



VILNIAUS GEDIMINO TECHNINIS UNIVERSITETAS
STATYBOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Simona Repeikaitė

PASYVIEJI NAMAI IR JŲ STATYBOS LIETUVOJE TIKSLINGUMAS
PASSIVE HOUSE AND THEIR CONSTRUCTION FEASIBILITY IN LITHUANIA
Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2010

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Simona Repeikaitė

PASYVIEJI NAMAI IR JŲ STATYBOS LIETUVOJE TIKSLINGUMAS
PASSIVE HOUSE AND THEIR CONSTRUCTION FEASIBILITY IN LITHUANIA

Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas dr. Česlovas Ignatavičius

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas L. Rutkienė

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2010

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos inžinerijos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-....-....

Statybos valdymo studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Pasyvieji namai ir jų statybos Lietuvoje tikslingumas**

Autorius **Simona Repeikaitė**

Vadovas

dr. **Česlovas Ignatavičius**

Kalba

X

lietuvių

užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjami užsienio pasyviųjų namų statybai siūlomi konstrukciniai sprendimai su rekomenduojamomis šilumos perdavimo koeficiento reikšmėmis. Detaliai išnagrinėti Lietuvoje numatytų statyti ir pastatytų pasyviųjų namų projektai, t.y. atitvarų konstrukcijos, šilumos perdavimo koeficiento reikšmės, ekonominiai, technologiniai parametrai. Pagal STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“ suskaičiuoti šilumos nuostoliai šilumui ir vėdinimui ir pateikti pasiūlymai pasyviojo namo standarto įgyvendinimui Lietuvoje. Išnagrinėtas pastato atitvarų ir pastato naudingojo ploto santykis, kuris daro reikšmingą įtaką šilumos nuostoliams per atitvarą. Remiantis sprendimų paramos sistemomis statyboje atliktas alternatyvų vertinimas (dviejų suprojektuotų pasyviųjų namų pagal Lietuvos geografinę padėtį ir jų geometriniais parametrais pritaikomi Vokiečių siūlomi sprendiniai) taikant TOPSIS metodą. Alternatyvų rodiklių reikšmingumai nustatomi atlikus ekspertinę anketinę apklausą. Išrinktas geriausias variantas.

Darbą sudaro šešios dalys: įvadas, analitinė dalis, eksperimentinė - tiriamoji dalis, optimalios alternatyvo parinkimas, išvados ir siūlymai, naudotos literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 69 p. teksto be priedų, 13 iliustr., 38 lent., 56 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: efektyvus energijos vartojimas, pasyvieji namai, šilumos nuostoliai, subalansuota statybos technologija, TOPSIS metodas, vėdinimas

Vilnius Gediminas Technical University
Civil Engineering faculty
Construction Technology and Management department

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Construction management study programme master thesis.

Title: Passive house and their construction feasibility in Lithuania

Author **Simona Repeikaitė** Academic supervisor Dr. **Česlovas Ignatavičius**

Language
 Lithuanian
 Foreign

Annotation

The final master thesis deals with the construction solutions including recommended heat transfer quotients, proposed for passive houses in foreign countries. The building projects, i.e. the parameters, of already constructed as well as planned passive houses in Lithuania have been analysed in detail. According to building technical regulations STR 2.01.09:2005 “Energetical efficiency of buildings. Certification of energetical efficiency” heat losses for heating and ventilation have been measured and the proposal of the passive house standard to be implemented in Lithuania has been made. The ratio of the seals and the building’s useful area, which has a significant influence on heat losses through the seal, has been analysed. On the basis on building solutions’ support systems, alternatives have been evaluated using a TOPSIS method (of two already designed passive houses adapted to the geographical location of Lithuania and solutions proposed by the Germans, according to their geometrical parameters). Significance of indicators of alternatives has been identified by means of an expert opinion poll. The best variant has been selected.

The thesis contains six parts: introduction, analytical part, experiment–research, selection of an optimal alternative, conclusions and proposals, list of sources.

The thesis consists of 69 pages without appendixes, 13 images, 38 tables, 56 bibliographical entries.

Appendixes are attached separately.

Keywords: effective energy use, passive house, heat losses, balanced construction technology, TOPSIS method, ventilation

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA**

TECHNOLOGIJOS mokslo sritis
STATYBOS INŽINERIJOS mokslo kryptis
STATYBOS INŽINERIJOS studijų kryptis
STATYBOS VALDYMO studijų programa, valstybinis kodas 62402T110
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

E.K.Zavadskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.
Vilnius

Studentui (ei)

SIMONAI REPEIKAITEI

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: . PASYVIEJI NAMAI IR JŲ STATYBOS LIETUVOJE TIKSLINGUMAS

patvirtinta 2009 m. gruodžio 04 d. dekanų potvarkiu Nr. 449 st

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2010 m. birželio 03 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Atlikti Lietuvoje ir kitose šalyse atliktų mokslinių tiriamųjų darbų, susijusių su pasyviaisiais namais, analizę.

Išanalizuoti suprojektuotus ir pastatytus pasyviuosius namus, jų architektūrinius sprendinius, konstrukcines sistemas, pamatus, sienas, stogus, langus, duris bei kitus konstrukcinius elementus, jiems vartojamas medžiagas, technologinius ir ekonominius parametrus, šildymo ir vėdinimo sistemas, geografinės padėties įtaką, ekologiškumą, pateikti išvadas ir rekomendacijas pasyvių namų projektavimui ir statybai Lietuvoje.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

L. Rutkienė

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas



(Parašas)

. daktaras Česlovas Ignatavičius....

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)

Simona Repeikaitė

(Vardas, pavardė)

... 2009-12-04.....
(Data)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS	8
ĮVADAS	10
1. ANALITINĖ DALIS	10
1.1. Pasyviųjų namų architektūriniai sprendimai	11
1.2. Lietuvoje ir užsienyje pastatytų pasyviųjų namų architektūriniai sprendimai	13
1.3. Pasyviųjų namų pamatai ir rūšio grindys	16
1.4. Šilumos tilteliai	20
1.5. Pastato sandarumas	21
1.6. Pasyviųjų namų stogas	27
1.7 Alternatyva izoliacinėms medžiagoms	30
1.8 Pasyviesiems namams naudojami langai	32
1.9 Pasyviųjų namas ir ekologija	36
1.10 Vėdinimo sistema	37
2. EKSPERIMENTINĖ – TIRIAMOJI DALIS	40
2.1 Šilumos nuostolių per pastato aitvaras, kurios ribojasi su gruntu, skaičiavimai	40
2.2. Šilumos nuostolių per pastato sienas skaičiavimai	43
2.3. Šilumos nuostolių per pastato stogą skaičiavimai	45
2.4. Šilumos nuostoliai per skaidrias konstrukcijas	46
2.5. Šilumos nuostolių dėl išorinių įėjimo durų varstymo skaičiavimas	48
2.6. Energijos sąnaudos pastato vėdinimui skaičiavimas	49
2.7. Šilumos pritekėjimas iš išorės skaičiavimas	50
2.8. Vidinių šilumos išsiskyrimų skaičiavimas	52
2.9. Pastato suminių energijos sąnaudų skaičiavimas	53
2.10 Optimalios alternatyvos parinkimas	54
IŠVADOS	65
NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS	67
PRIEDAI	71

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1.1 pav. Analizuojami objektai [5]
- 1.1.2 pav. Pastato orientacijos pozicijos [5]
- 1.2.2 pav. Lenkijos pasyviojo namo šiaurinis ir pietinis fasadas
- 1.3.1 pav. Projekto „A“ perdangos ant grunto ir pamato apšiltinimo detalė
- 1.4.1 pav. Šilumos tilteliai [19]
- 1.4.2 pav. Šilumos tiltelių išvengimo schema [18]
- 1.5.1 pav. Pasyvaus namo sandarumo schema [18]
- 1.7.1 pav. Pasyviųjų namų konstrukcijų apšiltinimas su SPU AL izoliacine medžiaga [48]
- 1.7.2 pav. Konstrukcijos apšiltinimas izoliacinėmis medžiagomis, kurių reikalingas storis tenkina pasyvaus namo standartą
- 1.8.1 pav. Esamų pastatų šilumos nuostoliai per aitvaras [28]
- 1.8.2 pav. Langų stiklo paketų palyginimas [33]
- 1.10.1 pav. Vėdinimo sistemos schema [39]
- 2.9.1 pav. Šilumos nuostoliai be išorinių ir vidinių pritekėjimų.
- 2.10.2. pav. TOPSIS metodo skaičiavimo eigos aprašymas
- 2.10.1 pav. Alternatyvų šilumos nuostolių pasiskirstymas per stogą, langus ir perdangą ant grunto

