



Funded by
the European Union

Daugiašalis bendradarbiavimas siekiant spartesnio pastatų dekarbonizavimo

**Rezultatas 9: Daugiabučių gyvenamųjų namų
renovacijos, naudojant iš augalinės kilmės organinių
medžiagų gaminamus skydus, vadovas ir modelių
failai**

Versija 02

Rugpjūtis 2024

Trinomics 

WWW.TRINOMICS.EU

Autoriai

Jurgita Černeckienė (KTU)
Vytautas Bocullo (KTU)
Darius Pupeikis (KTU)
Jurga Kumžienė (KTU)
Andrius Jurelionis (KTU)
Karolis Banionis (KTU)
Odeta Viliūnienė (KTU)
Nora Cheikh (Trinomics)
Koen Rademaekers (Trinomics)

Projektui vadovauja

Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
Nyderlandai

Kontaktinis asmuo

Nora Cheikh
E: Nora.Cheikh@trinomics.eu

Data

Roterdamas, 30 Rugpjūčio 2024

Teisinis pranešimas

Projektą finansavo Europos Sąjunga pagal Techninės paramos priemonę, kurią administruoja Europos Komisijos Struktūrinių reformų rėmimo generalinis direktoratas. Ši ataskaita parengta gavus Europos Sąjungos finansinę paramą. Už jos turinį atsako tik autoriai. Joje išsakytos nuomonės jokių būdu negali būti laikomos atspindinčiomis oficialią Europos Sąjungos nuomonę.

Trinomics



Rotterdamas , 30/08/2024

**Daugiašalis bendradarbiavimas siekiant spartesnio pastatų
dekarbonizavimo**

In association with:



TUS



Turinys

1. Įvadas.....	6
1.1. Vadovo struktūra.....	6
1.2. Metodologija	7
2. Atitvarų apšiltinimo skydais technologijos apžvalga	8
3. Pastato techninės būklės vertinimas	13
3.1. Atitvarų šiluminės būklės analizė	13
3.2. Pastato sandarumo analizė	15
3.3. Mechaninių savybių būklės analizė.....	16
3.4. Pastato geometrijos analizė	16
3.5. Pastato aplinkos analizė	21
4. Investicijų planavimas	22
4.1. Renovacijos metu diegiamos priemonės.....	22
4.2. Skačiuojamoji kaina	23
4.3. Gyvavimo ciklo analizė	24
4.4. Pastatų energijos sąnaudų modeliavimas.....	27
5. Projektavimas.....	30
5.1. Statybos rūšis	30
5.2. Rekomendacijos bendrajai projekto daliai	30
5.3. Rekomendacijos architektūrinei projekto daliai	32
5.4. Rekomendacijos pasirengimo statybai ir statybos darbų organizavimo projekto daliai	33
5.5. Rekomendacijos konstrukcinei projekto daliai.....	34
6. Gamyba	49
6.1. Šiltinančio skydo gamyba.....	49
6.2. Statybos produkto sertifikavimas	50
6.3. Logistika.....	50
7. Statyba-montavimas.....	52
8. Statybos užbaigimas	56
9. BIM metodologijos diegimas skydinei renovacijai.....	56
9.1. Nacionalinės BIM-LT metodologijos taikymas skydinės renovacijos projektuose	56
9.2. Nacionalinio statybos informacijos klasifikatoriaus taikymas	60
9.3. Informacijos pateikimo specifikacijos formavimo rekomendacijos	66
10. Apibendrinimas.....	73
11. Pilotiniai modeliai	75
11.1. Projektas Nr. 1	75
11.2. Projektas Nr. 2	80
11.3. Projektas Nr. 3	85

12. Priedai.....	91
------------------	----

1. Įvadas

Remiantis Lietuvos nekilnojamojo turto registro¹ duomenimis Lietuvoje yra daugiau kaip 35 tūkst. daugiabučių gyvenamųjų namų, kurie yra pastatyti 1901-1992 m. Jų bendras plotas sudaro beveik 49 mln. m², o tai yra apie 45 % nuo 109 mln. m² ploto bendro gyvenamojo fondo, remiantis 2022 m. duomenimis². Dėl iki 1992 m. galiojusių statybos normų ir reikalavimų, 1901-1992 m. statyti gyvenamieji namai pasižymi žemu energiniu efektyvumu, o pagal 2024 m. duomenis³ tik 3746 senos statybos daugiabučių yra renovuota. Iki 1992 m. pastatyti pastatai bendrai vadinami „senos statybos“ pastatais, nes tik nuo 1992 m. įsigaliojo Respublikinės statybos normos RSN 143-92 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“, patvirtintos Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministerijos. Šios normos pastatų atitvaroms apibrėžė aukštesnius reikalavimus, kurie jau buvo susiję su energijos taupymu, o ne tik anksčiau galiojusiais higienos reikalavimais. Kadangi spartesnis daugiabučių renovacijos procesas atitiktų ir valstybės energetikos bei klimato kaitos suvaldymo sričių strateginius tikslus, ir didelės dalies daugiabučių gyventojų lūkesčius, nuolat ieškoma efektyvesnių ir patrauklesnių būdų daugiabučių pastatų renovacijos paspartinimui. Lietuvoje, kaip ir kitose Europos Sąjungos šalyse, bendrai siekiama naujos statybos beiatnaujinamų pastatų dekarbonizacijos, kuri apimtų ir įkūnytų anglijos, ir eksploatacinės anglijos dvideginio emisijų mažinimą. Nuo 2024 m. įsigalioja nauji reikalavimai, padėsiantys siekti šių tikslų⁴: renovuojami pastatai, kurių statybos darbai finansuojami Lietuvos Respublikos ir (ar) Europos Sąjungos biudžeto lėšomis, turi atitikti ne žemesnės nei B energinio naudingumo klasės reikalavimus, o nuo 2024 m. lapkričio 1 d. tam tikrų pastatų statyboje privalu naudoti ne mažiau kaip 50 proc. organinės kilmės medžiagų. Lietuvos statybos sektoriuje įgyvendinamos skaitmeninio iniciatyvos⁵, kurios, efektyvindamos statybos procesus, gali reikšmingai padidinti renovacijos tempus. Pavyzdžiui, taikant skaitmeninį statybos darbų žurnalą pagal statinių informacijos valdymo (BIM 4D) metodologiją – sankirtų kontrolei, skaitmenizuotai gamybai bei kokybės kontrolei, statybos procesas tampa greitesnis bei efektyvesnis. Be to, statybos ir renovacijos procesų skaitmeninimas leidžia tiksliai įvertinti proceso anglijos dvideginio pėdsaką, užtikrinti organinių medžiagų integravimo racionalumą.

Atsižvelgiant į šias sektoriaus tendencijas bei technologijų parengties lygį, inicijuotas projektas „Daugiašalis bendradarbiavimas siekiant spartesnio pastatų dekarbonizavimo (TSIC-RoC-19044)“ (toliau – Projektas). Jo tikslas Lietuvai – parengti dokumentaciją žaliajai renovacijai skatinti. Šio tikslo siekiama analizuojant ES šalių (Austrijos, Airijos ir kt.) patirtį, vykdant konsultacijas su suinteresuotomis šalimis, bei parengiant pavyzdinę medžiagą ir vykdant mokymus suinteresuotųjų šalių atstovams. Projektą finansuoja Europos Sąjunga pagal Techninės paramos priemonę, kurią administruoja Europos Komisijos Struktūrinių reformų paramos generalinis direktoratas.

1.1. Vadovo struktūra

Ši ataskaita (Daugiabučių gyvenamųjų namų renovacijos, naudojant iš augalinės kilmės organinių medžiagų gaminamus skydus, vadovas ir modelių failai) yra techninės paramos sutarties su Europos Komisija (DG REFORM) "Daugiašalis bendradarbiavimas siekiant spartesnio pastatų dekarbonizavimo" 9-tasis rezultatas. Šios užduoties tikslas buvo dvejopas:

1) parengti vadovą, kuris leistų renovacijos procesus koordinuojančiai valstybės institucijai efektyviau skatinti daugiabučių gyvenamųjų namų ar miestų kvartalų renovaciją, naudojant iš augalinės kilmės organinių medžiagų gamyklose gaminamus skydus;

¹ https://energy.ec.europa.eu/document/download/73c46aa7-03bf-40ca-aeed-4831890a3ecd_en?filename=lt_2020_ltrs.pdf

² <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize#/>

³ <https://renomap.apva.lt/>

⁴ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185/asr>

⁵ <https://statyba40.lt/>

2) teikti konsultacijas ir pagalbą rengiant projektus visoms suinteresuotosioms šalims - projektų vykdytojams, architektams, statybos bendrovėms ir šiltinančių skydų gamintojams.

Prieš skaitant šią ataskaitą rekomenduojama susipažinti su Projekto 8-tosios užduoties ataskaita, kurioje pateikiama geroji praktika ir patirtis, susijusi su daugiabučių namų renovacija, naudojant skydus, Europos Sąjungos (ES) valstybėse narėse, bei identifikuotos spragos ir iššūkiai siekiant plačiau taikyti skydinę renovaciją Lietuvoje.

Šioje ataskaitoje formuojami 9 skyriai, kurie savo esme atitinka pastato renovavimo metu vykdomus statybos proceso etapus, pateikiant atitinkamo proceso dalyviams aktualią informaciją, bei priedai.

- skyriuje „**2. Atitvarų apšiltinimo skydais technologija – trumpai**“ pristatoma apšiltinimo skydais technologija, pateikiama šios technologijos taikymo pavyzdžių;
- skyriuje „**3. Pastato techninės būklės vertinimas**“ pateikiami rekomenduojami pastatų tipai, kuriems siūloma renovacija skydais bei nuorodos tyrimams, kurie turi būti atliekami norint objektyviai įvertinti šios technologijos tinkamumą konkrečiam pastatui; skyrius aktualus daugiabučių pastatų butų savininkams, daugiabučių pastatų bendrijų pirmininkams, renovacijos administratoriams, investicinio plano rengėjams;
- skyriuje „**4. Investicijų planavimas**“ aprašoma, kokias energinį efektyvumą didinančias priemones galima įgyvendinti taikant apšiltinimo skydais technologiją, kokie darbai turi būti įtraukiami diegiant tam tikrą priemonę, kokia skaičiuojamoji kaina gali būti vertinama investiciniame plane apšiltinimo skydais darbams; skyrius aktualus investicinio plano rengėjams;
- skyriuje „**5. Projektavimas**“ pateikiamos rekomendacijos projektuotojams – bendrosios, architektūrinės, konstrukcinės projekto dalies rengėjams;
- skyriuje „**6. Gamyba**“ apžvelgiama skydų gamybos eiga, langų montavimo ypatumai, skydų transportavimo iki statybos aikštelės reikalavimai, pateikiami šiltinančių skydų sertifikavimo reikalavimai;
- skyriuje „**7. Statyba-montavimas**“ aprašoma sienų ir stogo šiltinančių skydų montavimo technologija; skyrius aktualus visiems procesų dalyviams statybos aikštelėje, techniniams prižiūrėtojams, statybos darbų technologijos projekto dalies rengėjams;
- skyriuje „**8. Statybos užbaigimas**“ pateikiama informacija, aktuali pastatų energinio naudingumo sertifikavimo ekspertams, kurie rengia renovuoto pastato energinio naudingumo sertifikatą bei statinio techniniams prižiūrėtojams, kurie vykdo renovuoto pastato techninę priežiūrą;
- skyriuje „**9. BIM metodologijos diegimas skydinei renovacijai**“ detalizuojama skaitmeninės informacijos kūrimo ir perdavimo eiga skirtinguose renovacijos etapuose, pateikiamos rekomendacijos informacijos detalumui ir atsakomybėms; pateikiami rekomenduojami Nacionalinio statybos informacijos klasifikatoriaus pritaikymo skydinės renovacijos sprendiniams pavyzdžiai; pateikiamos informacijos pateikimo specifikacijos formavimo rekomendacijos;
- skyriuje „**10. Apibendrinimas**“ pateikiama šio vadovo santrauka;
- skyriuje „**11. Pilotiniai modeliai**“ pateikiami trijų senos statybos daugiabučių pastatų renovacijos skydais sprendinių brėžiniai, pastatų renovacijos alternatyvų energetinės bei skaičiuojamosios kainos analizės bei IFC formato modeliai.

1.2. Metodologija

Ataskaita parengta vadovaujantis Projekto 8-osios užduoties ataskaita, kuri apima renovacijos skydais gerosios patirties tarp projekto partnerių Austrijoje, Airijoje ir kitose ES šalyse narėse analizę, Lietuvoje daugiabučių gyvenamųjų namų renovacijai taikomų techninių reikalavimų bei organizacinių ypatumų apžvalgą bei atsižvelgiant į statybos sektoriaus dalyvių interviu metu identifikuotas renovacijos skydais spragas ir iššūkius. Rengiant ataskaitą taip pat buvo atliekamas tyrimas analizuojant egzistuojančių ES ir Lietuvos skydų gamintojų techninius sprendinius bei praktiką, aprašytos taikomos statybos srities skaitmenizavimo technologijos, apimančios pastatų informacijos valdymo (BIM) darbo eigą, vykdytos vidinės konsultacijos tarp projekto tyrėjų bei konsultacijos su išorės suinteresuotomis šalimis praktinių seminarų metu.

2. Atitvarų apšiltinimo skydais technologijos apžvalga

Atitvarų apšiltinimas skydais (skydinė renovacija, šiltinančių skydų naudojimas) – viena iš naujausių atitvarų šiluminės būklės pagerinimo technologijų, pasižyminčių aukšta galutinio rezultato kokybe, spartesniais darbų procesais statybos aikštelėje, galimybe išplėsti esamo pastato erdves, įdiegti naujas inžinerines sistemas (dažniausiai – mechaninio vėdinimo) bei turinčia visas prielaidas konkurencingai renovacijos kainai.

Skydinės renovacijos technologijai keliami šie pagrindiniai uždaviniai, kurie tiesiogiai siejami su ES pastatų dekarbonizacijos politika⁶:

- paspartinti daugiabučių gyvenamųjų renovaciją, kuri leistų sumažinti pastatų eksploatacinį anglies dvideginio pėdsaką,
- pasiūlyti daugiabučių gyvenamųjų namų renovacijos technologiją, kuri sukurtų mažesnį, lyginant su tradicinėmis šiltinimo ir renovacijos technologijomis, įkūnytojo anglies dvideginio pėdsaką.

Pirmasis tikslas siejamas su spartesniais ir efektyvesniais skydinės renovacijos procesais, kurie naudoja skaitmeninės statybos principus: efektyvų pradinių duomenų surinkimą, aukšto detalumo lygio projektavimą, statybos informacijos klasifikavimą, sukurtų duomenų mainus tarp statybos proceso dalyvių ir kt.. Šis renovacijos būdas taip pat turi privalumų, būdingų standartizuotai gamybai: tikslesnis, geresnės kokybės, mažiau jautrus darbuotojų kvalifikacijai statybos produktų kūrimas, o taip pat jis sutrumpina statybos darbų trukmę objekte: mažiau nepatogumų namo gyventojams, mažesnės darbo sąnaudos. Visi šie veiksniai turėtų sąlygoti greitesnę, efektyvesnę ir pigesnę pastatų renovaciją. Siekiant antrojo tikslo, nagrinėjama galimybė renovacijai naudoti kuo daugiau augalinės kilmės organinių medžiagų, kurių poveikis klimatui yra neutralus arba mažesnis nei tradicinių renovacijai naudojamų medžiagų, ir kurių poreikį gali užtikrinti vietinė rinka, tuo dar labiau sumažinant statybos produkto sukurtą anglies dvideginio pėdsaką dėl transportavimo.

Skydinė renovacija yra atitvarų apšiltinimo technologija, kai esamos atitvaros apšiltinamos pritvirtinant prie jų gamykloje pagamintą dėžinės konstrukcijos skydą, kuris atitinka renovacijos sprendiniams keliamus esminius statinio reikalavimus (šiluminių savybių, mechaninio stabilumo, gaisrinės saugos ir kt.). Šios technologijos esminis elementas – gamykloje pagamintas individualiems pastato matmenims pritaikytas sienos ir/arba stogo skydas, kurį sudaro skydo rėmas, šiltinantis užpildas, išorės apdaila, tvirtinimo sistema bei kiti sluoksniai, kurie būtini esminių statinio reikalavimų įgyvendinimui. Sienos skydas dažniausiai gaminamas jau gamykloje sumontuojant reikiamų matmenų langus. Skydinės renovacijos metu galima padidinti langų plotą, nekeičiant lango pločio, tačiau tokiu atveju renovacija būtų susijusi su didesniais pakeitimais ir pastato viduje. Taikant skydinę technologiją, dalis anksčiau statybos aikštelėje vykdytų darbų tam tikra prasme perkeliama į skydų gamyklą, o darbų statybos aikštelėje sumažėja, sutrumpėja statybos laikas.

2.1. pav. Sienos skydo gamyba gamykloje (projekto "E2ReBuild" nuotrauka)



⁶ Renovacijos banga Europoje: pastatų ekologizavimas, darbo vietų kūrimas ir gyvenimo gerinimas

2.2 pav. Sienos apšiltinimo skydo montavimas daugiabučio gyvenamojo namo fasade Estijoje⁷



Ašiltinimo skydais technologija jau išbandyta daugelyje Europos sąjungos šalių. Čia pateikiami įvairių tipų pastatų, apšiltintų skydais, pavyzdžiai:

- 1971 metais statytas 4 butų gyvenamasis namas Vokietijoje, Liudvigsburge (2.3. pav.) – šio pastato sienų šiltinančiuose skyduose buvointegruoti ir mechaninio vėdinimo sistemos komponentai;
- 1975 metais statytas 8 butų gyvenamasis namas Norvegijoje, Osle;
- 79 butų pastatų komplekse 15 butų korpusas apšiltintas taikant skydus, likę butai – tradicines apšiltinimo technologijas, Olandijoje, Suste;
- 1967 metais statytas 200 m² ploto gyvenamasis namas Latvijoje, Cėsyje;
- 1986 metais statytas 80 butų gyvenamasis namas Estijoje, Taline.

Kadangi didžioji dalis šių projektų yra įgyvendinta gavus Europos Sąjungos ar kitų fondų paramą, visuomenei yra prieinama vaizdinė medžiaga, kuri padeda susipažinti su skydine renovacija, stebint gamykloje bei statybos aikštelėje vykdomus procesus. Nuorodos į vaizdo medžiagą (vaizdo medžiagoje matomi konkrečių gamintojų prekiniai ženklai nėra vienintelis galimas naudoti ar šio vadovo rengėjų siūlomas sprendimas):

- <http://www.4rineu.eu/demo-oslo/>,
- <http://www.4rineu.eu/demo-soest/>,
- <https://youtu.be/TXExUJFWTeM>,
- <https://youtu.be/pPvlf9-G290>,
- https://www.youtube.com/watch?v=1uYkCafYh-0&list=PLEou9OqBN8AoSBfmyj-_MKCmLHSj7_ctl&index=3&t=4s.

Iš pilotinių projektų pavyzdžių matoma, kad skydinės renovacijos technologija gali būti taikoma ir kompleksiškai visam pastatui (sienoms ir stogui), ir tik tam tikroms atitvaroms (dažniau – sienoms) apšiltinti. Taip pat daugeliu atveju apšiltinimo skydas tarnauja tik kaip atitvarą šiltinantis komponentas, bet tam tikrais atvejais į juos galima integruoti inžinerines sistemas (ortakius, elektros kabelius, nedidelius įrenginius).

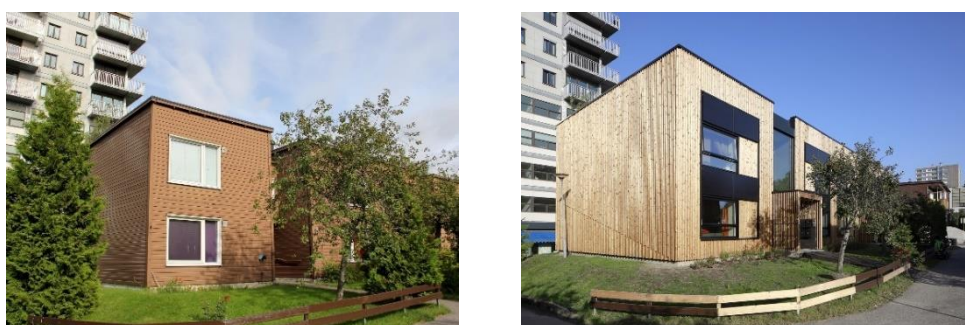
Apšiltinimą skydais rekomenduojama taikyti paprastesnių geometrinių formų masyvių konstrukcijų (gelžbetonio, mūro) pastatams, taip pat individualiais atvejais sienos apšiltinimui galima derinti skydines ir tradicines apšiltinimo technologijas (dalyje fasado įrengiant tinkuojamą arba vėdinamą sistemą).

⁷ Renovation of apartment buildings with prefabricated modular panels. Kalle Kuusk, Peep Pihelo, and Targo Kalamees. E3S Web of Conferences 111, 03023 (2019) CLIMA 2019.

2.3 pav. Skydais apšiltintas 4 butų pastatas, kairėje – vaizdas prieš renovaciją, dešinėje – po renovacijos⁸



2.4 pav. Skydais apšiltintas 8 butų pastatas, kairėje – vaizdas prieš renovaciją, dešinėje – po renovacijos⁹



2.5 pav. Skydais apšiltintas 15 butų korpusas 79 butų pastate, kairėje – vaizdas prieš renovaciją, dešinėje – po renovacijos¹⁰



2.6 pav. Skydais apšiltintas 200 m² ploto pastatas, kairėje – vaizdas prieš renovaciją, dešinėje – po renovacijos¹¹



2.7 pav. Skydais apšiltintas 80 butų pastatas, kairėje – vaizdas prieš renovaciją, dešinėje – po renovacijos¹²



Lietuvoje daugiabučiuose gyvenamuosiuose pastatuose vyrauja sutapdinto stogo tipas, kai stogo nuolydis neviršija 7°, o lietaus ir dėl sniego tirpsmo susidarančios nuotekos nuvedamos vidine lietaus nuotekų sistema, kai šios sistemos įlajos ir stovai išdėstomi pastato viduryje, laiptinių zonose. Norint stogą apšiltinti skydais, stogo tipas gali būti išlaikomas sutapdintas arba keičiamas į šlaitinį, tačiau remiantis šiuo metu išbandytais technologijomis, lietaus nuotekų nuvedimo sistema visada keičiama į išorinę sistemą su lietaus nuvedimo latakais bei nuotekų stovais pastato išorėje. Keičiant stogo tipą į šlaitinį tarp esamo stogo ir šiltinančio skydo atsiranda papildoma erdvė, kurią galima išnaudoti inžinerinėms sistemos arba papildomo aukšto įrengimui.

Dar vienas pastato elementas, dėl kurio sprendimus turi priimti pastato savininkai, – balkonai ir lodžijos. Senos statybos pastatuose vyrauja konsolės tipo balkonai, kurie komplikuoja skydo montavimo darbus, todėl šio tipo konstrukcija keičiama atliekant konsolės tipo balkono perdangos išmontavimą bei pristatomo tipo balkono konstrukcijos su atskiru pamatu įrengimą. Skydinės renovacijos metu lodžijos dažniausiai yra paverčiamos vidinėmis šildomomis patalpomis, taip padidinant butų plotus. Tai dažnu atveju yra patrauklu būsto savininkams. Šiuo atveju svarbu įvertinti, kad didinant šildomą plotą, pabaigus darbus turi būti rekonstruojama ir pastato šildymo sistema bei atliekami nauji kadastriniai matavimai. 2.8 pav. parodytas pastato Estijoje sprendimas, kur lodžijos buvo paverstos vidinėmis šildomomis patalpomis, o toje pačioje fasado vietoje įrengti pristatomų konstrukcijų balkonai. Tokio tipo renovacija laikoma esmine, nes turi apimti ne tik išorinio pastato apvalkalą, bet ir inžinerinių sistemų pokyčius.

⁸ https://cordis.europa.eu/docs/results/314/314461/20160930_iNSPiRe_FinalPublishableSummary.pdf

⁹ <http://www.4rineu.eu/demo-oslo/index.html#>

¹⁰ <http://www.4rineu.eu/demo-soest/>

¹¹ <https://www.more-connect.eu/demonstration-project/latvia/>

¹² <https://www.more-connect.eu/demonstration-project/pilot-homes-estonia/>

2.8 pav. Pastato lodžių ir balkonų renovacijos sprendimas taikant skydinę technologiją su pristatomais balkonais, kairėje – vaizdas prieš renovaciją, dešinėje – po renovacijos¹³



¹³ https://www.drive0.eu/demo_cases/case-5-apartment-building-saue/

3. Pastato techninės būklės vertinimas

Pastato savininkams apsisprendus dėl pastato renovacijos ir preliminarinių jos sprendinių, renovacijos proceso valdymą perima pastato renovacijos administratorius. Renovacijos administratoriumi gali būti daugiabučio gyvenamojo namo bendrijos pirmininkas, daugiabutį administruojanti įmonė arba įmonė, teikianti tokio tipo paslaugas.

Pirmas techninis renovacijos proceso uždavinys, kurio eigą tikslinga kontroliuoti statybos sritį išmanančiam būsto savininkų atstovui – dažniausiai renovacijos administratoriui, tai pastato būklės įvertinimas. Pastato būklė turi būti vertinama keliais aspektais:

- pastato atitvarų šiluminės būklės analizė;
- pastato sandarumo analizė;
- pastato mechaninių savybių būklės analizė;
- pastato geometrijos analizė;
- pastato aplinkos analizė.

Tam, kad parinkti šiltinimo sprendinius, būtinas pastato atitvarų šiluminės būklės įvertinimas. Todėl svarbu kuo tiksliau nustatyti esamus konkretaus pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientus. Ši informacija reikalinga renovacijos projektuotojams, taip pat ji leis formuoti objektyvius pastato savininkų lūkesčius apie galimus energijos sąnaudų sutaupymus po renovacijos.

Mechaninių savybių būklės analizė apima pastato pagrindų bei laikančiųjų konstrukcijų analizę, kurią atlikus pateikiama išvada dėl pastato tinkamumo skydinei renovacijai, dėl paviršių stiprumo skydų tvirtinimui tipiniais sprendiniais. Ši analizė taip pat patikslina informaciją apie pastato konstrukcinę schemą, kuri aktuali stogo laikančiųjų konstrukcijų parinkimui, stogo santvarų išdėstymui, temperatūrinių siūlių vietoms ir kt. Sienų apšiltinimas skydais taikytinas tik tokiu atveju, kai išorinės pastato sienos yra laikančiosios, savilaikių išorinių sienų atveju taikytinas išorinių sienų pakeitimas į skydinę konstrukciją.

Pastato geometrijos analizės tikslas yra dvejopas: pirmiausia - įvertinti ar esamo pastato sienų plokštumų nuokrypiai nėra per dideli skydinės renovacijos sprendiniams, antra – sukurti pradinę informaciją apie esamo pastato geometriją, kuri bus vėliau naudojama renovacijos projektavimo, skydų gamybos procesuose.

Pastato aplinkos analizė reikalinga statybos darbų vykdymo preliminariam planavimui – kadangi dažniausiu atveju visi skydinės renovacijos montavimo darbai vykdomi montuojant tiesiogiai nuo autotransporto, turi būti įvertinti galimi jo judėjimo keliai, maksimalūs gabaritai ir pagal tai vėliau parenkami projektiniai sprendiniai (maksimalus skydo dydis).

Išsamios informacijos apie pastatą surinkimas leidžia išvengti daugelio ekonominio skaičiavimo klaidų, projektavimo ir gamybos klaidų, brangiai kainuojančių lauko darbų ir pan. Apskaičiuota, kad geriau užfiksavus esamą būklę galima sutaupyti nuo 2 iki 5 proc. visų projekto sąnaudų¹⁴.

3.1. Atitvarų šiluminės būklės analizė

Atitvarų šiluminės būklės įvertinimas leidžia tiksliai prognozuoti galimus sutaupymus po pastato atitvarų apšiltinimo bei investicijų į renovaciją grąžą. Esamas pastato atitvaras galima įvertinti keliais būdais, priklausomai nuo turimo pradinės informacijos kiekio, lūkesčių rezultatų tikslumui bei šiam įvertinimui skiriamų lėšų. Aktualūs atitvarų šiluminės būklės rodikliai: atitvaros šilumos perdavimo koeficientas U ($W/(m^2 \times K)$), ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientas ψ ($W/(m \times K)$), skaidrioms atitvaroms ir įstiklinimo visuminės saulės energijos praleisties koeficientas g bei oro skverbis G ($m^3/(m^2 \times h)$).

¹⁴ <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/287313.pdf>

Kai nėra informacijos apie esamų atitvarų medžiagų tipus, medžiagų savybes, atskirų atitvaros sluoksnių storius, atitvaros sluoksnių sujungimo/tvirtinimo būdus, senos statybos gyvenamosios paskirties pastato atitvarų šiluminės savybės gali būti vertinamos pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 5 ir 6 prieduose pateikiamas vertės¹⁵ (aktualių rodiklių santrauka pateikiama 3.1. ir 3.2. lentelėje). Ilginių šiluminių tiltelių savybių įvertinimas, net ir nesant informacijos apie konstrukcijas, turi remtis vertinančio specialisto ekspertinėmis žiniomis, kurios paremtos bendrosiomis žiniomis apie pastatų konstrukcijas, senos statybos pastatuose taikytas technologijas ir pan. Taip pat ekspertinės žinos turi būti naudojamos įvertinant esamos perdangos virš nešildomo rūšio, rūšio sienų bei rūšio grindų konstrukcijas, nes apibendrintų įvertinimų šiems atitvarų tipams reglamente STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ nėra pateikiama.

3.1. lentelė. Senos statybos gyvenamosios paskirties pastato atitvarų šiluminės savybės (kai informacijos apie atitvaras nėra)

Atitvara	Šilumos perdavimo koeficientas U (W/(m²×K))
Gyvenamosios paskirties pastatų stogai iki 1992 m. pastatytuose pastatuose	0,85
Gyvenamosios paskirties pastatų perdangos, kurios ribojasi su išore , iki 1992 m. pastatytuose pastatuose	0,42
Gyvenamosios paskirties pastatų sienos iki 1992 m. pastatytuose pastatuose	1,27

3.2. lentelė. Senos statybos gyvenamosios paskirties pastato dažniausiai pasitaikančių ilginių šiluminių tiltelių šiluminės savybės (kai informacijos apie atitvaras nėra)

Ilginis šiluminis tiltelis	Šilumos perdavimo koeficientas ψ (W/(m×K))
Pastato pamatų ir sienos sandūra. Betoninės grindys ar perdanga. Pamatai ir (ar) sienos neapšiltinti	0,3
Stogo ir sienos sandūra. Stogas ir (ar) siena neapšiltinti	0,3
Tarp lango, stoglangio, švieslangio, kitos skaidrios atitvaros, durų, vartų rėmo ir plytų ar blokelių mūro	0,2
Balkonų grindų ir sienos sandūra. Grindų gelžbetoninė plokštė kerta išorinę sieną. Grindų gelžbetoninė plokštė neapšiltinta arba apšiltinta ne iš visų pusių	0,45
Su išore besiribojančios perdangos ir sienos sandūra. Gelžbetoninės perdangos ir sienos termoizoliaciniai sluoksniai nesusisiekia	0,3
Sienos išorinis kampas	0
Sienos vidinis kampas. Termoizoliacinio sluoksnio nėra	0,3

Langų tipo (rėmo medžiagiškumas, įstiklinimo tipas) nustatymas atliekamas apžiūrint pastatą, atliekant fotofiksacijas arba naudojant fotogrametrijos būdu sukurtą vizualinę medžiagą (modelį). Pagal nustatytas lango savybes iš STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 4.1 lentelės „Langų ir stoglangių šiluminių techninių rodiklių vertės pastatų energinio naudingumo skaičiavimams“ parenkamas artimiausias lango tipas bei jam priskirtos savybės.

Kai žinomas sienos medžiagiškumas, storis ir oro tarpo buvimas/nebuvimas, sienos šilumos perdavimo koeficientas gali būti įvertinamas tiksliau, naudojant STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio

¹⁵ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185/asr>

naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 5 priede „Labiausiai paplitusių atitvarų tipų šiluminiai techniniai parametrai pastatų energinio naudingumo skaičiavimams“ pateikiamas savybes. Pagal paminėtus žinomus duomenis identifikuojamų sienų šilumos perdavimo koeficientai svyruoja nuo 0,88 iki 1,65 W/(m²×K).

Kai žinomi tikslūs atitvarų medžiagų sprendiniai, sluoksnių storiai, tankiai ir kiti reikalingi duomenys, atitvaros šilumos perdavimo koeficientas nustatomas pagal bendrai STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 2 priede „Pastato energinio naudingumo įvertinimo metodika“ II skyriuje „Atitvaros šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas“ aprašytą metodiką.

Kaip papildoma informacija gali būti naudojamas faktinis tam tikros atitvaros šilumos perdavimo koeficiento matavimas, tačiau šis metodas yra sąlyginai brangus, užimantis daug laiko bei suteikiantis informacijos tik apie šilumines savybes atitinkamose matavimo vietose, todėl naudojamas labiau kontrolės tikslais. Esamų atitvarų šiluminį nevienalytiškumą galima įvertinti taikant termovizinio matavimo metodą (atliekamas pagal standartą EN ISO 6781-1 „Pastatų eksploatacinės charakteristikos. Šilumos, oro nuotėkio ir drėgmės netolygumų pastatuose aptikimas infraraudonosios spinduliuotės metodais“). Šiluminis nevienalytiškumas geriau stebimas šaltuoju metų laikotarpiu, kuomet skirtumams tarp vidaus bei lauko oro temperatūrų, laikotarpiu ir suteikia daugiau informacijos apie atskirų atitvarų vietų šiluminių savybių nuokrypį nuo bendros tendencijos, todėl bendram pastato šiluminės būklės įvertinimui netaikytinas.

Nustačius skaičiuojamuosius esamo pastato energijos balanso rodiklius, aktualu juos palyginti su pastato energijos vartojimo istoriniais duomenimis. Nors čia galimos didelės paklaidos (iki kelių kartų), tačiau šis įvertinimas leidžia pastato savininkams susidaryti realesnius lūkesčius apie galimus energijos sutaupymus renovavus pastatą.

3.2. Pastato sandarumo analizė

Pastato sandarumas užtikrina ir mažesnes energijos sąnaudas, ir higienišką patalpų aplinką. Nors teoriškai į patalpas patenkantis oras gali būti traktuojamas kaip natūralaus vėdinimo proceso dalis, tokio tipo vėdinimas yra nepageidaujamas. Nesandariame pastate oras patenka į patalpas per mikroplyšius, patenka nuolat ir taip šaltuoju laikotarpiu atšaldo tam tikras atitvarų vietas iki žemesnės nei „rasos taško“ temperatūros. Kai patalpoje atitvaros vidinėje pusėje susidaro žema temperatūra, toje vietoje kondensuojasi drėgmė, pradeda formuotis pelėsis. Pastato sandarumas turi būti užtikrinamas sukuriant sandarų apvaskalą iš vidinės patalpų pusės, tačiau sandarus išorinis apvaskalas taip pat gali padidinti pastato sandarumą. Pastato sandarumo tyrimas aktualus siekiant nustatyti ar reikia imtis papildomų priemonių pastato sandarumo padidinimui. Vadovaujantis STR 2.04.01:2018 „Pastatų atitvaros. Sienos, stogai, langai ir išorinės įėjimo durys“, šiltinantiems skydams nėra keliamas reikalavimas padidinti pastato sandarumą. Renovuojamo pastato sandarumas turi būti užtikrintas sandarinant esamas pastato atitvaras, o šiltinančių skydų įrengimas šio sandarumo turi nesumažinti..

Pastato sandarumas įvertinamas matavimais, kurie atliekami pagal standartą EN 9972 „Šiluminės pastatų charakteristikos. Pastatų pralaidumo orui nustatymas. Ventilatorinis slėgių skirtumo metodas“. Šiuos matavimus gali atlikti tik akredituotos įstaigos¹⁶. Nustačius mažą pastato sandarumo rodiklį ($n_{50,N} > 1,00$ 1/h) rekomenduojama atlikti apžiūrą termovizoriais (galima tik šaltuoju metų laikotarpiu) arba naudojant anemometrą, siekiant nustatyti nesandarias pastato vietas. Jei kaip problematiškiausios vietos identifikuojamos langų/sienos sandūros arba lango varčios/rėmo sandūra, ši problema išsprendžiama sumontavus šiltinantį sienos skydą su naujais langais bei įrengus naują vidinio angokraščio apdailą, o papildomų sandarinimo darbų imtis nereikia. Jei pastebimas nesandarumas tarpblokinėse siūlėse, tokio konstrukcinio mazgo sandarinimas turi būti atliktas prieš apšiltinimą skydais ir tai reikia numatyti iš anksto bei įtraukti į renovacijos darbų planą.

¹⁶ <http://db.nab.lt/ais/accreditation>

STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ aprašo metodiką, pagal kurią sandarumo rodiklis senos statybos pastatams gali būti nustatomas pagal langų ir durų orinio laidžio savybes, tačiau tai yra teorinis skaičiuojamasis dydis ir jis nepadaeda identifikuoti pastato nesandarių vietų. Siekiant ištirti realaus pastato sandarumo savybes, turi būti atliekamas natūrinis bandymas (sandarumo testas) pagal aukščiau nurodytą standartą.

Pastato atitvarų nesandarumai (trūkiai tarpblokinėse siūlėse, mūre, stambiaplokščio bloko trūkiai) gali būti nustatomi ir mechaninių savybių būklės įvertinimo metu arba vykdant apžiūrą termovizoriumi šaltuoju metų laikotarpiu, tačiau tokio tipo analizė remiasi analizę atliekančio specialisto ekspertinėmis žiniomis ir nėra standartizuota, bet gali pasitarnauti kaip papildomas argumentas planuojant priemones sandarumui padidinti.

3.3. Mechaninių savybių būklės analizė

Pastato apšiltinimas skydais yra vienas iš labiausiai pastatų apkraunančių apšiltinimo sprendinių, todėl prieš priimant sprendimą taikyti šią technologiją, rekomenduojama atlikti pastato konstrukcijų ir pagrindų techninės būklės įvertinimą, atliekant dalinę statinio ekspertizę. Skydinės renovacijos atveju, statinio dalinė ekspertizė atliekama statinio naudotojo atstovo pageidavimu. Pastato naudotojo atstovas parengia ekspertizės užduotį ir pateikia ekspertizės rangovui ekspertizei atlikti reikalingus duomenis. Ekspertizė atliekama STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“ nustatyta tvarka.

