarto neturi.

REKOMENDACIJOS

Vadovaujantis mokslinės literatūros analize ir tyrimo rezultatais teikiamos šios rekomendacijos:

1. Atsižvelgiant į tai, kad pagrindine kliūtimi, stabdančia BIM plėtrą, atliktos apklausos metu buvo įvardinti sunkumai mokinantys dirbti nauja programine įranga ir laikas, skirtas darbuotojų mokymams bei BIM įgyvendinimui, statybos sektoriaus dalyviams reikalingi mokymai ir kursai, skirti kvalifikacijos kėlimui, tradicinės darbo praktikos pokyčiams ir naujiems darbo metodams įsisavinti, žinių bei įgūdžių tobulinimui. Augantiems rinkos poreikiams patenkinti švietimo sistema taip pat turėtų skirti dėmesio ne tik esamų, bet ir naujų skaitmeninės statybos specialistų rengimui.
2. Kadangi atliktos apklausos rezultatai rodo, jog modeliuoti trimatėje erdvėje ir taikyti BIM statybos dalyvius paskatintų užtikrinimas, kad BIM naudojimas suteiks greitai atsiperkantį rezultatą, turėtų būti plačiai viešinama ir lengvai prieinama informacija apie gerąją kitų įmonių, taikančių BIM procesą, praktiką, įgyvendintus projektus, įvertinama bei dalinamasi ilgamete kitų šalių patirtimi.
3. Ankstyvajame projekto įgyvendinimo etape naudojant projektavimo algoritmą – BIM platformą su integruotu būvio ciklo vertinimo ir darnumo vertinimo metodikomis, būtų galima skirtingas projekto alternatyvas įvertinti būvio ciklo bei darnumo požiūriais, tokiu būdu priimant sistemiskai įvertintus optimalius sprendimus.
4. Vienas pagrindinių BIM plėtrą stabdančių veiksnių yra vieningo standarto ir klasifikatoriaus nebuvimas. Vieninga klasifikacinė statybos darbų, medžiagų, konstrukcijų ir procesų sistema užtikrintų kokybišką, bendradarbiavimu ir sklandžiu informacijos keitimusi tarp projekto dalyvių ir jų naudojamų programinių įrangų paremtą statybos projekto dalyvių darbą ir projekto išlaidų valdymą.
5. Atsižvelgiant į statybų sektoriaus viešuosiuose pirkimuose taikomo mažiausios kainos principą ir vėliau iš to sekančias neigiamas pasekmes aplinkai, privalomas BIM proceso taikymo įtraukimas į viešųjų pirkimų sutarčių vykdymą galėtų tapti priemone reikšmingiems pokyčiams statybų sektoriuje formuoti ir pastato informacinio modeliavimo procesui diegti. Laikui bėgant, statybų rinkos dalyviams, netaikantiems BIM metodikos savo darbuose, bus vis sunkiau išlikti konkurencingiems.

IŠVADOS

1. Atlikus statybos sektoriaus analizę nustatyta, kad šis sektorius tiesiogiai veikia ne tik konkrečios vietovės, bet ir visos šalies socialinę, gamtinę sferas bei ekonomiką. Pastato poveikis daromas visame jo būvio cikle. Pastatų energetinis efektyvumas, efektyvus išteklių naudojimas gaminant, transportuojant ir naudojant medžiagas, skirtas pastatų statybai, daro įtaką energetikai, klimato kaitai ir aplinkai. Statybų sektoriaus konkurencingumas yra svarbus dėl poveikio šalies ekonomikos augimui, darbo vietų sukūrimui ir tvarumui, o sektoriaus vykdoma veikla yra neatsiejama nuo darnios šalies ekonomikos infrastruktūros plėtros.

2. Statinio informacinis modeliavimas keičia pastatų projektavimo, statybos ir darbų valdymo procesus. Skaitmeninės statybos principų taikymas, lyginant su tradiciniu pastatų projektavimu ir statybos darbų valdymu, leidžia efektyviau įgyvendinti pastatų projektavimo ir statybos procesus, sukuria bendrą erdvę statybos darbų dalyvių bendravimui, palengvina įvairių sričių koordinavimą. Statinio informacinis modeliavimas sukuria galimybę dar pradiniam projekto kūrimo etape patikrinti pasirinktų sprendinių efektyvumą eksploatacijos etape, o naudojamas teisingai nuo projekto pradžios visuose statybų etapuose BIM modelis gali būti pritaikytas pastatų ūkio valdymui.