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1.1 lentelė. Tiriamų pastatų geometrinės savybės [5]
- 1.3.1 lentelė. Orientacinės U vertės pasyviojo namo konstrukcijoms [11]
- 1.3.2 lentelė. Projekto „B“ cokolio mazgas ir techniniai parametrai
- 1.3.3 lentelė. Vokiečių siūloma grindų ant grunto įrengimo konstrukcija ir techniniai parametrai
- 1.5.1 lentelė. Projekto „A“ sienos detalė
- 1.5.2 lentelė. Projekto „B“ sienos detalė
- 1.5.3 lentelė. Vokiečių siūloma sienų detalės
- 1.5.4 lentelė. Šilumos izoliacinių medžiagų palyginamieji rodikliai
- 1.6.1 lentelė. Projekto „A“ stogo detalė
- 1.6.2 lentelė. Projekto „B“ stogo detalė
- 1.6.3 lentelė. Vokiečių siūloma stogo detalės konstrukcija
- 1.6.4 lentelė. Apželdinto stogo detalė
- 2.1.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per pastato aitvaras, kurios ribojasi su gruntu, skaičiuoti
- 2.1.2 lentelė. Šilumos nuostolių per pastato aitvaras, kurios ribojasi su gruntu, skaičiavimo rezultatai
- 2.2.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per pastato sienas apskaičiuoti
- 2.2.2 lentelė. Šilumos nuostolių per sienas skaičiavimo rezultatai
- 2.3.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per pastato stogą apskaičiuoti
- 2.3.2 lentelė. Šilumos nuostolių per pastato stogą skaičiavimo rezultatai
- 2.4.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per skaidrias konstrukcijas apskaičiuoti
- 2.4.2 lentelė. Šilumos nuostolių per pastato skaidrias konstrukcijas skaičiavimo rezultatai
- 2.5.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams dėl išorinių durų varstymo apskaičiuoti
- 2.5.2 lentelė. Šilumos nuostolių dėl išorinių durų varstymo skaičiavimo rezultatai
- 2.6.1 lentelė. Pradiniai duomenys energijos sąnaudoms pastato vėdinimui apskaičiuoti
- 2.6.2 lentelė. Energijos sąnaudos pastato vėdinimui skaičiavimo rezultatai
- 2.7.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos pritekėjimui iš išorės skaičiavimui
- 2.7.2 lentelė. Šilumos pritekėjimai iš išorės skaičiavimo rezultatai
- 2.8.1 lentelė. Pradiniai duomenys vidinių šilumos išskyrimų skaičiavimui
- 2.8.2 lentelė. Šilumos pritekėjimai iš išorės skaičiavimo rezultatai
- 2.9.1 lentelė. Pastatų, suminių energijos sąnaudų, skaičiavimo rezultatai
- 2.10.1 lentelė. Grindų ant grunto šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės
- 2.10.2 lentelė. Išorinių sienų šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės

2.10.3 lentelė. Stogo šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės

2.10.4 lentelė. Sprendimų matrica pagal grindų ant grunto šiltinimo sistemos rodiklius

2.10.5 lentelė. Sprendimų matrica pagal išorinių sienų šiltinimo sistemos rodiklius

2.10.6 lentelė. Sprendimų matrica pagal stogo šiltinimo sistemos rodiklius

2.10.7 lentelė. Atitvarų racionalumo reikšmės

2.10.8 lentelė. Sprendinių matrica pagal nagrinėjamas atitvaras

2.10.9 lentelė. Daugiatikslio uždavinio skaičiavimo rezultatai

IVADAS

Nuolat kylančios dujų ir naftos kainos nulėmė šiuolaikinių statybos naujovių atsiradimą ir poreikį. Taip pat statybos sektoriaus naujovėms darė įtaką klimato atšilimas, energijos išteklių mažėjimas, kuris susijęs su visa žmonija, nes efektyvesnis energijos vartojimas yra tiesiogiai ir ekonomiškai efektyviausias būdas sumažinti anglies dioksido, kuris turi įtakos klimato atšilimui išmetimą į aplinką. Dėl šių priežasčių ypač aktuali pasyviojo, t.y. tokio namo, kurio elektros energijos sąnaudos yra tik 15 kWh/m² per metus, standarto tema.

Šių namų pasaulyje yra apie dešimt tūkstančių, iš jų Vokietijoje – apie aštuonis tūkstančius. Lietuvoje pasyviųjų namų projektai yra paruošti tik du, vienbučiams gyvenamiesiems namams, vienas iš šių namų jau yra eksploatuojamas. Aplinkos ministerija siekia, kad pasyviojo namo idėja būtų pradėta įgyvendinti ir Lietuvoje, tam turėtų būti patobulinta įstatyminė bazė. Tokio pobūdžio pastatai turi atitikti ne tik dabartinius, bet ir ateities statybos reikalavimus, užtikrinti geresnes gyvenimo sąlygas ir pakelti gyvenviečių vertę.

Darbo tikslas: mokliškai išnagrinėti suprojektuotus, pastatytus Lietuvoje, bei kitose šalyse pasyviuosius namus.

Darbo uždaviniai: optimalaus Lietuvos pasyviojo namo parinkimas Lietuvoje vertinant du pasyvaus namo projektus Lietuvoje, bei jų geometriniams parametrams pritaikant vokiečių siūlomas konstrukcijų detales. Išnagrinėti jų konstrukcijas, techninius, technologinius, ekonominius, šiluminius parametrus. Išrinkti optimalų variantą, pateikti išvadas ir rekomendacijas dėl pasyviųjų namų statybos Lietuvoje. ,

Tyrimo metodai: remdamiesi sprendimų paramos sistemomis, atlikome ekspertinį rodiklių reikšmingumą vertinimą ekspertinių vertinimų metodu. Pasyvaus namo optimalus rezultatas gautas išsprendus daugiatakslį uždavinį pagal atskirus segmentus Topsis metodu.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. Pasyviųjų namų architektūriniai sprendimai

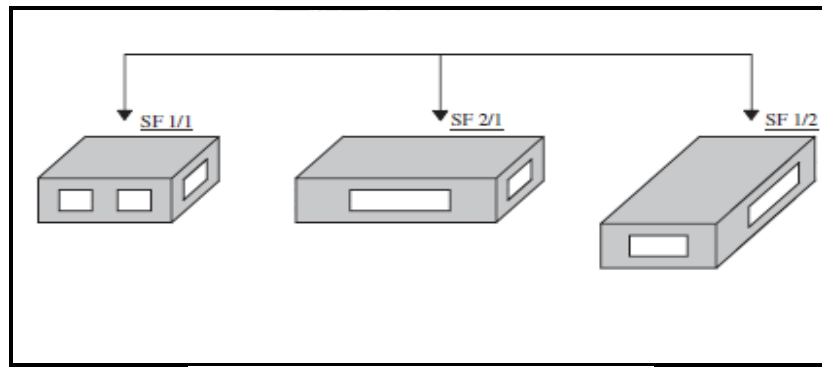
Architektūra yra pastatų projektavimo menas ir mokslas, kurio pagrindinis tikslas yra formuoti aplinkos erdvę, projektuoti statinius bei jų kompleksus. Architektūros objektas yra žmogaus gyvenamosios aplinkos planavimas ir organizavimas, pradedant miestų planavimu, landšafto architektūra ir baigiant interjero dizainu [1]. Architektūrinis projektavimas priklausomas nuo daugelio techninių, fizinių, teisinių, socialinių ir klimato faktorių, lemiančių galutinį projektą.

Projektuojant pasyvųjį namą jokių apribojimų kūrybai nėra. Tačiau pasyviojo namo sprendimai turi savų niuansų, į kuriuos reikėtų atsižvelgti ir įvertinti tokio namo specifiką. Tai yra gera šilumos izoliacija, išorinių konstrukcijų sandarumas, ypač turi būti sandarūs ir energetiškai efektyvūs langai, išorinės durys bei rekuperacinė vėdinimo sistema - visa tai ir sudaro pasyviojo namo projektavimo pagrindą. Netgi tinkama pastato orientacija pasaulio šalių atžvilgiu sukuria papildomą energijos kiekį, kuris yra naudojamas pastato šildymui. Rekomenduojama orientuoti namą taip, kad jo pagrindinis fasadas būtų atgręžtas į pietinę pusę, nes taip galima pasinaudoti saulės spindulių šiluma.

Pasyvusis namas gali būti bet kuris pastatas, nes jam tinka daugelis tradicinių konstrukcijų, nėra apribojimų namo formai ar apdailai. Tačiau yra rekomendacijų, didinančių tokių namų efektyvumą. Namų forma efektyviausia ta, kuri turi mažiausią išorės sienų plotą, tai gali būti kubas arba stačiakampis, svarbu, kad būtų kuo mažiau kampų [3]. Namų konstrukcija rekomenduojama medinio karkaso, taip sumažinamas sienų storis ir statybos kaina. Name gali būti židinytis, tačiau jis mažina namo sandarumą, todėl rekomenduojama įrengti dujinius ar kitokius bedūmius židinius [2].

Seniai jau yra žinoma, kad vienas iš faktorių, sąlygojančių pastato šilumos nuostolius – jo komponavimas vietovėje. Kuo daugiau pastatas veikiamas vėjo, tuo didesni jo šilumos nuostoliai. Aplink esantys medžiai ir želdiniai, greta esantys pastatai šiuos nuostolius žymiai sumažina. Taip pat svarbu įvertinti landšafto ypatumus, šlaitai žymiai geriau tinka statybai negu žemumos arba kalvos. Norint mažinti šilumos nuostolius reikia projektuoti paprastesnę pastato konfigūraciją, siekti, kad kompaktiškas pastatas kiek galima geriau įsikomponuotų į aplinką [3].

Norint sumažinti šilumos nuostolius yra svarbus pastato orientavimas pasaulio šalių atžvilgiu. Šia tema Turkijos „Firat“ universiteto darbuotojai buvo atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti trijų skirtingų pastatų geometrines savybes (žr. 1.1.1 pav.).



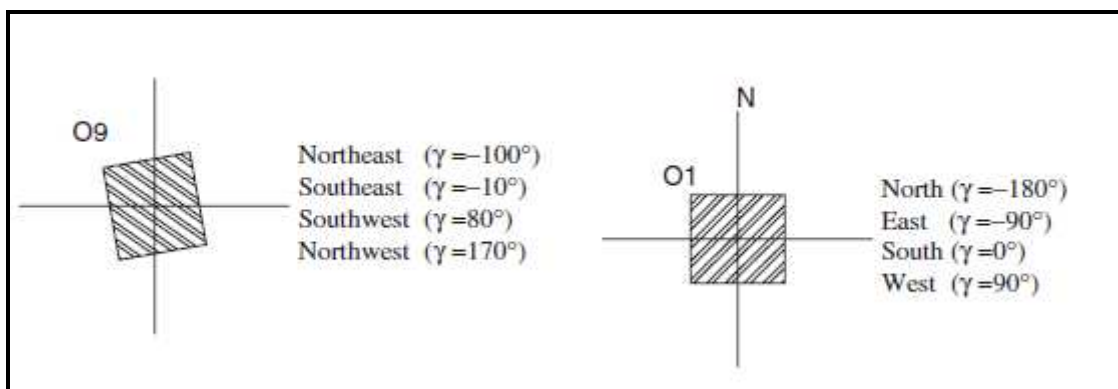
1.1.1 pav. Analizuojami objektai [5]

Pastatų geometrinės savybės pateikiamos 1.1 lentelėje.