Pastato techninės būklės įvertinimo užduotyje reikia formuoti užduotį patikrinti pastatą pagal 2011 m. kovo 9 d. Europos Parlamento ir Tarybos Reglamento (ES) Nr. 305/2011 bei STR 2.01.01(1):2005 „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“ reikalavimus, vertinant, kad pastatas bus apkraunamas didesne nei projektine apkrova. Pastato techninės būklės įvertinimą gali atlikti įmonės, atestuosios būti statinio ekspertizės rangovais. Pastato konstrukcijų techninės būklės įvertinimas yra atliekamas vertinant pastatą ekspertinių žinių pagrindu, neatliekant tyrimų. Pastato konstrukcijų techninės būklės įvertinimo išvadoje gali būti pateikiamos rekomendacijos pastato konstrukcijų sustiprinimui arba papildomų tyrimų atlikimui. Atliekant pastato techninės būklės įvertinimą turi būti tikrinama ar pastato konstrukcijos ir pagrindai yra pakankamai stiprūs atlaikyti papildomą 60-70 kg/m² šiltinančio skydo savąjį svorį, vertinant, kad šiltinantis skydas yra savilaikė konstrukcija ir kad skydas gali būti tvirtinamas prie esamo pastato sienos atitraukiant jį vidutiniškai 4 cm.

Tikslesnis šiltinančio skydo svoris turi būti vertinamas pagal sertifikuoto skydo gamintojų pateikiamus techninius duomenis. Principinė konstrukcinė tvirtinimo schema bei svoris, tenkantis vienam tvirtikliui, turi būti projektuojami pastato projekto konstrukcinėje dalyje. Šiame projektavimo etape gali iškilti poreikis statinio konstrukcijų ekspertizei, jei pagal statinio konstrukcijų techninės būklės įvertinimą projektuotojas negalės parinkti projektinių sprendinių. Statinio konstrukcijų ekspertizės metu pagal poreikį atliekami natūriniai tyrimai, atsparumo, pastovumo, kiti laboratoriniai bandymai ir skaičiavimai.

3.4. Pastato geometrijos analizė

Pastato techninės būklės vertinimo metu reikia surinkti duomenis apie esamą pastato geometriją. Šio tyrimo pirminis tikslas yra identifikuoti nuokrypių nuo sienų vertikalios plokštumos dydį, kas yra reikšmingas rodiklis taikant skydinę renovaciją. Remiantis dabartinėmis skydų gamybos technologijomis, toks nuokrypis neturėtų viršyti 7 cm, tačiau kiekvienas skydo gamintojas gali teikti ir kitokias rekomendacijas, priklausomai nuo gaminamo skydo konstrukcijos.

Pagrindinės pastato ir jo aplinkos geometrinių matavimų vietos, taškai ir zonos, kurioms reikėtų skirti išskirtinį dėmesį skydinės renovacijos atveju, yra šios¹⁷:

- fasadų aukštis ir plotis (išorinės briaunos ir kampai);

¹⁷ Adaptuota pagal TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope

- karnizo ir stogo iškyšos;
- langų angų vieta ir matmenys;
- konstrukcinių dalių aukštis ir vieta, kuriomis remiantis elementai bus tvirtinami prie sienos;
- probleminės vietos: fasado paviršiaus nelygumai (įskaitant nelygumus ar didesnes skyles), išlenkimai ir nuožulnios sienos (nuo vertikalės nukrypusios sienos);
- pastato perimetro reljefo sąlyginės altitudės;
- georeferenciniai aukščiai ir koordinatės (altitudės ir koordinatės ant pastato ir jo aplinkoje reikalingu žingsniu), kuris reikalingas 3D modeliui taikant fotogrametrijos ar LiDAR technologijas.

Pastato geometrijos nužymėjimo technologijos ir metodai

Esamo pastato geometrijai nužymėti įprastai taikomi tradiciniai geodeziniai metodai, tokie kaip matavimas tradiciniais geodeziniais prietaisais (nivelyru, teodolitu). Kitas, tačiau pažangesnis šio tipo metodas yra tacheometrija, kuomet tacheometru (3.1. pav.) tuo pačiu metu matuojamas atstumas, aukščių skirtumas ir kampas, o visa informacija iš karto skaitmenizuojama į atitinkamą formatą tolimesniam duomenų apdorojimui. Visais įprastinių geodezinių matavimų atvejais duomenys vėliau apdorojami specializuotais programiniais paketais bei sukuriamas esamos situacijos (pastato, aplinkos) 2D brėžinys, schema ar 3D modelis. Neskaitant statybos projektuose įprastai taikomų tradicinių geodezinių matavimų, kurių pagrindu parengiami topografiniai planai, kadastriniai matavimai ar geodezinės nuotraukos, skydinei renovacijai rekomenduojama pasitelkti inovatyvias technologijas surenkant duomenis apie esamo pastato ir jo aplinkoje esančių objektų geometriją.

3.1. pav. Tacheometras¹⁸



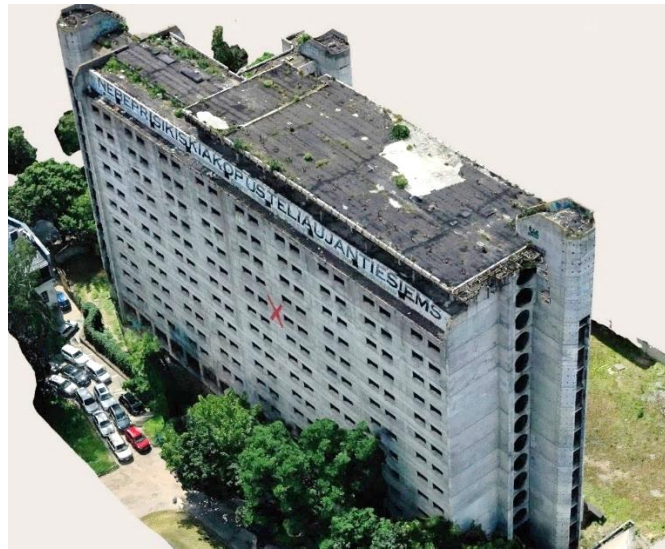
Viena technologijų, ypač aktualių skydinės renovacijos projekto atveju, yra fotogrametrija. Pastaroji paremta iš nuotraukų sugeneruoto 3D geometrinio modelio sukūrimu, o šio modelio tikslumas gali siekti apie 5 mm. Užstatytos aplinkos fotogrametrija atliekama bepiločių orlaivių pagalba, surenkant fotofiksacijas pagal iš anksto nustatytą skrydžio planą ir metodiką, tačiau pagal poreikį papildant kitais prietaisais atliekamomis fotografijomis. Siekiant išgauti projekte reikalaujamą tikslumą, svarbu atlikti fotofiksacijų geokoordinavimas vietovėje, pasinaudojant tradiciniais geodeziniais prietaisais, atliekant pažymėjimus, taip vadinamus žemės taškus (GCP – Ground Control Points). Jų skaičius, išdėstymas vietovėje priklauso nuo konkretaus objekto, jo dydžio ir kitų charakteristikų. Kitas svarbus aspektas yra fotogrametrinio modelio raiška, kuri įprastai siekia 3-4 cm vienam px (pikseliui) skenuojant didesnes teritorijas.

Skydinės renovacijos atveju, atsižvelgiant į projekto ir skydų gamintojo reikalavimus, reikėtų orientuotis į aukštesnę modelio raišką (pvz. 0,5 cm/px). Aukštesnė modelio raiška ir tikslumas bendruoju atveju priklauso nuo fotokamerų raiškos, žemės taškų, nuotraukų persidengimo, skrydžio aukščio (bepiločių orlaivių panaudojimo atvejais) ir net oro sąlygų.

Fotogrametrijos rezultatas yra aplinkos 3D paviršius (angl. 3D mesh), reprezentuojamas ir pateikiamas skaitmeninio modelio formatu (pvz. 3sm, FBX, LODTree, .dae (Collada), kml ar kitais).

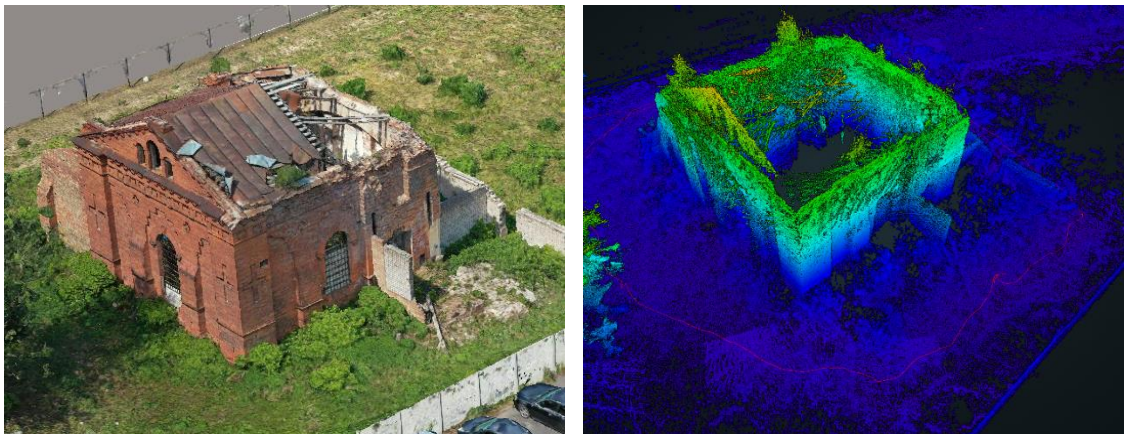
¹⁸ Visuotinė lietuvių enciklopedija. Šaltinis: <https://www.vle.lt/straipsnis/tacheometras/>

3.2. pav. Apleisto pastato fotogrametrinio 3D modelio vaizdas



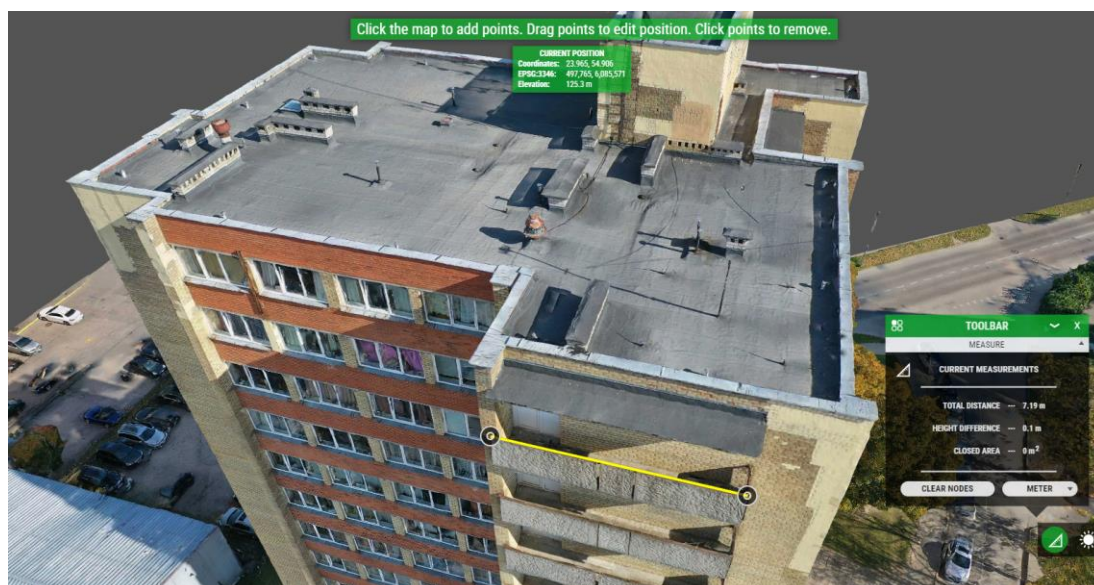
Kita aktuali technologija, kuri papildo fotogrametrijos trūkumus yra LiDAR. Tai lazerinio skenavimo technologija, pagrįsta principu nuskenuoti aplinką spinduliuojant lazeriu visomis kryptimis ir surenkant visų „matomų“ paviršių taškus. LiDAR technologijos rezultatas – taškų debesis (angl. point cloud), kuris gali būti sujungtas į 3D paviršių (angl. 3D mesh) ir papildyti fotogrametrinį modelį.

3.3. pav. Fotogrametrinio 3D modelio (kairėje) ir LiDAR taškų debesis (dešinėje) vaizdai



Esamo pastato paviršiaus 3D modelis, sukurtas taikant fotogrametrijos ir LiDAR technologijas, gali būti panaudotas projektuojant renovuojamo pastato konstrukcijas, inžinerines sistemas ar rengiant detalius gamyklinius modelius bei brėžinius.

3.4. pav. Bendrabočio tipo daugiabučio gyvenamo pastato fotogrametrinio 3D modelio vaizdas, įskaitant informaciją apie geometrinius matavimus ir geokoordinavimą.



Žvelgiant iš statinio gyvavimo ciklo (SGC) perspektyvos, šio tipo skaitmeninius modelius tikslinga rengti bent 2 kartus, prieš skydinės renovacijos projektą ir po jo, t. y. atlikus visus darbus ir pradėjus pastato naudojimą. Du skirtingų stadijų modelius siūloma sukurti dėl skirtingų SGC tikslų: pirmasis orientuotas į skydinių elementų gamybą ir montavimą, o antrasis - "taip pastatyta" informacijos papildymui jau įgyvendinus renovacijos projektą, ir būtų skirtas pastato naudojimo ir priežiūros tikslams.

Vertinant paminėtas pastato ir jo aplinkos geometrijos matavimų technologijas tikslinga apibrėžti jų taikymo apribojimus bei palyginti jų tarpusavio privalumus ir trūkumus. Skirtingų pastato geometrijos analizės technologijų palyginimas pateikiamas 3.3. lentelėje, kurioje nurodyti pastato skydinės renovacijos atvejui reikšmingi matavimų kriterijai. Vertinimas pateikiamas intervale nuo 0 iki 2, ir atitinkamai atspindi technologijos trūkumą (įvertis 0), privalumą (įvertis 2) arba vidutinį efektyvumą (įvertis 1) atitinkamam kriterijui.

3.3. lentelė. Pastato geometrijos matavimo technologijų palyginimas¹⁹

Kriterijai	Pastato geometrijos matavimų technologijos		
	Tradicioniai geodeziniai matavimai	Fotogrametrija	LiDAR – lazerinis skenavimas
Matavimo greitis	0	2	1
Įprastas rezultato detalumo lygis	0	2	2
Matavimo patikimumas	2	1	2
Tinkamumas pastato vidaus patalpų matavimams	2	0	2
Geometrinis tikslumas	2	1	2
Vektorizavimas (pamatuotų taškų konvertavimas į vektorius (pvz. linijas ar kt.)	2	1	1

¹⁹Adaptuota iš TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope

Matavimo rezultatų skaitmeninių duomenų formatai

Galutinis pastato ir jo aplinkos geometrijos matavimų rezultatas siejamas su atitinkamų skaitmeninių duomenų paketo (failo ar jų grupės) parengimu. Skaitmeniniai duomenys naudojami tolesniuose SGC etapuose, projektuojant, gaminant, montuojant ar prižiūrint pastatą.

Skaitmeninių duomenų formatų įvairovė yra gana plati ir priklauso nuo programinės įrangos, kuria yra parengiamas galutinis rezultatas. Tikslinga formatus panagrinėti pagal skyriuje aprašytas matavimų technologijas.

Tradicinių geodezinių matavimų pagrindu parengti duomenys įprastai būna pateikiami 2D aplinkoje, DWG, DXF ar kitais atviraisiais CAD technologijos (angl. Computer Aided Design) skaitmeninių duomenų formatais. Šie duomenys dažniausiai atspindi pastato aukštų ar stogo planus, fasadus, išsklotines, sklypo planus ir kitus 2D aplinkoje išreikštus su pastatu siejamus reikšmingus fragmentus.

Fotogrametrijos pagrindu parengti skaitmeniniai duomenys įprastai siejami su 3D modeliu, tačiau galimas ir 2D aplinkos rezultatas. Šiuo atveju duomenys surenkami ir apjungiami iš vertikaliai bepiločio orlaivio fotografuotų nuotraukų, kurios vėliau apjungiamos į vientisą junginį – ortofoto nuotrauką (planą). Fotogrametrijos pagrindu parengti 3D modeliai, priklausomai nuo taikomos programinės įrangos, gali būti pateikiami įvairiais 3D modelių formatais: 3sm, FBX, LODTree, dae (Collada), kml, glTF, GLB, STL, IFC, OBJ ir kitais. Konversijos tarp paminėtų 3D modelių formatų įprastai yra galimos. Tačiau konvertuojant išskirtinai geometrinius formatus (pvz. FBX) į papildytus semantika (pvz. IFC) ir atvirkščiai, galima susidurti su iššūkiais.

LiDAR technologijos pagrindu parengti skaitmeniniai duomenys interpretuojami kaip taškų masyvas (debesis), kuris savo prigimtimi yra panašus į fotogrametrijos pagrindu parengtą 3D modelį. Tipiniai taškų masyvo formatai yra PLY, LAS, E57, XYZ, RCP, OBJ, FBX, DXF, DSM ir kiti.

Matavimai pagrindu parengtus skaitmeninius duomenis reikėtų atskirti nuo semantinių duomenų formatų, kurie naudojami BIM aplinkoje. Semantiniai duomenų formatai, tokie kaip IFC, perteikia BIM programine įranga sumodeliuotą pastatą, išskiriant kiekvieną jo elementą, priskiriant atitinkamus atributus su jų klasėmis ir savybėmis. Tačiau fotogrametrijos ir LiDAR modeliai gali būti panaudoti kaip referenciniai modeliai modeliuojant BIM aplinkoje, t. y. projektuojant absoliučiai tikslios geometrijos elementus, tokiu būdu atsižvelgiant į esamą padėtį (pamatuotą geometriją).

Išbandant naują technologinę matavimų seką patartina pasirinkti kontrolinį pastatą, kuriam matavimai gali būti atlikti tiek tradiciniais, tiek pvz., fotogrametrijos metodais. Įsitikinus, kad didesnę spartą garantuojanti fotogrametrijos technologija užtikrina reikiamą tikslumą, patikrintus matavimų principus galima taikyti kitiems pastatams, kvartalams.

Kompetencijų poreikis

Nagrinėjant esamo pastatų geometrijos matavimus skydinės renovacijos atveju iš kompetencijų perspektyvos, tikslinga paminėti, kad matavimus turi atlikti minėtų technologijų supratimą ir tinkamus valdymo įgūdžius turintis asmuo. Įprastiniai geodeziniai matavimai atliekami geodezininkų, matininkų, tačiau fotogrametrijos ir LiDAR technologijos reikalauja specifinių kompetencijų, tokių kaip bepiločių orlaivių valdymo, skrydžio plano sudarymo ar kitos mobilios technikos valdymo įgūdžių, kuri gali būti naudojama duomenų surinkimui. Pažangioms technologijoms taip pat reikalingi tradiciniai geodeziniai matavimai (pvz. georeferencinių taškų sukūrimui), todėl tikslinga šių technologijų taikymą patikėti geodezininkams ar giminingų sričių profesionalams.

Vėlesniuose SGC etapuose, kuomet duomenys bus panaudojami projektuotojų, rengiant techninius ir darbo projektus, gamyklinius sprendinius, reikalingas atitinkamų kompetencijų poreikis minėtiems proceso dalyviams. Esminiai įgūdžiai būtų darbas BIM aplinkoje, gebėjimas įsikelti ir apdoroti

matavimų duomenis bei jų pagrindu parengti projektinius sprendimus. Priklausomai nuo projektavimui taikomos programinės įrangos, kuri dirbant BIM aplinkoje įprastai priklauso nuo konkrečios projekto dalies ar atliekamų funkcijų, gali kilti poreikis konvertuoti ar kitaip apdoroti skaitmeninius duomenis.

Geometrinių duomenų surinkimas statinio gyvavimo cikle

Žvelgiant į pastatų geometrijos matavimų rezultato poreikį statinio gyvavimo ciklo procesuose, svarbu duomenis surinkti dar prieš pradedant projektavimo darbus, t. y. planavimo etape, galimybių formavimo stadijoje (S1)²⁰. Taip užtikrinama, kad tolimesni etapai (projektavimo, gamybos, statybos) bus atliekami tikslių pastato geometrijos analizės duomenų pagrindu. Tai aktualu tiek rengiant techninį ir darbo projektus, tiek gaminant ar montuojant skydinius elementus.

Projektinių pasiūlymų rengimo (S2), techninio projektavimo (S3) ar darbo projekto rengimo (S4) stadijose, tradicinių geodezinių matavimų, fotogrametrijos ir LiDAR technologijų pagrindu sukurtus modelius ar brėžinius tikslinga panaudoti modeliuojant BIM aplinkoje. Šiuo atveju esamo pastato geometrijos modelis importuojamas į atitinkamą BIM programinės įrangos aplinką kaip referencinis, kurio pagrindu toliau atliekami projektavimo veiksmai. Jeigu projekte taikomos klasikinės CAD (kompiuterinio braižymo) technologijos, tai taipogi suderinama su paminėtų matavimų rezultatų panaudojamumu, tačiau gali būti ir įvairių apribojimų priklausomai nuo taikomos programinės įrangos.

Vėlesniuose SGC etapuose, esamo pastato geometrijos matavimų rezultatų panaudojamumas mažiau tikėtinas, tačiau taip pat yra galimas priklausomai nuo poreikio.

3.5. Pastato aplinkos analizė

Atsižvelgiant į tai, kad skydinė renovacija efektyviausiai vykdoma montuojant skydus nuo autotransporto bei tai, kad šiltinantys skydai yra sąlyginai didelių matmenų, prieš priimant sprendimą dėl skydinės renovacijos, jos administratorius turėtų įvertinti renovuojamo pastato aplinką. Preliminariai aplink pastatą turėtų būti ne mažiau kaip 6 m pločio laisva erdvė, kurios poreikis tiksliau įvertinamas projektavimo etape. Vertinant laisvą erdvę aplink pastatą, svarstyti galimybė pasinaudoti ir gretimais sklypais, gauti preliminarinius gretimų sklypų savininkų sutikimus. Kartais gretimi sklypai gali būti reikalingi ne tiesiogiai autotransporto judėjimui ar statybinių medžiagų sandėliavimui, bet statybos darbų vykdymo metu gali tarnauti kaip laikinai riboto naudojimo pavoingos zonos, kurios suformuojamos vykdant didelių matmenų elementų (šiuo atveju šiltinančių skydų) montavimą dideliame aukštyje.

²⁰ [Statinio gyvavimo ciklo procesai ir jų veiklos modelis. BIM-LT projektas, 2023.](#)

4. Investicijų planavimas

4.1. Renovacijos metu diegiamos priemonės

Pastatų renovacijos metu diegiamos priemonės ir atliekami statybos darbai, kurie daugiausia yra susiję su pastato energinio efektyvumo didinimo tikslais. Tačiau dalis darbų atliekama tuo pat metu siekiant geresnio estetinio vaizdo, dėl poreikio užtikrinti tam tikrus pastato eksploatacijos, saugumo reikalavimus arba atliekant darbus, kurie tampa būtini dėl energinį efektyvumą didinančios priemonės diegimo. Apšiltinimo skydais sprendiniai gali būti derinami su tradicinių apšiltinimo technologijų sprendiniais, siekiant gauti geriausią energetinį renovacijos efektą per trumpiausią investicijų atsipirkimo laiką. Skydais apšiltinamoms atitvaroms keliama tokie patys šiluminių savybių rodiklių (atitvarų šilumos perdavimo koeficientų, ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientų) reikalavimai kaip ir kitoms apšiltinimo technologijoms, todėl ir pasiekiamas energijos sąnaudų sumažinimo efektas yra analogiškas.

Skydinės renovacijos atveju energinį efektyvumą didinančių priemonių paketas apima žemiau aprašytus darbus, kurių pasirinkimas priklauso nuo būsto savininkų sprendimo.

Lauko sienų šiltinimas skydais ir langų keitimas iš anksto įmontuotais skyde langais

Šiltinant pastato fasadą skydais, naudojami kelių tipų skydai: su įmontuotais gamykloje langais arba be jų. Siekiant tam tikrą energinio efektyvumo rodiklį, gali būti naudojami skirtingo storio skydai skirtingoms fasadų plokštumoms, jei pvz., dėl arti fasado vidinio kampo esančių langų storesnio skydo taikymas neįmanomas.

Sienos šiltinimas skydais apima šiuos darbus: pastato sienų sandarumo priemonių diegimas; sienos skydų tvirtiklių montavimas; skydų montavimas; langų užkarpų nupjovimas (jei tokios yra); vidinių langų angokraščių aptaisymas; technologinių skydų montavimo siūlių apšiltinimas ir apdailos sumontavimas; parapetų apskardinimo išmontavimas; gaisrinių kopėčių demontavimas ir naujų sumontavimas po apšiltinimo.

Atvirų lodžių išorinių sienų įrengimas skydais – didinant šildomą plotą

Jei pastate yra atviros lodžijos ir priimamas sprendimas jas prijungti prie šildomo ploto, buvusių apsauginių lodžių lauko atitvaros/turėklai demontuojami ir vietoje jų įrengiama skydinė išorinė siena su įmontuotais langais.

Lodžių išorinių sienų įrengimas skydais apima šiuos darbus: lodžių turėklų ar kitų išorinių atitvarų demontavimas; skydinių išorinių sienų su įmontuotais langais įrengimas; langų į lodžijas demontavimas; išmontuotų langų angų didinimas išlaikant angų plotį; padidintų patalpų grindų pagrindo išlyginimas; šildymo prietaisų perkėlimas. Šį sprendinį racionalu taikyti kompleksinės renovacijos atveju, kai rekonstruojama ir šildymo sistema. Padidėjus patalpų šildomam plotui, turi būti atliekami nauji kadastriniai matavimai ir atnaujinami registro duomenys.

Stogo šiltinimas skydais - įrengiant šlaitinio stogo denginį laikančias konstrukcijas

Stogo šiltinimas skydais susijęs su stogo tipo pakeitimu iš sutapdinto stogo į šlaitinį stogą. Šios priemonės diegimas taikytinas kvartalinės renovacijos, kvartalų konversijos atveju. Keičiant stogo tipą ant esamo stogo įrengiamos naujos nuolydį formuojančios konstrukcijos - santvaros, kurios sukuria papildomą erdvę tarp esamo ir naujo stogo denginio. Ši erdvė gali būti gyvenamosioms patalpoms reikalavimus atitinkančio aukščio, tačiau gali būti ir techninės paskirties. Tokiu atveju gali būti projektuojama minimalaus aukščio techninės paskirties erdvė, skirta naujų inžinerinių sistemų (dažniausiai – mechaninio vėdinimo sistemos komponentų) įrengimui. Stogo šiltinimo skydais metu svarbu įvertinti ar bus rekonstruojama natūralaus vėdinimo sistema, ar lieka reikalingi vėdinimo kaminėliai, nes juos demontuojant, stogo skydų konstrukcija gali būti paprastesnė, patikimesnė ir

greičiau sumontuojama. Ši priemonė taip pat susijusi su lietaus nuotekų nuvedimo sistemos rekonstrukcija.

Stogo šiltinimas skydais apima šiuos darbus: vidinės lietaus nuotekų sistemos demontavimas; vidinės lietaus nuotekų sistemos angų uždarymas; laikančiųjų santvarų įrengimas; stogo denginio skydų montavimas; išorinės lietaus nuvedimo sistemos įrengimas ir prijungimas prie lietaus nuotekų tinklų; kaminėlių demontavimas ir angų uždarymas ir/arba kaminėlių apskardinimo demontavimas, kaminėlių paaukštinimas, naujo kaminėlių apskardinimo įrengimas.

Pilotiniuose projektuose matomi pavyzdžiai, kai stogo denginio skydai gaminami iš anksto sumontuojant saulės fotovoltinius modulius, tačiau tokių pavyzdžių nėra daug ir dėl saulės fotovoltinių modulių jautrumo mechaniniam pažeidimui transportavimo metu, tokio sprendinio atveju taikytinas tik modulių laikiklių (arba pagrindo jiems) įrengimas skydų gamykloje, pačius modulius sumontuojant statybos aikštelėje taikant tradicines jų montavimo technologijas.

Balkonų rekonstrukcija

Taikant sienų apšiltinimą skydais pastatuose su konsolės tipo balkonais, šio tipo konstrukcija keičiama į pristatomo tipo balkonų konstrukciją. Šios priemonės diegimo įtaka bendram pastato energiniam efektyvumui nėra didelė – pakeitus balkono tipą eliminuojamas tik ilginis šiluminis tiltelis ties balkono perdanga. Tačiau ši rekonstrukcija leidžia pritaikyti sienų apšiltinimo skydais technologijos privalumus bei suteikti pastatui naują išvaizdą.

Balkonų rekonstrukcija apima šiuos darbus: balkonų apsauginių tvorelių demontavimas; balkonų plokščių demontavimas; balkonų laikančiųjų konstrukcijų pamatų įrengimas; balkonų laikančiųjų kolonų ir perdangų įrengimas bei pritvirtinimas prie pastato; balkonų apsauginių tvorelių sumontavimas; viršutinių balkonų stogelių įrengimas.

Kitos priemonės, didinančios pastato energinį efektyvumą, kurioms siūloma taikyti tradicines technologijas:

- pastato sandarinimas;
- cokolio šiltinimas,
- nuogrindos įrengimas,
- rūšio langų keitimas,
- laiptinės išorės durų keitimas,
- rūšio lubų šiltinimas.

Visi šie darbai atliekami neįrengiant pastolių, todėl gali būti efektyviai derinami su skydinės renovacijos sprendiniais.

Skydinės renovacijos priemonių specifikacijos gali būti papildytos „Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) projektavimo ir rangos darbų specifikacijų ir techninių užduočių sudarymo metodinėse rekomendacijose²¹“ pateikiamais darbais, aktualiais konkrečios pastato atnaujinimui.

Skydinės renovacijos sprendiniai savo esme atitinka „Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programos²²“ priede „Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) projektų specialieji techniniai reikalavimai“ aprašytas priemones, todėl yra tinkami finansuoti valstybės vykdomų programų, skirtų mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, lėšomis.

4.2. Skaičiuojamoji kaina

Statybos skaičiuojamosios kainos analizė gali būti atliekama galimybių studijos, statinio projekto, techninių sprendinių, darbų kiekių žiniaraščių pagrindu. Projektuose, kuriuose naudojamas valstybės

²¹ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.457140?jfwid=bzkrwkOrp>

²² <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.242058/asr>

finansavimas, statybos skaičiuojamoji kaina nustatoma remiantis UAB „Sistela“ kainynų rinkiniais. Detalios renovacijos darbų skaičiuojamosios kainos pateikiamos UAB „Sistela“ „Pastatų atnaujinimo (renovacijos) darbų kainyne“²³. Investicinio projekto rengimo etape, renovacijos darbų kaina prognozuojama taikant sustambintus rodiklius ir statybos darbų charakteristikas, pvz. 1 m² ploto sienos/stogo šiltinimas, taikant tam tikrą apšiltinimo tipą ir medžiagas, siekiant ne mažesnės nei nurodytos apšiltinimui naudojamų sluoksnių suminės šiluminės varžos ir kuris apima, bet neapsiriboja šiais darbais:

1. Sienų paviršiaus paruošimas.
2. Atraminių konstrukcijų montavimas.
3. Sienų aptaisymas termoizoliaciniais skydais.
4. Kampų, siūlių, sandūrų su išorės sienomis sutvarkymas.

Naudojant tradicines sienų apšiltinimo technologijas, atskirai nurodoma 1 m² ploto langų keitimo kaina tam tikros konstrukcijos, tipo bei šilumos perdavimo koeficiento langais. Naudojant skydinę apšiltinimo technologiją taikomas tas pats sienos ir langų renovacijos priemonių skaičiuojamosios kainos įvertinimo principas, nors sienos skydai į statybos aikštelę atvežami su jau įmontuotais langais. Investicinio projekto rengimui skirti statybos darbų įkainiai pateikiami ir APVA (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos projektų valdymo agentūros) tinklalapyje²⁴, skiltyje „Įkainiai“.

4.3. Gyvavimo ciklo analizė

Siaurąja prasme renovacijos tikslas yra taupyti energiją bei mažinti energijos vartotojų išlaidas, tačiau plačiąja prasme renovacijos tikslas yra mažinti pastatų ir jų eksploatacijos poveikį aplinkai. Kai priimant sprendimus analizuojamas tik renovacijos atsipirkimo laikas arba sutaupytos energijos kiekis, nėra įvertinama, kokią taršą sukuria pats renovacijos sprendimo įgyvendinimas, o ji gali būti nulemiantis kriterijus pasirenkant palankiausią aplinkai sprendinį.

Statybos produkto ar sprendinio įtaka aplinkai nuo jo sukūrimo iki sunykimo gali būti įvertinama atliekant jo gyvavimo ciklo analizę GCA (angl. life cycle assesment - LCA). Kadangi vertinimas atliekamas naudojant didelius duomenų kiekius, dažniausiai šiam tikslui naudojami programiniai paketai. Tiksliam sprendinio įvertinimui reikalingas sprendiniui naudojamų medžiagų tipas, kiekis, žinomos medžiagų poveikio aplinkai savybės, statybos produktų gamybos bei pastato statybos vieta. Gyvavimo ciklo vertinimas atliekamas remiantis tarptautiniuose standartuose ISO 14040, ISO 14044 aprašoma metodika. Siekiant įvertinti statybos gyvavimo ciklą naudojant konkrečius gaminius, tai atliekama naudojant jų gamintojų parengtas ir nepriklausomų vertintojų patvirtintas produkto poveikio aplinkai deklaracijas (angl. environmental product declaration - EPD), kuriose pateikiamas produkto poveikis skirtingose poveikio aplinkai kategorijose visame produkto gyvavimo cikle – nuo žaliavų išgavimo iki produkto virsmo į atliekas. Statybos produktų poveikio aplinkai deklaracijos rengiamos vadovaujantis EN 15804 standartu.

Pagrindinės poveikio aplinkai (klimato kaitai) kategorijos, vertinant statybos sprendinio įtaką aplinkai yra šios²⁵:

- klimato kaita,
- ozono sluoksnio ardymas,
- rūgštėjimas,
- gėlo vandens eutrofikacija,
- jūros vandens eutrofikacija,
- eutrofikacija sausumoje,

²³Vadovaujamas 2024 m. rugsėjo 30 d. duomenimis

²⁴<https://modernizuok.apva.lt/veiklos-sritys/administruojamos-programos/daugiabuciu-namu-atnaujinimo-modernizavimo-programa/102/?c-54/t-132>

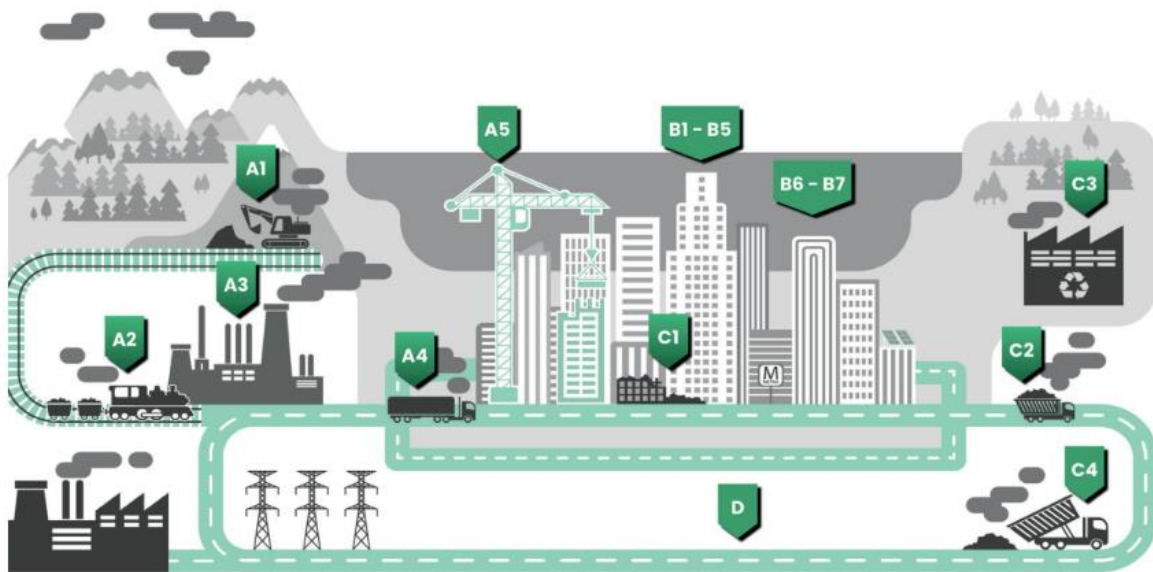
²⁵ Dodd, N., Donatello, S. ir Cordella, M. 2021. Bendra ES biurų ir gyvenamųjų pastatų pagrindinių darnumo rodiklių sistema „Level(s)“, 1-asis naudotojo vadovas. Bendros sistemos „Level(s)“ įvadas (1.1 leidinio versija).

- fotocheminis ozono susidarymas,
- abiotinių išteklių išekvojimas – mineralai ir metalai,
- abiotinių išteklių išekvojimas – iškastinis kuras,
- vandens sąnaudos.

Pastato statybos arba jo atnaujinimo darbų įtaka įvertinama nustatant objektyvius rodiklius - visuotinio atšilimo potencialą VAP (kg CO₂ ekvivalentų vienam kvadratiniam metrui naudingojo grindų ploto), stratosferos ozono sluoksnio nykimo potencialą, žemės ir vandens rūgštėjimo potencialą ir kt., tačiau ES direktyvoje dėl pastatų energinio naudingumo²⁶ numatoma prievolė naujiems pastatams vertinti tik pastato viso gyvavimo ciklo visuotinio atšilimo potencialą. Šis potencialas rodo pastato indėlį į bendrą išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų, dėl kurių kinta klimatas, kiekį. Renovuojamiems pastatams ši prievolė direktyvoje numatyta tik tokiu atveju, jei renovuojama siekiant A+ energinio naudingumo klasės.

Vertinimas atliekamas grupuojant sprendinio gyvavimo ciklus į gamybos, statybos, naudojimo, gyvavimo ciklo pabaigos ir naudų/poveikio už statybos produkto ribų etapus (detalesnis etapų išskaidymas pateikiamas 4.1. paveiksle).