3. Atlikus pastatų bei jų elementų projektavimo veikla užsiimančių asmenų apklausą buvo nustatyta, kad nors didžioji dauguma (87,5 %) apklausoje dalyvavusių statybos sektoriaus atstovų atsakė žinantys BIM teikiamą naudą, savo veikloje ją taikantys teigė 18 % respondentų. Taigi, nors trimatis projektavimas yra vykdomas, BIM metodai dar nėra plačiai taikomi. Nemokami darbuotojų apmokymai paskatintų projektuoti trimatėje erdvėje ir taikyti BIM metodus paskatintų 37,5 % respondentų, užtikrinimas, kad BIM naudojimas suteiks greitai atsiperkantį rezultatą – 29,2 %, užsakovo ar statybos rangovo pateikti reikalavimai naudoti BIM – 26,4 % respondentų. Pagrindinėmis kliūtimis, užkertančiomis kelią BIM įgyvendinimui, buvo įvardinti sunkumai mokinantis dirbti su nauja programine įranga (37,5 %) ir laikas, reikalingas darbuotojų mokymams ir BIM įgyvendinimui (33,3 %).

4. Remiantis išanalizuota literatūra, esamų metodikų privalumais bei trūkumais ir identifikuojant darnios statybos plėtrą motyvuojančius veiksnius bei kliūtis buvo sukurtas algoritmas, integruojantis būvio ciklo ir darnumo vertinimo metodikas su BIM platforma. Siūloma metodika gali būti naudojama, siekiant įgyvendinti integruotą sistemą tvariam statinių projektavimui atlikti jų koncepciniame etape, analizuoti energetinį efektyvumą, įvertinti tvarumą. Algoritmas galėtų padėti priimti sistemiskai įvertintus optimalius sprendimus, darančius įtaką darnių pastatų plėtrai.

5. Siekiant statybos darbų optimizavimo, poveikio aplinkai mažinimo ir skaitmeninio projektavimo plėtros skatinimo Lietuvoje buvo parengtos praktinės rekomendacijos, pagrįstos mokslinės literatūros analize ir atlikto tyrimo rezultatais.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Mokslinė literatūra

ALWAN, Z., GREENWOOD, D. and GLEDSON, B. Rapid LEED Evaluation Performed with BIM Based Sustainability Analysis on a Virtual Construction Project. *Construction Innovation* [interaktyvus]. 2015. 04/07; 2016/05, vol. 15, no. 2, pp. 134-150 [žiūrėta 2016-05-01] ISSN 1471-4175. Prieiga per: [DOI 10.1108/CI-01-2014-0002](https://doi.org/10.1108/CI-01-2014-0002).

ALWAN, Z., JONES, P. and HOLGATE, P. Strategic Sustainable Development in the UK Construction Industry, through the Framework for Strategic Sustainable Development, using Building Information Modelling. *Journal of Cleaner Production* [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2016-05-017] ISSN 0959-6526. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.085>.

BACIUS, H. Individualaus Namų Optimizacijos Modelis. Magistro baigiamasis darbas. Vilnius. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. 2013. 1-76p.

BALABAN, O. The Negative Effects of Construction Boom on Urban Planning and Environment in Turkey: Unraveling the Role of the Public Sector. *Habitat International* [interaktyvus]. 2012, vol. 36, no. 1, pp. 26-35 [žiūrėta 2016-04-16] ISSN 0197-3975. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.05.003>.

BALABAN, O. and PUPPIM DE OLIVEIRA, J.A. Sustainable Buildings for Healthier Cities: Assessing the Co-Benefits of Green Buildings in Japan. *Journal of Cleaner Production* [interaktyvus]. 2016. ISSN 0959-6526. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.086>.

BASBAGILL, J., FLAGGER, F., LEPECH, M. and FISCHER, M. Application of Life-Cycle Assessment to Early Stage Building Design for Reduced Embodied Environmental Impacts. *Building and Environment* [interaktyvus] 2013. 2, vol. 60, pp. 81-92 [žiūrėta 2016-04-14] ISSN 0360-1323. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.009>.

Bauer, M., Möslle, P., Schwarz, M. *Green Building: Guidebook for Sustainable Architecture*. 2010. Heidelberg; New York: Springer /z-wcorg/. ISBN 9783642006340 3642006345 9783642006357 3642006353.

BAZJANAC, V. *IFC BIM-Based Methodology for Semi-Automated Building Energy Performance Simulation*. 2008. Doctor's dissertation ed. California: University of California, 2008-09-24,.