1.1.1 lentelė. Tiriamų pastatų geometrinės savybės [5]

Formos koeficientas	Aukštis (m)	Ilgis (m)	Plotis (m)	Grindų plotas (m ²)	Išorinių sienos plotas (m ²)	Langu plotas (m ²)
1/1	3	11,0	11,0	121,0	105,6	26,4
2/1	3	7,8	7,8	121,7	112,3	28,0
1/2	3	15,6	15,6	121,7	112,3	28,0

Tyrimas buvo atliktas nagrinėjant šiuos tris pastatus, įvertinant orientaciją pasaulio šalių atžvilgiu, taip pat išorinių sienų konstrukcijas (su 5 cm izoliacija ir be izoliacijos) ir pateikiamas šilumos suvartojimas, lyginant įvairias alternatyvas su skirtingais rodikliais. Šis tyrimas buvo atliktas teoriškai ir nustatyta, kad optimali pastato forma yra kvadratas, kurio formos koeficientas SF 1/1, orientacija pasaulio šalių atžvilgiu yra O1, taip pat SF 1/2, orientacijos pozicija O9 (žr. 1.1.2 pav.).



1.1.2 pav. Pastato orientacijos pozicijos [5]

Norint, kad projektuojamas būstas kuo daugiau būtų apšildomas natūraliais aplinkos energijos šaltiniais ir kad šilumos nuostoliai būtų kuo mažesni, reikia priimti teisingus pirminius

sprendimus, t.y. įvertinti pastato geografinę padėtį, urbanizaciją ir orientaciją pasaulio šalių atžvilgiu.

1.2. Lietuvoje ir užsienyje pastatytų pasyviųjų namų architektūriniai sprendimai

Pirmąjį Lietuvoje pasyvųjį namą suprojektavo UAB „Veikmės projektai“. Projektas buvo įgyvendintas individualių namų gyvenvietėje prie Gulbino ežero, 9,93 arų ploto sklype. Šio namo vidaus patalpų komfortas yra didesnis nei įprastame name. Vienbutis gyvenamasis namas yra 2 aukštų be rūšio su garažu dviem automobiliams. Namų pirmame aukšte suplanuotos bendro naudojimo gyvenamosios patalpos: erdvi svetainė – gyvenamasis kambarys su valgomuoju ir virtuve, kuri atskirta nuo gyvenamosios zonos, atskiras darbo kambarys, kuris gali būti naudojamas kaip miegamasis su greta esančiu san. mazgu, holas su laiptine bei įėjimo tambūras, per kurį galima patekti į techninę patalpą - katilinę, o iš jos - ir į garažą [5].

Šiam lietuviškam pasyviajam namui energetinį sertifikavimą atlieka SPSC [statybos produkto sertifikavimo centras], ASI [KTU architektūros ir statybos institutas] ir ŠFL [KTU šiluminės fizikos laboratorija], natūrinius bandymus - ASI ŠFL. Statybos metu buvo sumontuoti specialūs prietaisai, kurie matuoja vidaus ir lauko temperatūrą, energijos sąnaudas namo šildymui, karšto vandens paruošimui ir kitoms reikmėms.

Namas yra stačiakampio formos, nesudėtinga pastato konfigūracija, nes stengiasi minimizuoti šilumos nuostolius per jungtis. Prie pietinio pastato fasado pastatyta lauko terasa, kuris vasaros metu yra kaip žaliuzės (žr. 1.2.1 pav.).



1.2.1 pav. Pirmasis pasyvus namas Lietuvoje [nuotrauka užfiksuota autorės]

Daugiausia langų yra suprojektuota pietinėje fasado pusėje, siekiant pasisavinti kuo daugiau saulės spindulių teikiamos šilumos. Pietinio fasado langai užima 32 % viso sienų ploto.

Šiaurinėje pusėje langai užima tik 8 % šiaurinio fasado ploto. Tokiu pat principu buvo projektuojamas pavyvusis namas ir Lenkijoje (žr. 1.2.2 pav.).



1.2.2 pav. Lenkijos pasyviojo namo šiaurinis ir pietinis fasadas

Šiame projekte taip pat pasirinkta nesudėtinga pastato konfiguracija, stengtasi išvengti įmantrios pastato formos, kad būtų galima gerai izoliuoti išorines atitvaras ir konstrukcijų jungtyse išvengti šilumos tiltelių. Šiauriniame fasade minimalus langų plotas lyginant su pietiniu fasadu.

Kitas lietuviškas pasyvusis namas prie Vilniaus, tiksliau, Naujosios Vilnios pakraštyje taip pat pastatytas (žr. 1.2.3 pav.). Jame yra visas kompleksas priemonių, taupančių šilumą. Šis namas turi tarptautinius sertifikatus, liudijančius apie pasyviajam namui būtiną kriterijų įgyvendinimą. Jį įgyvendinti padėjo UAB „Passivhouse“, padedant vokiečių Pasyviojo namo institutui. Naujosios Vilnios pakraštyje pastatytas namas yra 330 kv. m ploto, vieno aukšto su rūsiu ir mansarda, šlaitiniu stogu ir tūriniais langais. Stilius – baviškasis su fachverko elementais išorėje.



1.2.3 pav. Pasyvus namas Naujosios Vilnios pakraštyje [nuotrauka užfiksuota autorės]

Šiame projekte stengiamasi, kad visi langai būtų į pietų pusę, šiaurinėje pusėje nėra nė vieno lango, į rytus – du miegamųjų langai. Rūsio projektavimas pasyviajam namui nerekomenduojamas, tačiau šiame projekte sklypas buvo su pamatų duobe, kurią užpilti būtų buvę pernelyg sudėtinga ir brangu, todėl buvo nuspręsta pakloti ištisinę gelžbetoninę pamatų plokštę, kuri kartu yra ir rūsio grindys. Pagrindas apšiltintas, rūsyje įrengtos vandeniui šildomos grindys.

Pasyviųjų namų architektūrinių sprendimų laisvei apribojimų nėra, bet rekomenduojamos nesudėtingos formos. Medžiagų pasirinkimas taip pat neribojamas.

Projektuojant bet kurį pastatą svarbu ne tik parinkti pastato vietą konkrečiame sklype, bet ir išlaikyti aplinkos užstatymo vientisumą ir savitumą. Tačiau projektuojant pietinio fasado langų santykį su fasadu, reikia kartu įvertinti ir pastato perkaitinimą. O tai turi įtakos pastato vėsinimo išlaidoms, elektros energijos suvartojimas padidėja. Šia tema atlikti tyrimai rodo, kad mažiausios sąnaudos vėsinimui yra kvadratinės formos pastate, kurio sienos beveik nepriklauso nuo pastato orientacijos, o didžiausios energijos sąnaudos vėsinimui reikalingos stačiakampiui pastatui su orientuota mažąja siena į pietų pusę [6].

Vienas iš sprendimų, siekiant mažinti perteklinę energiją, juose reikia panaudoti visas įmanomas priemones. Viena tokių yra medžių, krūmokšnių ir vijoklinių augalų sodinimas prie pastatų. Jie gali sumažinti iki 95 % krintančią į pastatą saulės spinduliuotę ir iki 40–50 % – oro kondicionavimo sąnaudas. Kitas tinkamas būdas – tai vandens telkinių ir fontanų vandens lašelių panaudojimas saulės spinduliuotei sugerti. Šių priemonių, taikomų pastatuose, poveikis yra svarbus, kadangi indėlis mažinant energiją vėsinimui yra ženklus. Kuo pastato konstrukcija masyvesnė, tuo daugiau ji gali sugerti šilumos per dieną. Naktį vėsus išorės oras, pratekėdamas pro pastato vidų, vėsina šilumos mases ir suteikia joms galimybę kitą dieną vėl kaupti išorinę ar vidinę šilumą [6].

Energijos sąnaudos vėsinimui labai priklauso nuo pastato langų ir sienų plotų santykio. Visų nagrinėjamų pastatų langų ir sienų plotų santykiui sumažėjus nuo 90 % iki 30 % jų energija vėsinimui sumažėja apie 85 %. Tyrimo rezultatai rodo, kad langų šilumos perdavimo koeficientui mažėjant nuo 1,7 iki 0,7 (W/m^2K) ir esant suminiam saulės energijos praleisties koeficientui g, lygiam 0,53, energijos sąnaudos pastatų vėsinimui padidėja apie 24 % [6].

Taigi priimant sprendimus dėl pastato architektūrinės išvaizdos bei pastato sklypo vizualinio vaizdo, svarbu įvertinti ne tik eksterjero grožį, patrauklumą, bet ir apskaičiuoti langų santykį su fasado plotu, parinkti pastato orientaciją pasaulio šalių atžvilgiu, vengti kai kurių erdvių, kurios gali padidinti šilumos nuostolius, t.y. židinio, rūsio. Pasyvusis namas nuo tradicinio gyvenamojo namo architektūriniu atžvilgiu skirsis, nes bus masyvesnis bei varžomas langų ploto santykis su fasadu. Reikia nepamiršti, kad norminis sienos šilumos perdavimo koeficientas $U_{NS} = 0.20 W/(m^2 \cdot K)$, o langų $U_{NL} = 1.60, W/(m^2 \cdot K)$, tai reiškia, kad šilumos nuostoliai per

langus 8 kartus yra didesni, lyginant su siena. Tad projektuodami pasyviojo namo architektūrinę dalį architektai turėtų gauti iš inžinierių pagrindines gaires, išeties duomenis, bei pagrindinius sprendimus, kurie turi įtakos pastato ekonomiškumui, bei didina elektros energijos suvartojimą ir palaiko normalias higienines sąlygas gyvenimui.