4.1. pav. Pastato gyvavimo ciklai²⁷ (A1 – Žaliavos tiekimas, A2-pervežimas, A3-gamyba; A4-pervežimas, A5-konstrukcijos montavimas; B1-naudojimas, B2-priežiūra, B3-remontas, B4-pakeitimas, B5-atsinaujinimas, B6-energijos vartojimas eksploatuojant, B7-vandens vartojimas eksploatuojant; C1-išardymas ir griovimas, C2-pervežimas, C3-atliekų apdorojimas, C4-šalinimas)



Skydinė renovacija turi potencialą palankesniems A1-A5, B4-B5, C1-C4 etapų įverčiams, nes didelė dalimi skydai gaminami naudojant vietines žaliavas, skydų gaminimo technologijoje nėra „šlapių“ procesų, po kurių pastato remontas arba ardymas yra daug sudėtingesnis. ES pagrindinių rodiklių sistema biurų ir gyvenamųjų pastatų darnumui vertinti „Level(s)“ išskiria statybos sprendinio pritaikomumo, išardomumo vertinimą (balais), kuris tikėtina bus daug palankesnis skydinei technologijai.

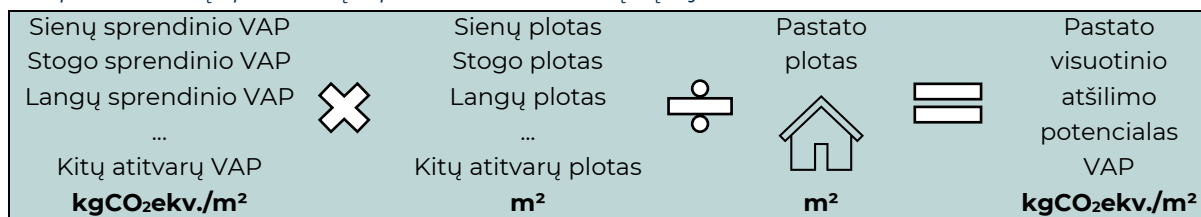
Analizuojant kokybinius rodiklius pastebimas vienodų matavimo vienetų, kgCO₂ekv./m², naudojimas, kuris skirtingame kontekste gali nurodyti ne tapačias savybes. Kai minimas pastato visuotinio atšilimo potencialo rodiklis, ploto vienetai prie CO₂ekv. nurodo santykinę vertę 1-am **pastato ploto vienetui** – kvadratiniam metrui, o kai vertinamas atskiro sprendinio – sienos, stogo, lango įrengimo

²⁶ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401275

²⁷ [Ebook Life Cycle Assessment for Buildings - Why it matters and how to use it. One Click LCA Ltd.](#)

arba atnaujinimo VAP, ploto vienetai prie CO₂ekv. nurodo santykinę vertę 1-am **atitvaros ploto vienetui** – kvadratiniam metrui. Principinė atskirų atitvarų sprendinių ir pastato VAP sąsaja pavaizduota 4.2. paveiksle.

4.2. pav. Atitvarų sprendinių ir pastato VAP rodiklių sąsaja



Sienų apšiltinimo skydais technologiniai sprendiniai lyginami su tradicinių technologijų – tinkuojamo fasado – sprendiniais, remiantis kitų ES vykdytų projektų duomenimis²⁸. **Tinkuojamas fasadas, kurio šiltinantis sluoksnis yra polistireninis putplastis, pasižymi +14.48 kgCO₂ekv./m² visuotinio atšilimo potencialu.** Teigiama visuotinio atšilimo potencialo rodiklio vertė reiškia, kad sprendinys didina šiltnamio efektą, neigiama – kad mažina, t.y. pašalina šiltnamio efektą sukeliančių dujų arba absorbuoja daugiau anglies dioksido, nei išmeta. Neigiamas visuotinio atšilimo potencialas gaunamas naudojant sprendiniuose augalinės kilmės arba iš atliekų atgautas medžiagas.

Fasadų renovacija, kai daug darbų atliekama statybos aikštelėje, turi didesnę poveikį aplinkai A4-A5 cikluose²⁹, o tai vyksta dėl didesnio transporto, statybos įrangos naudojimo poreikio, taip pat didesnio atliekų, kurios turi riziką statybos aikštelėje sušlapti, užsiteršti, kiekio.

2014 m. publikuotoje studijoje³⁰ išanalizuotas 9 šiltinančių sienų skydų konstrukcijų gyvavimo ciklas. Skydų šilumos perdavimo koeficientas svyravo nuo 0.14 iki 0.24 W/m²K, o kartu su apšiltinama siena buvo pasiekiamas 0.10 W/m²K šilumos perdavimo koeficientas. Tyrime skirtingos skydų konstrukcijos žymimos raidėmis nuo A iki I. Lentelėje 4.1. pateikiamas skirtingų tipų skydų sudėtinių komponentų medžiagiškumas.

4.1. lentelė. Skirtingų tipų sienų skydų sluoksnių specifikacija³¹

Skydo komponentas	Skydo tipo žymuo	Medžiagos tipas
Sandarinantis sluoksnis (naudojamas ne visuose skydų tipuose)	A, B, C, D	Difuzinė plėvelė arba pralaidumą orui mažinanti plokštė (OSB, gipso kartonas)
Galinė skydo sienelė	Visi	Medienos plokštė
Skydo rėmas ir vidinis karkasas	Visi	Medienos karkasas
Šiluminė izoliacija	A, B, D, F, H	Mineralinė (įskaitant stiklo vatą) termoizoliacija
	E, G, I	Biri celiuliozės pluošto termoizoliacija
	C	Medienos pluošto termoizoliacija
Apdailinis sluoksnis	B, D, E, F, G, H	Gipso arba cemento pagrindo plokštė
	A, C, I	Medienos plokštė

Vidutinis aukščiau aprašytų skydų visuotinis atšilimo potencialas sudaro **-35 kgCO₂ekv./m²**, kai vidutinė organinių **augalinės kilmės medžiagų tūrio dalis sudaro 48 %**. Šiuo atveju prie organinių augalinės kilmės medžiagų priskirtos medžiagos, kurių pagrindinė sudedamoji dalis yra augalinės kilmės – t.y. konstrukcinė mediena, medienos drožlių plokštės, celiuliozės ir medienos pluošto

²⁸ Le Roux, Simon & Ott, Stephan. (2014). TES sustainability. <https://www.researchgate.net/publication/307205955>

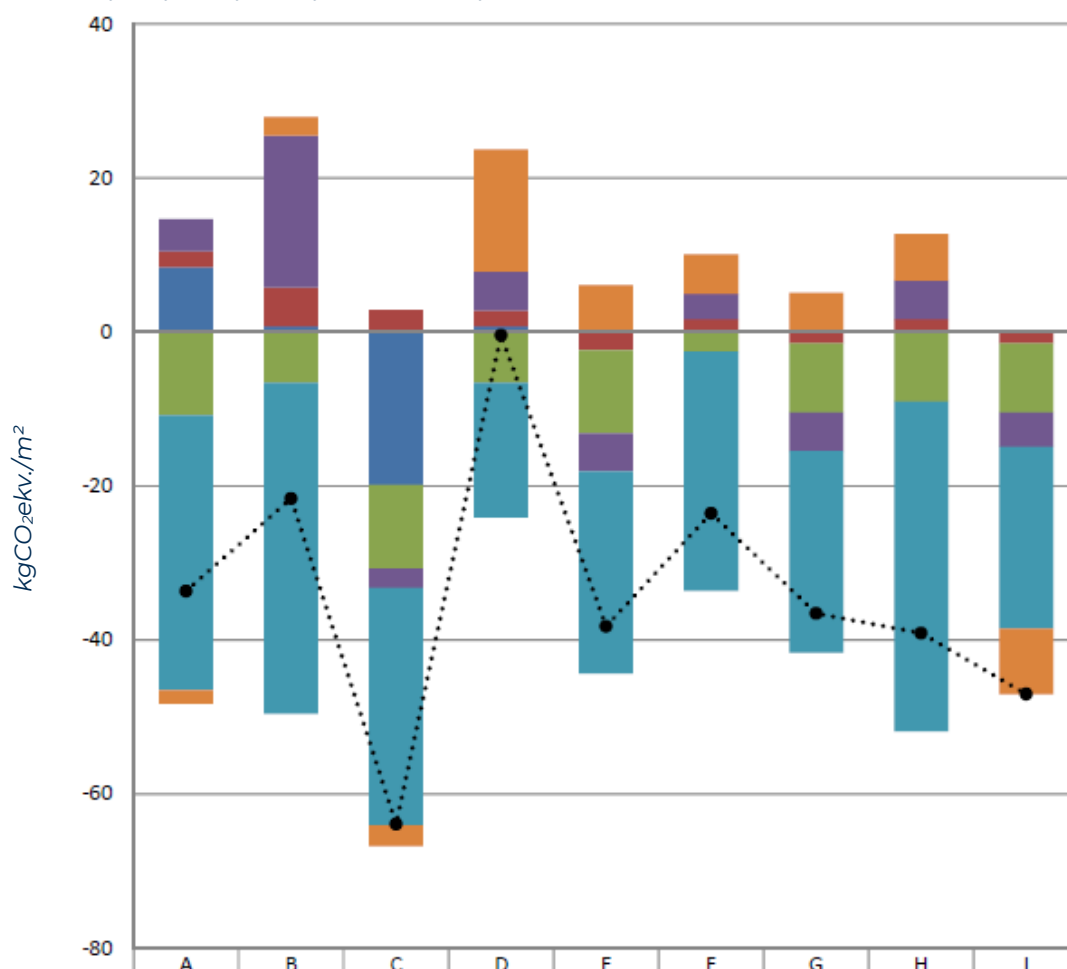
²⁹ Takano, Atsushi & Pittau, Francesco & Hafner, Annette & Ott, Stephan. (2013). Greenhouse gas emission from construction process of multi-story wooden buildings.

³⁰ Le Roux, Simon & Ott, Stephan. (2014). TES sustainability. <https://www.researchgate.net/publication/307205955>

³¹ Le Roux, Simon & Ott, Stephan. (2014). TES sustainability. <https://www.researchgate.net/publication/307205955>

termoizoliacija. 4.3. paveiksle pateikiamas detalus atskirų skydo komponentų bei atskirų skydų tipų visuotinio atšilimo potencialo įvertis.

4.3. pav. Skirtingų tipų sienų skydų komponentų visuotinio atšilimo potencialas, $\text{kgCO}_2\text{ekv./m}^{232}$



apdailinis sluoksnis	-1,77375	2,4057	-2,7	15,85	6,084	5,07	5,07	6,084	-8,514
skydo rėmas ir karkasas	-35,6725	-42,945	-30,7724	-17,499	-26,176	-31,084	-26,176	-42,807	-23,5584
šiluminė izoliacija	4,1715	19,750988	-2,550042	5,0058	-4,93668	3,3372	-4,93668	5,0058	-4,443012
galinė skydo sienelė	-10,836	-6,597	-10,84	-6,6	-10,836	-2,52	-9,03	-9,03	-9,03
karkasas oro tarpui	2,0188	5,00025	2,8428	2,06	-2,3508	1,648	-1,46925	1,648	-1,46925
sandarinantis sluoksnis	8,45	0,7526884	-19,866	0,7526884	-	-	-	-	-
VAP suma	-33,64195	-21,63237	-63,88564	-0,430512	-38,21548	-23,5488	-39,0992	-39,0992	7,01466

4.4. Pastatų energijos sąnaudų modeliavimas

Planuojant investicijas į pastatų atnaujinimą ir pastato savininkams, ir pastatų energetikos srities politikos formuotojams aktualus tampa laukiamų rezultatų prognozavimas. Lietuvoje šiam tikslui Statybos įstatymu įtvirtinta prievolė atlikti pastato energinio naudingumo klasės nustatymą pagal STR „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ įteisintą metodiką. Projektuotojai atlieka projektinių sprendinių energetinį įvertinimą ir prognozuoja tam tikrą pastato energinio naudingumo klasę bei energijos sąnaudas prieš pradedant statybos darbus. Norint pasiekti suplanuotus rezultatus, statybos eigoje privalo būti naudojami ne blogesni nei suplanuoti šiltinimo,

³² Le Roux, Simon & Ott, Stephan. (2014). TES sustainability. <https://www.researchgate.net/publication/307205955>

inžinerinių sistemų atnaujinimo sprendiniai: šiltinančių medžiagų storiai, medžiagų šilumos laidumo savybės, tvirtinimo sistemos medžiagiškumas, matmenys bei šiluminės savybės ir kt. Atlikus statybos darbus, atestuoti pastatų energinio naudingumo sertifikavimo ekspertai patikrina įdiegtus sprendinius bei priskiria pastatui tam tikrą energinio naudingumo klasę bei nustato skaičiuojamąsias energijos sąnaudas pastatui šildyti.

Aukščiau paminėta energinio naudingumo vertinimo metodika remiasi atskirų mėnesių vidutinių verčių skaičiavimu, yra sąlyginai nesudėtinga, jos taikymui yra sukurta speciali nemokama kompiuterinė programa, tačiau ji negali automatiškai panaudoti turimų pastato skaitmeninių duomenų (IFC failo, 3D modelio ir kt.) bei reikalauja daug eksperto darbo laiko. Jei pastato energinio naudingumo klasė nustatyta remiantis mėnesio vidurkių metodu, tai yra objektyvus parametras, leidžiantis palyginti pastatus pagal jų energinio efektyvumo ribines vertes. Tačiau faktinės energijos sąnaudos pastatui šildyti (kWh, kWh/m²) tiesiogiai įtakoja investicijų atsiperkamumo laiką bei pasitikėjimą visu renovacijos procesu.

Tikslesniam ir greitesniam energijos sąnaudų prognozavimui šiuo metu gan plačiai naudojamas dinaminis energijos sąnaudų modeliavimas, kuriame naudojama kasvalandinė (ar dar trumpesnių intervalų) pastato energijos sąnaudų analizė, kuri leidžia tiksliau įvertinti vietovės klimato sąlygas (pvz. šilumos pritekėjimus dėl saulės spinduliuotės tam tikru metu, lauko temperatūrą dienomis/naktimis ir kt.), pastato naudojimo specifiką (šilumos pritekėjimus nuo žmonių, įrenginių, apšvietimo bei jų susidarymo laiką), pastato terminės masės įtaką pastato energijos sąnaudoms. Dinaminis energijos sąnaudų modeliavimas gali būti atliekamas naudojant mokamas arba atvirojo kodo kompiuterines programas (Energy Plus, ESP-r, IDA ICE, IES, TRNSYS ir kt.). Dalis dinaminio modeliavimo programų gali nuskaityti IFC (*angl. Industry Foundation Classes*) formato failų duomenis, dalis – GBXML (*angl. Green Building XML*³³) formato failų duomenis, todėl rankinio duomenų apie pastatą suvedimo į energinės analizės programą poreikis turėtų mažėti augant statybos skaitmenizavimo lygmeniui. Žemiau pateikiami pagrindiniai vienu iš dinaminio modeliavimo programų vystytojų reikalavimai³⁴, nurodantys kaip turi būti paruoštas IFC failas, kad energinio modeliavimo programa duomenis apie pastatą nuskaitytų teisingai:

- pastatas turi būti suskirstytas į erdves (*angl. spaces*);
- sumodeliuotos ne mažiau kaip 4 sienos bent viename iš pastato aukštų;
- sienos, langai ir durys turi būti priskiriami bet kuriam vienam iš pastato aukštų – t.y. negali priklausyti keliems aukštams;
- langai, durys turi būti priskiriami sienai, turinčiai atitinkamas angas;
- angų vietinė koordinačių sistema turi sutapti su sienų koordinačių sistema;
- langai ir durys turi būti pilnai patalpinti bet kurioje iš sienų;
- pastatų aukštų, atskirų erdvių projekcijos negali turėti tuščių ertmių;
- ne senesniame nei IFC 2x2 sienos turi turėti ašis;
- pastato stogas turėtų dengti kiekvieną pastato aukštą, kurio nedengia kitas pastato aukštas;
- sienos turi būti vertikalios, pastovaus storio, tiesės arba apskritimo (dalies) formos;
- pastatų aukštai negali persidengti/kirstis;
- pastato aukštas negali turėti daugiau kaip 1500 sienų plokštumų.

Visi kiti reikalavimai kokybiško modelio sukūrimui remiasi bendrąja 3D modeliavimo praktika – erdves ribojantys paviršiai yra sienos, grindys, perdangos, stogai; skaidrios atitvaros priklauso kažkuriai konstrukcinei atitvarai.

Identifikuoti netikslumai IFC faile gali sąlygoti, kad: pastato skaitmeninis modelis energijos sąnaudų modeliavimui visai nebus sukurtas; modelis bus sukurtas, tačiau dalies duomenų trūks; modelis bus sukurtas, tačiau skaičiavimo rezultatai bus netikslūs. Kol rinkoje stokojama aukštos kokybės ir

³³ https://www.gbxml.org/About_GreenBuildingXML_gbXML

³⁴ https://www.equaonline.com/iceuser/pdf/IFC_Import.pdf

detalumo lygio skaitmeninių pastatų modelių, IFC failai naudojami sudėtingesnės geometrijos importavimui į energinio modeliavimo programas, tačiau didelė dalis duomenų į modeliavimo programą dalinai įvedama rankiniu būdu.

Dinaminis energijos sąnaudų skaičiavimas atliekamas šioje ataskaitoje modeliuojamiems 3-ims tipiniams daugiabučiams gyvenamiesiems pastatams, naudojant programinį paketą IDA ICE. Skaičiavimo ataskaitos ir skaičiavimams naudotos ribinės sąlygos pateikiamos ataskaitos skyriuje „Pilotiniai modeliai“.

5. Projektavimas

5.1. Statybos rūšis

Vadovaujantis STR 1.01.08:2002 "Statinio statybos rūšys" pastato renovacija priskiriama **statinio paprastojo remonto** statybos rūšiai (reglamento VIII skyriaus reikalavimai). Taikant skydinę sienų apšiltinimo technologiją, specifinės apimties statybos darbai atliekami keičiant konsolinę balkonų konstrukciją į pristatomo tipo balkonus (demontruojant konsolinio tipo balkono laikančiąją plokštę bei ant papildomų pamatų įrengiant laikančiąsias balkonų kolonas ir perdangas), tačiau remiantis VTPSI 2021 06 08 d. išaiškinimu 35 tokio tipo statybos darbai taip pat priskiriami statinio paprastajam remontui, nes konsolinio tipo balkono konstrukcija nėra skirta užtikrinti statinio mechaninį atsparumą ir pastovumą, todėl nelaikytina statinio laikančiąja konstrukcija, kaip tai apibrėžiama Lietuvos Respublikos Statybos įstatyme.

Pastato atnaujinimo (modernizavimo) projektas rengiamas pagal STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“ II priedo „Pastato atnaujinimo (modernizavimo) projekto rengimo tvarkos aprašas“ reikalavimus. Šiuose reikalavimuose numatoma, kad projektas rengiamas dviem etapais: investicijų planas (investicijų projektas) ir techninis darbo projektas.

Techninis darbo projektas bendruoju atveju apima bendrąją, architektūrinę, konstrukcijų, pasirengimo statybai ir statybos darbų organizavimo bei statybos skaičiuojamosios kainos nustatymo dalis. Kitos projekto dalys rengiamos atsižvelgiant į projektuojamo statinio specifiką, t.y. jei nusprendžiama skydo konstrukcijoje arba papildomai formuojamuose pastato tūriuose integruoti inžinerinių sistemų elementus (ortakius, vamzdynus, kabelius, įrenginius), kai keičiama lietaus nuotekų sistema, atitinkamai turi būti rengiamos ir šios projekto dalys: vandentiekio ir nuotekų šalinimo, šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo, elektrotechnikos ir kt.

5.2. Rekomendacijos bendrajai projekto daliai

Bendroji projekto dalis, kaip ir kitos būtinos pastato atnaujinimo (modernizavimo) projekto dalys, rengiamos remiantis STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“ numatytu detalumu ir apimtimi.

Bendrojoje dalyje trumpai aprašomas taikomas apšiltinimo skydais sprendinys, nurodant, kad pastatas apšiltinamas gamykloje pagamintais skydais su apdaila bei iš anksto sumontuotais langais; esami langai išmontuojami ir vidaus angokraščių apdaila įrengiama po sienų skydų sumontavimo; skydai tvirtinami prie sienos arba prie sienos bei atremiant į pamatą; stogo apšiltinimas įrengiamas gamykloje pagamintais skydais, keičiant stogo tipą iš sutapdinto į šlaitinį; šlaitinio stogo nuolydis parenkamas pagal stogo dangos tipą; vidinė lietaus nuotekų nuvedimo sistema keičiama į išorinę lietaus nuotekų sistemą.

Kadangi gaisrinės saugos dalis modernizavimo projekte dažniausiai nėra rengiama, reikalavimai gaisrinei saugai turi būti nurodomi bendrojoje projekto dalyje.

Projektuojant ir įrengiant šiltinimo sistemas, būtina laikytis Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos 2010 m. gruodžio 7 d. įsakymu Nr. 1-338 patvirtintų Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų.³⁵ Degumo reikalavimai keliama statybos produktams patalpų viduje, išorėje ir statinio konstrukcijų medžiagoms. Statinių konstrukcijoms ir (arba) jų apdailai būtina naudoti tokius statybos produktus, kurie nedidintų statinio gaisrinio pavojingumo. Lietuvoje statiniai, statinių gaisriniai skyriai, atsižvelgiant į jų gaisro apkrovos kategorijas ir jiems statyti

³⁵ <https://vtpsi.lrv.lt/lt/konsultacijos/klausimai-ir-atsakymai/archyvas-viesintos-konsultacijos-iki-2023-06-30/nuo-2018-metu/ii-statybos-valstybine-prieziura-reglamentuojanciu-ir-su-jais-susijusiu-teises-aktu-nuostatu-taikymas-1/5-bendrieji-statinio-rodikliai/inspekcijos-isaiskinimai-60/balkonu-irengimas-ir-statybos-rusis-bendrieji-statinio-rodikliai-uzstatymo-intensyvumas-ir-tankumas-sld-2021-06-08/>

³⁶ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr>

panaudotų konstrukcijų elementų atsparumą ugniai, skirstomi į I, II, III atsparumo ugniai laipsnio statinius. Atsižvelgiant į atsparumo ugniai laipsnį, lauko sienų apdailai leidžiama naudoti atitinkamo degumo klasės statybos produktus.

Gyvenamieji daugiabučiai pastatai priskiriami P.1.3 statinių grupei, kuriai galioja šie reikalavimai:

- I atsparumo ugniai laipsnio pastatų lauko sienų apdailai iš lauko naudoti tik nežemesnės B-s1, d0 degumo klasės statybos produktus.
- I atsparumo ugniai laipsnio pastatų dvigubiems (vėdinamiems) fasadams įrengti naudojamų statybos produktų degumo klasės parenkamos pagal aukščiausio aukšto grindų altitudę:
- daugiabučiams aukštuminiams pastatams³⁷ turi būti naudojami ne žemesnės kaip A2-s2, d0 degumo klasės statybos produktai;
- kitiems statiniams turi būti naudojami ne žemesnės kaip B-s2, d0 degumo klasės statybos produktai.

Rekonstruojant ir remontuojant statinius, projekto atitiktis esminiams statinio gaisrinės saugos reikalavimui gali būti nustatoma naudojant gaisrinės inžinerijos ar gaisro rizikos skaičiavimus, taikomus iki gaunant statybą leidžiantį dokumentą. Šiuo atveju statinyje turi būti užtikrintas ne žemesnis saugos lygis, kurį numato teisės aktų reikalavimai, nereglamentuojantys rizikos vertinimo. Atliekant rizikos vertinimą būtina įvertinti visus įvykius, kurių pasireiškimo tikimybė per metus yra 10^{-7} (atrankos kriterijus).

Šiltinimo sistemų statybos produktų degumo klasės nustatomos akredituotose laboratorijose ir patvirtinamos atitinkamais dokumentais. Pagal statybos techninį reglamentą 2.04.01:2018 „Pastatų atitvaros. Sienos, stogai, langai ir išorinės įėjimo durys“, šiltinančiam skydui turi būti taikomas reikalavimas turėti Europos techninį įvertinimą ir CE ženklą arba turėti Nacionalinį techninį įvertinimą, kuriame pateikiamos taip pat ir gaminio gaisrinės saugos charakteristikos. Pastato projektuotojas turi įvertinti kokio atsparumo ugniai laipsnio pastatui yra planuojami renovacijos sprendiniai ir kokių savybių skydą jis gali parinkti tokių sprendinių realizavimui.

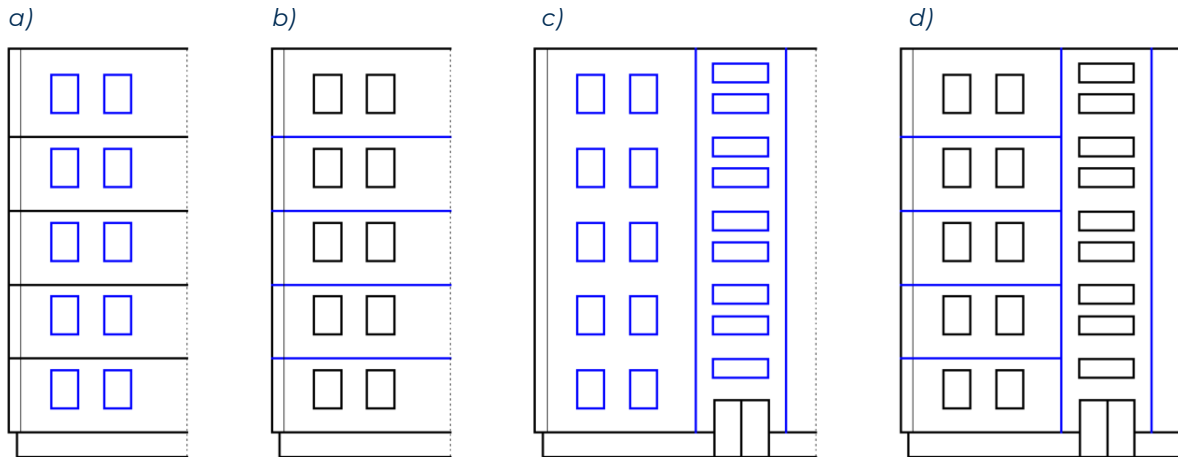
Analizuojant tam tikro statybos produkto saugumą gaisro atveju, svarbu taikyti kompleksinį požiūrį į pastatų gaisrinę saugą, kuri turėtų apimti atskirų statybos produktų atsparumo ugniai reikalavimus, ugnies plitimo ribojimo priemonių diegimą, automatinio gaisro aptikimo ir gesinimo sistemų diegimą, dūmų šalinimo bei priešdūminio vėdinimo sistemų reikalavimus bei nuolatinę esamų sistemų priežiūrą bei patikrą.

Gaisrinės saugos aspektu svarbiausios skydinės renovacijos savybės yra paties skydo degumo savybės bei tarpinio (adaptacinio) sluoksnio tarp šiltinamos sienos ir skydo, kuris atsiranda dėl šiltinamos sienos plokštumos nelygumų, savybės. Pastatas gali būti apšiltinamas skydais su gamykloje sumontuotais langais. Vadovaujantis „Gaisrinės saugos pagrindiniais reikalavimais“, langų atsparumas ugniai nenormuojamas, išskyrus retesnius teisės aktuose numatytus atvejus (kai langas yra priešgaisrinėje užtvaroje, kampu blokuojamuose pastatuose ir kt.).

Papildomai skydais apšiltinto pastato gaisrinę saugą galima padidinti įrengiant nedegios medžiagos gaisro ribotuvus tarp skydų grupių, lango angokraštyje ar visu skydo perimetru (5.1 pav.), tačiau tokių atskirų elementų naudojimas pagal Lietuvos teisės aktus nėra numatomas ar reglamentuojamas. Gaisro ribotuvas yra sertifikuoto skydo neatskiriama dalis.

³⁷ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.226882>

5.1. pav. Gaisro ribotuvų vietos (mėlyna linija) pastato fasade: a) aplink langus b) tarp aukštų c) aplink langus ir tarp vertikalių skydų d) tarp funkcinių zonų (pvz., butų) (pagal³⁸)



Tarpinis (adaptacinis) sluoksnis renovuojant pastatus skydais gali būti 0-10 cm, atsižvelgiant į konkretaus skydo gamintojo siūlomą skydo tvirtinimo technologiją bei pastato geometrinius parametrus, ir šis sluoksnis turi būti įrengiamas iš minkštų šilumą izoliuojančių nedegių lakštinių medžiagų.

5.3. Rekomendacijos architektūrinei projekto daliai

Pastato atnaujinimo (modernizavimo) projekto architektūrinėje dalyje aprašomi pastato atitvarų elementų parinkimo sprendiniai. Fasadas, apšiltinimas skydais, yra priskiriamas prie vėdinamo fasado tipo. Apšiltinant sienas skydais galimas įvairus lakštinio arba dailylentės tipo išorinės apdailos sprendinių parinkimas: fibrocementinės plokštės, aukšto slėgio laminatas (*angl. high pressure laminate – HPL*), profiliuota skarda, vinilo apdaila, medinės dailylentės ir kt. Renkantis išorinės apdailos sprendinį svarbu, kad parenkama danga būtų sertifikuota tvirtinimui prie medinio karkaso, kadangi skydo rėmas ir karkasas yra gaminamas iš medienos. Danga turėtų būti kuo lengvesnė, nes apdailos svoris daro didelę įtaką skydo tvirtinimo sprendiniams, jų kainai.

Architektūrinėje dalyje priimami sprendiniai dėl balkonų, lodžijų atnaujinimo. Apšiltinimas skydais efektyviai taikomas esant kuo paprastesnei pastato geometrinei formai, todėl, remiantis pilotinių projektų praktika, konsolinio tipo balkonai dažniausiai yra keičiami į pristatomos konstrukcijos balkonus, o lodžijos transformuojamos į nešildomą apšiltintą patalpą su įstiklinimu.

Architektūrinėje dalyje taip pat priimamas sprendimas dėl fasado plokštumos suskaidymo į atskirus skydus. 5.2. pav.³⁹ parodytas galimas principinis pastato fasado plokštumos suskaidymas, kuris turi būti parenkamas atsižvelgiant į tam tikrus apribojimus:

- maksimalus 1 skydo dydis – 3x10 m (skydų gamintojai gali nurodyti mažesnius matmenis);
- pasirenkant skydo tvirtinimą prie sienos plokštumos (sprendimą priima konstrukcinės projekto dalies rengėjas), tarp skydų eilių visada planuojama 10-20 cm technologinė juosta, kuri apšiltinama ir apdaila pritvirtinama statybos aikštelėje po skydų sumontavimo;

³⁸ TES EnergyFaçade –prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. Research project 2008-2009. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/document.pdf>

³⁹ TES EnergyFaçade –prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. Research project 2008-2009. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/document.pdf>

- pasirenkant skydo tvirtinimą ant papildomo pamato arba papildomos pamatų sijos, technologinė siūlė gali būti neaktuali, jei skydo aukštis atitinka pastato aukštį;
- jei pastate yra deformacinių siūlių, ir apšiltinant skydais turi būti įrengta analogiško funkcionalumo siūlė tarp šiltinančių skydų.

Jei pastato balkonai yra lodžijos tipo, lodžijos išorinė siena šiltinama skydu su langu/stumdama įstiklinimo sistema, siekiant vieningo architektūrinio sprendinio, o lodžijos vidinių sienų bei langų/durų sprendiniai parenkami individualiai.

Apšiltinant sienas skydais svarstyti sprendimas padidinti langų plotus, nekeičiant jo pločio, tačiau reikia įvertinti, kad dėl tokio sprendimo gali būti būtini šildymo sistemos pakeitimai. Apšiltinant sienas skydais, langas įmontuojamas į skydą, todėl padidėja vidinių langų angokraščių gylis, kuris sudaro ne mažiau kaip esamos pastato sienos storis.

Jei sutapdintas stogas apšiltinamas skydais, stogo tipas keičiamas iš sutapdinto į šlaitinį ir įrengiama papildoma skydus laikanti ir nuolydį formuojanti konstrukcija. Stogo dangos pasirinkimą reikia derinti su dangai keliamais nuolydžio reikalavimais bei stogo skydo konstrukciniais sprendiniais. Stogo apšiltinimas skydais dėl savo specifikos dažniausiai atliekamas vykdant kompleksinę renovaciją, t.y. kai pastate įrengiama mechaninė vėdinimo sistema. Tokiu būdu virš esamos perdangos gali būti suformuojama papildoma erdvė ortakiams, vėdinimo įrenginiams, o dėl mechaninės vėdinimo sistemos įrengimo dalis buvusių natūralaus vėdinimo kanalų gali būti išmontuojami. Tai labai supaprastina šlaitinės stogo konstrukcijos įrengimą.

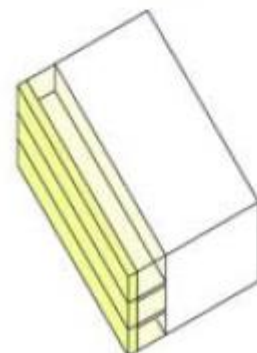
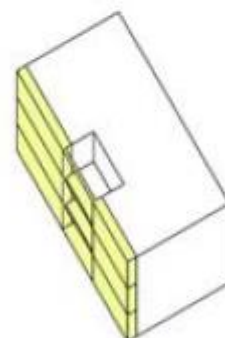
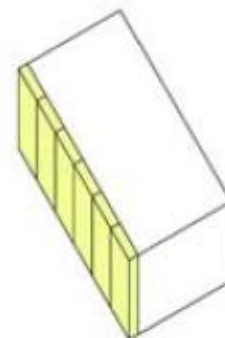
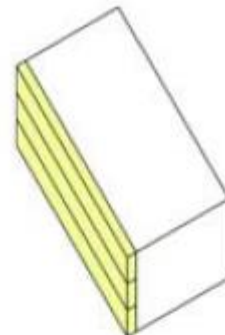
5.4. Rekomendacijos pasirengimo statybai ir statybos darbų organizavimo projekto daliai

Pastato modernizavimo projekto pasirengimo statybai ir statybos darbų organizavimo dalyje apšiltinant pastatą skydais didelis dėmesys turi būti skiriamas statybos įrangos ir transporto priemonių aprašymui bei statybos darbų eiliškumo grafiko sudarymui. Kadangi skydai yra sąlyginai didelių matmenų statybos produktai, reikia iš anksto suplanuoti jų atvežimo kryptis, pozicijas ant transportavimo platformos, kad darbai statybos aikštelėje vyktų greitai ir sklandžiai. Šioje projekto dalyje turi būti įvertintas poreikis pavojingų zonų statybos aikštelėje vykdant statybos darbus suformavimui, įvertinant pastato aukštį, bei maksimalius skydo matmenis (3x7 m).

Statybos darbai apšiltinant skydais gali būti skirstomi į kelis pagrindinius etapus:

- esamų statinio elementų demontavimo darbai;
- tvirtinimo sistemos/konstrukcijų įrengimas;
- skydų montavimas;
- apdailos darbai;
- papildomi darbai: balkonų įrengimas, išorinės lietaus nuotekų sistemos įrengimas.

5.2. Sienos šiltinimo skydų komponavimas (iš viršaus į apačią: horizontalus, vertikalus, horizontalus apšiltinant lodžijas, sukuriant papildomą tūrį)



5.5. Rekomendacijos konstrukcinei projekto daliai

Pastato atnaujinimo (modernizavimo) projekto konstrukcinėje dalyje yra aprašomos papildomai įrengiamų renovacijos metu elementų ir pagrindų skaičiuojamosios schemos, apkrovos, nurodomi elementų matmenys, išdėstymas, tvirtinimo sprendiniai, pateikiami atitvarų principinių detalių ir mazgų šiluminės varžos skaičiavimai bei kiti duomenys ir skaičiavimai, kaip to reikalauja STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“

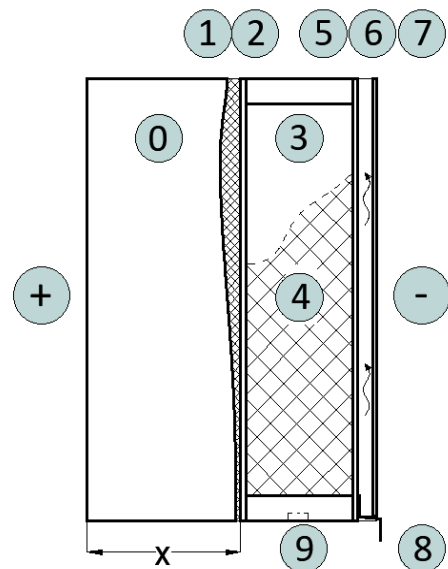
Šiltinančio skydo konstrukcija yra „dėžės“ tipo statybos produktas, kurio naudojimas pastate turi atitikti esminius visam statiniui keliamus reikalavimus. Skydas dažniausiai nėra apkrovą laikanti konstrukcija, nors tam tikrais atvejais ant jo gali būti remiamas viršuje esantis skydas.