BROWN, J.D., 2012. *Corporate Responsibility in the UK Construction Industry: A Study of Activities and Reporting*. Dissertation ed. Great Britain: University of Nottingham WordCat.

CARPIO, M., ROLDÁN-FONTANA, J., PACHECO-TORRES, R. and ORDÓÑEZ, J., Construction Waste Estimation Depending on Urban Planning Options in the Design Stage of Residential Buildings. *Construction and*

Building Materials [interaktyvus]. 2016, 6/15, vol. 113, pp. 561-570 [žiūrėta 2016-05-02] ISSN 0950-0618. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.061>.

CIDELL, J. and COPE, M.A. Factors Explaining the Adoption and Impact of LEED-Based Green Building Policies at the Municipal Level. *Journal of Environmental Planning and Management* [interaktyvus] 2014, 12/02, vol. 57, no. 12, pp. 1763-1781 [žiūrėta 2016-04-16] ISSN 0964-0568. Prieiga per: DOI 10.1080/09640568.2013.835714.

CONDEIXA, K., HADDAD, A. and BOER, D. Life Cycle Impact Assessment of Masonry System as Inner Walls: A Case Study in Brazil. *Construction and Building Materials* [interaktyvus]. 2014, 11/15, vol. 70, pp. 141-147. [žiūrėta 2016-04-22]. ISSN 0950-0618. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.113>.

DIDŽIULYTĖ, I. Pastato Energetinio Efektyvumo Nustatymas Naudojant Informacinio Modeliavimo Technologiją (BIM). Baigiamasis magistro darbas. 2010. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

DING, G.K.C. Sustainable construction—The Role of Environmental Assessment Tools. *Journal of Environmental Management* [interaktyvus]. 2008, 2, vol. 86, no. 3, pp. 451-464. [žiūrėta 2016-05-05]. ISSN 0301-4797. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.025>.

DWAIKAT, L.N. and ALI, K.N.. Green Buildings Cost Premium: A Review of Empirical Evidence. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2016, 1/1, vol. 110, pp. 396-403 [žiūrėta 2016-04-02]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.021>.

European Commission. Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste. Final Report Task 2. *Bio Intelligence Service* [interaktyvus]. 2011. [žiūrėta 2016-03-17] Prieiga per: http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf.

GALDIKAS, L. ir MIGILINSKAS, D. Pastato Informaciniu Modeliu (BIM) Pagrįstų Informacijos Vldymo Sistemų Analizė, Tendencijos Ir Dabartinė Situacija Lietuvoje. 2013. Vilnius. Vilniaus Gedimino technikos universitetas: , 2013 03 20-22, ISBN ISSN 2029-7149/ISBN 978-609-457-536-5.

GEDVILAS, D., ŠARKA, V., MIGILINSKAS, D.;GUDAVIČIUS, D.AKSOMITAS, D. POPOVAS, V. BUTKUS, E. 2014. Skaitmeninės Statybos Lietuvoje Gairės 2014-2020, 2014-07-24.

GHOSH, A. Analyzing the Impact of Building Information Modeling (BIM) on Labor Productivity in Retrofit Construction: Case Study at a Semiconductor Manufacturing Facility. 2015. PdD Thesis. Arizona, United States: Arizona State Univesity.

GILMORE, D. The Business Value of BIM the Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World are Driving Innovation with Building Information Modeling.

GUDIENĖ, N., 2014. Statybos Projektų Įgyvendinimą Lemiančių Sėkmės Veiksnių Daugiakriterinė Analizė. Daktaro disertacija ed. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

HARISH, V.S.K.V. and KUMAR. A Review on Modeling and Simulation of Building Energy Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2016, 4, vol. 56, pp. 1272-1292. [žiūrėta 2016-03-16] ISSN 1364-0321. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.040>.

Herczeg, M., Mckinnon, D., Milios, L., Bakas, I., Klaassens, E., Svatikova, K., Widerberg, O., 2014. *Resource Efficiency in the Building Sector. Final Report*. Rotterdam: Ecorys, 2014-05-23.

HUNGU, C.F. Utilization of BIM from Early Design Stage to Facilitate Efficient FM Operations. Master's Thesis. 2013. Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology.

IBRAHIM, M.I.M.. Estimating the Sustainability Returns of Recycling Construction Waste from Building Projects. *Sustainable Cities and Society* [interaktyvus]. 2016, 5, vol. 23, pp. 78-93. [žiūrėta 2016-04-13] ISSN 2210-6707. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.03.005>.