1.3. Pasyviųjų namų pamatai ir rūšio grindys

Pamatai yra viena iš svarbiausių pastato konstrukcinių elementų. Juos svarbu įrengti teisingai tiek technologiniu, tiek energetiniu požiūriu. Visiškai nėra svarbu, ar tai pasyvusis namas, ar tradicinis mažaaukštės statybos gyvenamasis namas. Įrengiant pamatus, technologinės klaidos gali sugadinti termoizoliacinės medžiagos techninius parametrus, blogai sukonstruoti pamato su išorine siena mazgai, gali būti puiki terpė šilumos pratekėjimui, atsiras šilumos tilteliai. Higienos ir sveikatos požiūriu svarbu teisingai įrengti termoizoliacinį sluoksnį, nes jei santykinis oro drėgnis sieks 80 %, tuomet pradeda veistis pelėsinis grybas, kuris yra pavojingas žmogaus sveikatai, o vanduo yra 24 kartus didesnis šilumos laidininkas negu oras. Ekonominiu atžvilgiu netinkamai įrengtų pamatų ir kitų su gruntu besiliečiančių paviršių termoizoliacinį sluoksnį ištaisyti brangu, todėl būtina iš karto naudoti tinkamas izoliacines medžiagas ir technologinius darbus atlikti pagal griežtai apibrėžtas taisykles [8].

Pamatų, cokolių ir kitų su gruntu besiliečiančių paviršių šiltinimas labai skiriasi nuo sienų, stogų ir grindų šiltinimo. Skaičiuojant šilumos perdavimo koeficientą tenka įvertinti šilumos nuostolius ne tik per pačią grindų konstrukciją, bet ir per gruntą. Didžiausi šilumos nuostoliai per grindis yra arčiausiai pamato [9].

Lenkijoje esančio pasyvaus namo projektavimo sprendiniai užtruko pusė metų siekiant įgyvendinti pasyviojo namo technologiją, panaudojant jų rinkoje esančias medžiagas. Jų sprendimų tikslas buvo pastatyti geros kokybės namą už prieinamą kainą (žr. 1.2.3 pav.) [10].

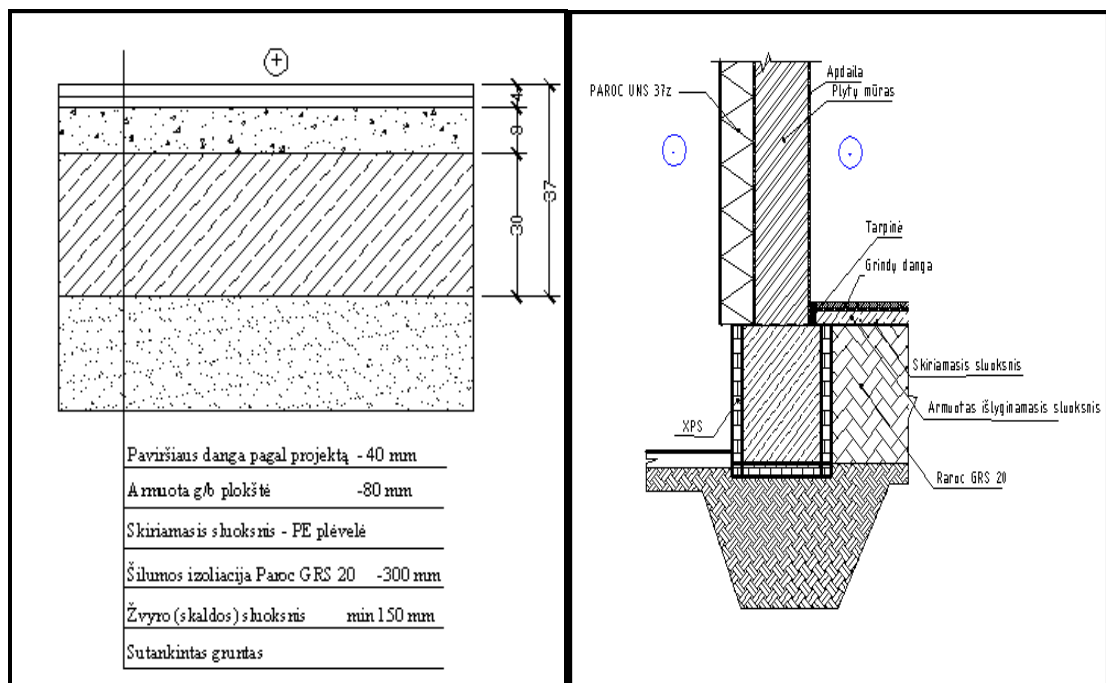
Centrinės Europos klimato sąlygoms yra nustatytos standartinės gairės pasyvaus namo konstrukcijoms (žr. 1.3.1 lentelę).

1.3.1 lentelė. Orientacinės U vertės pasyviojo namo konstrukcijoms [11]

Konstrukcijos	U vertė (W/m ² K)
Perdanga ant grunto	0.15
Išorinė siena sąlytyje su gruntu	0.12 iki <1m nuo žemės paviršiaus, 0.16 > 1m
Išorinė siena	0.12
Vidinė siena	-
Rūsio perdanga	0.15
Perdanga tarp aukštų	-
Stogas	0.10

1.3.1 lentelėje matome, kad norint pasiekti pasyviojo namo standartą, šilumos perdavimo koeficientas neturi viršyti $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tačiau norėdami įgyvendinti pasyviojo namo standartą Lenkijoje, Wroclawo apylinkės klimato sąlygomis, išorinių konstrukcijų šilumos perdavimo koeficientas turi būti $0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tadėl norint gauti tokį šilumos perdavimo koeficientą, Lenkijos projektavimo įmonė „Lipinscy Domy Design“ naudojo aukštos kokybės izoliacinę medžiagą - pilkąjį polistirolo putplastį, kurios storis siekė 30-44 (cm). Visos namo konstrukcijos apšiltintos vengiant izoliacinės medžiagos sandūrų, dėl izoliacinės medžiaga nepraranda gerųjų savo savybių [10].

Vertindami pasyviojo namo statybos technologijas, svarbu ne tik visą pastatą užsandarinti kokybiškomis izoliacinėmis medžiagomis, bet ir racionaliai bei technologiškai teisingai išspręsti inžinerinius klausimus. UAB „Veikmės projektų“ suprojektuoto pasyviojo namo (toliau šiame darbe - projektas „A“), grindis ant grunto (žr. 1.3.1 pav.), apšiltino Paroc GRS 20, izoliacinę medžiagą, kuri naudojama išorinėms rūšio sienoms, pamatams ir užliejamoms betoninėms grindims apšiltinti, o šilumos laidumo koeficiento deklaruojamoji vertė - $\lambda_D = 0,037 \text{ W/mK}$ [6]. Šios konstrukcijos šilumos laidumo koeficientas buvo pasiektas $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$, jis yra geresnis, lyginant su rekomenduojamu grindų šiltinimu ant grunto pasyviems namams (žr. 1.3.1 lentelę). Šis namas pastatytas ant polinių pamatų, pamatinė sija apšiltinta iš išorės 150 mm storio XPS - izoliacinę medžiaga, kuris naudojama pamatų šiltinimui, atspari drėgmei.



1.3.1 pav. Projekto „A“ perdangos ant grunto ir pamato apšiltinimo detalė

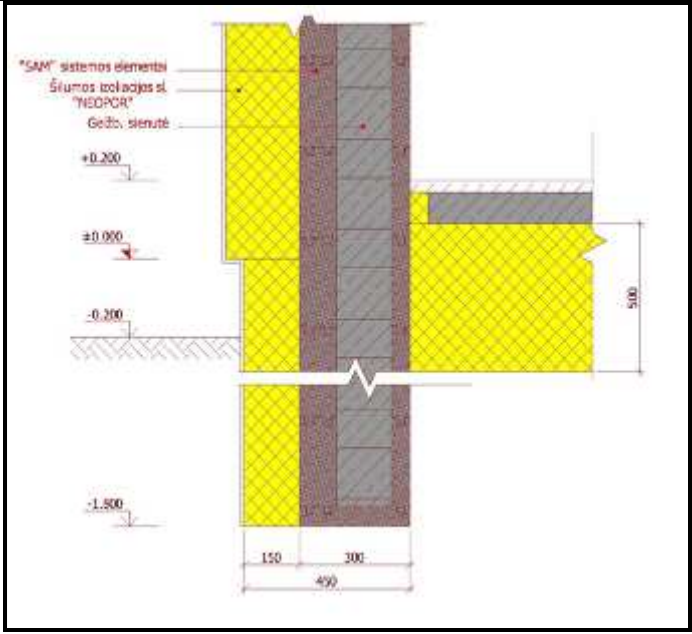
Santykinai perdanga ant grunto yra apšiltinta teisingai, jei vertintumėm tik šilumos perdavimo koeficiento reikšmę bei pamatinės sijos su siena sandūrą, nes U vertė pasiekta tokia, kokios reikalauja pasyviojo namo standartas, t.y. $<0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sijos su siena sandūra įrengta

teisingai, reikšminio šilumos tiltelio neturėtų būti. Tačiau vietoj polietileno plėvelės geriau naudoti krepuotą popierių, kad neprasiskverbtų betonas į izoliacinę medžiagą ir nesusidarytų kondensatas [11].