Sienos šiltinimo skydais sprendiniai

Sienos šiltinančio skydo komponentai parenkami taip, kad gamykloje pagamintas ir sumontuotas pastate skydas atitiktų esminius statinių reikalavimus, tačiau priklausomai nuo gamintojo, gali nežymiai skirtis. Remiantis ES pilotinių projektų patirtimi, **pagrindiniai sienos šiltinančio skydo komponentai**, yra šie (5.3. ir 5.4. pav.):

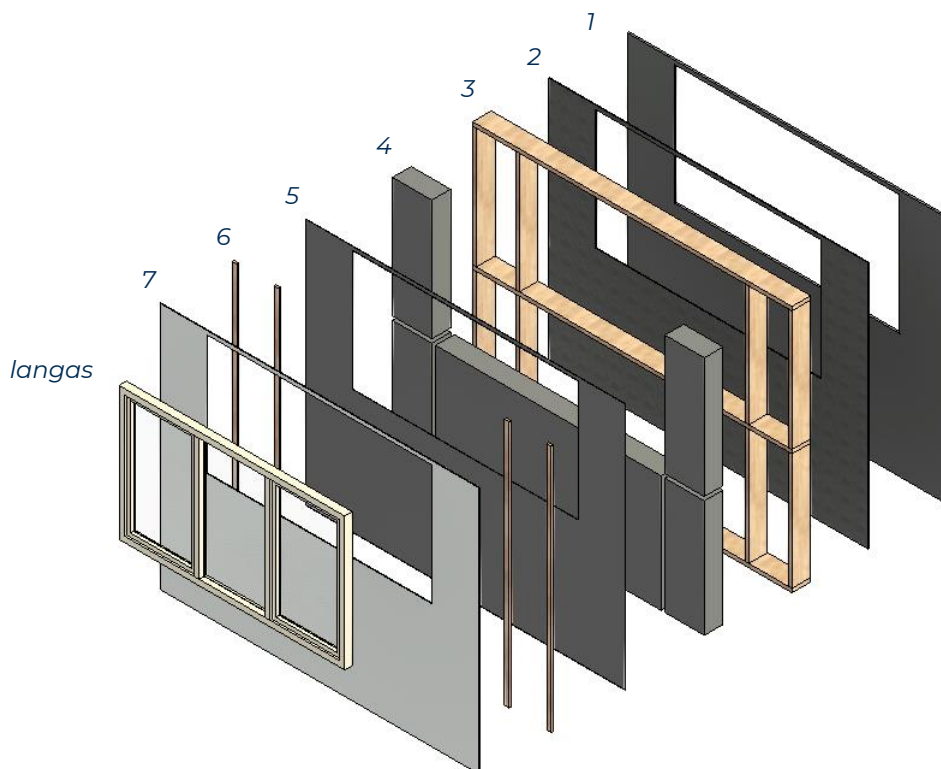
1. **tarpinis sluoksnis iš minkštos šiltinančios medžiagos**, kurios storis gali svyruoti nuo 0 iki 8 cm; šis sluoksnis įrengiamas siekiant užpildyti ertmes, susidarancias dėl esamos (apšiltinamos laikančiosios) konstrukcijos plokštumos nelygumų; šiam sluoksniui naudojant nedegias šiltinančias medžiagas gaunamos geresnės viso gaminio priešgaisrinės savybės; šio sluoksnio storis gali svyruoti priklausomai nuo skydo gamintojo taikomų skydo tvirtinimo sprendimų ir turi būti nurodytas konkretaus gamintojo rekomendacijose;
2. **medienos drožlių plokštė** arba kita analogiška medžiaga, sudaranti skydo „dėžės“ sienelę; šis sluoksnis suteikia skydai standumo, išlaiko šiltinantį skydo užpildą projekcinėje pozicijoje; sluoksnio storis – 10-12 mm;
3. **skydo rėmas ir vidinis karkasas**, tarp kurio įterpiama šiltinanti medžiaga; skydo rėmas ir karkasas suteikia skydai mechaninį standumą, prie jo tvirtinami kiti skydo sluoksniai, į jį tvirtinamos įdėtinės detalės skydo montavimui, transportavimui; priklausomai nuo skydo tipo, į skydo rėmą tvirtinami langai/durys; šiam sluoksniui aktualus matmenų stabilumas ir ilgaamžiškumas, mechaninis atsparumas, lengvumas ir geros šiluminės savybės; skydo rėmo ir karkaso plotis priklauso nuo skydai keliamų šiluminių savybių reikalavimų; vidinis skydo karkasas formuojamas statramsčiais, kurie išdėstomi kas 600 mm; skydo rėmo ir karkaso storis – ≥ 5 cm; skydo rėmas ir karkasas gali būti gaminamas iš kalibruotos pjautinės medienos, klijuotos medienos, sluoksninės lukštų medienos ir kt. konstrukcinės medienos žaliavos, kuri gali užtikrinti aktualias skydo mechanines ir eksploatacines savybes;
4. **šiltinantis skydo užpildas**, įterpiamas tarp skydo rėmo, vidinio karkaso bei vidinės ir išorinės sienelių; užpildui gali būti naudojamos įvairios lakštinės arba birios šiltinančios medžiagos; kuriomis užpildytas skydas atitinka jam keliamus šiluminių, priešgaisrinių savybių bei eksploatacinių savybių reikalavimus;

5.3. pav. Šiltinančio sienos skydo pagrindiniai komponentai – sienos pjūvyje (0 – esama siena)



5. **priešvėjinė gipso plokštė**, sudaranti išorinę skydo „dėžės“ sienelę, pagerinanti skydo šilumines ir priešgaisrines savybes; storis – 9,5-15 mm
6. **fasado karkasas vėdinamo oro sluoksnio formavimui ir apdailos tvirtinimui**, storis 20-30 mm, formuojamas iš vertikalių statramsčių, kurių išdėstymo tankis priklauso nuo apdailos medžiagos tvirtinimo reikalavimų;
7. **apdaila** iš lakštinių medžiagų arba apdailinių lentų; naudojamos medžiagos: mediena, medienos kompozitai, fibrocementas, profiliuotas metalas; įvairūs plastikai; dėl didelio svorio nerekomenduojamos keraminės ar akmeninės apdailos medžiagos ;
8. **gaisro ribotuvai** – metalo profilis, dalinai atitveriantis skirtingų plokščių vėdinamo oro sluoksnius; gali būti nenaudojamas, jei to nenumato skydo gamintojas;
9. **įdėtinės detalės** ir kiti sistemos elementai: tvirtinimo prie sienos kronšteina, atraminės sijos.

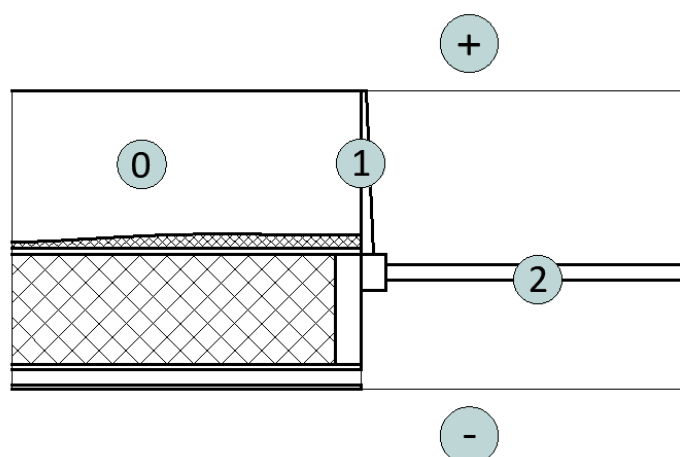
5.4. Šiltinančio skydo sandara (1-tarpinis sluoksnis, 2-galinė sienelė, 3-rėmas ir karkasas, 4-šiltinanti medžiaga, 5-priekinė sienelė, 6-apdailos karkasas, 7-apdaila)



Garus, vandenį izoliuojančių plėvelių naudojimo būtinumas turi būti įvertinamas žinant parinktų kitų skydo komponentų garinio laidžio savybes bei atlikus skydais apšiltintos atitvaros metų ciklo drėgminės būklės modeliavimą. Kadangi skydai gaminami gamykloje ir transportuojami į statybos vietą, todėl skydų matmenų apribojimai siejami net tik su galimybe tam tikrą skydą sumontuoti, bet ir jį pervežti.

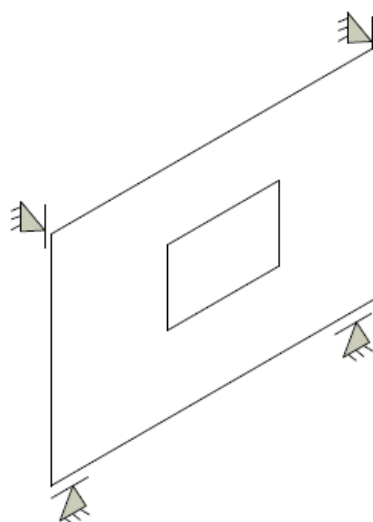
Didžioji dalis renovuojamų pastatų sienų skydų yra **su gamykloje įmontuotais langais**. Lango šiluminės savybės parenkamos atsižvelgiant į planuojamą pastato energinio naudingumo klasę ir kitų atitvarų šiltinimo sprendinius. Lango montuojant gamykloje skydo gamintojas prisiima atsakomybę už tinkamą lango sumontavimą. Renovacija skydais atliekama neišmontavus esamų langų. Esami langai išmontuojami bei vidaus angokraščio apdaila atliekama po sienos skydo sumontavimo. Ties langų angokraščiu turi būti siekiama nevirsyti daugiau nei 1 cm naujojo lango angos paklaida į lango mažėjimo pusę, nes tokią paklaidą dar racionalu kompensuoti per vidaus angokraščio apdailą. Jei pastato pirminė konstrukcija buvo su užkarpomis lango montavimui, demontuojant esamą langą jos turi būti nupjaunamos.

5.5. pav. Šiltinančio sienos skydo ir lango jungtis (0 – esama siena)



Sienos skydai į esamą pastatą perduoda vertikalias apkrovas, susidarancias dėl savojo svorio, lietaus ir sniego poveikio, temperatūrinio bei drėgminio poveikio ir horizontalias apkrovas, susidarancias dėl vėjo ir temperatūrinio bei drėgminio poveikio. 5.6. pav. parodyta principinė sienos skydo tvirtinimo schema⁴⁰. Vidutinis skydo su langais svoris sudaro 60-70 kg/m², o vidutinis skydo plotas – 10-12 m². Tikslus skydų plotas bei svoris nustatomas pagal fasado skydų specifikaciją bei gamintojų pateikiamus techninius duomenis. Parenkant tvirtinimo sprendinius reikia įvertinti, kad skydas prie sienos tvirtinamas atitraukiant jo standžią rėminę dalį 0-8 cm, taip kompensuojant sienos nelygumus.

5.6. pav. Šiltinančio sienos skydo principinė tvirtinimo schema

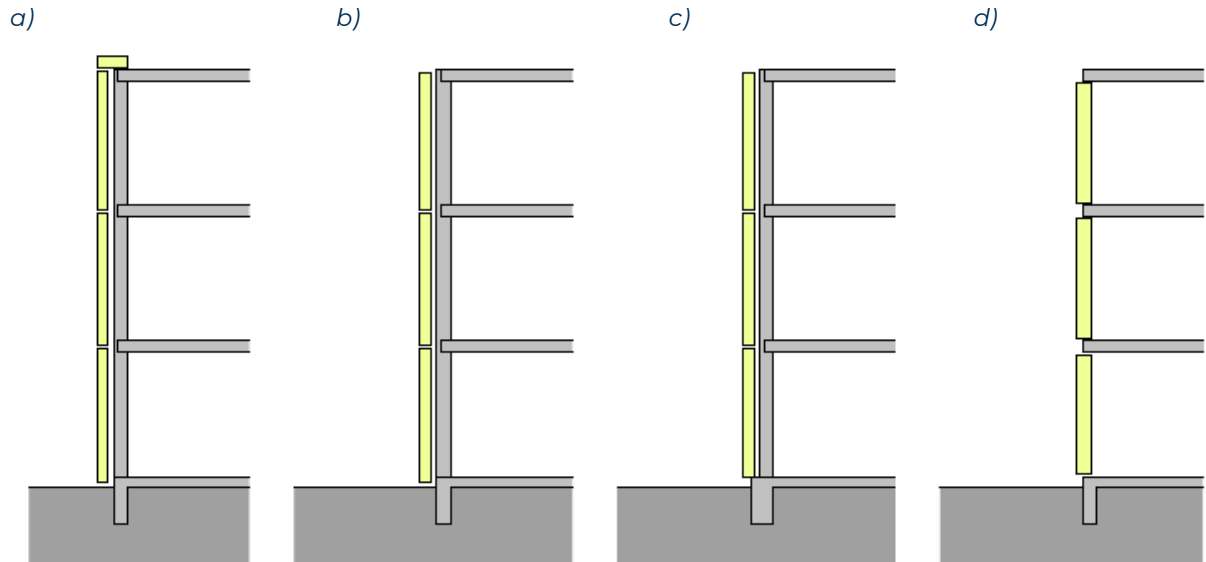


⁴⁰ TES EnergyFaçade –prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. Research project 2008-2009. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/document.pdf>

Prie sienos šiltinantys skydai gali būti tvirtinami keliais būdais (5.7. pav.):

- a) pakabinant,
- b) tvirtinant prie sienos,
- c) atremiant į pamatą (esamą arba papildomai įrengiamą),
- d) atremiant į perdangą.

5.7. pav. Sienos skydo tvirtinimo būdai⁴¹

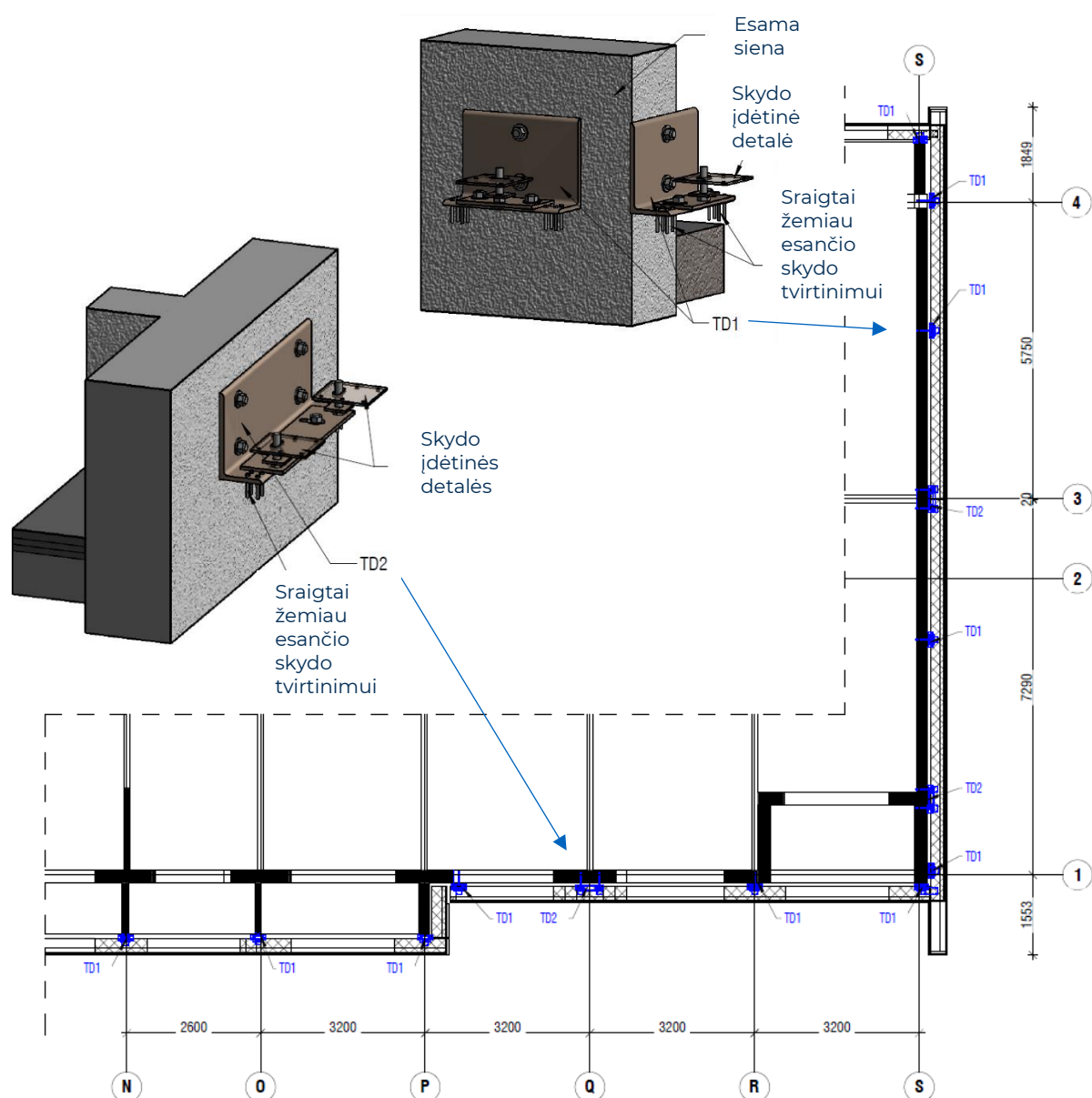


Tikslus skydo tvirtinimo sprendinys – tvirtiklių kiekis, vietos, tvirtinimo varžtų skaičius, turi būti priimamas atsižvelgiant į pastato techninės būklės įvertinimą, kuris gali būti tikslinamas užsakant statinio konstrukcinę ekspertizę bei atliekant aktualius bandymus (tvirtinimo elementų ištraukimo iš pagrindo bandymas).

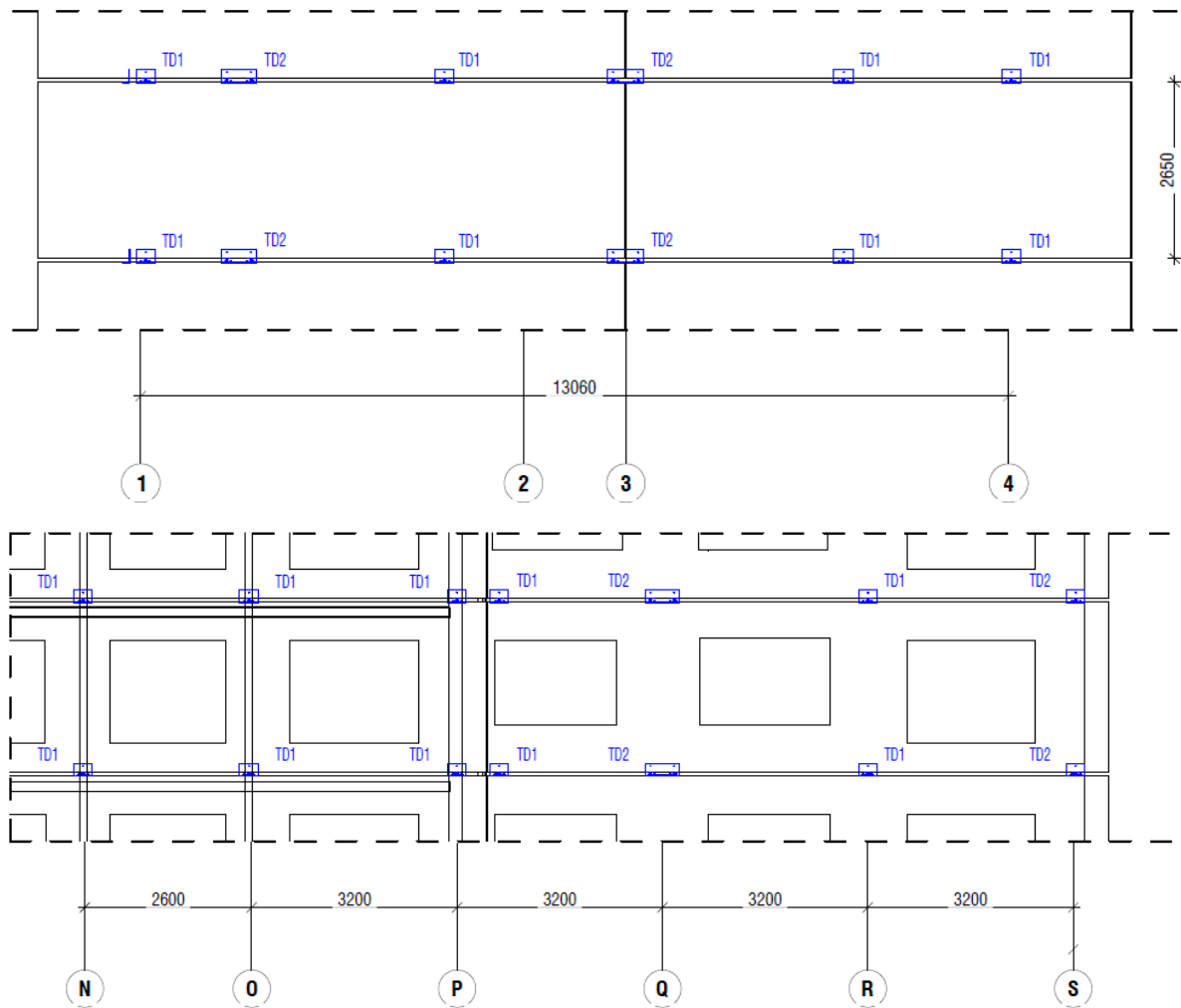
5.8.-5.9. pav. parodyti tvirtiklių (TD1-TD2) ir jų išdėstymo (pažymėti mėlynai) pavyzdžiai gyvenamojo namo fasadų bei aukšto plano fragmentuose. Paveikslai parengti pagal projektuotojų Heigo Tuttelberg, Raul Aripmann, Andres Lehtla bei Raili Rei (įmonė „Sirkel&Mall“, Estija) priimtus projektinius sprendinius bei parengtus modelius ir brėžinius pilotiniam projektui Taline, Estijoje, adr. Akadeemia tee 5a, vykdant Europos Sąjungos bendrosios mokslinių tyrimų ir inovacijų programos H2020 projektą MORE-CONNECT pagal dotacijos sutartį Nr. 633477.

⁴¹ TES EnergyFaçade –prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. Research project 2008-2009. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/document.pdf>

5.8. Sienos skydo tvirtiklių (žymuo mėlynai TD1, TD2) ir jų išdėstymo projekcijos aukšto plane pavyzdys



5.9. Sienos skydo tvirtiklių (žymuo mėlynai TD1, TD2) išdėstymo fasaduose pavyzdys



Dauguma Lietuvoje renovuotinų daugiabučių pastatų stogų yra sutapdintos konstrukcijos su vidine lietaus nuvedimo sistema. Apšiltinant skydais, vidinė lietaus nuvedimo sistema turi būti keičiama į išorinę lietaus nuvedimo sistemą, nes skydais neįmanoma suformuoti vidinei lietaus nuvedimo sistemai reikalingų stogo nuolydžių. Šiltinant sutapdintą stogą skydais, ant esamo sutapdinto stogo konstrukcijos formuojamas dvišlaitis stogas. Stogo nuolydis priklauso nuo stogo dangai pasirenkamų dangų savybių.

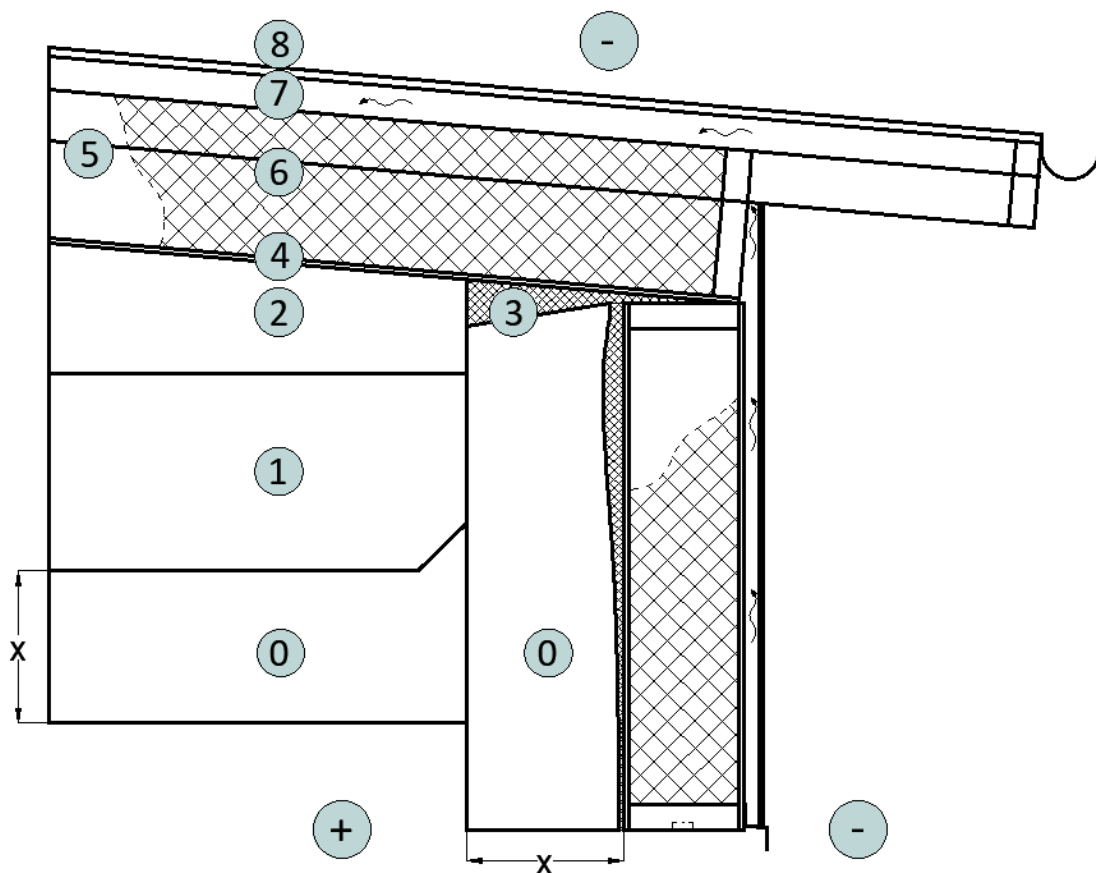
Stogo šiltinimo skydais sprendiniai

Pagrindiniai stogą šiltinančio skydo komponentai, remiantis ES pilotinių projektų patirtimi, yra šie (5.10. pav.):

1. **nevėdinama ertmė** tarp esamo stogo ir naujai formuojamo šlaitinio stogo; šios ertmės aukštis priklauso nuo esamo pastato parapeto ir naujos stogo skydą laikančios konstrukcijos aukščio;
2. **stogo skydą laikanti konstrukcija** – sijos arba santvaros; remiama ant stogo, jungiama prie esamos sienos vidinės pusės; šis sluoksnis formuoja stogo nuolydį, kuris priklauso nuo parenkamos stogo dangos;
3. **tarpinis sluoksnis iš šiltinančios medžiagos**, naudojamas ertmėms tarp sienos ir stogo skydo apšiltinti ir užsandarinti;
4. **medienos drožlių plokštė** arba kita analogiška medžiaga, sudaranti skydo „dėžės“ sienelę; sluoksnio storis – 10-12 mm;

5. **skydo rėmas ir vidinis karkasas**, tarp kurio įterpiama šiltinanti medžiaga; skydo rėmo ir karkaso plotis priklauso nuo skydai keliamų šiluminių savybių reikalavimų; vidinis skydo karkasas formuojamas statramsčiais, kurie išdėstomi kas 600 mm; skydo rėmo ir karkaso storis – ≥ 5 cm; skydo rėmas ir karkasas gali būti gaminamas formuojant 2 sluoksnius su išilginiu ir skersiniu vidiniu karkasu;
6. **šiltinantis skydo užpildas**, įterpiamas tarp skydo rėmo, vidinio karkaso bei vidinės ir išorinės sienelių; užpildui gali būti naudojamos įvairios lakštinės arba birios šiltinančios medžiagos; kuriomis užpildytas skydas atitinka jam keliamus šiluminių, priešgaisrinių savybių bei eksploatacinių savybių reikalavimus;
7. **priešvėjinė izoliacija ir karkasas vėdinamo oro sluoksnio formavimui bei stogo dangos tvirtinimui**; storis ≥ 30 mm, formuojamas iš statramsčių, kurių išdėstymo tankis priklauso nuo apdailos medžiagos tvirtinimo reikalavimų;
8. **apdaila** iš lakštinių medžiagų.

5.10. pav. Šiltinančio sienos ir stogo skydo jungtis (0 – esamas stogas ir siena)



Garų ir vandenį izoliuojančių plėvelių naudojimo būtinumas turi būti įvertinamas žinant parinktų kitų skydo komponentų garinio laidžio savybes bei atlikus skydais apšiltintos atitvaros metų ciklo drėgminės būklės modeliavimą. Stogo skyde gamykloje gali būti įmontuotos detalės išorinei lietaus nuvedimo sistemai. Stogo skydą laikančios konstrukcijos tvirtinimas, skydų tarpusavio sujungimo detalės ir jų hermetinimas yra skydo gamintojų projektinių sprendinių objektas.

Stogo skydų laikančiųjų konstrukcijų išdėstymas turi būti vertinamas analizuojant laikančiąsias esamo pastato konstrukcijas bei galimybę joms perduoti stogo denginio apkrovas. Jei sutapdintas stogas yra apšiltintas medžiaga, kurios mechaninis stipris nėra pakankamas perduoti stogo laikančiosios konstrukcijos apkrovas, ši medžiaga naujų santvarų atrėmimo vietose turi būti pašalinama. Santvaros gali būti dėstomos išilgai arba skersai esamo pastato, atitinkamai planuojant

stogo šiltinančio skydo atrėmimą ant jų. Santvara tvirtinama ir prie esamų parapetų vidinės pusės siekiant fiksuoti santvaros projekcinę padėtį statybos darbų vykdymo metu.

Projektuojant šiltinančių skydų išdėstymą, svarbu atkreipti dėmesį į renovuojamo pagrindo deformacines siūles (jei tokios yra), ir tarp šiltinančių skydų toje pačioje vietoje turi būti numatomos jungtys-deformacinės siūlės.

Cokolio ir požeminės pamato dalies šiltinimui siūloma taikyti tradicines technologijas, naudojant drėgmės neįgeriančias šiltinimo medžiagas, kas aktualu šio tipo konstrukcijoms. Tradiciniai cokolio ir pamato šiltinimo darbai taip pat nereikalauja pastolių, kaip ir skydinė šiltinimo technologija. Perdangos į nešildomą rūšį šiltinimas analizuotinas kompleksiskai vertinant visus kitus šiltinimo sprendinius, tačiau ir šiai konstrukcijai tikslinga taikyti tradicines šiltinimo technologijas.

Skydų suminė šiluminė varža

Formuojant užduotį, kokių šiluminių savybių skydai reikalingi pastato apšiltinimui, reikia įvertinti visų atitvarų, per kurias susidaro šilumos nuostoliai, šilumos perdavimo koeficientus bei jų įtakojamą kompleksinį rodiklį – savituosius šilumos nuostolius (W/K).

Skaiciuojant skydais apšiltintos atitvaros šilumos perdavimo koeficientą, turi būti vertinama esamos atitvaros šiluminė varža bei naujai įrengiamų atitvaros sluoksnių šiluminė varža. Šilumos perdavimo koeficientas skaičiuojamas remiantis STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ metodika. Šioje metodikoje nurodomos vertės, kurios atitinka tam tikros energinio naudingumo klasės atitvaroms privalomus sprendinius, tačiau formuojant reikalavimus atskiroms renovuojamoms atitvaroms, jų tiesiogiai taikyti negalima. Renovacijos atveju ne visada yra galimybė apšiltinti pastato perdangą į nešildomus rūsius arba grindis ant grunto, nes tai susiję su nepageidaujamu rūsio arba pirmo aukšto patalpų aukščio sumažėjimu arba padidėjusiomis investicijomis į vidaus apdailą. Todėl šių atitvarų nepagerinimas turi būti kompensuojamas per kitų atitvarų pagerinimą daugiau negu reikalauja norminės vertės. Dažnai perdangos ar grindų nešiltinimą galima kompensuoti parenkant geresnių šiluminių savybių langus, geresnes stogo šilumines savybes arba ilginių šiluminių tiltelių įtakos sumažinimą. Tačiau tai turi būti įvertinama skaičiavimais investicinio projekto rengimo metu. Bet kuriuo atveju, sienų, stogų, langų šilumos perdavimo koeficientai neturi būti blogesni, nei pateikiami reglamente⁴². Orientaciniai reikalavimai A ir B energinio naudingumo klasės gyvenamųjų pastatų atitvaroms, kurias galima apšiltinti skydais, pateikiami 5.1. lentelėje.

5.1. lentelė. Orientacinės šilumos perdavimo koeficientų $U_{A,B}$ vertės ($W/(m^2 \times K)$) A ir B energinio naudingumo klasės gyvenamųjų pastatų atitvaroms

Atitvaros rūšis	Gyvenamojo pastato energinio naudingumo klasė	
	A	B
Stogai	0,14	0,15
Sienos	0,15	0,18
Langai	1,0	1,4
Durys	1,3	1,5

Siekiant sukurti 5.1 lentelėje pateiktų savybių atitvaros sprendinį, reikia įvertinti esamos renovuojamos atitvaros savybes. Dažniausiai esamų sienų, stogų šiltinimas atliekamas pridėdant papildomus sluoksnius, todėl optimalaus sprendinio nustatymui naudinga surinkti kuo tikslesnę informaciją apie esamą pastato būklę. Jei informacija apie esamų atitvarų statybai panaudotas medžiagas nėra

⁴² STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

žinoma, leidžiama jų būklę vertinti pagal reglamento¹⁶ reikalavimus, kurių aktuali ištrauka pateikiama 3.1. lentelėje.

Pagal 5.1. ir 3.1. lentelėse pateiktas šilumos perdavimo koeficientų vertes, galima apskaičiuoti, kokią varžą R_{sk} (m^2OK/W) turi turėti šiltinantis skydas, išreiškiant šį kintamąjį iš priklausomybių:

$$U_{A,B} = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{si} + R_{ea} + R_{sk} + R_{se}},$$

$$U_{ea} = \frac{1}{R_{si} + R_{ea} + R_{se}},$$

$$R_{ea} = \frac{1}{U_{ea}} - R_{si} - R_{se},$$

$$R_{sk} = \frac{1}{U_{A,B}} - R_{si} - R_{se} - R_{ea} = \frac{1}{U_{A,B}} - R_{si} - R_{se} - \left(\frac{1}{U_{ea}} - R_{si} - R_{se} \right),$$

čia: $U_{A,B}$ - šilumos perdavimo koeficiento vertė ($W/(m^2 \times K)$) A arba B energinio naudingumo klasės gyvenamųjų pastatų atitvaroms,

U_{ea} - esamos atitvaros šilumos perdavimo koeficiento vertė ($W/(m^2 \times K)$),

R_{si} - atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$),

R_{se} - atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$),

R_{ea} - atitvaros esamų sluoksnių suminė šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$).

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad B energinio naudingumo klasės pastatui sienos šiltinančio skydo suminė šiluminė varža turi būti **$\geq 4,34 \text{ m}^2 \cdot K/W$** , stogo - **$\geq 5,15 \text{ m}^2 \cdot K/W$** , o A energinio naudingumo klasės pastatui sienos šiltinančio skydo suminė šiluminė varža turi būti **$\geq 5,45 \text{ m}^2 \cdot K/W$** , stogo - **$\geq 5,63 \text{ m}^2 \cdot K/W$** .

5.2. lentelėje pateikiami skirtingo storio sienos šiltinančio sluoksnio skydų suminės šiluminės varžos skaičiavimai, naudojant mineralinės vatos, celiuliozės vatos ir kitus augalinės kilmės šiltinančius užpildus, esant skirtingam skydo karkaso tankiui bei įvertinant šias sąlygas:

- tarp esamos sienos ir skydo įrengiamas vidutiniškai 4 cm storio mineralinės vatos ($\lambda_{ds}=0.044 \text{ W/(m} \cdot K)$) sluoksnis pagrindo plokštumos nelygumų užpildymui;
- skydo vidinėje pusėje įrengiamas 1,2 cm storio medienos drožlių plokštės ($\lambda_{ds}=0.18 \text{ W/(m} \cdot K)$) sluoksnis;
- skydo išorinėje pusėje (po apdailos karkasu) įrengiamas 0,95 cm storio priešvėjinio gipso kartono ($\lambda_{ds}=0.25 \text{ W/(m} \cdot K)$) sluoksnis;
- pagrindinis šiltinantis sluoksnis įrengiamas tarp konstrukcinės medienos karkaso, kurio storis 5 cm, išdėstymo tankis - kas 60 cm.

5.2.lentelė. Sienos šiltinimo skydo suminė šiluminė varža R_{sk} ($m^2 \cdot K/W$), esant skirtingoms šiltinančioms medžiagoms, jų šilumos laidumo savybėms bei storiui, kai konstrukcinės medienos karkasas išdėstytas kas 600 mm (spalvinis žymėjimas: šviesiai žalia – sprendinys, atitinkantis B energinio naudingumo klasės reikalavimus, tamsiai žalia – A klasės reikalavimus).

Sienos pagrindinis šiltinantis užpildas								
Medžiaga	λ_{dec} , W/(m·K)	Storis, m						
		0,175	0,2	0,225	0,25	0,275	0,3	0,325
Mineralinė vata	0,031	5,15	5,74	6,33	-	-	-	-
	0,032	5,06	5,64	6,21	-	-	-	-
	0,033	4,97	5,54	6,11	-	-	-	-
	0,034	4,89	5,45	6,00	-	-	-	-
	0,035	4,81	5,36	5,90	-	-	-	-
	0,036	4,74	5,27	5,80	-	-	-	-
	0,037	4,67	5,19	5,71	-	-	-	-
	0,038	4,60	5,11	5,62	-	-	-	-
	0,039	4,53	5,03	5,54	-	-	-	-
	0,04	4,47	4,96	5,45	-	-	-	-
	0,041	4,41	4,89	5,37	-	-	-	-
	0,042	4,35	4,82	5,30	-	-	-	-
	0,043	4,29	4,76	5,22	-	-	-	-
	0,044	4,23	4,69	5,15	-	-	-	-
Celiuliozės vata	0,035	-	4,69	5,15	5,61	-	-	-
	0,036	-	4,63	5,08	5,53	-	-	-
	0,037	-	4,57	5,02	5,46	-	-	-
	0,038	-	4,51	4,95	5,39	-	-	-
	0,039	-	4,46	4,89	5,32	-	-	-
	0,04	-	4,40	4,83	5,25	-	-	-
Pakulos	0,074*	-	-	-	-	4,40	4,71	5,01
Kanapių pluoštas	0,079*	-	-	-	-	4,22	4,51	4,80
Šiaudai	0,09*	-	-	-	-	3,88	4,14	4,40
Spaliai	0,1*	-	-	-	-	3,62	3,86	4,10

* nurodyta projektinė šilumos laidumo vertė λ_{ds} , W/(m·K)

5.3. lentelėje pateikiami skirtingo storio stogo šiltinančio sluoksnio skydų suminės šiluminės varžos skaičiavimai, naudojant mineralinės vatos, celiuliozės vatos ir kitus augalinės kilmės šiltinančius užpildus, esant skirtingam skydo karkaso tankiui bei įvertinant šias sąlygas:

- tarp esamo stogo ir skydo įrengiamas nuolydį formuojantis nevedinamas oro tarpas, kurio $R_g=0,16$ $m^2 \cdot K/W$;
- skydo vidinėje pusėje įrengiamas 1,2 cm storio medienos drožlių plokštės ($\lambda_{ds}=0,18$ W/(m·K) sluoksnis;
- skydo išorinėje pusėje (po apdailos karkasu) įrengiamas 0,95 cm storio priešvėjinio gipso kartono ($\lambda_{ds}=0,25$ W/(m·K) sluoksnis;
- pagrindinis šiltinantis sluoksnis įrengiamas tarp konstrukcinės medienos karkaso, kurio storis 5 cm, išdėstymo tankis - kas 60 cm.