IRIZARRY, J., KARAN, E.P. and JALAEI, F. Integrating BIM and GIS to Improve the Visual Monitoring of Construction Supply Chain Management. *Automation in Construction* [interaktyvus]. 2013, 5, vol. 31, pp. 241-254 [žiūrėta 2016-04-16] ISSN 0926-5805. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.005>.

KHASREEN, M.M., BANFILL, P.F. and MENZIES, G.F., 2009. Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review. *Sustainability*, vol. 1, no. 3, pp. 674-701.

KIBERT, C.J. *Sustainable Construction : Green Building Design and Delivery*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons /z-wcorg/. 2008. ISBN 9780470114216 0470114215.

LLATAS, C. A Model for Quantifying Construction Waste in Projects According to the European Waste List. *Waste Management* [interaktyvus]. 2011, 6, vol. 31, no. 6, pp. 1261-1276 [žiūrėta 2016-03-08] ISSN 0956-053X. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.023>.

MARTINUZZI, A., KUDLAK, R., FABER, C. and WIMAN, A. *CSR Activities and Impacts of the Construction Sector*. Vienna, Austria: Research Institute for Managing Sustainability (RIMAS). 2010. Vienna University of Economics and Business.

MCARTHUR, J.J. A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability. *Procedia Engineering* [interaktyvus]. 2015, vol. 118, pp. 1104-1111. [žiūrėta 2016-05-04] ISSN 1877-7058. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.450>.

MESSNER, J., 2011. *Project BIM Execution* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per: <http://bim.psu.edu/>.

METCALF, T. and MEDIA, D. *Corporate Social Responsibility in the Construction Industry*. Houston, Texas: Hearst Newspapers, LLC [interaktyvus] 2016. [žiūrėta 2016-03-29]. Prieiga per: <http://smallbusiness.chron.com/corporate-social-responsibility-construction-industry-72475.html>.

MITKUS, S. *Norintiems Išvengti Ginčų Teisininkai Rekomenduoja BIM*. 2016-04-05 [interaktyvus] 2016. [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per: <http://www.darnistatyba.lt/teisininkai-rekomenduoja-bim-mitkus/>.

OH, B.K., PARK, J.S., CHOI, S.W. and PARK, H.S. Design Model for Analysis of Relationships among CO2 Emissions, Cost, and Structural Parameters in Green Building Construction with Composite Columns. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2016, 4/15, vol. 118, pp. 301-315. [žiūrėta 2016-04-18] ISSN 0378-7788. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.015>.

PERLYTĖ, J. ir ŠLEPIKAITĖ, J. *Informacinio Pastato Modeliavimo (BIM) Sistemos Teoriniai Aspektai*. 2015. Vilnius. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo technologijos, 2015-02-05, ISBN 2029-7149.

QIAN, A.Y., 2012. *Benefits and ROI of BIM for Multi-Disciplinary Project Management*. National University of Singapore.

REIZGEVIČIUS, M. *BIM Technologijų Efektyvumo Daugiapakopis Vertinimas*. Daktaro disertacija. 2016. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

REIZGEVIČIUS, M., REIZGEVIČIŪTĖ, L. ir PELIKŠA, M., 2013. Pastato Informacinio Modeliavimo (BIM) Panaudojimas Statybos Inžinerijos Studijose, 2013-09-15, vol. 2, no. 40, pp. 154-160 ISSN 1648-8776.

ROODMAN, D.M. and LENSSEN, N. *Worldwatch Paper #124: A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction* [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2016-05-01] 2016-04-26. Prieiga per: <http://www.worldwatch.org/node/866>.

SANTOS, P., MARTINS, R., GERVÁSIO, H. and SIMÕES DA SILVA, L. Assessment of Building Operational Energy at Early Stages of Design – A Monthly Quasi-Steady-State Approach. *Energy and Buildings* [interaktyvus]. 2014, 8, vol. 79, pp. 58-73 [žiūrėta 2016-04-25]. ISSN 0378-7788. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.084>.

SAVICKIS, E. ir RAMOŠKEVIČIŪTĖ, D. *Ką Reiškia Pastatų Tvarumo Sertifikatai Ir Kam Jie Reikalingi?* 2016. 2016-01-20,

SCHLUETER, A. ir THESELING, F. Building Information Model Based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages. *Automation in Construction* [interaktyvus]. 2009, 3, vol. 18, no. 2, pp. 153-163 [žiūrėta 2016-04-04]. ISSN 0926-5805. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.07.003>.