Pamatams apšiltinti gali būti naudojama ne tik ekstruzinis polistirenas (XPS), bet ir polistireno putplastis (EPS), kuris Suomijoje ir kitose skandinavijos šalyse sudaro apie 80 % visų termoizoliacinių medžiagų, skirtų izoliuoti pastato dalims, besiliečiančioms su žeme. Suomijos valstybinis mokslinis tyrimo institutas (VTT), ištyręs 15-20 m su gruntu tiesiogiai besiliečiančias pamatams izoliuoti naudotas plokštes, ir nustatė tik 0,5 %-2 % faktinį vandens įmirkį. Toks mažas vandens įmirkis tik labai mažai pablogina EPS termoizoliacinės medžiagos savybes. Nurodyta, kad 1% vandens įmirkis pablogina 3,0 %-3,3 % termoizoliacines polistireno putplasčio savybes, taigi esant maksimaliam 2 % įmirkiui, EPS šiluminės savybės pablogėja tik 6,6 %. Suomijoje populiariausios ir dažniausiai gyvenamiesiems namams statyti naudojamos pamatų EPS120 plokštės. Šių plokščių tankis yra apie 21-22 kg/m³, gniuždymo stipris, esant 10 % deformacijų, yra ne mažesnis kaip 120 kPa (nustatoma pagal EN 826), o ilgalaikis vandens įmirkis, panardinus vandenyje, neviršija 2 % (nustatoma pagal EN 12087).

UAB „Kauno šilas“ pasyvųjį namą (toliau šiame darbe - projektas „B“) Rokų kaime, Kauno r. savivaldybėje, suprojektavo pagal naujausius Vokietijos Pasyviojo namo instituto reikalavimus ir rekomendacijas naudojant PHPP 2007 [pasyviojo namo projektavimo paketas 2007]. Grindų apšiltinimui jie panaudojo ne akmens vatą, o pilkąjį polistireninį putplastį neoporą, kurio šilumos laidumo koeficiento deklaruojamoji vertė - $\lambda_D = 0,032 \text{ W/mK}$ (žr. 1.3.2 lentelę) [14].

1.3.2 lentelė. Projekto „B“ cokolio mazgas ir techniniai parametrai

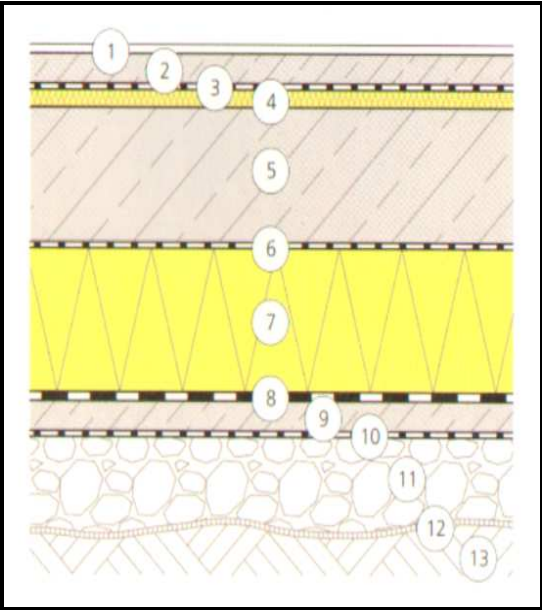
Cokolio mazgas	Sandara
	<p>Paviršiaus danga (30 mm) Armuotas g/b sluoksnis (80 mm) Neoporas (500 mm) Skaldos sluoksnis (500 m) $U = 0,062 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

Lyginant „B“ projektą su „A“, grindų konstrukcijos perdavimo koeficientas yra 0,038 (W/m²K) mažesnis ir 0,088 (W/m²K) mažesnis negu reikalauja pasyviojo namo standartas (žr. 1.3.1 ir 1.3.2 lenteles).

Projektas „B“ yra apšiltintas šiuo metu geriausias technines savybes turinčia izoliacine medžiaga – neoporu. Tai pilkšvasis polisterininis putplastis, patobulinta tradicinio baltojo polistireninio putplasčio atmaina. Geresnį izoliacinį poveikį dėl nedidelių tankių srityje laiduoja į medžiagą įterpti infraraudonieji absorbikliai ir reflektoriai. Šie priedai taip pat lemia pilkšvą šio polistireninio putplasčio spalvą, kurie atspindi spinduliuojančių šaltinių skleidžiamą karštį. Šie infraraudonieji absorbikliai ir reflektoriai yra mažesni šilumos laidininkai, tad norint gauti tam tikrą varžą galima sutaupyti 20 %-25 % izoliacinės medžiagos naudojant neoporą, negu tradicines termoizoliacines medžiagas [14]. Tai sumažina konstrukcijos storį, be to kuo geresnė izoliacija, tuo efektyvesnis bus rezultatas.

Vakarų valstybės, kuriose pasyviųjų namų standartas jau taikomas 15 metų, šlapių grindų konstrukcijoms ant grunto siūlo kelias alternatyvas. Viena iš jų pateikta 1.3.3 lentelėje.

1.3.3 lentelė. Vokiečių siūloma grindų ant grunto įrengimo konstrukcija ir techniniai parametrai

Grindų ant grunto pjūvis	Sandara
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grindų paviršiaus danga 2. Rišamoji medžiaga (50 mm) 3. Krepuotas popierius 4. Garso izoliacija (30 mm) 5. Gelžbetoninė plokštė (200 mm) 6. PE skiriamasis sluoksnis 7. EPS 100 (240 mm) 8. Polimerinė ritininė hidroizoliacija 9. Armuotas cemento smėlio sluoksnis (50 mm) 10. Krepuotas popierius 11. Sklados drenuojantis sluoksnis (>150 mm) 12. Geotekstilė 13. Gruntas <p style="text-align: right;">U- 0,15 W/m²K</p>

Vakarų valstybės izoliacinės medžiagos ilgaamžiškumui išlaikyti siūlo iš viršaus izoliuoti polietileno plėvele (PE), o iš apačios polimerine ritinine hidroizoliacija. Tokiu būdu ji būtų

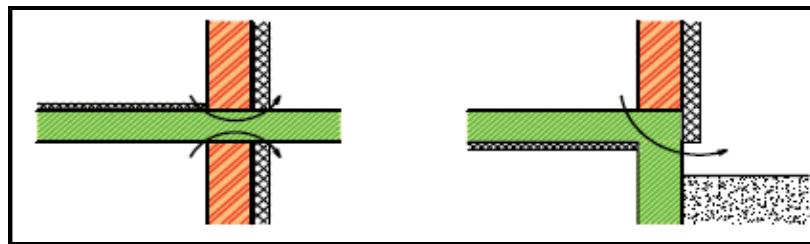
apsaugoma nuo teršalų, gruntinės drėgmės, garo srautų, cemento skiedinio. Šios konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas yra $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, panaudojant tik 24 cm izoliacinės medžiagos. Tačiau vietoj politieleno plėvelės geriau naudoti kapruotą popierių, nes jis praleidžia drėgmę ir apsaugo nuo teršalų, dėl šios priežasties jis turėtų atsirasti 1.3.3 lentelės parodytame pjūvyje 6 pozicijoje.

Visuose nagrinėjamuose variantuose yra naudojamos skirtingos izoliacinės medžiagos, jų storiai, tačiau visais atvejais atitinka pasyviojo namo standarto reikalavimus. Šiuo atveju yra svarbu ekonominis atsiperkamumas, t.y. kiek šilumos sutaupome naudodami, 500 mm ar 300 mm izoliacinę medžiagą grindų apšiltinimui ir ar tai yra efektyvu.

1.4. Šilumos tilteliai

Projektuojant pasyvųjį namą svarbu, kad jis būtų sandarus – hermetiškas. Hermetiškas pastatas yra toks pastatas, kuris neturi jokių nesandarumų per kuriuos galėtų pritekėti ar nutekėti oras. Siekiant padidinti energijos efektyvumą pastate, reikia žinoti koks yra jo sandarumas. Jei pastato apvalkas nėra pakankamai sandarus, dėl per didelės oro filtracijos gali būti prarandami dideli energijos kiekiai ir atsirasti konstrukcinių elementų pažeidimų dėl drėgmės kondensacijos.

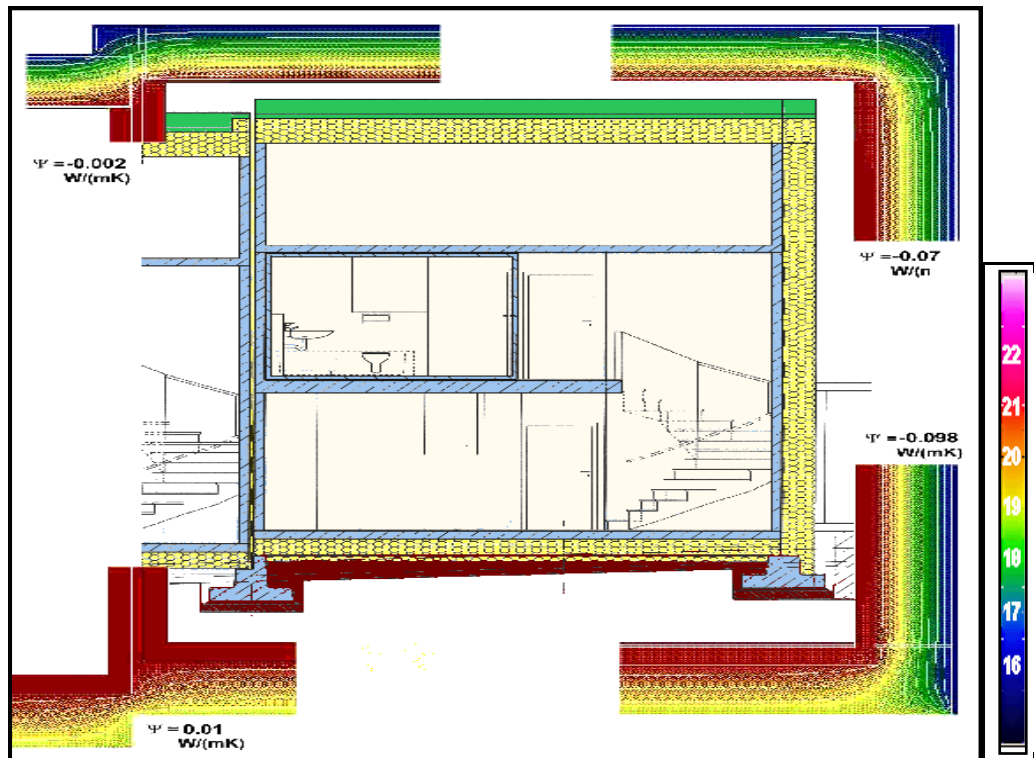
Pastato apvalkalo dalis, kuri pasižymi didesniu praeinančios šilumos kiekiu nei aplinkinės dalys, vadinama šilumos tilteliu. Klasikinis šilumos tiltelis yra išsikišusi balkono plokštė, kuri įsiterpia į izoliuotą išorinę sieną (žr. 1.4.1 pav.).