5.3. lentelė. Stogo šiltinimo skydo suminė šiluminė varža R_{sk} ($m^2 \cdot K/W$), esant skirtingoms šiltinančioms medžiagoms, jų šilumos laidumo savybėms bei storiui, kai konstrukcinės medienos karkasas išdėstytas kas 600 mm (spalvinis žymėjimas: šviesiai žalia – sprendinys, atitinkantis B energinio naudingumo klasės reikalavimus, tamsiai žalia – A klasės reikalavimus).

Stogo pagrindinis šiltinantis užpildas								
Medžiaga	λ_{dec} , W/(m·K)	Storis, m						
		0,225	0,25	0,275	0,3	0,325	0,4	0,45
Mineralinė vata	0,031	5,58	6,17	6,76	7,35	-	-	-
	0,032	5,47	6,04	6,62	7,20	-	-	-
	0,033	5,36	5,92	6,49	7,05	-	-	-
	0,034	5,25	5,81	6,36	6,91	-	-	-
	0,035	5,15	5,69	6,24	6,78	-	-	-
	0,036	5,06	5,59	6,12	6,65	-	-	-
	0,037	4,96	5,48	6,01	6,53	-	-	-
	0,038	4,87	5,39	5,90	6,41	-	-	-
	0,039	4,79	5,29	5,79	6,30	-	-	-
	0,04	4,70	5,20	5,69	6,18	-	-	-
	0,041	4,63	5,11	5,59	6,08	-	-	-
	0,042	4,55	5,02	5,50	5,98	-	-	-
	0,043	4,47	4,94	5,41	5,88	-	-	-
	0,044	4,40	4,86	5,32	5,78	-	-	-
Celiuliozės vata	0,035	-	-	5,32	5,78	6,24	-	-
	0,036	-	-	5,24	5,69	6,14	-	-
	0,037	-	-	5,16	5,60	6,04	-	-
	0,038	-	-	5,08	5,51	5,95	-	-
	0,039	-	-	5,00	5,43	5,86	-	-
	0,04	-	-	4,92	5,35	5,77	-	-
Pakulos	0,074*	-	-	-	-	-	5,19	5,80
Kanapių pluoštas	0,079*	-	-	-	-	-	4,92	5,51
Šiaudai	0,09*	-	-	-	-	-	4,43	4,95
Spaliai	0,1*	-	-	-	-	-	4,06	4,54

* nurodyta projektinė šilumos laidumo vertė λ_{ds} , W/(m·K)

Atlikti varžų skaičiavimai rodo kaip efektyvios šiltinančios medžiagos naudojimas gali sumažinti bendrą skydo šiltinančio sluoksnio storį, o tai labai svarbus rodiklis skydo svoriui ir jo tvirtinimo elementų dydžiui bei kiekiui.

Aukščiau pateiktuose skaičiavimuose nevertintos skydo tvirtinimo detalės ir perimetrinis skydo rėmas bei vertintas 600 mm medinio karkaso žingsnis. Žinant tikslų skydo bei jo tvirtinimo sprendinį, skaičiavimai turi būti patikslinami, įvertinant vidutinį medinio karkaso žingsnį (modeliuojant vienmatį temperatūrinį lauką kompiuterinėmis programomis) bei pritaikant atitvaros šilumos perdavimo koeficiento pataisą ΔU_f , priklausančią nuo taškinio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficiento vertės vienam tvirtikliui (skaičiuojama pagal LST EN ISO 10211 reikalavimus) bei tvirtiklių skaičiaus viename kvadratiniam metre atitvaros, kaip tai numatoma STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 3 priede „Statybos produktų šiluminių techninių rodiklių vertės pastatų energinio naudingumo skaičiavimams“.

Ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientai

Ilginis šiluminis tiltelis yra pastato atitvaros dalis, kur įprastai vienodos termoizoliacinės savybės žymiai pasikeičia dėl pilnai arba dalinai įsiskverbiančių į atitvarą medžiagų su skirtingu šilumos pralaidumu ir/arba keičiantis gaminio storiui, ir/arba skiriantis vidinių ir išorinių paviršių plotams tokiose vietose, kaip sienų/grindų/lubų jungtys. Ilginių šiluminių tiltelių įtaka pastato energiniam balansui įvertinama nustatant tokių jungčių ilgį bei šilumos perdavimo koeficientą, kuris gali būti teigiamas (t.y. didinantis apskaičiuotus šilumos nuostolius per atitvaras), arba neigiamas (t.y. mažinantis apskaičiuotus šilumos nuostolius per atitvaras).

Ilginio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficientas Ψ , W/(m·K), gali būti apskaičiuotas pagal formulę:

$$\Psi = L_{2D} - \sum U_i \cdot l_i, \text{ W/(m·K)};$$

čia: L_{2D} – linijinio šiluminio tiltelio savitieji šilumos nuostoliai, nustatyti modeliuojant dvimatį temperatūrinį lauką komponentui, kuris skiria dvi aplinkas (vidų ir išorę);

U_i – šilumos perdavimo koeficientas apskaičiuotas vienmačiame temperatūriniame lauke komponentui i , kuris skiria dvi aplinkas;

l_i – dvimačio geometrinio modulio ilgis, kuriam paskaičiuota šilumos perdavimo koeficiento U_i vertė.

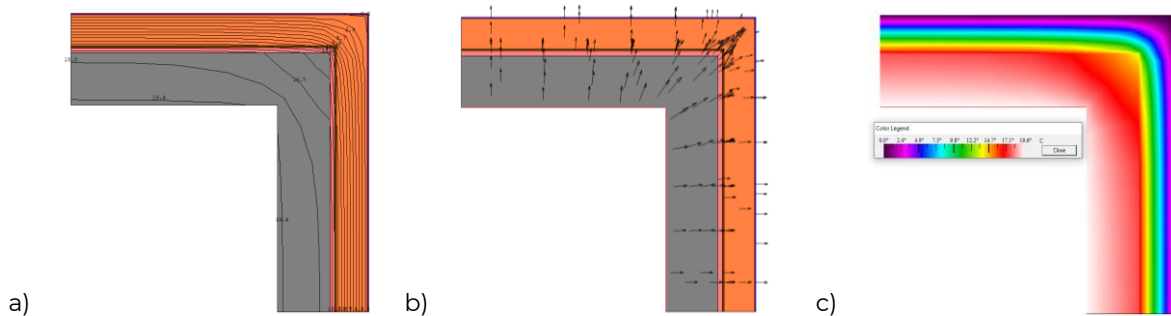
L_{2D} vertė apskaičiuojama kompiuterine programa „THERM“⁴³, kurios skaičiavimo algoritmas sudarytas pagal ISO 15099 („Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations“) standarto metodiką.

B energinio naudingumo klasės norminių atitvarų ilginiai šiluminiai tilteliai

Išorinis sienos kampas - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = -0,11 \text{ W/(m·K)}$.

5.11. paveiksle pateikti išorinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

5.11. pav. Išorinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma)

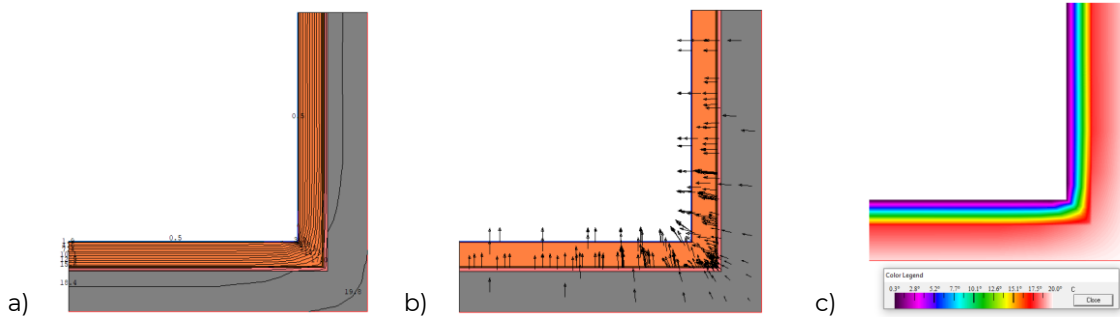


Vidinis sienos kampas - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = 0,02 \text{ W/(m·K)}$.

5.12. paveiksle pateikti vidinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

⁴³ <https://windows.lbl.gov/therm-software-downloads>

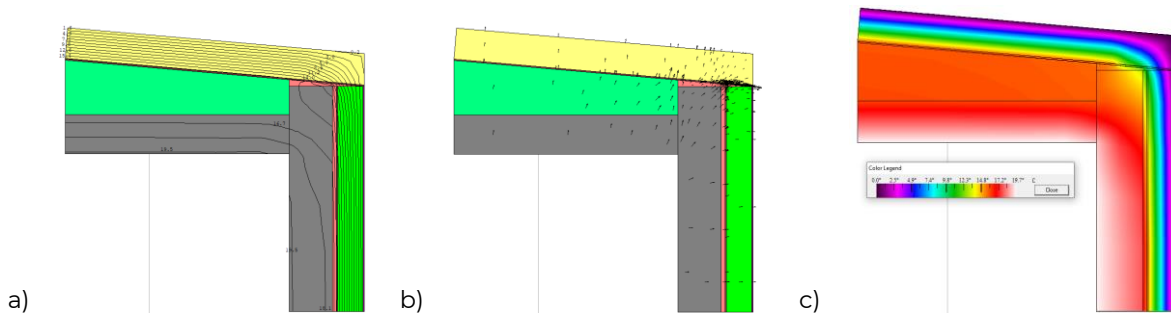
5.12. pav. Vidinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma)



Išorinis stogo/sienos kampas - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = -0,11 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

5.13. paveiksle pateikti išorinio stogo/sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

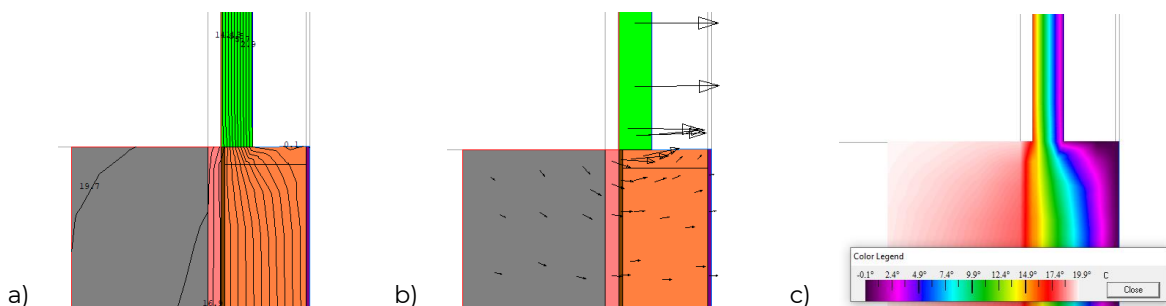
5.13. pav. Sienos/stogo kampo ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma).



Sienos/lango jungtis - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = 0,02 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, kai lango $U=1,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

5.14. paveiksle pateikti sienos/lango jungties ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

5.14. pav. Sienos/lango jungties ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma).

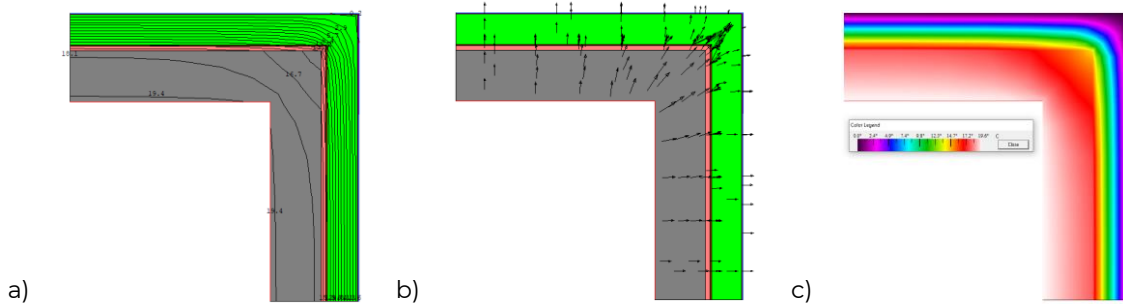


A energinio naudingumo klasės norminių atitvarų ilginiai šiluminiai tilteliai

Išorinis sienos kampas - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = -0,08 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

5.15. paveiksle pateikti išorinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

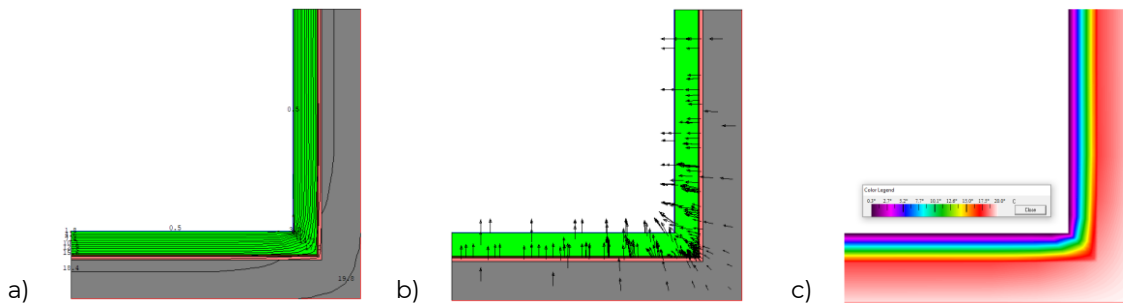
5.15. pav. Išorinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma)



Vidinis sienos kampas - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = 0,03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

5.16. paveiksle pateikti vidinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

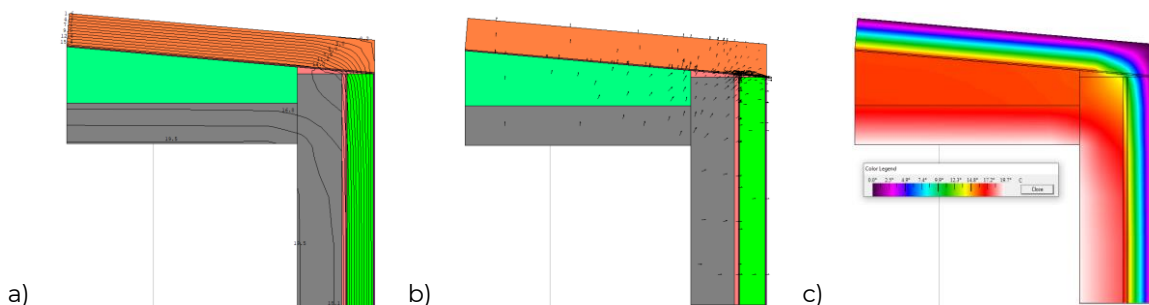
5.16. pav. Vidinio sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma)



Išorinis stogo/sienos kampas - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = -0,05 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

5.17. paveiksle pateikti išorinio stogo/sienos kampo ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

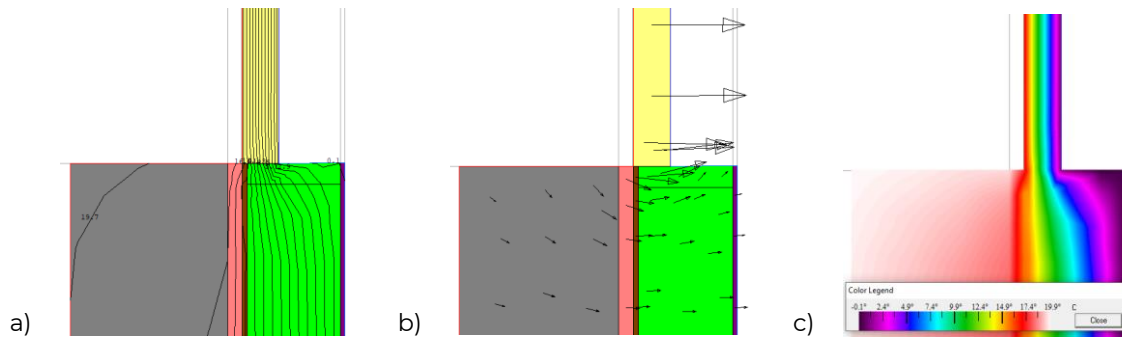
5.17. pav. Sienos/stogo kampo ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma).



Sienos/lango jungtis - ilginio šiluminio tiltelio vertė $\Psi = 0,03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, kai lango $U = 1,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

5.18. paveiksle pateikti sienos/lango jungties ilginio šiluminio tiltelio analizės grafiniai rezultatai.

5.18. pav. Sienos/lango jungties ilginio šiluminio tiltelio modeliavimo grafinis vaizdas (a – izotermų vizualizacija, b – šilumos srauto vektorių vizualizacija, c – termograma).



Vertinant pastatų energinio naudingumo klasės projektavimo aspektu, nustatytos B ir A energinio naudingumo klasei skirtų mazgų su šiltinančiais skydais ilginių šiluminių tiltelių perdavimo koeficientų vertės atitinka bendrai tokios energinio naudingumo klasės pastatams keliamus reikalavimus, nes visos, išskyrus 1 vertę (A klasės vidinis sienos kampas) yra mažesnės už normines vertes, pateikiamas STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 7 lentelėje „Ilginių šilumos tiltelių šilumos perdavimo koeficientų vertės pastatų (jų dalių) atitvarų norminių savitųjų šilumos nuostolių ir energinio naudingumo rodiklių skaičiavimui“.

6. Gamyba

6.1. Šiltinančio skydo gamyba

Pastato renovacijos elementų gamyba gamykloje esamame rinkos išsivystymo etape charakterizuojama tam tikromis naudomis, iššūkiais ir skirtumais, lyginant su tradiciniais renovacijos sprendiniais:

- naudos - didesnis tikslumas ir standartizacija, geresnė kokybės kontrolė, atliekų ir transportavimo poreikio mažinimas, galimybė sumažinti sąnaudas, jei bus pasiektas pakankamas mastas;
- iššūkiai - proceso naujumas gali reikšti dideles pradinės investicijas ir didesnę kapitalo kainą, ilgesnis sprendinių derinimo laikas, apribojimai, susiję su transportu, kvalifikuotos darbo jėgos trūkumas arba aukštesnė kaina;
- skirtumai - didelės pradinės kapitalo išlaidos, skirtingi įgūdžių ir žinių reikalavimai, mažesnis projekto lankstumas, pokyčiai tiekimo grandinėje⁴⁴.

Dažniausiai skydai gaminami naudojant kompiuteriu valdomas (angl. computer numerical control - CNC) medienos apdirbimo stakles, todėl gaminio geometrinės paklaidos neviršija 1 mm. Maksimalūs pagaminamo skydo gabaritai gali skirtis priklausomai nuo gamybos linijos galimybių. Rinkoje esantys gamintojai⁴⁵ deklaruoja galintys gaminti iki 4,5x4,2x12,5 m matmenų skydus, t.y. sąlyginai didelius gaminius, todėl skydo projektiniai sprendiniai labiau priklauso nuo skydo transportavimo sprendinių, o ne gamybos apribojimų. 6.1. pav. parodyta medienos pjaustymo įranga bei skydo surinkimo stalai.

6.1. pav. Skydų gamybos įrenginiai ir gamybos linija⁴⁶



Skydas gaminamas pagal pastato projektuotojų parengtą dokumentaciją, parengiant detalius konstrukcinius skydo brėžinius, kuriuose detalizuojamas karkaso išdėstymas, atskirų skydų komponentų tvirtinimo/jungimo būdai, elementai ir jų vietos. Pagal projekto konstruktoriaus užduotį skyde įmontuojamos skydo tvirtinimo prie renovuojamos atitvaros ar kitos konstrukcijos detalės. Pilotiniuose projektuose⁴⁷ skydo gamintojai galėjo priimti IFC, DXF, BTL formatų failus iš pastato projektuotojų, bei naudodami skirtingas programas (SEMA, įvairius AutoCad įskiepius, CadWork, Vertex, Tekla) pasiruošti dokumentaciją gamybai. Kol nėra sukaupta pakankamai praktikos skydų taikyme tarp projektuotojų, dalis skydo gamintojų teikia prioritetą pirminiems duomenims apie pastatą („taškų debesiai“) ir ruošia pastato projektinius sprendinius patys, suderindami su pastato projektuotojais.

⁴⁴ <https://www.bpie.eu/publication/industrial-prefabrication-solutions-for-building-renovation/>

⁴⁵ <https://timbeco.ee/en/production/>

⁴⁶ <https://www.more-connect.eu/deliverables/>

⁴⁷ <https://www.more-connect.eu/deliverables/>

Skydo gamintojas prisiima atsakomybę Lietuvos Respublikos Civilinio kodekso numatomais terminais, kad skydas bus pagamintas pagal jam keliamus reikalavimus. Kadangi dalis komponentų skyde yra paslėpti (šiluminė izoliacija), skydai turi būti taikomi paslėptų darbų garantiniai terminai. Taip pat skydo gamintojai į savo gaminius įmontuoja kitų gamintojų statybos produktus – langus, ortakius, vamzdžius, elektros kabelius, įrenginius ir kita, todėl turi deklaruoti, remdamiesi statybos produktų tiekėjų deklaracijomis, ir jų savybes, kai tai būtina.

Gamybos metu skydai turi būti sužymimi unikaliais identifikaciniais numeriais, kurie susiejami su skydų numeracija, nurodyta projekto sprendiniuose.

6.2. Statybos produkto sertifikavimas

Skydo gamintojas privalo deklaruoti šiltinančių skydų savybes, remiantis nacionaliniu (NTI) arba Europos techniniu įvertinimu (ETI, *angl. European Technical Assessment – ETA*) kaip to reikalauja STR 2.04.01:2018 „Pastatų atitvaros. Sienos, stogai, langai ir išorinės įėjimo durys“. Europos techninis įvertinimas galioja visose ES narėse, o Nacionalinis techninis įvertinimas galioja tik Lietuvoje.

Techninis įvertinimas yra dokumentuotas statybos produkto eksploatacinių savybių vertinimas atsižvelgiant į jo esmines charakteristikas. Techninis įvertinimas rengiamas tais atvejais, kai nėra parengtų atitinkamų Lietuvos ar tarptautinių, Europos standartų, neplanuojama šių standartų rengti, taip pat kai juose numatytas vertinimo metodas yra netinkamas bent vienos esminės statybos produkto charakteristikos atžvilgiu arba kai atitinkamame standarte nenumatomas vertinimo metodas bent vienos esminės statybos produkto charakteristikos atžvilgiu. Techninį įvertinimą atlieka akredituota institucija vadovaujantis nacionalinių teisės aktų ir Europos vertinimo dokumentų - EAD (ar Europos techninio įteisinimo rekomendacijų - ETAG naudojamų kaip EAD) nuostatomis. Kol Europos techninio vertinimo organizacijos harmonizuota techninė specifikacija EAD 090240-00-0404 (Wood based composite panel for facades)⁴⁸, aktuali šiltinantiems skydams, nėra paskelbta, šiltinančių skydų sertifikavimas atliekamas vadovaujantis nacionaliniais teisės aktais. Tikrinamų savybių rinkinį ir būdą jų patvirtinimui nustato sertifikuojanči organizacija. Statybos produkto arba sistemos įvertinimas rengiamas patvirtinant aktualius rodiklius tyrimais, bandymais, skaičiavimais.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2022 m. sausio 24 d. įsakyme Nr. D1-15 „Dėl reglamentuojamų statybos produktų sąrašo patvirtinimo“ yra numatytas medienos skydų, naudojamų statyboje sertifikavimas pagal LST EN 13986 standarto reikalavimus, tačiau šis produktas apima tik tokių produktų, kaip orientuotų skiedrų plokštės, sluoksninė lukštų mediena, klijuota mediena ir pan., sertifikavimą, todėl apšiltinimo skydo atveju negali būti taikomas.

6.3. Logistika

Transportuojant šiltinančius skydus ir kitus elementus iki statybos aikštelės turi būti atsižvelgiama į maksimalius leidžiamus krovinio gabaritų pagal galiojančius reikalavimus bei užtikrinama skydų apsauga pervežimo metu nuo kritulių bei mechaninio pažeidimo (6.2. pav.). Šiltinantys skydai gali būti montuojami iškart nuo transporto arba iškraunami sandėliavimui. Remiantis egzistuojančia praktika už transportavimo kokybę atsako skydo gamintojai, bet pagal susitarimą šią funkciją gali perimti ir statybos darbų rangovas.

Skydų elementai be langų ir kitų papildomų elementų gali būti transportuojami kraunant horizontaliai vieną ant kito, įvertinus elemento montavimo eiliškumą.

⁴⁸ <https://www.eota.eu/eads?search=090240-00-0404&product=all&published=all#eads-results>

6.2. pav. Skydų apsauga transportavimo metu⁴⁹



Skydų elementai su langais ar kitais iš anksto sumontuotais elementais transportavimo metu yra jautresni mechaniniams pažeidimams, todėl turi būti transportuojami vertikaliai (6.3. pav. Vertikaliai ir horizontaliai pakrauti šiltinantys skydai ant transportavimo platformos).

Planuojant krovinio gabaritus reikia atsižvelgti į kelių, kuriais vežamas krovinys, bei statybos aikštelės apribojimus. Statybos aikštelės apribojimai įvertinami planuojant statybos darbų organizavimą, bei parenkant skydo montavimą nuo transporto priemonės arba iš

sandėliavimo vietos.

6.3. pav. Vertikaliai ir horizontaliai pakrauti šiltinantys skydai ant transportavimo platformos^{50 51}



Lietuvos keliais transportuojamų krovinių maksimalūs gabaritai nustatomi susisiekimo ministro įsakymu "Dėl Didžiausių leidžiamų naudojančių keliais transporto priemonių ar jų junginių techninių parametrų aprašo patvirtinimo"⁵². Didelių gabaritų krovinių pervežimui naudojamų automobilių su priekabomis, puspriekabėmis arba autoplatforomų plotis neturi viršyti 2,55 m, o aukštis – 4,0 m. Įsakyme numatomas transporto priemonės su kroviniu aukščio apribojimas, todėl krovinių-skydo maksimalus gabaritas turi būti nustatomas atėmus pakrovimo į transporto priemonę aukštį, kuris skirtingų automobilių atveju svyruoja nuo 0,7 iki 1,1 m bei pakuotės storį, kuris gali svyruoti nuo 0,05 iki 0,2 m. Skydo ilgio apribojimus dažnu atveju nulemia ne transportavimui keliais apribojimai. Skirtingų transporto priemonių didžiausias leistinas ilgis svyruoja nuo 12 iki 16,50 m, todėl transportuojamo skydo ilgis galėtų būti iki 10-12 m, o dėl gamybos ir skydo montavimo specifikos, rekomenduojamas skydo ilgis turėtų neviršyti 7-8 m (priklausomai nuo gamintojų specifikacijos).

⁴⁹ <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/projects-and-sites/projects/e2rebuild#results>

⁵⁰ <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/projects-and-sites/projects/e2rebuild#results>

⁵¹ TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope funded by: Woodwisdom Net. Research project from 2008-2009 <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/document.pdf>

⁵² <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.161448/asr>

7. Statyba-montavimas

Apšiltinant pastatą skydais, statybos darbų trukmė statybos aikštelėje yra trumpesnė, lyginant su tradiciniais apšiltinimo būdais. Vertinant, kad Lietuvoje klimatas ne visada palankus darbams lauko sąlygomis, tai gali tapti esminiu kriterijumi, renkantis apšiltinimo technologiją.

Priimant tinkamus konstrukcinius ir technologinius sprendimus, statybos darbai aikštelėje gali užtrukti ne ilgiau nei 5 darbo dienas, įskaitant ir laiką keičiamų pastato elementų demontavimui⁵³. Tai pasiekama diegiant šias priemones:

- detalus statybos darbų planavimas;
- užtikrinamas suplanuotas patekimas į statybviety;
- savalaikis suplanuotų elementų demontavimas;
- skydo tvirtinimo laikiklių įrengimas;
- statybos mechanizmų paruošimas;
- skydų sandėliavimo vietų paruošimas.

Statybos darbų vykdymui gali būti planuojama mažiau darbininkų – vieno skydo (iki 20 m²) sumontavimui užtrunkama 1-ą valandą dirbant 3-ms montuotojams⁵⁴.

Sienos šiltinimo skydų įrengimas apima šiuos etapus: nereikalingų pastato elementų demontavimas; laikiklių arba/ir atraminės sijos įrengimas; skydų tvirtinimas; technologinių siūlių, sujungimų apšiltinimas arba/ir apdaila; senų langų išmontavimas ir užkarpų pašalinimas; langų vidinių angokraščių apdailos atstatymas. Jei šiltinant sienas skydais buvo demontuojami konsoliniai balkonai, po sienų skydų pritvirtinimo įrengiama nauja laikančioji balkonų sistema ant atskiro pamato. Stogo šiltinimo skydų įrengimas apima šiuos etapus: nereikalingų pastato elementų demontavimas; skydų laikančiosios ir nuolydį formuojančios konstrukcijos įrengimas – sijų arba santvarų tvirtinimas prie parapeto vidinės pusės ir/arba atrėmimas ant esamos standžios stogo konstrukcijos; stogo skydų montavimas; stogo skydų jungčių hermetinimas; išorinės lietaus nuvedimo sistemos įrengimas; vidinės lietaus nuvedimo sistemos išmontavimas.

Šiltinantys skydai gali būti sandėliuojami statybos aikštelėje apsaugant juos nuo atmosferos poveikio – kritulių bei purvo.

Skydų pritvirtinimas prie sienos gali būti vykdomas keliais būdais, kurį parenka projektuotojas, įvertinęs pastato elementų mechaninį atsparumą bei atsižvelgdamas į skydo gamintojų pateikiamas rekomendacijas. Sienos skydą tvirtinant prie atraminės sijos, tai atliekama greičiau, nei tvirtinant atskiruose taškuose. Sienos skydai dažniausiai tvirtinami nuo kėlimo platformų, naudojant automobilinį kraną, tačiau nenaudojant pastolių ar kitų stacionaraus tipo sistemų. Tam tikrai atvejais galimas ir tvirtinimas nuo pastolių, atitraukiant juos nuo fasado 500-600 mm. Preliminariai aplink pastatą turėtų būti ne mažiau kaip 6 m pločio laisva erdvė, tačiau tikslesni atstumai numatomi parengiant statybos darbų organizavimo dokumentus, kuriuose atsižvelgiama į renovuojamo pastato situaciją.

Apšiltinant pastato sienas skydais su langais, esami langai išmontuojami po skydo pritvirtinimo; jei esamas langų angokraštis turėjo išorines užkarpas, jos nupjaunamos išmontuojant langus, nes visa buvusi pastato siena apšiltinus skydais, formuoja vidinį naujo lango angokraštį. Šiuo atveju lango

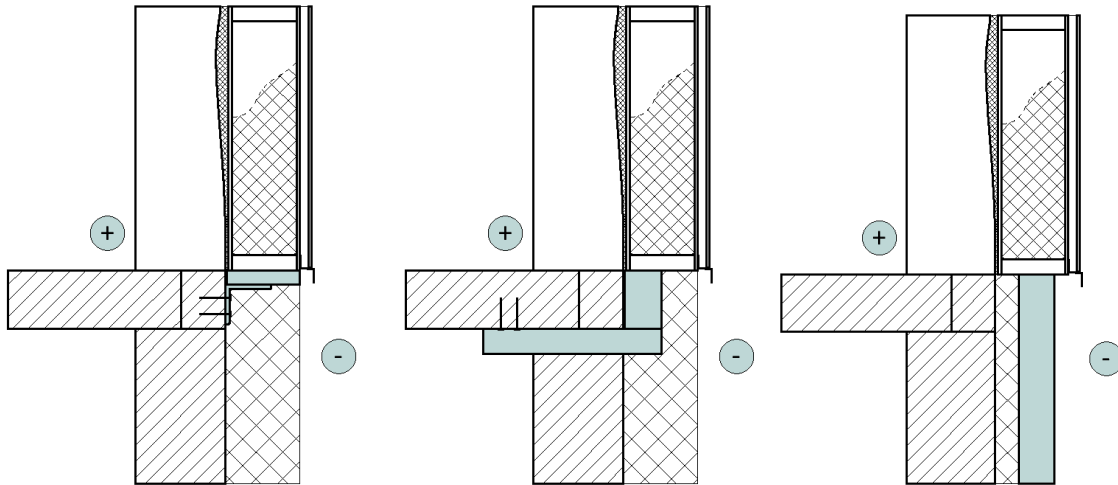
⁵³ Peter Op 't Veld, MORE-CONNECT: Development and Advanced Prefabrication of Innovative, Multifunctional Building Envelope Elements for Modular Retrofitting and Smart Connections, Energy Procedia, Volume 78, 2015, Pages 1057-1062, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.026>.

⁵⁴ D'Oca, S.; Ferrante, A.; Ferrer, C.; Pernetti, R.; Gralka, A.; Sebastian, R.; Op 't Veld, P. Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects. Buildings 2018, 8, 174. <https://doi.org/10.3390/buildings8120174>

kampas tarnauja kaip atskaitos taškas skydo tvirtinimo pozicijai, paklaida esamo vidinio angokraščio atžvilgiu neturi viršyti 1 cm.

Sienų šiltinantys skydai tvirtinami tik iš išorinės pusės. Skydų montavimo technologija taip pat priklauso ir nuo to, kokių principu nusprendžiama tvirtinti skydus. Dažniausiai sienos skydų savąją apkrovą perima atraminė sija, kurios tvirtinimo tipai pavaizduoti 7.1. paveiksle, ir žemiau esančios skydų eilės, tačiau galimas tvirtinimo sprendimas ir taškiniais tvirtinimo mazgais be atraminės sijos.

7.1. pav. Apatinės skydų eilės tvirtinimo tipai (a – atraminę siją tvirtinant kronšteinais į pamatą, b – atraminę siją tvirtinant per konsolinę siją į perdangą, c – atraminei sijai įrengiant atskirą pamatą), pagal⁵⁵



Tvirtinimo sistemos parinkimas turi būti suderintas su skydo konstrukcijos sprendiniais, kadangi skyde gamykloje turi būti sumontuotos įdėtinės detalės, kurios leidžia paspartinti statybos darbus aikštelėje ir gauti kokybišką galutinį rezultatą.

Dėl vėjo ir deformacijų atsirandančias apkrovas pagrindui perduoda taškiniai tvirtikliai, kurie gali būti išdėstomi skydo šonuose ir/arba viršutinėje dalyje. Kadangi esamas sienos pagrindas dažniausiai nesudaro lygios plokštumos, visi nuokrypiai nuo jos kompensuojami naudojant įvairiomis kryptimis reguliuojamus tvirtiklius (3D tvirtikliai).

7.2. pav. Sienos skydo tvirtiklis⁵⁶



Tvirtikliai turi kompensuoti paklaidas, susidarančias dėl skydų gamybos paklaidos, pastato geometrijos skanavimo paklaidos bei tvirtiklio sumontavimo paklaidos, kurios sumoje neturi viršyti 3 cm. 7.2. paveiksle parodytas patentuotos konstrukcijos⁵⁷ galimas sienos skydo tvirtiklis, kuriuo skydo pozicija gali būti reguliuojama visomis kryptimis. 7.3. paveiksle parodyta apšiltinimui ruošiamą pastato sieną su sumontuotais tvirtikliais (prieš tvirtinant skydus taip pat turi būti demontuotas parapeto

⁵⁵ TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope funded by: Woodwisdom Net. Research project from 2008-2009 <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1355420/document.pdf>

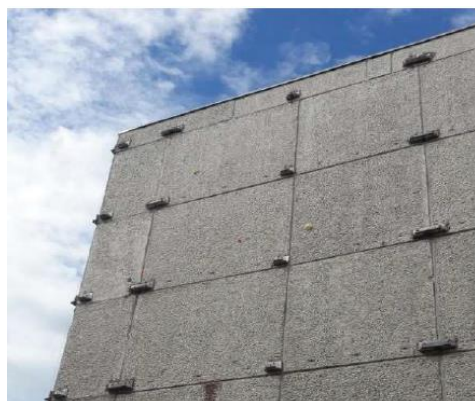
⁵⁶ https://www.more-connect.eu/wp-content/uploads/2019/09/MORE-CONNECT-WP1_D1.7-Final-publishable-report.pdf

⁵⁷

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=EE&NR=01448U1&KC=U1&FT=D&ND=3&date=20181217&DB=EPODOC&locale=en_EP

apskardinimas). 7.4. paveiksle parodytos skydo įdėtinės detalės, skirtos skydo tvirtinimui prie esamos sienos.

7.3. Pastato siena su sumontuotais tvirtikliais⁵⁸

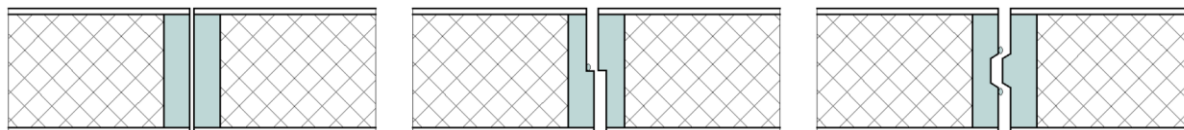


7.4. Įdėtinės detalės skyde skydo tvirtinimui⁵⁹



Siekiant sukurti kuo sandaresnį šiltinantį apvalkalą, atkreiptinas dėmesys į skydų kontaktų vietas (galimi skydų sandūrų variantai parodyti 7.5. paveiksle). Skydų rėmo geometrija gali papildomai pasitarnauti didesniai jungties sandarumui, tačiau sandarumo padidinimui rekomenduojama naudoti ir sandarinančias tarpines. Remiantis Lietuvos teisės aktais⁶⁰, traktuojama, kad apšiltinamos sienos sandarumas užtikrinamas sandarinant pagrindą ir tai turi būti atliekama prieš įrengiant vėdinamų sienų termoizoliacinius sluoksnius. Projektuojant ir įrengiant vėdinamų sienų konstrukcijas modernizuojamuose pastatuose, negalima sumažinti modernizuojamo pastato sienų sandarumo.

7.5. pav. Šiltinančių sienos skydų sandūrų tipai²²



Montuojant sienos apšiltinimo skydą su iš anksto prie skydo prijungtu tarpiniu sluoksniu, reikia numatyti, kad skydas turi būti prijungiamas naudojant jėgą šio sluoksnio suspaudimui, kuri priklauso nuo esamos sienos nelygumų. Šis sprendimas dažnesnis dėl galimybės daugiau darbų atlikti gamykloje. Galimas ir sprendinys, kai tarpas, susidarantis dėl esamos sienos nelygumų yra užpildomas po šiltinančio skydo sumontavimo, tokiu atveju svarbu užtikrinti šio sluoksnio vientisumą ir įvertinti, kad statybos darbų trukmė aikštelėje dėl šio sprendinio pailgėja.