SEINRE, E., KURNITSKI, J. and VOLL, H. Building Sustainability Objective Assessment in Estonian Context and a Comparative Evaluation with LEED and BREEAM. *Building and Environment* [interaktyvus]. 2014, 12, vol. 82, pp. 110-120. [žiūrėta 2016-04-20]. ISSN 0360-1323. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.08.005>.

SHI, Q., YAN, Y., ZUO, J. and YU, T. Objective Conflicts in Green Buildings Projects: A Critical Analysis. *Building and Environment* [interaktyvus]. 2016, 2/1, vol. 96, pp. 107-117. [žiūrėta 2016-04-11]. ISSN 0360-1323. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.016>.

SIMANAVIČIUS, R. Lietuvos Žaliųjų Pastatų Tvarumo Vertinimo Sistema. Kriterijai, Pagal kuriuos Bus Vertinami Pastatai Lietuvoje. 2015-06-04.

SINCLAIR, D., 2013. RIBA Plan of Work 2013. Overview. London: ISBN ISBN 978 1 85946 519 6.

TAMKEVIČIŪTĖ, M. Darnios Statybos Plėtros Galimybės Lietuvoje. Magistro Baigiamasis Darbas. 2012 Vilnius: Mykolo Romerio universiteto politikos ir vadybos fakulteto aplinkos politikos katedra.

TAN, Y., SHEN, L. and YAO, H.. Sustainable Construction Practice and Contractors' Competitiveness: A Preliminary Study. *Habitat International* [interaktyvus]. 2011, 4, vol. 35, no. 2, pp. 225-230. [žiūrėta 2016-04-03]. ISSN 0197-3975. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.09.008>.

VAIŠVILA, J., 2013. *Energetinė Analizė Skirtinguose BIM Projekto Etapuose. II Dalis - Idėjos Formavimas*. 2013/12/18 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-16]. Prieiga per: <http://www.darombim.lt/energiene-analize-skirtinguose-bim-projekto-etapuose-2-dalis-idejos-formavimas/>.

VAIŠVILA, J., 2013. *Energinė Analizė Skirtinguose BIM Projekto Etapuose. I Dalis - Įvadas*. 2013-11-27, [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-04]. Prieiga per: <http://www.darombim.lt/energiene-analize-skirtinguose-bim-projekto-etapuose-1-dalis-ivadas/>.

Vasiliauskas, V., Šarka, V. Skaitmeninio statybos modelio privalumai ir trūkumai. 2013. Vilnius. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2013 m. kovo 20–22 d, ISBN 2029-7149/978-609-457-536-5.

WANG, T., SEO, S., LIAO, P. and FANG, D., 2016. GHG Emission Reduction Performance of State-of-the-Art Green Buildings: Review of Two Case Studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2016, 4, vol. 56, pp. 484-493 [žiūrėta 2016-05-01] ISSN 1364-0321. Prieiga per: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.037>.

Teisės aktai

EUROPOS KOMISIJA. Efektyvaus Išteklių Naudojimo Galimybės Pastatų Sektoriuje. 2014. Briuselis, 2014 07 01.

EUROPOS KOMISIJA. Komisijos komunikatas Europos Parlamentui ir Tarybai. Statybų Sektoriaus Ir Šio Sektoriaus Įmonių Tvaraus Konkurencingumo Strategija. 2012 07 31. Briuselis.

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.01:2013 "Pastatų energinio naudingumo projektavimas" patvirtinimo. 2013-12-17, Nr. 129-6566 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-06]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.29F6A2858E2D>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. Dėl Lietuvos Statybų Sektoriaus Plėtros Ir Vystymo 2015–2020 Metais Gairių Patvirtinimo. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas. 2015-11-10 Nr. 17869.

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos smulkaus ir vidutinio verslo įstatymas. 1998 m. lapkričio 24 d. Nr. VIII-935 [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-04-13]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.640D50DB8877/FvNqxCIJzS>

Internetinės nuorodos

Autodesk Revit Products. 2016. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-05-24] Prieiga per: <http://usa.autodesk.com/revit/white-papers/>.

BIM Levels Explained. 2014. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-05-20] 2014-11-01, Prieiga per: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>.

LEED Credits Categories. 2013. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-04-16] Prieiga per: <http://www.greenlivingprojects.com/en/leed/leed-credit-categories>.

Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministerija. 2016. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-05-20] 2016-04-20, Prieiga per: <http://www.socmin.lt/lt/socialine-statistika.html>.