1.4.1 pav. Šilumos tilteliai [19]

Tipiniai dėl šilumos tiltelio susidarantys efektai: sumažėjusi vidinių paviršių temperatūra, labai padidėja šilumos nuostoliai, blogiausiu atveju ant konstrukcijų gali pradėti kauptis dideli drėgmės kiekiai, o visa tai didina šilumos nuostolius [19].

Lietuvoje norminis ilginių šilumos tiltelio koeficientas - $\Psi_N = 0,18 \text{ W/(mK)}$, gyvenamosios paskirties, vieno ar dviejų butų pastatams [19]. Tačiau norint pasiekti pasyvaus namo standartą jis turi būti mažesnis nei $0,01 \text{ W/mK}$ ir tokiu atveju jų galime nevertinti, nes jie tampa nereikšminiais.



1.4.2 pav. Šilumos tiltelių išvengimo schema [18]

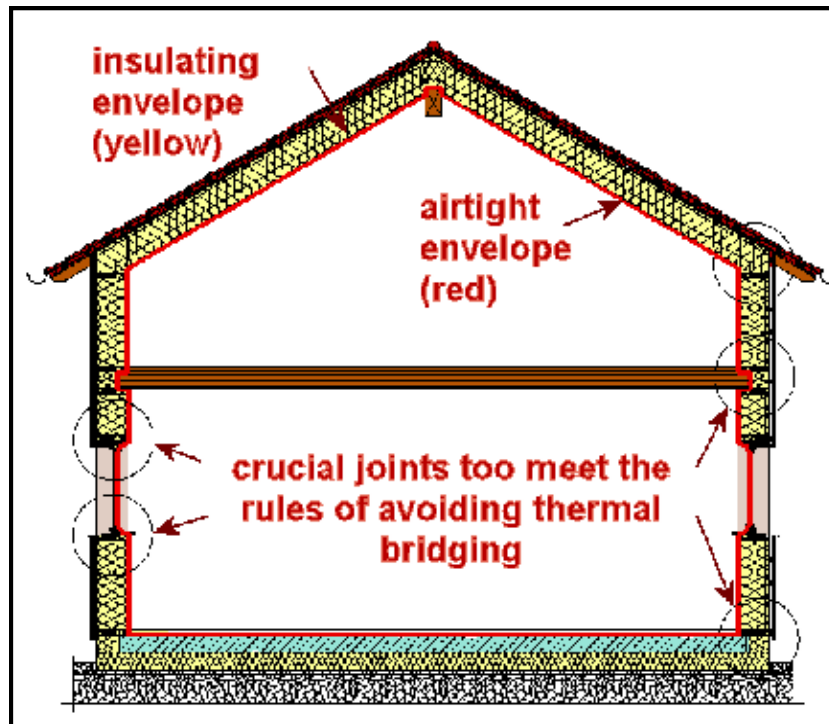
1.4.2 paveikslėlyje yra parodytas pasyvaus namo pjūvis, kuriame pavaizduota kaip galima išvengti šilumos tiltelių, t.y. juos minimizuojant ir neviršinti 0,01 W/mK reikšmės. Tokio tipo namai buvo pastatyti pasyviųjų namų gyvenvietėje, Vokietijoje, Hanoveryje [18]. Šis rezultatas yra paprastai pasiekiamas, jei išlaikomas izoliacinės medžiagos vientisumas.

1.5. Pastato sandarumas

Projektuojant pasyvųjį ar tradicinį namą, pastato konstrukcinės schemos visiškai neturi įtakos namo pasyvumui. Pasyviojo namo standartą galima pasiekti naudojant masyvias, rąstines, surenkamas, skaidrias ar mišrias konstrukcijų schemas. Svarbu gerai suprojektuoti komponentus susijusius su:

- Šilumos izoliacine medžiaga;
- Minimizuoti ilginius šilumos tiltelius;
- Užsandarinti pastatą;
- Specialūs langai su pasyviajam namui keliamais techniniais rodikliais;
- Inovatyvi šildymo technologija [18].

Užsienio valstybių patirtis rodo, kad atsižvelgiant į šiuos punktus, pasyviojo namo standartas pasiekiamas lengvai ir visiškai nepriklauso nuo konstrukcinės pastato schemos.



1.5.1 pav. Pasyvaus namo sandarumo schema [18]

Pasyvusis namas pasižymi ypač energetiškai efektyviomis atitvaromis, t.y. maža šilumos perdavimo koeficiento reikšme, geru sandarumu ir minimizuotu ilginių šalčio tiltelių poveikiu (žr. 1.5.1 pav.).

Norint užtikrinti efektyvų elektros energijos sunaudojimą šildymui, neužtenka namo konstrukcijas uždengti storu šiltinimo medžiagos sluoksniu. Svarbu racionalus jos storis, nes nuo šildymo prietaisų sušilęs oras kyla į viršų ir sudaro didelį slėgį patalpos atitvarinėms konstrukcijoms, t.y. luboms, sienoms, langams. Per kiekvieną nesandarumą šiltas oras su jėga veržiasi į išorę. Tuo pačiu metu apatinėje patalpų dalyje susidaro oro išretėjimas, ir per įvairius nesandarumus grindyse, duryse, sienose ir languose į patalpas įsiurbiamas šaltas oras, kurį vėl reikia šildyti. Tokius energijos nuostolius galima sumažinti tik didinant atitvarinių konstrukcijų sandarumą. Kitą šilumos nuostolių dalį sudaro šilumos praradimas radiaciniu ir kondukciniu būdais, t. y. kai šildymo prietaisų išspinduliuojama ar šilto oro perduodama šiluma per sienas atiduodama į išorinę aplinką. Šiuos energijos nuostolius galima sumažinti didinant atitvarų šiluminę varžą, kurios daro didelę įtaką šilumos praradimui patalpose [21].

Kompanija “Architectural Energy Corporation”, Jungtinėse Amerikos Valstijose atliko tyrimus, dėl šilumos taupymo efektyvumo priklausomybės nuo sandarios šiltinimo medžiagos sluoksnio storio. Buvo apskaičiuoti šilumos nuostoliai per nešiltintas pastato konstrukcijas. Vėliau tos konstrukcijos buvo padengtos ypač sandaria ir šilta šiltinimo medžiaga (laidumas orui $l = 7.6 \cdot 10^{-9} \text{ (m}^3/\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa)}$), šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$. Didinant šios šiltinimo

medžiagos storį buvo kaskart skaičiuojami šilumos nuostoliai per apšiltintas pastato konstrukcijas (žr.1.5.2 lentelę).

ŠILUMOS TAUPYMO EFEKTYVUMO PRIKLAUSOMYBĖ NUO SANDARIOS ŠILTINIMO MEDŽIAGOS SLUOKSNIO STORIO		
Ypač sandarios šiltinimo medžiagos sluoksnio storis δ (cm)	Ypač sandarios šiltinimo medžiagos sluoksnio šiluminė varža R (m^2K/W)	Šilumos taupymo efektyvumas (%)
2,5	0,65	80
10	2,36	94
15	3,68	96
20	5,26	97
25	6,58	98
30	8,00	98

1.5.2 pav. Šilumos taupymo efektyvumo priklausomybė nuo sandarios šiltinimo medžiagos sluoksnio storio [21]

Vertindami tyrimų rezultatus pastebime, kad šilumos taupymo pagrindas yra sandarumas. Ypač sandarios šiltinimo medžiagos sluoksnio šiluminę varžą padidinus daugiau kaip 100 %. (sluoksnį pastorinus nuo 10 cm iki 20 cm), šilumos sutaupoma tik 3 % daugiau [21].

Iš tyrimų rezultatų galima daryti išvadą, kad norint pasiekti pasyvaus namo standartą nereikia minimizuoti šilumos perdavimo koeficiento reikšmės, užtenka pasiekti tas reikšmes, kurias deklaruoja pasyviojo namo institutas, Vokietijoje, t.y nuo 0,1-0,15 W/m^2K , tam tikrom konstrukcijom. Efektyviau yra investuoti į namo atitvarinių konstrukcijų sandarumo užtikrinimą, nes net visiškai plonas (ir visiškai mažą šiluminę varžą turintis) ypač sandarios šiltinimo medžiagos sluoksnis sulaiko didelę dalį iš patalpų išeinančios šilumos. Pasyviesiems namams sandarumo reikšmę reikia pasiekti nuo 0,2 iki 0,6 h^{-1} .