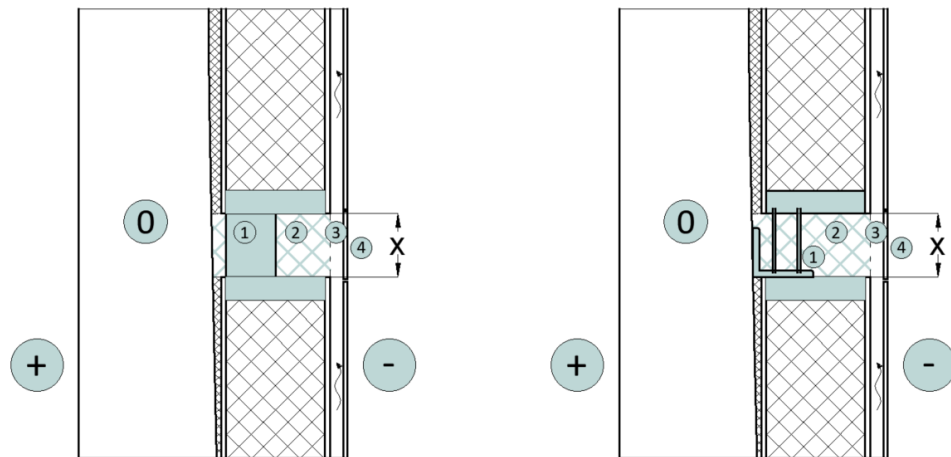
Montuojant sienų skydus tarp horizontalių eilių projektuojamos technologinės siūlės. Siūlių aukštis priklauso nuo tam tikrai sienos šiltinančio skydo konstrukcijai rekomenduojamo tvirtinimo sprendinio. Aukščiau esančio skydo apkrova žemiau esančiam gali būti perduodama per konstrukcinės medienos intarpą arba per įdėtines detales (7.6. pav.). Technologinės siūlės apšiltinamos, bei jų apdaila pritvirtinama statybos aikštelėje po greta esančių skydų sumontavimo.

⁵⁸https://www.more-connect.eu/wp-content/uploads/2019/09/MORE-CONNECT-WP1_D1.7-Final-publishable-report.pdf

⁵⁹https://www.more-connect.eu/wp-content/uploads/2019/07/MORE-CONNECT_WP5_D5.6-Quality-of-construction-works.pdf

⁶⁰ Statybos techninis reglamentas STR 2.04.01:2018 „Pastatų atitvaros. Sienos, stogai, langai ir išorinės įėjimo durys“

7.6. pav. Šiltinančių sienos skydų horizontalių sandūrų tipai (0 – esama siena, 1 – medienos intarpas/įdėtinė detalė, 2- technologinės jungties šiltinimas, 3 - oro tarpas, apdailos karkasas, 4 – apdaila)



Pagrindo laikiklis arba atraminė sija reguliuojama naudojant skaitmeninius matavimo metodus. Didelio formato elementai ant šios linijinės atramos tvirtinami didesniu tikslumu ir greičiu, užuot atlikus atskirą vieno taško tvirtinimą ir reguliavimą.

Atliekamų statybų darbų kokybės kontrolei, saugai statybos aikštelėje galioja bendrieji reikalavimai, neišskiriant, kad pastatas renovuojamas šiltinančiais skydais. Renovacijos skydais montavimo technologijos aprašymas turi būti pateikiamas renovacijos darbus atliekančios įmonės statybos taisyklėse, kuriose numatomi statybos techninių reglamentų įgyvendinimo būdai ir metodai.

Techninė priežiūra

Techninės priežiūros tikslas statybos procese – atstovauti užsakovą bei užtikrinti projekte numatytą statybos darbų kokybę. Statinio statybos priežiūra vykdoma vadovaujantis STR 1.06.01:2016 „Statybos darbai. Statinio statybos priežiūra“ reikalavimais.

Kaip ir naudojant tradicines pastatų apšiltinimo technologijas, apšiltinant skydais didžiausias dėmesys turi būti skiriamas paslėptų darbų kokybės kontrolei. Skydinės renovacijos atveju tai yra tvirtinimo prie esamos sienos sistemos įrengimas. Techninis priežiūrėtojas turi patikrinti ar tinkamo tipo, medžiagiškumo, matmenų tvirtinimo elementai bei pakankamas jų kiekis yra tvirtinami prie esamos sienos, ar tvirtiklių pozicijos atitinka projektines, nes tai sukuria sąlygas galutinio rezultato patikimumui. Skydinės renovacijos atveju, atsižvelgiant į tai, kad tvirtinimo sistemos įrengimo kokybė yra kritinis veiksnys, rekomenduojama atlikti 2-3 tvirtinimo prie pagrindo elemento ištraukimo jėgos iš pagrindo bandymus, parenkant potencialiai silpniausias esamo fasado vietas.

Taip pat skydinės renovacijos metu tikrintinas skydų įdėtinų detalių medžiagiškumas (vengiant tvirtiklių ir įdėtinų detalių elektrocheminės korozijos), skydų apdailos tipas, langų sumontavimo skyde kokybė, jungčių tarp skydų sandarinimas bei statybos gaminių ir medžiagų kokybės dokumentacija.

Nors pastato modernizavimas dažniausiai priskiriamas paprastojo remonto statybos rūšiai, statybos techninė priežiūra yra privaloma remiantis Statybos įstatymo⁶¹ 35 straipsnio nuostata, kad statinio statybos techninė priežiūra privaloma, kai statybos darbai vykdomi vadovaujantis pastato atnaujinimo (modernizavimo) projektu.

⁶¹ Lietuvos Respublikos statybos įstatymas:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.26250/asr>

8. Statybos užbaigimas

Statybos darbų užbaigimo etapas vykdant skydinę renovaciją išsiskiria tuo, kad skydinės renovacijos metu gali būti sukuriamas papildomas pastato šildomas arba balkonų plotas ir dėl šios priežasties gali reikėti patikslinti pastato ir jo butų kadastrinių matavimų duomenis kaip to reikalauja STR 1.05.01:2017 „Statybą leidžiantys dokumentai. Statybos užbaigimas. Nebaigto statinio registravimas ir perleidimas. Statybos sustabdymas. Savavališkos statybos padarinių šalinimas. Statybos pagal neteisėtai išduotą statybą leidžiantį dokumentą padarinių šalinimas“. Apšiltinant stogą skydais įrengiama išorinė lietaus nuotekų sistema, susijusi ir su papildomais požeminiais tinklais, todėl tokiu atveju statybos užbaigimo etape turi būti parengiamos požeminių inžinerinių tinklų geodezinės nuotraukos. Kiti statybos užbaigimo etapai išlieka analogiški, kaip ir taikant tradicines pastato energinio efektyvumo didinimo technologijas.

9. BIM metodologijos diegimas skydinei renovacijai

Statybos sektoriaus skaitmeninimas svariai prisideda prie šalies ekonominės pažangos ir didesnio konkurencingumo. Statinio informacinio modeliavimo (*angl. building information modelling - BIM*) aktyvus naudojimas viešajame sektoriuje reiškia, kad pastatoma ir efektyviau prižiūrima daugiau statinių, išleidžiant tiek pat arba mažiau valstybės ar savivaldybės lėšų, mažėja išlaidų perviršio rizika įgyvendinant viešojo sektoriaus statinių projektus, didėja viešojo sektoriaus įgyvendinamų statybos projektų skaidrumas, tiekimo grandinės suinteresuotieji subjektai aktyviau įsitraukiami į procesą. BIM metodologijos taikymas sudaro sąlygas efektyviau atnaujinti viešojo sektoriaus turtą, projektuoti, statyti ir naudoti naujus valstybės poreikius atitinkančius statinius, didinti viešojo sektoriaus statinių gyvavimo ciklo procesų efektyvumą⁶².

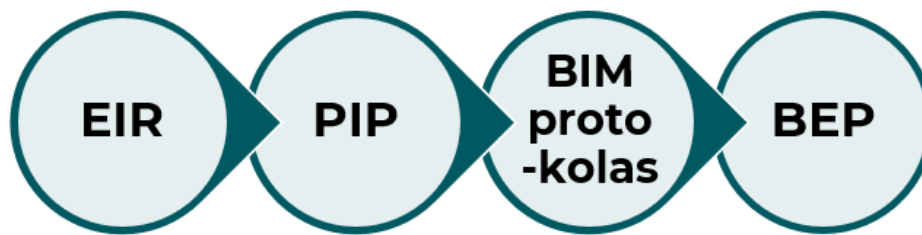
9.1. Nacionalinės BIM-LT metodologijos taikymas skydinės renovacijos projektuose

BIM metodologijos taikymo skydinės renovacijos projektuose atvejais atkreiptinas dėmesys į šiems projektams būdingus BIM taikymo atvejus. BIM-LT metodologija apibrėžia 33 taikymo atvejus⁶³, kurie paskirstomi visame statinio gyvavimo cikle (planavime, projektavime, statyboje ir naudojime). BIM taikymo atvejis – tai unikali statinio gyvavimo ciklo etapų ar stadijų užduotis, procedūra, įgalinanti suteikti naudos iš skaitmeninės informacijos turinio kūrimo ir panaudojimo įvairioms statinio gyvavimo ciklo užduotims spręsti. Žvelgiant iš projekto proceso perspektyvos, BIM taikymo atvejai pirmiausia apibrėžiami užsakovo informacijos reikalavimuose (*angl. employer's information requirements - EIR*), vėliau detalizuojami tiekėjo (projektuotojo, rangovo) BIM projekto įgyvendinimo plane (*angl. project implementation plan - PIP*), įforminami sutarties sąlygose dėl BIM taikymo (BIM protokole) ir galiausiai pilnai detalizuojami pagal projekto dalis BIM projekto vykdymo plane (*angl. BIM execution plan - BEP*) (9.1. pav.).

⁶² https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/9-BIM-LT-vadovas_2023-09-25_PROJEKTAS.pdf

⁶³ https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/13-BIM-taikymo-atveju-aprasas_2023-09-25_PROJEKTAS.pdf

9.1. pav. Informacijos valdymo principiniai žingsniai – dokumentai, taikant BIM metodologiją



Skydinės renovacijos projektų kontekste rekomenduojama aktualizuoti šiuos BIM taikymo atvejus:

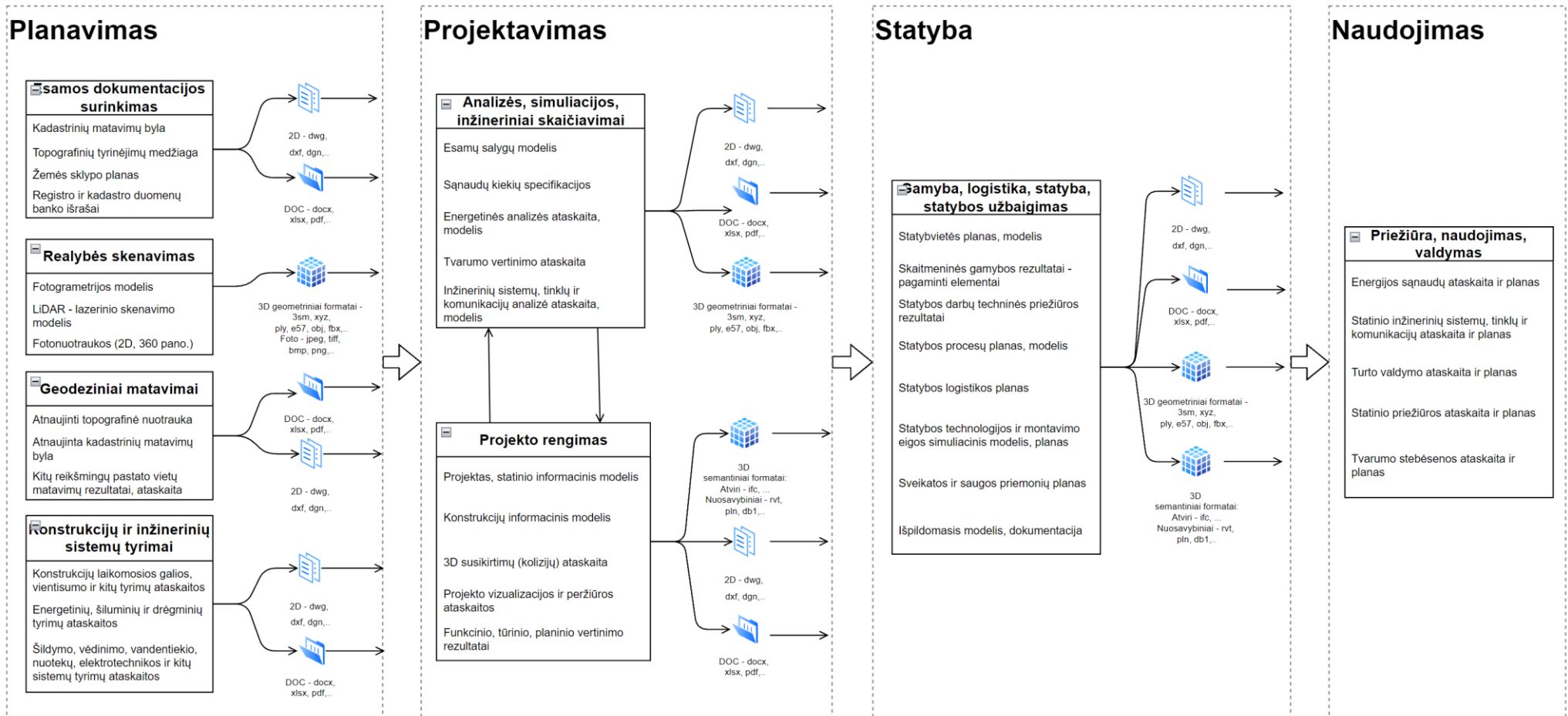
- esamų sąlygų modeliavimas – projekto vietovės kartu su priklausiniais esamų situacijos skaitmeninio modelio parengimas, pasinaudojant jau turimais GIS (geoinformaciniais) duomenimis bei atliekant papildomus geodezinius matavimus, skenavimus, fotofiksacijas ar kitais būdais surenkant ir skaitmenizuojant esamą aplinką;
- kiekių skaičiavimai - statinio informacinio modelio taikymas atitinkamo detalumo sąnaudų kiekių žiniaraščiams sudaryti atsižvelgiant į statinio gyvavimo ciklo etapą;
- energinė analizė – renovuojamo pastato energijos balanso simuliacija prie užduotų kraštinių sąlygų (išorės ir vidaus klimato parametrų, pastato šiluminių charakteristikų, naudojimo ypatumų ir kt.);
- tvarumo vertinimas – renovuojamo pastato projekto vertinamas remiantis tvarumo kriterijais (pvz., BREEAM / LEED);
- inžinerinių sistemų, tinklų ir komunikacijų analizė – renovuojamo pastato suprojektuotų inžinerinių sistemų (šildymo, vandentiekio, karštojo vandentiekio, cirkuliacinio karštojo vandentiekio, nuotekų tinklo ir kt.) veikimo simuliacijos prie užduotų kraštinių sąlygų (debito, slėgio, greičio ir kt.);
- funkcinis, tūrinis ir planinis vertinimas - statinio informacinio modelio parengimas statinio funkciniais, tūriniais, planiniais sprendiniais ir jų tarpusavio suderinamumui įvertinti;
- inžineriniai skaičiavimai ir analizė - skaičiavimai ir analizės statinio informacinio modelio ir projektinės dokumentacijos parengimui bei patikrinimui;
- projektavimas / modeliavimas - statinio informacinio modelio sukūrimas, siekiant parengti 2D ir 3D projekto dokumentaciją atitinkamos stadijos tikslams bei kitiems taikymo atvejams įgyvendinti;
- 3D koordinavimas / susikirtimų patikra - skirtingų disciplinų informacinių modelių patikra ir susikirtimų įvertinimas;
- statybvietės planavimas - statybvietės informacinio modelio parengimas.
- statybos procesų modeliavimas - statinio informacinio modelio naudojimas, siekiant grafiškai atvaizduoti statybos progresą ir (arba) statybos darbų atlikimo statusą viso statybos proceso metu;
- skaitmeninė gamyba – tai skaitmeninės informacijos apie renovuojamą pastatą panaudojimas jo surenkamų elementų (skydų) gamybai;
- statybos darbų techninė priežiūra - statybos darbų techninės priežiūros vykdymas (koordinavimas) naudojant statinio informacinį modelį;
- išpildomasis modeliavimas - „Taip pastatyta“ statinio informacinio modelio sukūrimas;
- energijos sąnaudų analizė – renovuoto pastato energijos sąnaudų stebėseną, analizę ir veiklos gerinimas naudojimo etape, taikant įdiegtas išmaniąsias priemones (BMS, išmanius skaitiklius, jutiklius ir kt.), skaitmeninę informaciją ir specializuotą programinę įrangą, tokiu būdu siekiant sutaupyti ir efektyviai vartoti įvairias pastato energijos rūšis (šilumą, elektrą, vandenį ir kt.);
- statinio inžinerinių sistemų, tinklų ir komunikacijų analizė – statinio informacinio modelio sukūrimas statinio inžinerinių sistemų, tinklų ir komunikacijų analizei atlikti, įvertinant veikimą ir kt.

Statinio gyvavimo ciklą (SGC) nuolatos lydi įvairių apimčių ir formatų skaitmeniniai duomenys. Kiekvienas BIM taikymo atvejis dažniausiai reikalauja atitinkamų įvesties duomenų, kurie įprastai turi vienokią ar kitokią skaitmeninę formą. Pageidaujama, kad duomenys būtų pateikiami atviraisiais semantiniais formatai (tokiais kaip IFC), kurie ne tik talpina atskirų statinio elementų 3D geometriją, tačiau „atneša“ ir šių elementų atributus. Tačiau SGC dalyvauja didelė aibė proceso statybos dalyvių,

kurie atlieka daug įvairių funkcijų naudodami įvairią specializuotą programinę įrangą. Tokiu būdu statybos projektuose sukuriami daug įvairių formatų duomenų, o jų tarpusavio sąveika, mainai ar apjungimas išlieka vienas pagrindinių statybos skaitmenizavimo iššūkių. Nėgana to, užstatyta aplinka kūrėsi daug metų, todėl valstybė yra sukaupusi reikšmingą kiekį istorinių duomenų, kurie daugiausiai saugomi 2D planų, schemų, ataskaitų ar net popierinių įrašų pavidalu. Tokio tipo duomenis išmaniai panaudoti taikant šiuolaikines technologijas (BIM) yra gana sudėtinga.

9.2. pav. apibūdina skaitmeninių duomenų judėjimo statinio gyvavimo cikle principus, atsižvelgiant į skydinei renovacijai būdingus BIM taikymo atvejus. Planavimo etape įprastai surenkami esami istoriniai duomenys apie pastatą ir jo aplinkoje esančius objektus. Duomenis reikalinga aktualizuoti, todėl šiame etape atliekami įvairūs papildomi tyrimai, matavimai, panaudojant šiuolaikiškas technologijas (fotogrametrija, LiDAR lazeriniai skenavimai ar kt.). Visa surinkta informacija generuoja vertę priimti reikiamus sprendimus dėl tolimesnės projekto eigos jau planavimo etape, todėl rekomenduojama surinkti kuo daugiau pastato renovacijai reikšmingos informacijos kuo anksčiau. Sekančiame, projektavimo etape, surinkti duomenys naudojami projektinių pasiūlymų, techninio ir darbo projektų rengimui. Būtina pabrėžti, kad projektinių sprendimų rezultatas, modelis, brėžinys, schema, specifikacija, yra parengti atitinkamų inžinerinių skaičiavimų, analizių ir simuliacijų pagrindu. Tai iteracinis procesas - suskaičiuojame, išanalizuojame, tuomet priimame sprendimą, suprojektuojame ir vėl iš naujo jį patikriname. Duomenys iš projektavimo etapo perduodami pastato elementų gamybai, logistikai, statybai (montavimui). Statybos užbaigimo stadijose svarbu skirti reikšmingą dėmesį išpildomojo modelio ir dokumentacijos parengimui, kadangi tai yra vienintelis faktinės būklės, apie atliktą pastato renovaciją, užfiksavimas. Šie, paminėti, ir kiti, iš planavimo ir projektavimo etapų sukuriami duomenys ir informacija perduodama į pastato naudojimo etapą, kuriame naudojama įvairiems taikymo atvejams, pavyzdžiui, energijos sąnaudų stebėsenai ir analizei, turto valdymui, techninei priežiūrai ir kitiems.

9.2. pav. Skaitmeninių duomenų judėjimo SGC, būdingų skydinės renovacijos projektams, principinė schema



9.2. Nacionalinio statybos informacijos klasifikatoriaus taikymas

Vis dažniau taikoma BIM metodologija, kurios pagrindas paremtas standartizuotais duomenimis. BIM technologijos palaipsniui keičia tradicinius informacijos apie užstatytą aplinką kūrimo, valdymo ir naudojimo procesus. Įvairiuose statinio gyvavimo ciklo etapuose sugeneruojama vis daugiau skaitmeninio pavidalo duomenų, turinčių milžinišką potencialą tada, kai juos geba perskaityti kompiuteris (*angl. Machine-readable*). Skaitmeninių duomenų kiekiai ir spektras statybos projektuose auga, todėl kyla vis daugiau iššūkių juos sujungti ir susisteminti. Svarbu akcentuoti, kad žmogaus protas sugeba duomenis interpretuoti, tačiau mašinos (kompiuteriui) turi būti nustatytos absoliučiai tikslios taisyklės, duomenų metamodeliai ar ontologijos, kaip reikia tinkamai perskaityti duomenis. Minėtieji teiginiai atskleidžia duomenų modelių standartizavimo ir struktūravimo svarbą, o mūsų atveju NSIK reikšmę skaitmenizavimo progresui užtikrinti. NSIK yra reikalingas pastatų, inžinerinių statinių bei kitų savo paskirtimi statiniams artimų objektų informacijos poreikiams visame SGC tenkinti, atsižvelgiant į nacionalinius viešojo ir privataus sektoriaus interesus, ir atitikti Lietuvos BIM strategijos principus. NSIK yra orientuotas į informacijos pateikimą skaitmeniniu būdu, tačiau gali būti taikomas ir naudojant klasikinį informacijos pateikimo būdą (popierinių dokumentų pavidalu). Bendra vizija – pagerinti komunikaciją tarp SGC proceso dalyvių. Tikslas – ne tik sukurti bendrai suprantamą, interpretuojamą bei tarptautinius standartus atitinkančią kalbą, bet ir pasiūlyti mechanizmus, kurie įgalintų taikyti NSIK kartu su kitais klasifikatoriais. Siekis – NSIK turi naudoti kuo daugiau SGC procesų dalyvių ir sukurti kuo daugiau struktūruotų, mašinai perskaitomų duomenų⁶⁴.

9.1. lentelėje pateikiamos aktualios pilotiniuose projektuose naudojamų esamų pastatų statybos funkcinių ir techninių sistemų bei komponentų klasės. 9.2. lentelėje pateikiamos aktualios pilotiniuose projektuose naudojamų pastatų renovacijos skydais sprendinių statybos funkcinių ir techninių sistemų bei komponentų klasės. Klasifikavimas atliekamas remiantis projekto Nr. 10.1.1-ESFA-V-912-01-0029 „Priemonių, skirtų viešojo sektoriaus statinių gyvavimo ciklo procesų efektyvumui didinti, taikant statinio informacinį modeliavimą, sukūrimas“ (BIM-LT projektas) vykdymo metu sukurto Lietuvos statybos informacinio klasifikatoriaus (NSIK) funkcinių sistemų, techninių sistemų ir komponentų ontologijomis, kur funkcinės sistemos (ontologijos žymuo L<F>), techninės sistemos (ontologijos žymuo L<T>) ir komponentai (ontologijos žymuo L<K>) žymi statinio sudedamąsias dalis, turinčios atitinkamą funkciją, formą ir poziciją.

⁶⁴ https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/BIM-LT-WP4-NSIK-U3-R3-VADOVAS-v_G_S0_PVG_PROJEKTAS-1.pdf

9.1. lentelė. Skydinei renovacijai aktualių esamo pastato statybos funkcinių ir techninių sistemų bei komponentų klasės pagal NSIK

	Ontologija	NSIK kodai	NSIK terminai	Aprašymas
Siena	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	BD	Sienos konstrukcija	Vertikaliai erdves atskirianti ir apkrovas perimanti bei paskirstanti vertikalių konstrukcijų sistema
	L<K>	ULM	Siena	Plokščios ar kreivalinijinės formos konstrukcinis komponentas, įrengiamas vertikaliajoje ar nedaug pasvirusioje padėtyje, kuris daugiausia atlaiko gniuždymo ir šlyties jėgas, jas perduoda nuo aukščiau esančių komponentų ar sistemų žemyn kitiems komponentams.
Pamatas	L<F>	A	Paviršinė sistema	Erdves ant žemės paviršiaus formuojanti ar antžeminę statybą įgalinanti sistema, kuri atskiria statinio požeminę ir antžeminę dalis
	L<T>	AB	Pamatų sudėtinė sistema	Statinio požeminę dalį formuojanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, jos sluoksnių ir kitų sąveikaujančių elementų
	L<K>	ULM	Siena	Plokščios ar kreivalinijinės formos konstrukcinis komponentas, įrengiamas vertikaliajoje ar nedaug pasvirusioje padėtyje, kuris daugiausia atlaiko gniuždymo ir šlyties jėgas, jas perduoda nuo aukščiau esančių komponentų ar sistemų žemyn kitiems komponentams.
Denginys	L<F>	D	Stogo sistema	Erdves užbaigianti bei iš viršaus statinį ar erdvę ribojanti sistema
	L<T>	BE	Stogo konstrukcija	Konstrukcinė sistema, perimanti ir paskirstanti apkrovas atsirandančias dėl aplinkos poveikio bei užbaigianti ir ribojanti statinį iš viršaus
	L<K>	ULK	Plokštė	Konstrukcinis plokščio paviršiaus komponentas, įrengiamas horizontalioje ar nedaug pasvirusioje padėtyje ir kuris daugiausiai veikiamas lenkimo momento. Komponentas nėra plonasienis.

9.2. lentelė. Skydinei renovacijai aktualių renovacijos sprendinių statybos funkcinių ir techninių sistemų bei komponentų klasės pagal NSIK

	Ontologija	NSIK kodai	NSIK terminai	Aprašymas
Termoizoliacija (sienų skydai ir jų technol. siūlės)	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	AD	Sienos sudėtinė sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	RQA	Izoliacija	Vietinį klimatą stabilizuojantis komponentas ribojant šilumos ar garso perdavimą
Karkasas (sienų skydai ir jų technologinės siūlės)	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	AD	Sienos sudėtinė sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	UQA	Neardoma konstrukcinė jungtis	Neardomas tvirtinimo komponentas, kuris įrengiamas nuolatinės mechaninėmis priemonėmis, užtikrinantis komponentų standų sujungimą (nejudamąją jungtį). Neišardoma jungtis negali būti išardyta be mechaninio jungiamų komponentų ar vieno iš jų pažeidimo.
Danga (sienų skydai ir jų technol. siūlės)	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	AD	Sienos sudėtinė sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	NCB	Sienos danga	Sienos apdailos komponentas
Lietaus latakas (lietaus nuotekynė)	L<F>	G	Nuotekų ir atliekų sistema	Nuotekų bei atliekų šalinimo sistema
	L<T>	JD	Skystų nuotekų šalinimo sistema	Sistema skysčių pavidalo nuotekoms transportuoti
	L<K>	WNB	Latakas	Atviro kanalo komponentas skirtas skysčiams nuo stogo nuvesti
Lietvamzdis (lietaus nuotekynė)	L<F>	G	Nuotekų ir atliekų sistema	Nuotekų bei atliekų šalinimo sistema
	L<T>	JD	Skystų nuotekų šalinimo sistema	Sistema skysčių pavidalo nuotekoms transportuoti
	L<K>	WPA	Vamzdis	Apskritos arba kampautos standaus skerspjuvio formos komponentas, uždaroje aplinkoje nukreipiantis skysčio arba kitų medžiagų srautą

9.2. lentelė. Skydinei renovacijai aktualių renovacijos sprendinių statybos funkcinių ir techninių sistemų bei komponentų klasės pagal NSIK (tęsinys)

	Ontologija	NSIK kodai	NSIK terminai	Aprašymas
Termoizoliacija (stogo skydai)	L<F>	D	Stogo sistema	Erdves užbaigianti bei iš viršaus statinį ar erdvę ribojanti sistema
	L<T>	AE	Stogo sudėtinė sistema	Statinį viršuje ribojanti bei nuo aplinkos poveikio dengiamas erdves apsauganti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	RQA	Izoliacija	Vietinį klimatą stabilizuojantis komponentas ribojant šilumos ar garso perdavimą
Danga (stogo skydai)	L<F>	D	Stogo sistema	Erdves užbaigianti bei iš viršaus statinį ar erdvę ribojanti sistema
	L<T>	AE	Stogo sudėtinė sistema	Statinį viršuje ribojanti bei nuo aplinkos poveikio dengiamas erdves apsauganti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	NCE	Stogo danga	Stogo apdailos komponentas
Gegnė (stogo laikantieji elementai)	L<F>	D	Stogo sistema	Erdves užbaigianti bei iš viršaus statinį ar erdvę ribojanti sistema
	L<T>	BE	Stogo konstrukcija	Konstrukcinė sistema, perimanti ir paskirstanti apkrovas atsirandančias dėl aplinkos poveikio bei užbaigianti ir ribojanti statinį iš viršaus
	L<K>	ULE	Sija	Tiesios ar kreivalinijinės formos konstrukcinis komponentas, daugiausiai veikiamas lenkimo momento. Paskirsto apkrovas į sijos kraštus. Skaičiuojamoji schema dažniausiai supaprastinama į strypą.
Kraigo sija (stogo laikantieji elementai)	L<F>	D	Stogo sistema	Erdves užbaigianti bei iš viršaus statinį ar erdvę ribojanti sistema
	L<T>	BE	Stogo konstrukcija	Konstrukcinė sistema, perimanti ir paskirstanti apkrovas atsirandančias dėl aplinkos poveikio bei užbaigianti ir ribojanti statinį iš viršaus
	L<K>	UMN	Horizontalaus tvirtinimo komponentas	Horizontalus pailgas konstrukciją sustandinantis stiprinimo komponentas, prie kurio gali būti tvirtinami kiti komponentai (kraigo gegnė) arba taikomas pavieniui (tranšėjos sutvirtinimas)
Santvara (stogo laikantieji elementai)	L<F>	D	Stogo sistema	Erdves užbaigianti bei iš viršaus statinį ar erdvę ribojanti sistema
	L<T>	BE	Stogo konstrukcija	Konstrukcinė sistema, perimanti ir paskirstanti apkrovas atsirandančias dėl aplinkos poveikio bei užbaigianti ir ribojanti statinį iš viršaus
	L<K>	ULS	Santvara	Konstrukcinis komponentas, susidedantis iš tiesių linijinių elementų, kuriuose pagrindinės tempimo ir gniuždymo įrašos

9.2. lentelė. Skydinei renovacijai aktualių renovacijos sprendinių statybos funkcinių ir techninių sistemų bei komponentų klasės pagal NSIK (tęsinys)

	Ontologija	NSIK kodai	NSIK terminai	Aprašymas
Varstomi langai	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	AD	Sienos sudėtinė sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	QQB	Varstomas langas	Šviesą ir žmones praleidžiantis erdvės prieigos komponentas
Nevarstomi langai	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	AD	Sienos sudėtinė sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	QQA	Nevarstomas langas	Tik šviesą praleidžiantis erdvės prieigos komponentas
Durys	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	AD	Sienos sudėtinė sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	NBA	Durų varčia	Uždarantis durų angą komponentas

9.2. lentelė. Skydinei renovacijai aktualių renovacijos sprendinių statybos funkcinų ir techninių sistemų bei komponentų klasės pagal NSIK (tęsinys)

	Ontologija	NSIK kodai	NSIK terminai	Aprašymas
Perdangos plokštė (balkonai)	L<F>	C	Perdangos sistema	Horizontalias, pakeltas nuo žemės paviršiaus, bei statinio erdves formuojanti bei jas atskirianti sistema
	L<T>	AC	Perdangos sudėtinė sistema	Pakeltas nuo žemės paviršiaus ir statinio horizontalias erdves formuojanti sudėtinė statybinė sistema, susidedanti iš konstrukcijų, dangos ir kitų sluoksnių bei elementų
	L<K>	ULK	Plokštė	Konstruktinis plokščio paviršiaus komponentas, įrengiamas horizontalioje ar nedaug pasvirusioje padėtyje ir kuris daugiausiai veikiamas lenkimo momento. Komponentas nėra plonasis.
Polis (balkonai)	L<F>	A	Paviršinė sistema	Erdves ant žemės paviršiaus formuojanti ar antžeminę statybą įgalinanti sistema, kuri atskiria statinio požeminę ir antžeminę dalis
	L<T>	BB	Pamato konstrukcija	Konstruktinė sistema, jungianti statinį su gruntu, perimanti ir perduodanti apkrovas nuo statinio į žemiau esantį ar supantį pagrindą
	L<K>	ULC	Polis	Tiesios ar kreivalinijinės formos konstrukcinis laikantis komponentas, perduodantis daugiausiai gniuždymo jėgas į jį supančią terpę per polio šoninę trintį ir/ar polio apačią
Galvena (balkonai)	L<F>	A	Paviršinė sistema	Erdves ant žemės paviršiaus formuojanti ar antžeminę statybą įgalinanti sistema, kuri atskiria statinio požeminę ir antžeminę dalis
	L<T>	BB	Pamato konstrukcija	Konstruktinė sistema, jungianti statinį su gruntu, perimanti ir perduodanti apkrovas nuo statinio į žemiau esantį ar supantį pagrindą
	L<K>	ULJ	Ramtas	Plokščio ar kreivalinijinio paviršiaus formos konstrukcinis masyvas, dažniausiai skirtas tiesiogiai ar per pagalbinius komponentus perimti ir paskirstyti atramines reakcijas į pagrindą ar polius. Įprastai veikiamas grunto apkrovų ir gniuždymo apkrovų nuo ant ramto atremtų konstrukcijų.
Kolona (balkonai)	L<F>	B	Sienos sistema	Vertikaliai erdves atskirianti ar jas formuojanti bei statinio vertikalumą įgalinanti sistema
	L<T>	BJ	Kolonų sistema	Linijinių konstrukcijų sistema, įgalinanti statinio vertikalumą bei perimanti apkrovas nuo perdangos, stogo ar kitų konstrukcijų ir jas perduodanti žemyn
	L<K>	ULD	Kolona	Tiesios ar kreivalinijinės formos konstrukcinis laikantis komponentas, daugiausiai perduodantis gniuždymo jėgas kitiems konstrukciniams objektams. Skaičiuojamoji schema dažniausiai supaprastinama į strypą.

9.3. Informacijos pateikimo specifikacijos formavimo rekomendacijos

Informacijos pateikimo specifikacija (IPS) skirta apibrėžti ir standartizuoti statinių informacinius modelius sudarančią informaciją ir jų detalumo lygį. Atsižvelgiant į pateikiamas rekomendacijas ir tipinį IPS šabloną, skirtą skydinės renovacijos projektams, tikslinga IPS integruoti į BIM procesą apibūrinančius dokumentus: statytojo reikalavimuose informacijai (EIR), BIM projekto įgyvendinimo plane (PIP) ir detaliame BIM projekto vykdymo plane (BEP). Šios specifikacijos formavimo rekomendacijos negrafinės informacijos poreikio lygį detalizuoja remiantis Lietuvoje parengta BIM-LT metodologija (Informacijos pateikimo specifikacija (IPS)). Galutiniai pasiūlymai dėl BIM norminių dokumentų projektinių nuostatų, 2023 m.⁶⁵).

Informacijos pateikimo specifikacija apibūdinama panaudojant informacijos parengties lygio (*angl. level of development - LOD*) apibrėžimą, kuris išreiškia geometrijos detalumo (*angl. level of geometry - LOG*) ir atributinės informacijos (*angl. level of information - LOI*) detalumo lygius. LOG susijęs su vizualiniu BIM modelių reprezentuojamų objektų, tokių kaip statiniai, funkcinės, techninės sistemos, komponentai, ar kitų statybos objektų geometriniu ar simboliniu pateikimu. LOI apibrėžia negrafinės informacijos poreikį BIM modelyje.

Modelio informacijos parengties lygio (LOD) progresija

LOD rekomenduojama formuoti progresijos principu. 9.3. lentelėje pateiktas pavyzdys, kuriame detalizuota grafinės informacijos progresija, atitinkamai priskiriant LOD lygius, kurie susieti su keliamais tikslais, BIM taikymo atvejais ir rezultato pateikčių SGC etapais.

Lentelėje pateikiami LOD lygiai, nuo 1 iki 6, charakterizuoja modelio parengties lygį, kuris apibūdina grafinės informacijos progreso gaires, susiedamas su atitinkamais SGC etapais ir stadijomis. Kitos charakteristikos skirtos apibūdinti modelio dimensija, kuri gali būti simbolinė, dvimatė (2D) arba trimatė (3D). Simbolinė dimensija – tai nemastelinis reprezentavimo būdas, kai objektas gali būti tiek 2D, tiek 3D dimensijos nemastelinė geometrija, jo matmenys ir vaizdavimas įprastai neatitinka realių objekto matmenų, tačiau schematiškai ar simboliškai išreiškia objekto funkciją, tipą, principinę konstrukciją, formą ar kito pobūdžio informaciją. 2D – dvimatė dimensija, skirta objektui plokštumoje, kai objektas neturi tūrio, išreikšti. 3D – trimatė dimensija, skirta objektą trimatėje erdvėje, kai objektas turi tūrį, apibūdinti. Visi objekto matmenys reprezentuoja fizinį objekto dydį. Dažniausiai toks objektas naudojamas BIM aplinkoje. LOD apibūdinimas išreiškia atitinkamam parengties lygiui būdingas geometrines reprezentacijos charakteristikas. Tikslas ir BIM taikymo atvejai susieja atitinkamą LOD su projekte keliamais BIM uždaviniais ir reikalavimais⁶⁶.