Lietuvos statyba. 2016. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-13]. Prieiga per: http://www.statyba.lt/lt?miestas%5Bvisi%5D=visi&action=ieskoti&page=imones&filtruoti=1&Kiek=20&q=&Firm=&adresas=&Veikla=&veikla_id=100199184&filialai=&parent_id=&rajono_id=&zemelapis

Revit LT. 2016. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-35-04] Prieiga per: <http://www.autodesk.eu/store/products/revit-lt?term=1year&support=advanced>.

What is BREEAM? 2016. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-01-14] Prieiga per: <http://www.breeam.com/>.

Žaliųjų Pastatų Standartai Ir Ženkinimas. 2016. [interaktyvus] [žiūrėta: 2016-02-17] Prieiga per: http://www.paroc.lt/verta-zinoti/tvarumas/zaliuju-pastatu-standartai-ir-zenkinimas?sc_lang=lt-LT.

PRIEDAI

Praktinis BIM metodų taikymas skirtinguose statybų etapuose

Dabartinio Jūsų darbo pobūdis:

- Vadovavimas
- Inžinerija
- Architektūra
- Projektavimas

Kokiais būdais atliekate projektavimo darbus?

- Kompiuteriu 2D
- Kompiuteriu 2D, 3D
- Kompiuteriu 3D ir BIM
- Ranka

Darbuotojų skaičius Jūsų įmonėje (apytikslis):

Ar Jūsų naudojama programinė įranga suteikia galimybę keisti informacija su kitomis programomis?

- Taip
- Ne
- Nežinau

Kas, Jūsų nuomone, paskatintų modeliuoti trimatėje erdvėje ir naudoti BIM?

- Pakankamas informacijos kiekis apie teikiamą naudą
- Užtikrinimas, kad BIM naudojimas suteiks greitai atsiperkantį rezultatą
- Sėkminga konkurentų naudojimo patirtis
- Nemokama bandomoji programinės įrangos versija
- Nemokami darbuotojų apmokymai
- Užsakovo, statybos rangovo reikalavimai naudoti BIM
- Kita (įrašyti):

Ar žinote BIM teikiamą naudą?

- Taip
- Ne

Ar tikite, kad užsakovai vis labiau reikalaus BIM naudojimo projektuose?

- Taip
- Ne

Ar sutinkate su mintimi, jog BIM yra „informacinio projekto valdymo ateitis“?

- Taip
- Ne

Ar sutinkate, kad supratimas, kas yra BIM ir kokią naudą jis gali suteikti, dar nėra pakankamai išvystytas?

- Taip
- Ne

Ar papildomi mokymai yra būtini naudojant BIM?

- Taip
- Ne

Ar tikite, kad BIM yra kelias į darnią statybą?

- Taip
- Ne

Ar tikite, kad BIM padeda sumažinti statybos projektų daromą neigiamą poveikį aplinkai?

- Taip
- Ne

Ar tikite, kad vertinant visą pastato būvio ciklą BIM sutaupo laiko ir išlaidų?

- Taip
- Ne

Ar manote, kad BIM padidina projekto išlaidas ir jį naudoti rizikinga

- Taip
- Ne

Jūsų nuomone, kliūtys BIM įgyvendinimui:

- Užsakovų nenoras, dėl nežinojimo apie BIM teikiamą naudą.
- Užsakovų nenoras dėl aukštesnių kainų.
- Tinkamų informacijos dalinimosi standartų poreikis
- Sunkumai mokinantis dirbti su nauja programine įranga
- Kvalifikuotų darbuotojų trūkumas
- Nepakankamos investicijos tiekimo grandinėje
- Darbuotojų atsisakymas/nenoras mokytis.
- Kai kurių projektų netinkamumas jų vykdymui su BIM
- Išlaidos už esamų darbuotojų mokymus, naują programinę įrangą
- Laikas, reikalingas esamų darbuotojų mokymams ir BIM įgyvendinimui
- Mokymų trūkumas

- Neapibrėžtos atsakomybės už duomenų turinį
- Programinės įrangos neišbaigtumas duomenų mainų ir sąveikos tarp suinteresuotų šalių požiūriu
- Įmonės restruktūrizacija prisitaikant prie BIM metodikos naudojimo
- Vadovų abejingumas

Ar savo tolesnėje veikloje planuojate naudoti BIM?

- Taip, planuoju
- Taip, jeigu to bus reikalaujama
- Nežinau
- Ne, neplanuoju