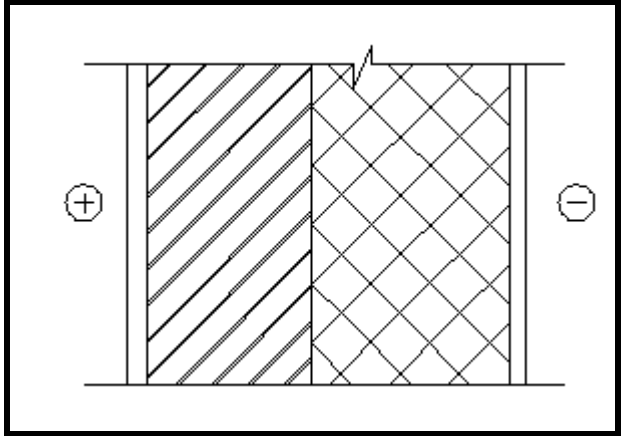
1.5. Pasyviųjų namų sienos

Siekiant išsaugoti šilumą neužtenka vien tik apšiltinti ir pasiekti reikiamą atitvaros varžą. Svarbu technologiškai gerai įrengti sienos konstrukciją, nes net 25 % - 30 % pastato defektų atsiranda išorinėse sienose, dėl savojo svorio, perdenginių, stogo atlaikymo, vėjo poveikio. Jėgas atsirandančias dėl nevienodo pamatų sėdimo, temperatūrinės – drėgminės deformacijos, saulės radiacijos, atmosferinių kritulių, oro ir temperatūros kaitos ir t.t.[22]

Nagrinėjant pasyvųjį namą, projektą „A“, kuris pastatytas panaudojant keraminių plytų mūrą ir akmens vatą, t.y. Paroc uns 37z. Tai universali šilumos, garso ir apsaugos nuo ugnies izoliacija, skirta visų tipų pastatų atitvaroms, kai šilumos izoliacija neveikiama apkrovų: šlaitiniams stogams, pastogėms, palėpėms, medinėms grindims tarp gulėkšnių, trislukšnėms

mūro ir kitų tipų pastatų atitvaroms [23]. Šios izoliacinės medžiagos deklaruojama šilumos laidumo vertė $\lambda_d=0,037 \text{ W/m}^2\text{K}$ (žr. 1.5.1 lentelę).

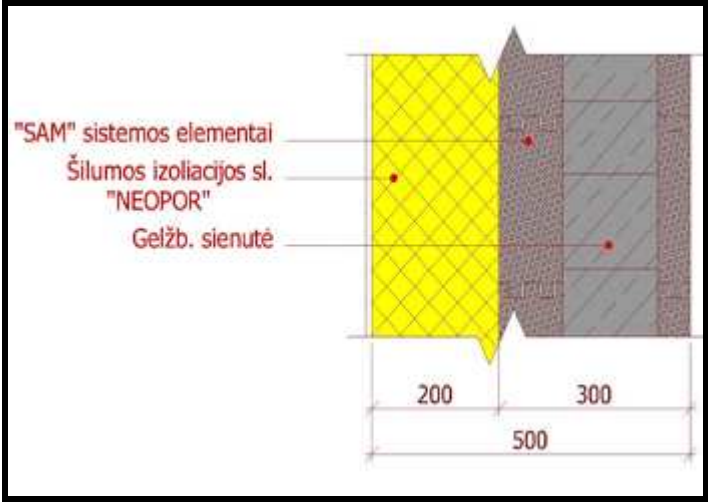
1.5.1 lentelė. Projekto „A“ sienos detalė

Sienos detalės vizualizacija	Sandara
	<p>Vidaus apdaila – tinkas Keraminių plytų mūras (250 mm) Šiluminė izoliacija Paroc uns 37z (300 mm) Dekoratyvinis fasadinis tinkas U- 0,12 W/m²K</p>

Panaudojant 1.5.1 lentelėje pavaizduotą sienos konstrukcinę detalę, šilumos perdavimo koeficientas atitinka pasyvaus namo standartą $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$.

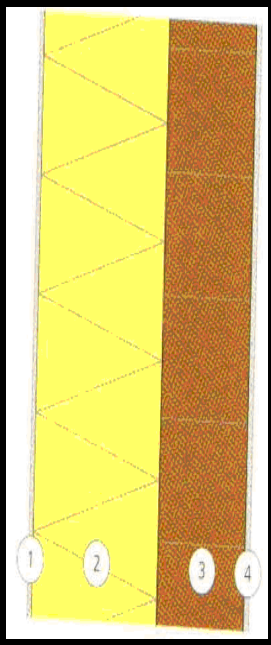
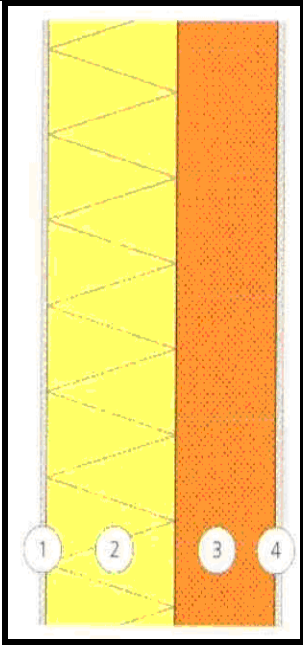
Projekte „B“ sienų laikančioji konstrukcija yra gelžbetoninė sienutė, kuri apšiltinta pilkšvuuju polistireniu putplasčiu (žr. 1.5.2 lentelę). Šilumos laidumo koeficientas pasiektas mažesnis negu reikalaujamas. Tačiau pagal “Architectural Energy Corporation” atliko tyrimus, paaiškėjo, kad nėra ekonomiškai racionalu labai daug mažinti šilumos laidumo koeficientą.

1.5.2 lentelė. Projekto „B“ sienos detalė

Sienos detalės vizualizacija	Sandara
	<p>Apdailinis tinkas (10 mm) Neopoko pl. (200 mm) Blokeliai: Neoporas (100 mm) Armuotas betonas (150 mm) Neoporas (500 mm) U- 0,087 W/m²K</p>

Vokiečiai pasyviems, vienbučiams gyvenamiesiems ir daugiabučiams, namams, išorinių sienų komponentus siūlo naudoti masyvias tuštumines arba molio plytas, kurios apšiltintos mineraline vata arba EPS pilkuoju putplasčiu (žr. 1.5.3 lentelę).

1.5.3 lentelė. Vokiečių siūloma sienų detalės

Sienos detalės vizualizacija		Sandara
I.		I variantas 1. Silikatinis tinkas (10 mm) 2. Mineralinė vata (320 mm) 3. Molinės plytos (250 mm) 4. Molio tinkas (15 mm) U- 0,12 W/m ² K
II.		II variantas 1. Silikatinis tinkas (5 mm) 2. EPS pilkasis putplastis (260 mm) 3. Masyvios tuštuminės plytos (200 mm) 4. Kalkių cemento tinkas (15 mm) U- 0,12 W/m ² K

Šias išorinių sienų detales siūlo naudoti, kai yra žemi arba vidutinio lygio garso izoliacijos reikalavimai ir vidutiniai sienų akumuliacijos reikalavimai. Taip pat vokiečiai atkreipia dėmesį, kad svarbu kruopštus sienos užtinkavimas, kuris garantuotų aukštą sandarumo lygį [11].

Norint pasiekti pasyviojo namo standartą, naudojamos įvairios izoliacinės medžiagos, tačiau niekur nebuvo paminėta gama termovata, kurią sukūrė Kanados kompanijos „ICYNENE Inc“. Ji skirta statomų arba renovuojamų gyvenamųjų ir kitokių pastatų kompleksiniam šiltinimui. Specialia įranga ant šiltinamo paviršiaus užpurkšta medžiaga per 3-5 sekundes išsiplečia iki 100 kartų, sudarydama minkštą šiltos, elastingos ir sandarios baltos gama termovatos sluoksnį. Ši unikali termovata prilimpa prie visų šiltinamų paviršių, užpildo visus nesandarumus ir sudaro ištisą šiltą ir sandarų sluoksnį, saugantį pastatą ne tik nuo šilumos išspinduliavimo, bet ir nuo šilto oro nutekėjimo per konstrukcijas. Be to, ypatingai smulkių porų struktūra neleidžia gama termovatai siurbti į save drėgmę, užtikrina pakankamą garų pralaidumą, t. y. daro šią šiltinimo medžiagą kvėpuojančią.

Užpurkšta ant šiltinamo paviršiaus skysta medžiaga besiplėsdama idealiai užpildo net smulkiausias plyšelius, todėl išsiplėtusi gama termovata sudaro patikimą barjerą šilto oro

nutekėjimui ar šalto oro įsiskverbimui. Jau 2,5 cm gama termovatos sluoksnis nepraleidžia iš patalpų išeinančio šilto oro. Labai mažas oro pralaidumas yra šios termovatos savybė, leidžianti sulaikyti didžiausią dalį iš patalpų išeinančios šilumos. Statybos techninis reglamentas reikalauja, kad išorinių sienų šiluminė varža būtų ne mažesnė už 5,25 m²K/W, stogo - ne mažesnė už 6,24 m²K/W, o grindų - ne mažesnė už 4,54 m²K/W. Bet šiltinimo rezultatai rodo, kad storinant gama termovatos sluoksnius iki tokių varžų, šilumos taupymo efektyvumas beveik nedidėja. Todėl pakankamai efektyviam šilumos taupymui patalpose rekomenduojama grindis ir sienas šiltinti 10 cm, o lubas ir stogus - 15 cm gama termovatos sluoksniu.

Šiltinimo gama termovata sistema yra naujausia Europoje šiltinimo ir garso izoliavimo technologija, kuri atveria neribotas galimybes architektams, projektuotojams, statybininkams ir pastatų savininkams. Gama termovatos privalumai:

- Efektyvi - plonesnis sandarus gama termovatos sluoksnis taupo kur kas daugiau šilumos negu storesnis nesandarus tradicinių šiltinimo medžiagų sluoksnis. Apšiltinamos bet kokios formos konstrukcijos net sunkiausiai prieinamose vietose, todėl šios technologijos panaudojimas įgalina lengvai išspręsti bet kurios paskirties pastato kompleksinio šiltinimo problemas.

- paprasta - nereikia specialaus šiltinamų paviršių paruošimo ir apsauginių plėvelių, per 1 valandą gali būti apšiltinama 50-100 m². Gama termovata savo eksploatacines savybes įgauna per 30 sekundžių nuo išpurškimo, todėl apšiltintų paviršių apdailos darbus galima atlikti iš karto.