⁶⁵ https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/1-Informacijos-pateikimo-specifikacija_2023-10-18_PROJEKTAS.pdf

⁶⁶ https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/1-Informacijos-pateikimo-specifikacija_2023-10-18_PROJEKTAS.pdf

9.3. lentelė. Grafinės informacijos progresija skirtinguose LOD lygiuose

Lygis	LOD			Pateikties SGC etapas
	Dimensija	Apibūdinimas	Tikslas ir BIM taikymo atvejai	
LOD 1	Simbolinė 2D 3D	- Modelis gali turėti esamos situacijos geodezinių matavimų ar skenavimų 2D ar 3D reprezentacijas. - Modelio elementai gali būti vaizduojami simboliškai, supaprastinu tūriu, plokštuminiu objektu. Geometrinis reprezentavimas gali būti nemastelinis. - LOD1 informacija turėtų būti interpretuojama kaip apytikslė.	- Pradiniai tyrimai, jų planavimas ir užsakymas (pvz. skenavimai fotogrametrijos ar LiDAR technologijomis). - Esamų sąlygų modeliavimas. - Erdvių (teritorijų) planavimas. - Preliminarus energijos poreikio įvertinimas. - Idėjos pristatymas ir komunikavimas suinteresuotoms šalims. - Pagrindinių disciplinų ir projekto dalių identifikavimas.	Planavimo etapas
LOD 2	2D 3D	- Simbolinio vaizdavimo LOD2 lygyje neturėtų būti, išskyrus atvejus, kuomet tai papildo 2D ar 3D dimensijų reprezentacijas bei geriau išreiškia projektuojamus sprendimus (pvz. inžinerinių sistemų, kaip vandentiekio, šildymo ar elektros tiekimo funkcinės schemas). - Modelis grafiškai reprezentuoja projektuojamus elementus 2D arba 3D dimensijose. Objektų forma, vieta ir orientacija išlieka preliminarios ir gali kisti projekto eigoje. - Modelio elementų formos detalės, tokios kaip smulkūs tvirtinimo mazgai, užapvalinimai, vidutinės ar smulkesnės skylės ar išėmos, ar kitos smulkios detalės nevaizduojamos. - LOD2 informacija turėtų būti interpretuojama su sąlyga, kad gali keistis.	- Preliminarūs inžineriniai skaičiavimai, energinė analizė, konstrukcijų analizė, apšvietimo analizė. - Projektinių pasiūlymų rengimas, pristatymas. - Pirminis disciplinų koordinavimas. - Projekto etapų planavimas. - Sveikatos ir saugos priemonių planavimas. - Projektuojamų sistemų esminių charakteristikų identifikavimas, sistemų lokalizavimas statinyje.	Projektavimo etapas > Projektinių pasiūlymų rengimas
LOD 3	2D 3D	- Priklausomai nuo projekte taikomos programinės įrangos projekto dalims rengti, LOD3 turėtų dominuoti 3D dimensijos reprezentacijos. Ypač skydinei renovacijai būdingų esminių projekto dalių, tokių kaip architektūrinė ir konstrukcinė. - Elementai grafiškai atvaizduojami kaip specifinės sistemos su jai būdingomis geometrinės reprezentacijos, kaip objektų rinkiniai, kuris išreiškiami tiksliais kiekiais, dydžiais, formomis, atitinkamomis jų vietomis ir orientacijomis šalių atžvilgiu. Taip pat modelio elementai gali būti reprezentuojami kaip atskirai detalizuoti komponentai. Smulkios įdėtinės detalės, grioveliai, mažos ertmės, ar išsikišimai, neturintys esminio poveikio objekto matmenims, kiekiams, nevaizduojami. - Visa informacija, gauta iš LOD3 elementų, laikoma tikslia, tinkama kiekių skaičiavimams techninio projekto lygmeniu.	- Detalus BIM modelių skaidymas pagal projekto dalis ar kitus projektui aktualius kriterijus. - Statinio energetinės efektyvumo klasės pasiekimas ir užtikrinimas. - Efektyvumo analizė: projektas įgyvendintas laiku. - Projektinių sprendinių koordinavimas, vizualizavimas ir pristatymas. - Inžineriniai skaičiavimai ir analizė. - Energinė analizė. - Konstrukcijų analizė. - Projektinės dokumentacijos, tokios kaip techninė specifikacija, kiekių žiniaraščiai, brėžiniai ir kt., rengimas. - Ir kitiems projekte numatytiems BIM taikymo atvejams.	Projektavimo etapas > Techninio projekto rengimas
LOD 4	3D	- Priklausomai nuo projekte taikomos programinės įrangos projekto dalims rengti, LOD4 turėtų sudaryti tik 3D dimensijos reprezentacijos, išskyrus atvejus, kuomet simbolinė ir 2D reprezentacijos papildo modelį ar nėra techninių programinės įrangos galimybių. - Modelio elementas grafiškai reprezentuojamas modelyje kaip detalizuota sistema, kurios esminiai komponentai yra individualiai reprezentuojami, galima gauti jų tikslus kiekius vienetais, ilgiais ar kitais objektui būdingais matavimo vienetais. - Atskiros elementų grupės ar komponentai detalai reprezentuojami su išėmomis. - Modelyje vaizduojami objektai užtikrina sąveiką tarp atskirų sistemų ar komponentų, kaip įdėtinės detalės, vamzdžių laikikliai. Jų detalizavimo lygis gali būti žemesnis, kol užtikrinama galimybė apskaičiuoti šių objektų kiekius ar kitus esminius tam objektui būdingus matmenis. - Objektai, kurių geometrija priklauso nuo konkretaus gamintojo produkto, gali būti reprezentuojami žemesnio tikslumo. - Visų objektų lokacija ir matmenys tikslūs, išskyrus atvejus paminėtus aukščiau. - Modelyje gali būti vaizduojami papildomi pagalbinių elementai reikalingi statybos ir/ar gamybos procese (kėlimo kilpos, klojinių sistemos, statybos pakylės ir t.t.) - Visa informacija, gauta iš LOD 4 elementų laikoma tikslia.	- Detalus statybos skaičiuojamosios kainos nustatymas. - Efektyvumo analizė: projekto įgyvendinimas numatyto laiko atžvilgiu. - Projekto grafiko analizė. - Statybos procesų planavimas, gaminių užsakymas. 3D projekto dalių bei statybos eigos ir procesų koordinavimas, vizualizavimas. - Objektų susikirtimų identifikavimas, sąveikos tarp atskirų sistemų ir komponentų suderinimas. - Projektinės dokumentacijos, tokios kaip techninės specifikacija, kiekių žiniaraščiai, brėžiniai ir kt., rengimas.	Projektavimo etapas > Darbo projekto rengimas

9.3. lentelė. Grafinės informacijos progresija skirtinguose LOD lygiuose (tęsinys)

LOD 5	3D	- Modelio objektai reprezentuojami atskirais komponentais arba konkrečiomis sistemomis. Objektai atitinka konkretų statybos produktą ar gaminį su jam būdinga geometrija. Modelio objektų geometrija detalizuota visomis jungiamosiomis detalėmis, angomis, išėmomis, nuosklembomis, vidinėmis detalėmis, tarpinėmis, siūlėmis ar kitais geometriniais požymiais. - Modelyje gali būti vaizduojami pagalbiniai objektai, reikalingi konkretaus elemento statybos, įrengimo, montavimo darbų metu. Vientisi objektai, tokie kaip sienos, vamzdynai, modelyje reprezentuojami atskirais sudalytais komponentais, dalimis, atsižvelgiant į jų statybos, įrengimo, montavimo procesą, eiliškumą. Pavyzdžiui, atsižvelgiant į temperatūrines, deformacines siūles, priešgaisrinius reikalavimus ar kitus modelio elemento skaidymui poveikį turinčius aspektus. - Modelio elementų geometrinis detalumas gali būti supaprastintas atskirais atvejais, kai BIM programinės įrangos funkcionalumas neleidžia perteikti numatyto geometrinio detalumo (siūlės, membranos, plonos tarpinės, ploni skardos lankstiniai, sriegiai, smulkios vamzdžių ar kitų komponentų laikomosios detalės). - Visa informacija, gauta iš LOD 5 elementų, laikoma tikslia.	- Statybos darbų techninė priežiūra. - Efektivumo analizė: projekto įgyvendinimas numatyto biudžeto atžvilgiu. - Pagrindinių konstrukcijų ir sistemų sudarančių >80 % viso statinio kaštų struktūros planuotų ir faktinių rezultatų, turinčių įtakos užsakovo biudžeto padidėjimui, palyginimas. - Tikslių statybos darbų kiekių nustatymas. - Detalių statybos bei gamybos procesų planavimas ir vykdymas. - Statybos bei gamybos procesų automatizavimas. - Statybos eigos progreso kontrolė, montavimo, surinkimo instrukcijų rengimas.	Statybos etapas
LOD 6	3D	- Specialus modelio progresijos lygis, kuris naudojamas eksploataciniam modeliui „taip pastatyta“ sudaryti. Modelio objektų padėtis, lokacija atnaujinama ir patikslinama pagal faktiškai statybvietyje įrengtą, sumontuotą ar pastatytą objektą. Eksploatacinio modelio objektų geometrinis detalumas gali būti ir žemesnių LOD lygių, jeigu to užtenka išskeltiems modelio „taip pastatyta“ poreikiams tenkinti ir jeigu nėra apibrėžta kitaip konkrečiam elementui ar sistemai. - Visa informacija, gauta iš LOD6 elementų, laikoma patikslinta pagal faktinę pastatyto, įrengto ar sumontuoto objekto situaciją.	- Modelio parengimas statinio naudojimo ir priežiūros etapui. - Išpildomosios („Taip pastatyta“) dokumentacijos rengimas. - Tikslinamas statinio energinis efektyvumas. - Projekto pakeitimų užfiksavimas. - Periodiškai atliekamos statinio (inžinerinių sistemų, konstrukcijų) naudojimo ir priežiūros planavimas.	Naudojimo etapas

Modelio negrafinės informacijos specifikacija (LOI)

LOI detalumo lygis apibrėžiamas atskirais atributais, kurie formuojami tiek pagal skydinės renovacijos projekto specifiką, numatomus BIM modelio taikymo atvejus, tiek pagal nacionalinius BIM modelio informacijai keliamus reikalavimus. Negrafinė informacija skirta papildyti grafinio pobūdžio informaciją apie objektą (3D modelį ar brėžinį), kuri atitinkamai apibūdina aktualias projektui ar visam SGC svarbias charakteristikas. Pavyzdžiui, objekto medžiagiškumą, geometrines, mechanines ar kitas projektui ir numatomiems SGC etapams aktualias objekto savybes. Atitinkami atributai turi būti priskiriami tik atitinkamiems statinio elementams, kadangi savybės ar kitos charakteristikos gali būti reikšmingos ir logiškos tik specifiniams elementams. Siekiant vienareikšmiško statinio elementų interpretavimo, taikomas Nacionalinis statybos informacijos klasifikatorius (NSIK).

BIM programine įranga kuriamų BIM modelio elementų atributus įprastai sudaro jų vardai ir vertės. Svarbu pastaruosius tinkamai apibrėžti, nustatant svarbias duomenų charakteristikas, priskiriant atitinkamas objektui būdingas klases pagal nacionalinius klasifikatorius, standartus ar kitus teisės aktus.

Atsižvelgiant į BIM programinės įrangos galimybes, atributus rekomenduojama grupuoti į rinkinius (*angl. property sets*) pagal jų numatoma paskirtį ar standartą, t. y. rinkinys "NSIK" aprašo visus NSIK klasėms būdingus atributus, o rinkinys "Renovacija" grupuoja visus skydinės renovacijos projektui reikšmingus atributus.

Atributo vardai apibrėžiami laikantis griežtų ir konkrečių taisyklių, kadangi tik tiksli sintaksė gali būti vienareikšmiškai interpretuojama kompiuterių. Atributų vardai gali būti taikomi skirtingi atskiruose projektuose. Skydinės renovacijos projektų atvejais rekomenduojama atributų vardus formuoti laikantis šių taisyklių:

- atributų varduose nenaudojami tarpai, kableliai, dvitaškiai, kabliataškiai, taškai ir kiti specialieji ženklai;
- atributų vardai turi priešdėlį iš grupės, kuriai priklauso atributas, inicialų didžiųjų raidžių (pvz., atributo vardas "RTuris", priklauso „Renovacija“ grupei, todėl atributo priešdėlis – "R";
- atributų vardams nevartojamos lietuviškos raidės su diakritiniais ženklais (ą, č, ę, è, į, š, ū, ž).
- po atributo priešdėlio vartojamas atributą apibūdinantis terminas ar jo trumpinys, kuris formuojamas pradedant kiekvieną žodį (ar vardo sudedamąją dalį) iš didžiosios raidės, o likusios – iš mažosios (pvz., ROrgDalis; čia „R“ – „Renovacija“ grupę nurodantis priešdėlis);
- atributų vardai formuojami kiek galima trumpiau ir aiškiau;
- vengiami atributų vardų dariniai, kuriuose greta viena kitos vartojamos dvi „l“ didžiosios raidės.

Įprastai atributus tikslinga aprašyti struktūruota lentelės pavidalo forma, tačiau gali būti panaudojami ir šiam tikslui pažangesni įrankiai (duomenų bazėms pritaikyti įrankiai ar specializuota programinė įranga). Tipinė IPS negrafinę informaciją apibūdinančios lentelės forma pateikiama 9.4. lentelėje⁶⁷.

⁶⁷ https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/1-Informacijos-pateikimo-specifikacija_2023-10-18_PROJEKTAS.pdf

9.4. lentelė. BIM modelio elementų negrafinės informacijos atributų aprašymo lentelės tipinis šablonas

Nr.	Atributai								Taikymo apimtis pagal NSIK			SGC stadija [*]		
	Atributo ar jo rinkinio vardas	Duomenų tipas	Matavimo vienetai	Aprašymas, pvz.	Formatas [*]	Komentaras [*]	Leidžiamos reikšmės [*]	Atsakingas [*]	NSIK	Terminas, apibūdinimas	Sinonimai, taikymo apimtys, apribojimai	Projektiniai pasiūlymai	Techninis projektas	Darbo projektas
	[14]													
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[13]	[13]
Pastabos:		[15]												

Lentelės paaiškinimas:

1. Nurodomas apibrėžiamo atributo eilės, identifikacinis ar kito pobūdžio numeris.
2. Pateikiamas projekte taikytino atributo vardas, suformuotas remiantis atributų vardų formavimo taisyklėmis.
3. Apibrėžiamas atributo duomenų tipas, reikalingas nurodyti įvairiose BIM, CAD ar kitose IT programinėse įrangose, kai kuriami nauji atributai. Galimi duomenų tipai: tekstas, realusis skaičius, sveikasis skaičius, loginis, data, laikas, data-laikas, nuoroda ar kiti.
4. Nurodomi matavimo vienetai, kuriais turi būti pateikiamos atributų reikšmės. Rekomenduojama laikytis vieno matavimo vieneto vienam atributui principo, tačiau galima nurodyti skirtingus matavimo vienetus, taikytinus skirtingose projekto dalyse.
5. Atributo aprašymas, kuriame pateikiamas paaiškinimas, ką konkretus atributas reiškia. Galima nurodyti atributo reikšmės pavyzdį.
6. Esant poreikiui, galima nurodyti tiksliai, koku formatu turi būti suvesti duomenys į apibrėžiamą atributą. Pavyzdžiui, nurodyti, ar naudoti tarpus, ar didžiąsias, mažąsias raides, ar pateikti konkrečias reikšmes, tokias kaip betono gniuždomasis stipris „C30/37“.
7. Esant poreikiui, galima papildomai nurodyti komentarą atributui, jeigu reikia, pateikti kitą su atributu susijusią informaciją, kuri nėra pateikiama aprašyme. Pavyzdžiui, galima nurodyti papildomas atributo taikymo sritis, ribojimus, kurie nėra pateikiami NSIK elementų, sistemų klasėmis ar projekto stadijomis. Nesant poreikiui, komentaro stulpelį galima naikinti.
8. Esant poreikiui, galima papildomai nurodyti leidžiamas atributo reikšmes ar ribojimus reikšmėms. Tai gali būti tiek galimų reikšmių konkretus sąrašas, tiek ribinės reikšmės. Alternatyviai – galima pateikti informaciją iš kitų projekto dokumentų, tokių kaip techninės specifikacijos (ar kitų dokumentų), kurie nurodo pagal projektą leistinų reikšmių ribas. Pavyzdžiui, betono konstrukcijoms gali būti nurodytas atributas *ESSvoris*, kuriam numatyta ribinė vertė <8,7 t.
9. Esant poreikiui, galima nurodyti, kas atsakingas už šio atributo sukūrimą, jo teisingų reikšmių suvedimą ar priskyrimą. Pavyzdžiui, projektuotojas (PDV, PV), gamintojas, generalinis rangovas.
10. NSIK kodinio žymėjimo stulpelyje nurodoma, kokiems BIM modelio elementams (komponentams, funkcinėms ar techninėms sistemoms) taikomas konkretus atributas. Siekiant aiškumo, kartu taikomi [9], [10] ir [11] stulpeliai.
11. NSIK klasės terminu trumpai apibūdinamas kodinis žymėjimas.

12. Sinonimai nurodomi kaip atributo taikymo apimtys patikslinimas, ar apribojimas.
13. Esant poreikiui, atributo taikymo apimtį galima nurodyti SGC etapais, projekto stadijomis ar projekto dalimis. Stulpelių kiekį galima praplėsti pagal poreikį. Reikalavimas taikyti atributą nurodytoje stadijoje apibrėžiamas pažymint atitinkamą langelį X ar kitu simboliu bei spalviniu žymėjimu. Jeigu poreikio diferencijuoti atributų taikymą pagal projekto stadijas, SGC etapus ar kitus kriterijus nėra, šiuos stulpelius rekomenduojama ištrinti.
14. Nurodomas atributo rinkinys, kuriam priklauso po juo esantys atributai. Atributo rinkinio inicialai vartojami kaip priešdėlis jam priklausančių atributų varduose. Atributo rinkinio pavadinimas formuojamas remiantis atributų vardų formavimo taisyklėmis.
15. Esant poreikiui, galima nurodyti bendrąsias pastabas, kurios aktualios visiems atributams, ar nurodyti kitą aktualią informaciją.
[*] Pasirinktiniai laukai nesant poreikio nenaudotini.

Šiltinančio skydo rekomenduojama tipinė IPS negrafinė informacija pateikiama 9.5. lentelėje⁶⁸.

⁶⁸ https://statyba40.lt/wp-content/uploads/2023/10/1-Informacijos-pateikimo-specifikacija_2023-10-18_PROJEKTAS.pdf

9.5. lentelė. Šiltinančio skydo BIM modelio elemento negrafinės informacijos atributai

Nr.	Atributai								Taikymo apimtis pagal NSIK			SGC stadija [*]				
	Atributo ar jo rinkinio vardas	Duomenų tipas	Matavimo vienetai	Aprašymas, pvz.	Formatas [*]	Komentaras [*]	Reikšmių apribojimai [*]	Atsakingas [*]	NSIK kodas	Terminas, apibūdinimas	Sinonimai, komentarai	Poreikių apibrėžtis / Galimybių formavimas	Projektinių pasiūlymų rengimas	Techninio projekto rengimas	Darbo projekto rengimas	Statyba / Statybos užbaigimas / Naudojimas
		[14]														
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]		[13]	[13]	[13]	
1		NSIK														
1.1.	NSIKtermLF	Tekstas		NSIK funkcinės sistemos terminas. Pvz., sienos sistema		Vadovautis NSIK elementų (funkcinių sistemų, techninių sistemų ir komponentų) ontologijomis		Projektuotojas	<L>	NSIK elementams: funkcinės sistemos	Taikomi visiems elementams (esamiems ir papildomai suprojektuotiems renovacijos projektui)		X	X	X	X
1.2.	NSIKcodeLF	Tekstas		NSIK funkcinės sistemos kodinis žymėjimas. Pvz., B	X		Viena didžioji raidė	Projektuotojas					X	X	X	X
1.3.	NSIKtermLT	Tekstas		NSIK techninės sistemos terminas. Pvz., stogo sudėtinė sistema				Projektuotojas		NSIK elementams: techninės sistemos			X	X	X	X
1.4.	NSIKcodeLT	Tekstas		NSIK techninės sistemos kodinis žymėjimas. Pvz., AE	XX		Dvi didžiosios raidės	Projektuotojas					X	X	X	X
1.5.	NSIKtermLK	Tekstas		NSIK komponento terminas. Pvz., siena				Gamintojas		NSIK elementams: komponentams					X	X
1.6.	NSIKcodeLK	Tekstas		NSIK komponento kodinis žymėjimas. Pvz., ULM	XXX		Trys didžiosios raidės	Gamintojas							X	X
2		Renovacija														
2.1.	RPlotas	Realusis skaičius	m²	Elemento (atitvaros) besiribojančio su išore paviršiaus plotas			Du reikšminiai skaičiai po kablelio	Projektuotojas	<L>B <L>C <L>D <L>AB <L>AC <L>AD <L>AE <L>AJ <L>AH <L>AK <L>AL <L>AM <L>QQA <L>QQB <L>QQC <L>ULM	Sienos sistema Perdangos sistema Stogo sistema Pamatų sudėtinė sistema Perdangos sudėtinė sistema Sienos sudėtinė sistema Stogo sudėtinė sistema Erkerio sudėtinė sistema Balkono sudėtinė sistema Tūrinio stoglangio sudėt. sistema Bokštelio sudėtinė sistema Šviesos tunelio sudėtinė sistema Nevarstomas langas Varstomas langas Durys Siena	Taikoma tik atitvaroms papildomai suprojektuotoms renovacijos projektu		X	X	X	X
2.2.	RTuris	Realusis skaičius	m³	Elemento (atitvaros) erdvės dalis, kurią jis užima (tūris)			Trys reikšminiai skaičiai po kablelio	Projektuotojas					X	X	X	X
2.3.	RSvoris	Realusis skaičius	kg	Elemento (atitvaros) grynas svoris (neto)			Vienas reikšminis skaičius po kablelio	Projektuotojas , gamintojas					X	X	X	X
2.4.	RSilVarza	Realusis skaičius	(m²K)/W	Atitvaros suminė šiluminė varža		Remiantis STR 2.01.02:2016	Du reikšminiai skaičiai po kablelio	Projektuotojas					X	X	X	X
2.5.	RGAP	Sveikasis skaičius	kgCO2e	Elemento (atitvaros) globalaus atšilimo potencialas (angl.GWP - Global Warming Potencial)		Remiantis elemento EPD (Aplinkosauginių savybių deklaracija)		Gamintojas							X	X
2.6.	ROrgDalis	Sveikasis skaičius	%	Elemento (atitvaros) organinių augalinės kilmės medžiagų elemente dalis pagal tūrį			Vieno arba dviejų skaitmenų sveikasis skaičius	Gamintojas							X	X
2.7.	ROrientacija	Sveikasis skaičius	laipsniais	Atitvaros orientacija pasaulio šalių atžvilgiu		Atitvaros azimutas. Orientacija į Š - 0 laipsnių, į R - 90 laipsnių, į P - 180 laipsnių, į V - 270 laipsnių	Vieno, dviejų ar trijų skaitmenų sveikasis skaičius	Projektuotojas					Netaikoma plokštiesiems stogams iki 7 laipsnių horizontalaus pokrypio		X	X
2.8.	RSkaidrDalis	Sveikasis skaičius	%	Skaidraus ar iš dalies skaidraus elemento (atitvaros) skaidriosios dalies santykis su visu plotu			Vieno arba dviejų skaitmenų sveikasis skaičius	Gamintojas	<L>AK <L>AL <L>AM <L>QQA <L>QQB <L>QQC	Tūrinio stoglangio sudėt. sistema Bokštelio sudėtinė sistema Šviesos tunelio sudėtinė sistema Nevarstomas langas Varstomas langas Durys	Taikoma iš dalies skaidrioms atitv., pvz. langams, durims, stoglang.				X	X

10. Apibendrinimas

Senos statybos pastatų šiltinimas skydais yra viena iš pastatų energinio efektyvumo padidinimo technologijų. Ši technologija turi būti taikoma laikantis visų reikalavimų, galiojančių analogiškiems statybos darbams. Dėl savo specifikos šiltinimas skydais taikomas siekiant kompleksiškesnės renovacijos, kai keičiami visi pastato langai, rekonstruojama lietaus nuotekų sistema, balkonai, keičiamas stogo tipas. Priimant sprendimą apšiltinti pastatą skydais, analizuotinas ir techninio aukšto įrengimo sprendimas, kuris leistų racionaliai išnaudoti tarp senojo ir naujojo stogo konstrukcijos susidarančią erdvę.

Apšiltinimo skydais technologija gali greitai pagerinti pastato energinį efektyvumą, o, taikant kompleksiškus sprendinius, ir suteikti naują kokybę senos statybos pastatui. Labai svarbu, kad pastato savininkai būtų objektyviai informuoti apie skydinės renovacijos galimybes ir galėtų pasirinkti optimalų, jų lūkesčius atitinkantį renovacijos sprendinį bei suformuotų tokio sprendinio užduotis visiems renovacijos proceso dalyviams.

Apšiltinant pastatus skydais labai svarbus esamos pastato būklės įvertinimas, apimantis pastato šiluminių, sandarumo, mechaninių savybių bei geometrijos analizę. Planuojant skydinę renovaciją aktualu įvertinti ir pastato aplinką, nes šio tipo apšiltinimas dažniausiai atliekamas be pastolių, naudojant autotransportą, kurio pravažavimui reikalinga didesnė laisva erdvė aplink pastatą. Vertinant pastato aplinką atkreiptinas dėmesys ir į gretimus sklypus, nes jų savininkams neprieštaraujant, jie gali būti laikinai panaudojami apšiltinant pastatą skydais.

Nustačius skydinei renovacijai nepalankias mechanines arba geometrines pastato savybes, skydinės apšiltinimo technologijos diegimas gali būti neracionalus ekonomiškai, nors techniškai ir yra įmanomas.

Diegiant skydinės renovacijos priemones, pasiekiami analogiški tradicinėms apšiltinimo technologijoms energijos sutaupymo rezultatai, tačiau dėl dalies statybos darbų, atliekamų gamykloje, skydinė technologija turi pralaidas geresniems ekonominiams ir aplinkosauginiams rodikliams. Parenkant ir vertinant skydo konstrukcinius sprendinius aplinkosauginiu aspektu – nustatant visuotinio atšilimo potencialo VAP rodiklį – dėmesys labiausiai turi būti kreipiamas į skydo rėmo ir karkaso, bei apšiltinančio sluoksnio medžiagos savybes, kadangi jų kiekis skyde yra didžiausias.

Šiltinantiems skydams keliamus reikalavimus galima realizuoti taikant labai įvairius paties skydo konstrukcijos bei jo montavimo sprendinius, tačiau jų pasirinktos konstrukcijos saugą privalu pagrįsti Europos arba nacionaliniais techniniais įvertinimais. Gali skirtis skydo rėmo medžiagiškumas ir geometrija, užpildų tipai, skydų tvirtinimo bei jungimo technologijos, papildomi gaisrinės saugos sprendiniai ir kt., todėl tikslus pastato renovacijos sprendinius turi įvertinti ir priimti projektuotojai, analizuodami įvairių gamintojų siūlomus kompleksinius produktus, bei vadovaudamiesi gamintojų techniniais katalogais ar kita technine informacija. Siekiant didžiausio efektyvumo, galima skydinės ir tradicinės renovacijos sprendinius derinti, išnaudojant kiekvienos technologijos pranašumus. Taip pat tik rinkos dalyviams įgaunant daugiau patirties, tikslinga palaipsniui pradėti į skydo konstrukcijas integruoti inžinerinių sistemų komponentus (vėdinimo įrenginius, ortakius ir kt.), nes šių komponentų integracija, ypač daugiaaukščiuose pastatuose, taipogi susijusi su papildomais iššūkiais gaisrinės saugos srityje, bei su papildomais eksploataciniais darbais.

Taikant šiltinančių skydų technologiją, svarbus sprendimo kompleksiskumas. Skydo konstrukcijos detalės turi būti derinamos pagal parinktą skydo tvirtinimo prie renovuojamos atitvaros būdą. Rekomenduojama, kad tvirtinimo komponentus tiektų tas pats gamintojas/tiekėjas, kuris prisiima atsakomybę už viso sprendinio kokybę.

Prognozuojamas iššūkis, kuris laukia skydinės renovacijos, yra rinkos kompetencijų stoka. Tačiau tikėtina, kad tai neturėtų būti reali kliūtis taikyti skydinės renovacijos technologiją, nes rinkoje

atsiradus statybos gaminių pasiūlai, techninei informacijai apie juos, sektoriaus dalyviai greitai įgys naujas kompetencijas, kaip tai įvyko didinant reikalavimus pastatų energiniam efektyvumui, plačiau diegiant šilumos siurblius, saulės modulius ir pan.

Skydinės renovacijos iniciatyvos vykdomos statybos sektoriaus skaitmenizavimo tendencijų aplinkoje, kas gali tapti gerosios praktikos pavyzdžiu sektoriaus efektyvinimui. Skydinės apšiltinimo technologijos diegimas dėl savo specifikos formuoja poreikį platesnei statybos srities skaitmenizacijai. Atskaitoje pateikiami statybos produktų klasifikavimo pagal Nacionalinį statybos informacijos klasifikatorių pavyzdžiai padės projektuotojams sparčiau papildyti kuriamus projektus aktualia statybos informacija.

11. Pilotiniai modeliai

Skydinės renovacijos pilotiniai projektai sukurti pagal APVA pateiktą projektinę medžiagą, atsižvelgiant į skydinės renovacijos technologijos specifiką. Projektinių sprendinių renovacijos skydais skaitmeninių modelių sukūrimui parinkti 3 pastatai. Pirminė medžiaga pilotiniams projektams – APVA pateikiama tipinių pastatų atnaujinimo projektų (naudojant tradicinę renovaciją) dokumentacija PDF formatu. Remiantis projektine dokumentacija sukuriama pirminiai modeliai, kuriuose nėra numatomi nuokrypiai nuo plokštumų, tačiau atlikus realaus pastato geometrinių duomenų surinkimą skanavimo metodu tokie nuokrypiai susidaro – šių nuokrypių kompensavimas numatomas parenkant apšiltinimo skydais sprendinius. Taip pat modeliuose įvertinama, kad tarp skanavimo būdu surinktų ir realių geometrinių matmenų susidarys tam tikros paklaidos, kurių kompensavimas taip pat numatomas parenkant apšiltinimo skydais sprendinius. Skaičiavimai atliekami įvertinant, kad pastatų energinio naudingumo klasė po renovacijos – A.

11.1. Projektas Nr. 1

Pastato bendrieji duomenys:

- taisyklingo stačiakampio formos 5 aukštų, keturių laiptinių, 55 butų daugiabutis gyvenamasis namas (serija 1-318-33);
- pamatai ir cokolinė dalis – gelžbetonio, cokolinė dalis – tinkuota;
- išorinės sienos iš skylėtų plytų 370–430 mm storio, be oro tarpo, tankis 1600 kg/m³;
- perdangos - gelžbetoninės iš surenkamų plokščių;
- stogas – plokščias, sutapdintų konstrukcijų su vidine lietaus nuvedimo sistema;
- balkonai – konsolinio (geminio) tipo.

11.1. lentelė. Bendrieji statinio rodikliai – projektas Nr. 1

Pavadinimas	Mato vnt.	Rodiklio vertė
I. Sklypas		
1. sklypo plotas	m ²	684
2. statinio užimtas žemės plotas	m ²	-
II. Pastatai		
1. Gyvenamieji pastatai:		
1.1. butų skaičius	vnt.	55
1.2. kambarių skaičius:	vnt.	130
1.2.1. 1 kambario	vnt.	10
1.2.2. 2 kambarių	vnt.	25
1.2.3. 3 kambarių	vnt.	15
1.2.4. 4 kambarių	vnt.	5
1.3. bendrasis plotas:	m ²	2999,79
1.3.1. gyvenamasis	m ²	1682,84
1.3.2. naudingasis	m ²	2493,99
1.3.3. pagalbinis	m ²	811,15
1.3.4. rūsių (pusrūsių)	m ²	505,80
1.3.5. šildomas plotas	m ²	2493,99
1.4. pastato tūris:	m ³	11151
1.4.1. pastato antžeminės dalies	m ³	10139
1.4.2. pastato požeminės dalies	m ³	1012
1.5. aukštų skaičius	vnt.	5
1.6. pastato aukštis	m	15,65
1.7. pastato atsparumas ugniai (I, II, III)		I

1.8. atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:		
1.8.1. sienų	W/m ² K	1,11
1.8.2. langų	W/m ² K	2,5
1.8.3. išorės durų	W/m ² K	2,5
1.8.4. denginio	W/m ² K	0,97
1.8.5. perdangos	W/m ² K	1,0

11.1. pav. pateikiama skydais renovuojamo pastato modelio, sukurto .rvt formatu, vizualizacija (pastatas Nr. 1).

11.1. pav. Skydais apšiltinamo pastato modelio vizualizacija (pastatas Nr. 1)



Formuojant išorinio šiltinimo sluoksnio sudalinimą į skydus laikomasi šių apribojimų:

- atskiriems aukštams (išskyrus laiptines) formuojami atskiri skydai;
- atskiri skydai formuojami laiptinės zonai;
- priimama, kad konsolinė balkonų konstrukcija keičiama į pristatomų balkonų konstrukciją;
- tarp skydų formuojamas 100-160 mm technologinis tarpas tvirtinimui;
- maksimalūs skydo gabaritai – iki 3x7 m.

Prieduose pateikiamas sienų ir stogo apšiltinimo skydų išdėstymas pilotinio projekto Nr. 1 fasaduose, stogo plane bei sienos ir stogų apšiltinimo skydų specifikacija (brėžiniai: PIL-1-B.01, PIL-1-B.02, PIL-1-B.03, PIL-1-B.04), kurią sudaro 42 tipų sienos skydai bei 18 tipų stogo skydai.

Dinaminis pastato energijos sąnaudų modeliavimas prieš ir po renovacijos

Pastato energijos sąnaudų modeliavimas atliekamas programa IDA-ICE. Programos aplinkoje sukuriamas pastato modelis, kuriam atliekamas dinaminis modeliavimas ir nustatomi šie rodikliai - metinės ir kas mėnesinės **energijos sąnaudos pastatui šildyti** (kai šildymo sezonas pradedamas esant vidutinei paros temperatūrai +10°C);

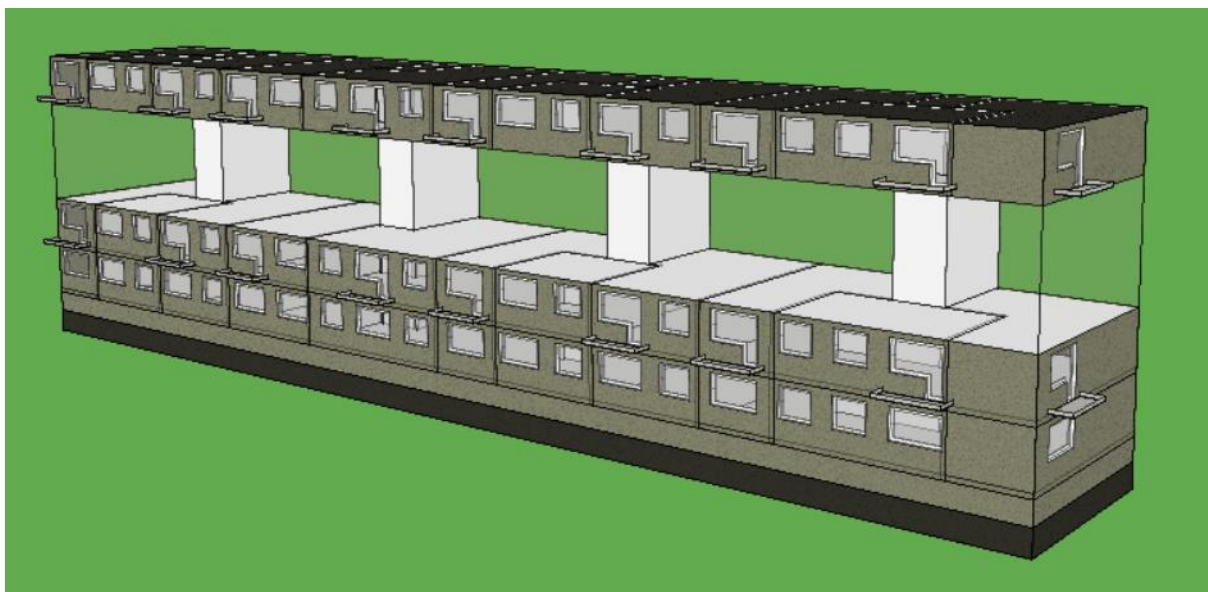
Būklės **prieš renovaciją** modeliavimui priimanamos šios sąlygos:

- **sienų** šilumos perdavimo koeficientas - 1,11 W/(m²·K), 400 mm storio;
- **stogo** šilumos perdavimo koeficientas – 0,97 W/(m²·K), 400 mm storio;
- **langai** – plastikiniai, vienkameriniu stiklo paketu su selektyvine danga, šilumos perdavimo koeficientas – 1,7 W/(m²·K), visuminės saulės praleisties koeficientas - 0,75; išorinio angokraščio plotis – 150 mm;

- **nešildomas rūsys, rūsio/I a. perdangos konstrukcijos** šilumos perdavimo koeficientas – 1,00 W/(m²·K), 250 mm storio;
- **durys** – viengubos, į nešildomą tambūrą; šilumos perdavimo koeficientas – 2,2 W/(m²·K);
- vidutinės **ilginių šiluminių tiltelių** vertės – 0,11 W/(m·K);
- pastato **sandarumo** rodiklis - $n_{50,N} = 2,0$ 1/h (ši prielaida priimama vertinant C energinio naudingumo klasės reikalavimus, nes priimamas langų sprendinys atitinka C klasės sprendinius, o pastato sandarumo rodiklis yra tiesiogiai susijęs su langų sprendiniais);
- fasadas su pagrindinėmis įėjimo durimis orientuojamas į **rytus**;
- vidutinė patalpų temperatūra - **+20°C** laiptinių - **+16°C**, vertinant, kad šildymo sezonas tęsiasi nuo sausio iki balandžio mėn. ir nuo spalio iki gruodžio mėn.;
- vėdinimas – **natūralus**, oro apykaita 0,1944 l/(s·m²) (0,7 m³/(h·m²));
- klimatinės sąlygos – **Kauno** miesto;
- vidiniai **šilumos pritekėjimai** vertinami kaip pastovūs visus metus ir skaičiuojami priimant šias prielaidas: žmogui skiriamas plotas²² – 60 m²; nuolatiniai šilumos pritekėjimai nuo apšvietimo ir įrenginių sudaro 2.06 W/m² (prielaida išskaičiuota²²: 20000 kWh/(m²·metai)×0.9(elektros energijos dalis sunaudojama šildomose patalpose)=18000 kWh/(m²·metai)/365 d./24 h).

11.2. paveiksle pateikiama pastato modelio vizualizacija IDA-ICE programinio paketo aplinkoje, modelyje nerodomi pastato III ir IV aukštai, nes jie yra analogiški pastato II aukštui ir modeliavimas yra vykdomas multiplikuojant II aukšto rezultatus.

11.2. pav. Pastato modelio vizualizacija dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo programos aplinkoje (pastatas Nr. 1).



11.1. lentelėje pateikiami pilotinio projekto (pastatas Nr. 1) detalūs energijos sąnaudų modeliavimo rezultatai prieš renovaciją („-“, ženklas rodo šilumos nuostolius, skaičiai be ženklo rodo šilumos pritekėjimus arba šilumos tiekimą). Suminiai energijos poreikiai pastatui šildyti per metus sudaro **362 MWh**, šis rezultatas gaunamas priimant tik vieną didesnę energijos sąnaudų dedamąją tarp natūralaus vėdinimo ir infiltracijos.

11.1. lentelė. Pilotinio projekto (pastatas Nr. 1) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – pastato energetinis balansas, kWh

Mėnuo	Išorinės atitvaros ir ilginiai šiluminiai tilteliai	Vidinės atitvaros ir terminė masė	Langai ir saulė	Natūralus vėdinimas	Žmonės	Įranga ir apšvietimas	Šildymo prietaisai
1	-56520,7	47,3	-12356,9	-10054,9	2163,3	3817,3	72904,6
2	-52778,7	-62,7	-8449,7	-9564	2021,3	3570,8	65263
3	-45641,7	-140,8	962,3	-8323,9	2176,5	3817,3	47150,3
4	-30436,7	-549,4	10508,7	-5506,5	2149,1	3694,1	20140,7
10	-30645,3	-693,7	976,2	-5403,5	2253,5	3817,3	29695,5
11	-43270,5	169,1	-8326,8	-7669,6	2128,6	3694,1	53275,1
12	-56281,5	100,5	-13596,3	-10172,3	2164	3817,3	73968,3
Viso:	-315575,1	-1129,7	-30282,5	-56694,7	15056,3	26228,2	362397,5

Pagal atliktą dinaminio energinio vertinimo analizę nustatyta, kad nerenovuotame pastate 86% šilumos nuostolių susidaro per atitvaras, o likusi dalis – dėl infiltracijos ir natūralaus vėdinimo.

11.2. ir 11.3. lentelėse pateikiamas šilumos nuostolių pasiskirstymas šildymo sezono metu per išorines pastato atitvaras absoliutine ir procentine išraiška, kuriuo remiantis nustatyta, kad šildymo sezono metu nagrinėjamame nerenovuotame pastate 4 % šilumos nuostolių susidaro per sienas, atitinkamai: 15% - per stogą, 2% - per grindis (į nešildomą rūšį), 23% - per langus, 1% - per duris ir 16% - per ilginius šiluminius tiltelius.

11.2. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 1) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – šilumos nuostolių per skirtingas atitvaras pasiskirstymas absoliutine išraiška, kWh

Mėnuo	Sienos	Stogas	Grindys	Langai	Durys	Ilginiai šiluminiai tilteliai
1	-32111,7	-11510,4	-611,8	-16508,6	-474,4	-11816,2
2	-29622,3	-10509,2	-1050,7	-15617,8	-441,7	-11156,8
3	-25082,8	-8756,1	-1557,8	-14102,3	-361,4	-9883,8
4	-16330	-5078,9	-2170,7	-9964,9	-238,7	-6619,8
10	-17004,3	-6346,6	-166,6	-9839,1	-259,8	-6868,1
11	-24387,2	-8945,6	-282,3	-12950	-356,4	-9298,7
12	-31956,2	-11602,2	-230,4	-16724	-494,3	-11999,1
Viso:	-176494,5	-62749	-6070,3	-95706,7	-2626,7	-67642,5

11.3. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 1) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – šilumos nuostolių per skirtingas atitvaras pasiskirstymas procentine išraiška, kWh

Mėnuo	Sienos	Stogas	Grindys	Langai	Durys	Ilginiai šiluminiai tilteliai
1	44	16	1	23	1	16
2	43	15	2	23	1	16
3	42	15	3	24	1	17
4	40	13	5	25	1	16
10	42	16	0	24	1	17
11	43	16	1	23	1	17
12	44	16	0	23	1	16

Būklės **po renovacijos** modeliavimui priimamos sąlygos, atitinkančios A energinio naudingumo klasės rodiklius⁶⁹:

- **sienų** šilumos perdavimo koeficientas – 0,15 W/(m²·K);
- **stogo** šilumos perdavimo koeficientas – 0,14 W/(m²·K);
- **langai** – šilumos perdavimo koeficientas – 1,0 W/(m²·K), visuminės saulės praleisties koeficientas – 0,67; išorinio angokraščio plotis 180 mm;
- **nešildomas rūsysis, rūšio/I a. perdangos konstrukcijos** šilumos perdavimo koeficientas – 0,16 W/(m²·K);
- **durys** – viengubos, į nešildomą tambūrą; šilumos perdavimo koeficientas – 1,4 W/(m²·K);
- pastato sandarumo rodiklis - n_{50,N}= 1.0 l/h;
- ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientų vertės: tarp pastato pamatų ir išorinių sienų – 0,1 W/(m²·K); aplink langų angas sienose – 0,05 W/(m²·K); aplink išorinių įėjimo durų angas sienose – 0,05 W/(m²·K); tarp pastato sienų ir stogo – 0 W/(m²·K); fasadų išoriniuose ir vidiniuose kampuose – 0 W/(m²·K); balkonų grindų susikirtimo vietose su išorinėmis sienomis – 0,01 W/(m²·K);
- **kitos sąlygos** išlaikomos analogiškėmis modeliavimui prieš renovaciją.

11.4. lentelėje pateikiami pilotinio projekto (pastatas Nr. 1) detalūs energijos sąnaudų modeliavimo rezultatai, kai pastato atitvaros atitinka A energinio naudingumo klasės reikalavimus („-“, ženklas rodo šilumos nuostolius, skaičiai be ženklo rodo šilumos pritekėjimus arba šilumos tiekimą). Suminiai energijos poreikiai pastatui šildyti per metus, kai pastato atitvaros atitinka **A energinio naudingumo klasės** reikalavimus, sudaro **142 MWh**, šis rezultatas gaunamas priimant tik vieną didesnę energijos sąnaudų dedamąją tarp natūralaus vėdinimo ir infiltracijos.

11.4. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 1) energinio modeliavimo rezultatai, kai pastato atitvaros atitinka A energinio naudingumo klasės reikalavimus – pastato energetinis balansas, kWh

Mėnuo	Išorinės atitvaros ir ilginiai šiluminiai tilteliai	Vidinės atitvaros ir terminė masė	Langai ir saulė	Natūralus vėdinimas	Žmonės	Įranga ir apšvietimas	Šildymo prietaisai
1	-21191	60,9	-6547,2	-10064	2166,3	3817,3	31757,7
2	-20108,9	-87,1	-3338,3	-9575,3	2023,6	3570,8	27515,2
3	-18352,9	-85,6	4516,5	-8345,1	2179,2	3817,3	16270,6
4	-14470	-1945,6	11527,2	-5882,9	2151,7	3694,1	4925,5
10	-11570,8	1402,9	3080,8	-5697,3	2256,4	3817,3	6710,7
11	-16268,8	107,9	-3994,2	-7670,4	2131,1	3694,1	22000,3
12	-20880,6	74,9	-7564,4	-10194	2167,2	3817,3	32579,6
Viso:	-122843	-471,7	-2319,6	-57429	15075,5	26228,2	141759,6

Pagal atliktą dinaminį energinį vertinimą nustatyta, kad pastato energijos poreikiai šildymui apšiltinus pastatą iki A energinio naudingumo klasės verčių **sumažėja 61%**, tačiau šis skaičius gali būti tikslinamas įvertinus realias nerenovuoto pastato energijos sąnaudas. Galimos paklaidos tarp skaičiuojamųjų ir realių energijos poreikių verčių susidaro dėl priimamų pastato atitvarų savybių (pvz. realus pastato sandarumas, langų savybės gali būti geresnės) bei pastato eksploatavimo sąlygų (patalpų vidaus temperatūros, vėdinimo intensyvumo) informacijos netikslumo.

⁶⁹ STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

11.2. Projektas Nr. 2

Pastato bendrieji duomenys:

- taisyklingo stačiakampio formos 5 aukštų, dviejų laiptinių, 30 butų daugiabutis gyvenamasis namas (serija 1-464LI-18/2);
- pamatai ir cokolinė dalis – gelžbetonio;
- išorinės sienos iš keramzitbetonio plokščių 350 mm storio, tankis 1000 kg/m³;
- perdangos - gelžbetoninės iš surenkamų plokščių;
- stogas – plokščias, sutapdintų konstrukcijų su vidine lietaus nuvedimo sistema;
- balkonai - lodžijos tipo;

11.5. lentelė. Bendrieji statinio rodikliai – projektas Nr. 2

Pavadinimas	Mato vnt.	Rodiklio vertė
I. Sklypas		
1. sklypo plotas	m ²	-
2. statinio užimtas žemės plotas	m ²	-
II. Pastatai		
1. Gyvenamieji pastatai:		
1.1. butų skaičius	vnt.	30
1.2. kambarių skaičius:	vnt.	70
1.2.1. 1 kambario	vnt.	-
1.2.2. 2 kambarių	vnt.	25
1.2.3. 3 kambarių	vnt.	-
1.2.4. 4 kambarių	vnt.	5
1.3. bendrasis plotas:	m ²	1989,90
1.3.1. gyvenamasis	m ²	1254,10
1.3.2. naudingasis	m ²	1568,40
1.3.3. pagalbinis	m ²	407,90
1.3.4. rūsių (pusrūsių)	m ²	327,90
1.3.5. šildomas plotas	m ²	1384,15
1.4. pastato tūris:	m ³	7305
1.5. aukštų skaičius	vnt.	5
1.6. pastato aukštis	m	15,38
1.7. atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:		
1.8.1. sienų	W/m ² K	0,957
1.8.2. langų	W/m ² K	2,5
1.8.3. išorės durų	W/m ² K	2,5
1.8.4. denginio	W/m ² K	1,85

11.3. pav. pateikiama skydais renovuojamo pastato modelio, sukurto .rvt formatu, vizualizacija (pastatas Nr. 2).

11.3. pav. Skydais apšiltinamo pastato modelio vizualizacija (pastatas Nr. 2)



Formuojant išorinio šiltinimo sluoksnio sudalinimą į skydus laikomasi šių apribojimų:

- atskiriems aukštams (išskyrus laiptines) formuojami atskiri skydai;
- atskiri skydai formuojami laiptinės zonai;
- priimama, kad lodžijos transformuojamos į nešildomas apšiltintas patalpas;
- tarp skydų formuojamas 100-160 mm technologinis tarpas tvirtinimui;
- maksimalūs skydo gabaritai – iki 3x7 m.

Prieduose pateikiamas sienų ir stogo apšiltinimo skydų išdėstymas pilotinio projekto Nr. 2 fasaduose, stogo plane bei sienos ir stogų apšiltinimo skydų specifikacija (brėžiniai: PIL-2-B.01, PIL-2-B.02, PIL-2-B.03), kurią sudaro 64 tipų sienos skydai bei 25 tipų stogo skydai.

Dinaminis pastato energijos sąnaudų modeliavimas prieš ir po renovacijos

Pastato energijos sąnaudų modeliavimas atliekamas programa IDA-ICE. Programos aplinkoje sukuriamas pastato modelis, kuriam atliekamas dinaminis modeliavimas ir nustatomi šie rodikliai - metinės ir kasmėnesinės **energijos sąnaudos pastatui šildyti** (kai šildymo sezonas pradedamas esant vidutinei paros temperatūrai +10°C);

Būklės **prieš renovaciją** modeliavimui priimamos šios sąlygos:

- **sienų** šilumos perdavimo koeficientas – 0,957 W/(m²·K), 350 mm storio;
- **stogo** šilumos perdavimo koeficientas – 0,85 W/(m²·K), 400 mm storio;
- **langai** – plastikiniai, vienkameriniu stiklo paketu su selektyvine danga, šilumos perdavimo koeficientas – 1,7 W/(m²·K), visuminės saulės praleisties koeficientas - 0,75; išorinio angokraščio plotis – 150 mm;
- **nešildomas rūsysis, rūšio/I a. perdangos konstrukcijos** šilumos perdavimo koeficientas – 1,00 W/(m²·K), 250 mm storio;
- **durys** – viengubos, į nešildomą tambūrą; šilumos perdavimo koeficientas – 2,5 W/(m²·K);
- vidutinės **ilginių šiluminių tiltelių** vertės – 0,11 W/(m·K);

- pastato **sandarumo** rodiklis - $n_{50,N} = 2,0$ 1/h (ši prielaida priimama vertinant C energinio naudingumo klasės reikalavimus, nes priimamas langų sprendinys atitinka C klasės sprendinius, o pastato sandarumo rodiklis yra tiesiogiai susijęs su langų sprendiniais);
- fasadas su pagrindinėmis įėjimo durimis orientuojamas į **rytus**;
- vidutinė patalpų temperatūra - **+20°C** laiptinių - **+16°C**, vertinant, kad šildymo sezonas tęsiasi nuo sausio iki balandžio mėn. ir nuo spalio iki gruodžio mėn.;
- vėdinimas – **natūralus**, oro apykaita $0,1944$ l/(s·m²) ($0,7$ m³/(h·m²));
- klimatinės sąlygos – **Kauno** miesto;
- vidiniai **šilumos pritekėjimai** vertinami kaip pastovūs visus metus ir skaičiuojami priimant šias prielaidas: žmogui skiriamas plotas²² – 60 m²; nuolatiniai šilumos pritekėjimai nuo apšvietimo ir įrenginių sudaro 2.06 W/m² (prielaida išskaičiuota²²: 20000 kWh/(m²·metai)×0.9(elektros energijos dalis sunaudojama šildomose patalpose)= 18000 kWh/(m²·metai)/365 d./24 h).

11.4. paveiksle pateikiama pastato modelio vizualizacija IDA-ICE programinio paketo aplinkoje, modelyje nerodomi pastato III ir IV aukštai, nes jie yra analogiški pastato II aukštui ir modeliavimas yra vykdomas multiplikuojant II aukšto rezultatus.

11.4. pav. Pastato modelio vizualizacija dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo programos aplinkoje prieš renovaciją (pastatas Nr. 2).



11.6. lentelėje pateikiami pilotinio projekto (pastatas Nr. 2) detalūs energijos sąnaudų modeliavimo rezultatai prieš renovaciją („-“, ženklas rodo šilumos nuostolius, skaičiai be ženklo rodo šilumos pritekėjimus arba šilumos tiekimą). Suminiai energijos poreikiai pastatui šildyti per metus sudaro **259 MWh**, šis rezultatas gaunamas priimant tik vieną didesnę energijos sąnaudų dedamąją tarp natūralaus vėdinimo ir infiltracijos.

11.6. lentelė. Pilotinio projekto (pastatas Nr. 1) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – pastato energetinis balansas, kWh

Mėnuo	Išorinės atitvaros ir ilginiai šiluminiai tilteliai	Vidinės atitvaros ir terminė masė	Langai ir saulė	Natūralus vėdinimas	Žmonės	Įranga ir apšvietimas	Šildymo prietaisai
1	-39303,2	73,5	-7588,7	-6251,2	1079,6	1908,3	50081,7
2	-36630,8	4,2	-5430,5	-5953	1008,5	1785,2	45216,4
3	-32213,9	-139,5	-311,6	-5256	1086,3	1908,3	34926,4
4	-20633,7	-382,3	5177,2	-3443,6	1072,6	1846,8	16363
10	-22355,3	-550,8	-174,9	-3421,6	1125	1908,3	23469,3
11	-31207	166	-5307,9	-4829,7	1062,4	1846,8	38269,4
12	-39373,7	168,7	-8230,2	-6311,3	1080,1	1908,3	50758,1
Viso:	-221717,6	-660,2	-21866,6	-35466,4	7514,5	13112	259084,3

Pagal atliktą dinaminio energinio vertinimo analizę nustatyta, kad nerenovuotame pastate 87% šilumos nuostolių susidaro per atitvaras, o likusi dalis – dėl infiltracijos ir natūralaus vėdinimo.

11.7. ir 11.8. lentelėse pateikiamas šilumos nuostolių pasiskirstymas šildymo sezono metu per išorines pastato atitvaras absoliutine ir procentine išraiška, kuriuo remiantis nustatyta, kad šildymo sezono metu nagrinėjamame nerenovuotame pastate 38% šilumos nuostolių susidaro per sienas, atitinkamai: 25% - per stogą, 1% - per grindis (į nešildomą rūšį), 20,5% - per langus, 0,5% - per duris ir 16% - per ilginius šiluminius tiltelius.

11.7. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 2) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – šilumos nuostolių per skirtingas atitvaras pasiskirstymas absoliutine išraiška, kWh

Mėnuo	Sienos	Stogas	Grindys	Langai	Durys	Ilginiai šiluminiai tilteliai
1	-19042,2	-12235,2	-15	-9661,6	-233,3	-7777,2
2	-17571,8	-11181,6	-373,3	-9150,4	-216	-7286,8
3	-15049,3	-9836,5	-625,5	-8353,2	-172,3	-6530,7
4	-9682,3	-5633,5	-926,4	-5857,3	-112	-4279,3
10	-10327,5	-7264,4	-31	-5826,2	-121,9	-4610,8
11	-14741,4	-10053,7	-25,8	-7652,2	-172,6	-6212,8
12	-18963,7	-12288	-19,3	-9760,9	-242,4	-7862,2
Viso:	-105378,2	-68492,9	-2016,3	-56261,8	-1270,5	-44559,8

11.8. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 2) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – šilumos nuostolių per skirtingas atitvaras pasiskirstymas procentine išraiška, kWh

Mėnuo	Sienos	Stogas	Grindys	Langai	Durys	Ilginiai šiluminiai tilteliai
1	39	25	0	20	0	16
2	38	24	1	20	0	16
3	37	24	2	21	0	16
4	37	21	3	22	0	16
10	37	26	0	21	0	16
11	38	26	0	20	0	16
12	39	25	0	20	0	16

Būklės **po renovacijos** modeliavimui priimamos sąlygos, atitinkančios A energinio naudingumo klasės rodiklius⁷⁰:

- **sienų** šilumos perdavimo koeficientas – $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **stogo** šilumos perdavimo koeficientas – $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **langai** – šilumos perdavimo koeficientas – $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, visuminės saulės praleisties koeficientas – $0,67$; išorinio angokraščio plotis 180 mm ;
- **nešildomas rūsys, rūšio/l a. perdangos konstrukcijos** šilumos perdavimo koeficientas – $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **durys** – viengubos, į nešildomą tambūrą; šilumos perdavimo koeficientas – $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- pastato sandarumo rodiklis – $n_{50,N} = 1,0 \text{ l/h}$;
- ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientų vertės: tarp pastato pamatų ir išorinių sienų – $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; aplink langų angas sienose – $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; aplink išorinių įėjimo durų angas sienose – $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; tarp pastato sienų ir stogo – $0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; fasadų išoriniuose ir vidiniuose kampuose – $0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; balkonų grindų susikirtimo vietose su išorinėmis sienomis – $0,01 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **kitos sąlygos** išlaikomos analogiškėmis modeliavimui prieš renovaciją.

Šio pastato lodžijos išorinė atitvara apšiltinama skydu su langais, kurių šilumos laidumo koeficientas atitinka A energinio naudingumo klasės išorinės sienos ir lango šilumos perdavimo koeficientus, taip suformuojant nešildomą apšiltintą patalpą, o siena tarp nešildomos apšiltintos patalpos bei langai paliekami tokios pačios konstrukcijos kaip prieš renovaciją (11.5 pav.).

11.5. pav. Pastato modelio vizualizacija dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo programos aplinkoje po renovacijos (pastatas Nr. 2). Tarpinių pastato aukštų energijos sąnaudos įvertinamos pagal 2-ojo aukšto duomenis.



11.9. lentelėje pateikiami pilotinio projekto (pastatas Nr. 2) detalūs energijos sąnaudų modeliavimo rezultatai, kai pastato atitvaros atitinka A energinio naudingumo klasės reikalavimus („-“ ženklas rodo šilumos nuostolius, skaičiai be ženklo rodo šilumos pritekėjimus arba šilumos tiekimą). Suminiai energijos poreikiai pastatui šildyti per metus, kai pastato atitvaros atitinka **A energinio naudingumo**

⁷⁰ STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

klasės reikalavimus, sudaro **82 MWh**, šis rezultatas gaunamas priimant tik vieną didesnę energijos sąnaudų dedamąją tarp natūralaus vėdinimo ir infiltracijos.

11.9. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 2) energinio modeliavimo rezultatai, kai pastato atitvaros atitinka A energinio naudingumo klasės reikalavimus – pastato energetinis balansas, kWh

Mėnuo	Išorinės atitvaros ir ilginiai šiluminiai tilteliai	Vidinės atitvaros ir terminė masė	Langai ir saulė	Natūralus vėdinimas	Žmonės	Įranga ir apšvietimas	Šildymo prietaisai
1	-11353,8	145	-3074,3	-6558,3	1081,5	1908,3	17851,6
2	-10656,6	-25,8	-1433,1	-6248,6	1009,9	1785,2	15569
3	-9712	-108,9	2675,6	-5460,3	1087,9	1908,3	9609,4
4	-7358,8	-1130,1	6307,2	-3827,5	1074,3	1846,8	3088,1
10	-6487,3	666,4	1773,9	-3655,2	1127	1908,3	4666,9
11	-8708,1	145	-1851,9	-5002,5	1063,8	1846,8	12506,9
12	-11188,8	177,6	-3611,4	-6642,6	1082,1	1908,3	18274,8
Viso:	-65465,4	-130,8	786	-37395	7526,5	13112	81566,7

Pagal atliktą dinaminį energinį vertinimą nustatyta, kad pastato energijos poreikiai šildymui apšiltinus pastatą iki A energinio naudingumo klasės verčių **sumažėja 68%**, tačiau šis skaičius gali būti tikslinamas įvertinus realias nerenovuoto pastato energijos sąnaudas.

11.3. Projektas Nr. 3

Pastato bendrieji duomenys:

- netaisyklingo stačiakampio formos 5 aukštų, trijų laiptinių, 60 butų daugiabutis gyvenamasis namas (serija 111-120B-14/1);
- pamatai ir cokolinė dalis – betoniniai;
- išorinės sienos iš gelžbetonio plokščių;
- perdangos - gelžbetoninės iš surenkamų plokščių;
- stogas – plokščias, sutapdintų konstrukcijų su vidine lietaus nuvedimo sistema;
- balkonai - lodžijos tipo ir konsolės tipo.

11.10. lentelė. Bendrieji statinio rodikliai – projektas Nr. 3

Pavadinimas	Mato vnt.	Rodiklio vertė
I. Sklypas		
1. sklypo plotas	m ²	-
2. statinio užimtas žemės plotas	m ²	-
II. Pastatai		
1. Gyvenamieji pastatai:		
1.1. butų skaičius	vnt.	60
1.2. kambarių skaičius:	vnt.	75
1.3. bendrasis plotas:	m ²	4151,95
1.3.1. gyvenamasis	m ²	1950,35
1.3.2. naudingasis	m ²	3459,10
1.3.3. pagalbinis	m ²	1508,75
1.3.4. rūsių (pusrūsių)	m ²	629,85
1.4. pastato tūris:	m ³	14379,0
1.5. aukštų skaičius	vnt.	5
1.6. pastato aukštis	m	16,12

1.7. atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:		
1.8.1. sienų	W/m ² K	0,85
1.8.2. langų	W/m ² K	2,5
1.8.3. išorės durų	W/m ² K	2,5
1.8.4. denginio	W/m ² K	0,79
1.8.5. perdangos	W/m ² K	0,72

11.6. pav. pateikiama skydais renovuojamo pastato modelio, sukurto .rvt formatu, vizualizacija (pastatas Nr. 3).

11.6. pav. Skydais apšiltinamo pastato modelio vizualizacija (pastatas Nr. 3)



Formuojant išorinio šiltinimo sluoksnio sudalinimą į skydus laikomasi šių apribojimų:

- atskiriems aukštams (išskyrus laiptines) formuojami atskiri skydai;
- atskiri skydai formuojami laiptinės zonai;
- priimama, kad lodžijos transformuojamos į nešildomas apšiltintas patalpas; konsolinė balkonų konstrukcija keičiama į pristatomų balkonų konstrukciją;
- tarp skydų formuojamas 100-160 mm technologinis tarpas tvirtinimui;
- maksimalūs skydo gabaritai – iki 3x7 m.

Prieduose pateikiamas sienų ir stogo apšiltinimo skydų išdėstymas pilotinio projekto Nr. 3 fasaduose, stogo plane bei sienos ir stogų apšiltinimo skydų specifikacija (brėžiniai: PIL-3-B.01, PIL-3-B.02, PIL-3-B.03, PIL-3-B.04, PIL-3-B.05), kurią sudaro 116 tipų sienos skydai bei 58 tipų stogo skydai.

Dinaminis pastato energijos sąnaudų modeliavimas prieš ir po renovacijos

Pastato energijos sąnaudų modeliavimas atliekamas programa IDA-ICE. Programos aplinkoje sukuriamas pastato modelis, kuriam atliekamas dinaminis modeliavimas ir nustatomi šie rodikliai - metinės ir kasmėnesinės **energijos sąnaudos pastatui šildyti** (kai šildymo sezonas pradedamas esant vidutinei paros temperatūrai +10°C);

Būklės **prieš renovaciją** modeliavimui priimamos šios sąlygos:

- **sienų** šilumos perdavimo koeficientas – 0,85 W/(m²·K), 350 mm storio;

- **stogo** šilumos perdavimo koeficientas – $0,79 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 400 mm storio;
- **langai** – plastikiniai, vienkameriniu stiklo paketu su selektyvine danga, šilumos perdavimo koeficientas – $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, visuminės saulės praleisties koeficientas – 0,75; išorinio angokraščio plotis – 150 mm;
- **nešildomas rūsys, rūšio/I a. perdangos konstrukcijos** šilumos perdavimo koeficientas – $0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 250 mm storio;
- **durys** – viengubos, į nešildomą tambūrą; šilumos perdavimo koeficientas – $2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- vidutinės **ilginių šiluminių tiltelių** vertės – $0,11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;
- pastato **sandarumo** rodiklis – $n_{50,N} = 2,0 \text{ 1/h}$ (ši prielaida priimama vertinant C energinio naudingumo klasės reikalavimus, nes priimamas langų sprendinys atitinka C klasės sprendinius, o pastato sandarumo rodiklis yra tiesiogiai susijęs su langų sprendiniais);
- fasadas su pagrindinėmis įėjimo durimis orientuojamas į **rytus**;
- vidutinė patalpų temperatūra – **+20°C** laiptinių – **+16°C**, vertinant, kad šildymo sezonas tęsiasi nuo sausio iki balandžio mėn. ir nuo spalio iki gruodžio mėn.;
- vėdinimas – **natūralus**, oro apykaita $0,1944 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ($0,7 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$);
- klimatinės sąlygos – **Kauno** miesto;
- vidiniai **šilumos pritekėjimai** vertinami kaip pastovūs visus metus ir skaičiuojami priimant šias prielaidas: žmogui skiriamas plotas²² – 60 m^2 ; nuolatiniai šilumos pritekėjimai nuo apšvietimo ir įrenginių sudaro $2.06 \text{ W}/\text{m}^2$ (prielaida išskaičiuota²²: $20000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{metai}) \times 0.9$ (elektros energijos dalis sunaudojama šildomose patalpose) = $18000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{metai})/365 \text{ d.}/24 \text{ h}$).

11.7. paveiksle pateikiama pastato modelio vizualizacija IDA-ICE programinio paketo aplinkoje, modelyje nerodomi pastato IV aukštas, nes jis yra analogiškas pastato III aukštui ir modeliavimas yra vykdomas multiplikuojant III aukšto rezultatus.

11.7. pav. Pastato modelio vizualizacija dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo programos aplinkoje prieš renovaciją (pastatas Nr. 3)



11.11. lentelėje pateikiami pilotinio projekto (pastatas Nr. 3) detalūs energijos sąnaudų modeliavimo rezultatai prieš renovaciją („-“, ženklas rodo šilumos nuostolius, skaičiai be ženklo rodo šilumos pritekėjimus arba šilumos tiekimą). Suminiai energijos poreikiai pastatui šildyti per metus sudaro **452 MWh**, šis rezultatas gaunamas priimant tik vieną didesnę energijos sąnaudų dedamąją tarp natūralaus vėdinimo ir infiltracijos.

11.11. lentelė. Pilotinio projekto (pastatas Nr. 3) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – pastato energetinis balansas, kWh

Mėnuo	Išorinės atitvaros ir ilginiai šiluminiai tilteliai	Vidinės atitvaros ir terminė masė	Langai ir saulė	Natūralus vėdinimas	Žmonės	Įranga ir apšvietimas	Šildymo prietaisai
1	-65865,7	179,4	-15145,5	-13512,7	2306,2	4076,3	87962
2	-61500,6	55,2	-11456,7	-12851,2	2154	3813,2	79786,1
3	-53117,8	-242	-2636,5	-11210,5	2320,2	4076,3	60810,3
4	-34065,3	-548,2	7420,6	-7243,4	2291,2	3944,7	28200,4
10	-36133	-1306	-1820,9	-7262,8	2403	4076,3	40043,4
11	-51185,2	285	-10775,2	-10330,8	2269,6	3944,7	65791,9
12	-65993,9	345,2	-16205,7	-13661,4	2307,1	4076,3	89132,4
Viso:	-367861,5	-1231,4	-50619,9	-76072,8	16051,3	28007,8	451726,5

Pagal atliktą dinaminio energinio vertinimo analizę nustatyta, kad nerenovuotame pastate 84% šilumos nuostolių susidaro per atitvaras, o likusi dalis – dėl infiltracijos ir natūralaus vėdinimo.

11.12. ir 11.13. lentelėse pateikiamas šilumos nuostolių pasiskirstymas šildymo sezono metu per išorines pastato atitvaras absoliutine ir procentine išraiška, kuriuo remiantis nustatyta, kad šildymo sezono metu nagrinėjamame nerenovuotame pastate 41% šilumos nuostolių susidaro per sienas, atitinkamai: 15% - per stogą, 1% - per grindis (į nešildomą rūšį), 22,5% - per langus, 0,5% - per duris ir 20% - per ilginius šiluminius tiltelius.

11.12. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 3) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – šilumos nuostolių per skirtingas atitvaras pasiskirstymas absoliutine išraiška, kWh

Mėnuo	Sienos	Stogas	Grindys	Langai	Durys	Ilginiai šiluminiai tilteliai
1	-35284,4	-13081,4	-244,6	-18539,6	-372,6	-16885,1
2	-32483,5	-11923	-991,5	-17537,8	-347,1	-15757,1
3	-27457	-10025	-1453,8	-15887,7	-289,5	-13891,4
4	-17422,7	-5669,1	-1884,4	-10962,4	-180,8	-8910,4
10	-18685,7	-7240,3	-252,2	-11038,7	-203,2	-9753,1
11	-26997,4	-10261	-313,7	-14622,1	-291,6	-13323
12	-35116,1	-13087,9	-336,5	-18734,9	-385,3	-17069,1
Viso:	-193446,8	-71287,7	-5476,7	-107323,2	-2070,1	-95589,2

11.13. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr. 3) prieš renovaciją energinio modeliavimo rezultatai – šilumos nuostolių per skirtingas atitvaras pasiskirstymas procentine išraiška, kWh

Mėnuo	Sienos	Stogas	Grindys	Langai	Durys	Ilginiai šiluminiai tilteliai
1	42	15	0	22	0	20
2	41	15	1	22	0	20
3	40	15	2	23	0	20
4	39	13	4	24	0	20
10	40	15	1	23	0	21
11	41	16	0	22	0	20
12	41	15	0	22	0	20

Būklės **po renovacijos** modeliavimui priimamos sąlygos, atitinkančios A energinio naudingumo klasės rodiklius⁷¹:

- **sienų** šilumos perdavimo koeficientas – $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **stogo** šilumos perdavimo koeficientas – $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **langai** – šilumos perdavimo koeficientas – $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, visuminės saulės praleisties koeficientas – $0,67$; išorinio angokraščio plotis 180 mm ;
- **nešildomas rūsys, rūšio/I a. perdangos konstrukcijos** šilumos perdavimo koeficientas – $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **durys** – viengubos, į nešildomą tambūrą; šilumos perdavimo koeficientas – $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- pastato sandarumo rodiklis – $n_{50,N} = 1,0 \text{ l/h}$;
- ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientų vertės: tarp pastato pamatų ir išorinių sienų – $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; aplink langų angas sienose – $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; aplink išorinių įėjimo durų angas sienose – $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; tarp pastato sienų ir stogo – $0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; fasadų išoriniuose ir vidiniuose kampuose – $0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; balkonų grindų susikirtimo vietose su išorinėmis sienomis – $0,01 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- **kitos sąlygos** išlaikomos analogiškomis modeliavimui prieš renovaciją.

Šio pastato lodžijos išorinė atitvara apšiltinama skydu su langais, kurių šilumos laidumo koeficientas atitinka A energinio naudingumo klasės išorinės sienos ir lango šilumos perdavimo koeficientus, taip suformuojant nešildomą apšiltintą patalpą, o siena tarp nešildomos apšiltintos patalpos bei langai paliekami tokios pačios konstrukcijos kaip prieš renovaciją (11.8 pav.).

11.8. pav. Pastato modelio vizualizacija dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo programos aplinkoje po renovacijos (pastatas Nr. 3)



11.14. lentelėje pateikiami pilotinio projekto (pastatas Nr. 3) detalūs energijos sąnaudų modeliavimo rezultatai, kai pastato atitvaros atitinka A energinio naudingumo klasės reikalavimus („-“, ženklas rodo šilumos nuostolius, skaičiai be ženklo rodo šilumos pritekėjimus arba šilumos tiekimą). Suminiai energijos poreikiai pastatui šildyti per metus, kai pastato atitvaros atitinka **A energinio naudingumo klasės** reikalavimus, sudaro **177 MWh**, šis rezultatas gaunamas priimant tik vieną didesnę energijos sąnaudų dedamąją tarp natūralaus vėdinimo ir infiltracijos.

⁷¹ STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

11.14. lentelė. Pilotinio projekto modelio (pastatas Nr.3) energinio modeliavimo rezultatai, kai pastato atitvaros atitinka A energinio naudingumo klasės reikalavimus – pastato energetinis balansas, kWh

Mėnuo	Išorinės atitvaros ir ilginiai šiluminiai tilteliai	Vidinės atitvaros ir terminė masė	Langai & saulė	Natūralus vėdinimas	Žmonės	Įranga ir apšvietimas	Šildymo prietaisai
1	-23472,1	298,3	-7179,2	-13800,4	2310,1	4076,3	37767
2	-22212,3	-10	-4097	-13145	2157,1	3813,2	33494
3	-20327	-209,6	3591	-11477,7	2323,6	4076,3	22023,4
4	-15198,4	-1720,6	10815,9	-7854,4	2294,5	3944,7	7718,3
10	-13131,6	842	2330	-7587,7	2406,9	4076,3	11064,1
11	-17979	254,1	-4604,7	-10525	2272,4	3944,7	26637,5
12	-23145,1	268,2	-8146,4	-13977,6	2310,9	4076,3	38613,7
Viso:	-135465,5	-277,6	-7290,4	-78367,8	16075,5	28007,8	177318

Pagal atliktą dinaminį energinį vertinimą nustatyta, kad pastato energijos poreikiai šildymui apšiltinus pastatą iki A energinio naudingumo klasės verčių **sumažėja 61%**, tačiau šis skaičius gali būti tikslinamas įvertinus realias nerenovuoto pastato energijos sąnaudas.

12. Priedai

Pridedamų modelių ir brėžinių žiniaraštis:

Pilotinio projekto Nr. 1 modelis

PIL-1-B.01: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ IŠDĖSTYMAS PILOTINIO PROJEKTO NR. 1 FASADE 1-16 M 1:100; SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ IŠDĖSTYMAS PILOTINIO PROJEKTO NR. 1 FASADE 16-1 M 1:100

PIL-1-B.02: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ IŠDĖSTYMAS PILOTINIO PROJEKTO NR. 1 FASADE A-C IR C-A M 1:100; SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA M 1:100

PIL-1-B.03: STOGO PLANAS M 1:100; STOGO SKYDUS LAIKANČIŲ SANTVARŲ IŠDĖSTYMO PLANAS M 1:100

PIL-1-B.04: PJŪVIS 1-1 M 1:100; PJŪVIS 2-2 M 1:100; STOGO APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA M 1:100

Dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo ataskaita PIL-1 prieš renovaciją

Dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo ataskaita PIL-1 po renovacijos A klasė

Pilotinio projekto Nr. 2 modelis

PIL-2-B.01: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ IŠDĖSTYMAS PILOTINIO PROJEKTO NR. 2 FASADUOSE 1-12, 12-1, A-E, E-A M 1:100

PIL-2-B.02: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA M 1:100

PIL-2-B.03: STOGO PLANAS M 1:100; STOGO SKYDUS LAIKANČIŲ SANTVARŲ IŠDĖSTYMO PLANAS M 1:100; STOGO APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA M 1:100

Dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo ataskaita PIL-2 prieš renovaciją

Dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo ataskaita PIL-2 po renovacijos A klasė

Pilotinio projekto Nr. 3 modelis

PIL-3-B.01: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ IŠDĖSTYMAS PILOTINIO PROJEKTO NR. 3 FASADUOSE 1-22, 22-1 M 1:100

PIL-3-B.02: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ IŠDĖSTYMAS PILOTINIO PROJEKTO NR. 3 FASADUOSE A-K, K-A M 1:100; SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA (1/3) M 1:100

PIL-3-B.03: STOGO SKYDUS LAIKANČIŲ SANTVARŲ IŠDĖSTYMO PLANAS M 1:100; STOGO PLANAS M 1:100

PIL-3-B.04: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA (2/3) M 1:100

PIL-3-B.05: SIENŲ APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA (3/3) M 1:100; STOGO APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA (1/2) M 1:100

PIL-3-B.06: STOGO APŠILTINIMO SKYDŲ EKSPLIKACIJA (2/2) M 1:100

Dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo ataskaita PIL-3 prieš renovaciją

Dinaminio energijos sąnaudų modeliavimo ataskaita PIL-3 po renovacijos A klasė



Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
The Netherlands

T +31 (0) 10 3414 592

www.trinomics.eu

KvK n°: 56028016
VAT n°: NL8519.48.662.B01