- pigai - nedidelė šiltinimo kaina, ši technologija sutaupyto kitus resursus, t.y. pastolių nuomos laiką, darbuotojų darbo laiką ir kt.

- ekologiška - technologija sukurta būtent gyvenamųjų namų šiltinimui, todėl neturi jokių šalutinių poveikių ar neigiamų savybių. Ji nedulka, nepelija, nepūva, nieko neišskiria į aplinką, savyje neturi jokių žalingų medžiagų. Astma sergančių žmonių asociacija Amerikoje pripažino gama termovata ekologiškiausia šiltinimo medžiaga.

Gama termovata yra konkurencinga kitoms šiuo metu naudojamoms pastatų apšiltinimui medžiagoms, nes jos techniniai rodikliai mažai skiriasi nuo populiariausių, statybos sektoriuje naudojamų termoizoliacinių medžiagų (žr. 1.5.4 lentelę). Tačiau šie rodikliai gali ženkliai pasikeisti integravus termovata į skirtingas pastato šiltinimo sistemas.

1.5.4 lentelė. Šilumos izoliacinių medžiagų palyginamieji rodikliai

Palyginamieji rodikliai	Baltasis polistireninis putplastis EPS 70	Juodasis polistireninis putplastis	Akmens vata PAROC UNS 37	Gama termovata
λ_D - šilumos laidumo koeficientas	0,039W/m.K	0,032W/m.K	0,037W/m.K	0,038W/m.K

R_D – šiluminė varža, 20 cm šilmos izoliacinės medžiagos $R_D = d/\lambda_D$	5,13 m ² K/W	6,25 m ² K/W	5,41 m ² K/W	5,26 m ² K/W
---	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Pagal šiuos duomenis matome, kad jei lygintume termoizoliacines medžiagas, pagal šiluminės varžos rodiklius, gama termovata aukštesnias pozicijas užleidžia baltajam polistireniniam putplasčiui EPS 70 ir juodajam polistireniniam putplasčiui. Tačiau, pagal atliktus tyrimus su termovata nustatyta, kad storinant gama termovatos sluoksnį iki didesnių varžų, šilumos taupymo efektyvumas beveik nedidėja.

Nemažai yra pavyzdžių, kaip pasyvaus namo standartas pasiekiamas naudojant įvairias termoizoliacines medžiagas, tačiau projektuojant tokį namą svarbu įvertinti termoizoliacinės medžiagos montavimo privalumus ir trūkumus, ir pažvelgti per ekonominę prizmę. Giežtos taisyklės nėra, kuri medžiaga yra gera, o kuri ne. Tačiau į kiekvieną pasyvaus namo konstrukcijos elementą ar detalę reikėtų pažvelgti ir iš aplinkosauginės pusės. Nes vienas iš pasyvaus namo tikslų yra sumažinti elektros energijos suvartojimą, kuris prisideda prie klimato atšilimo, o tai blogina visų gyventojų gyvenimo kokybę.

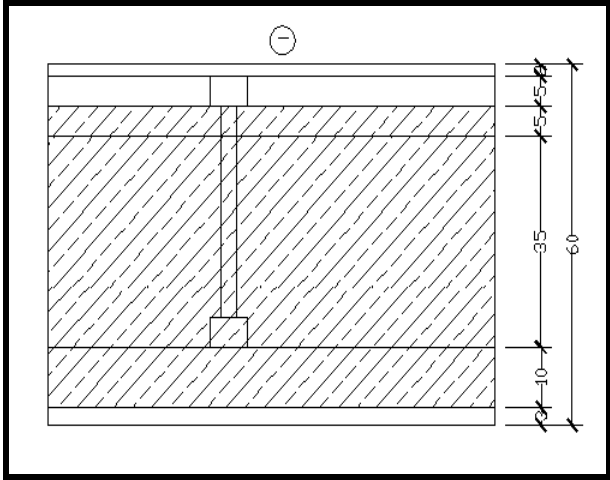
1.6. Pasyviųjų namų stogas

Stogas yra konstrukcijos pastato dalis, iš viršaus atskirianti pastatą nuo išorinės aplinkos, kaip ir vertikalios konstrukcijos. Konstrukciniu požiūriu stogas susideda iš kelių elementų, kurie turi funkcionuoti kompleksiskai. Tie elementai yra: laikančioji konstrukcija, garo izoliacija, šiluminė izoliacija, vėdinama ertmė (santykinai), apatinė stogo dangos konstrukcija, stogo danga. Jei visi išvardinti elementai yra patikimai įrengti ir tinkamai suderinti, stogas bus tvirtas ir ilgaamžis [43]. Projektuojant pasyviojo namo stogą, jokių apribojimų nėra. Jis gali būti plokščias, t.y. eksploatuojamas, neeksploatuojamas ir apželdintas arba šlaitinis. Stogo konstrukcijoms gali būti naudojamos įvairios medžiagos, tik jos turi derėti tarpusavyje ir šilumos perdavimo koeficientas neturi viršyti 0,10 W/m²K.

Projekto „A“, pasyviojo namo stogo detalės vizualizacija ir sandara pateikta 1.6.1 lentelėje. Stogas yra plokščiasis, bituminės dangos. Šiluminės izoliacijos medžiaga panaudota akmens vata, t.y. Paro uns 37z. Tai universali šilumos, garso ir apsaugos nuo ugnies izoliacija naudojama visų tipų pastatų atitvaroms, kai šilumos izoliacija neveikiama apkrovų. Naudojama šlaitiniams stogams, pastogėms, palėpėms, medinėms grindims tarp gulėkšnių, trisluoksnėms mūro ir karkasinėms sienoms, vėdinamiems fasadams, vidaus pertvaroms apšiltinti [45]. Ši šilumos izoliacinė medžiaga pasižymi geromis šiluminėmis savybėmis, kurią panaudojus

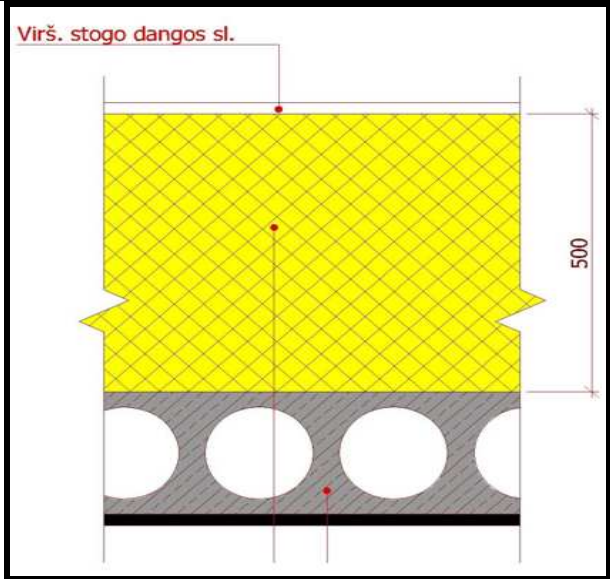
pasyviojo namo stogo konstrukcijos apšiltinimui, šilumos perdavimo koeficiento vertė yra 0,08 W/m²K. Stogo laikančios konstrukcijos yra gegnės su ištisiniu lentų paklotu. Nors pasyviejiems namams yra būdingas visiškas sandarumas, tačiau šiame projekte stogo konstrukcija yra vėdinama.

1.6.1 lentelė. Projekto „A“ stogo detalė

Stogo detalės vizualizacija	Sandara
	<p>Stogo danga – bituminė</p> <p>Ištisinis lentų paklotas -22mm</p> <p>Gegnės -350mm</p> <p>Oro tarpas -50mm</p> <p>Vėjo izoliacija Paroc was 25 t -50mm</p> <p>Šiluminė izoliacija Paroc uns 37z -350mm</p> <p>Vidaus apdaila – gipso kartonas 12,5+1,5mm</p> <p style="text-align: center;">U- 0,08 W/m²K</p>

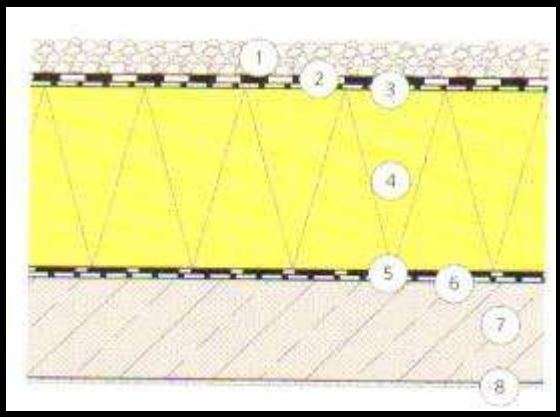
Projekto „B“ stogo šiltinimo detalė pateikta 1.6.2 lentelėje. Šio projekto autoriai naudojo pilkąjį polistireninį putlastį, t.y. neoporą. Nagrinėjamame projekte, stogas taip pat yra plokščias, neeksploatuojamas. Vertinant technologiniu požiūriu, konstrukcijos įrengimas yra paprastesnis, nei projekto „A“. Geresnė šilumos perdavimo koeficiento reikšmė. Projektuojant pasyvųjį namą su plokščiuoju stogu, žymiai lengviau galima pasiekti reikiamą U vertė.

1.6.2 lentelė. Projekto „B“ stogo detalė

Stogo detalė vizualizacija	Sandara
	<p>1. Armuotas betonas – 200 mm</p> <p>2. Neoporas – 500 mm</p> <p style="text-align: center;">U- 0,063 W/m²K</p>

Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai pasyviųjų namų stogo įrengimui yra įvairūs, griežtų taisyklių nėra. Svarbu pasiekti reikiamą šilumos perdavimo koeficiento reikšmę. Taip pat vengti šilumos nuostolių per jungtis. Vienas iš vokiečių siūlomų stogo konstrukcinių sprendimų yra pateiktas 1.6.3 lentelėje.

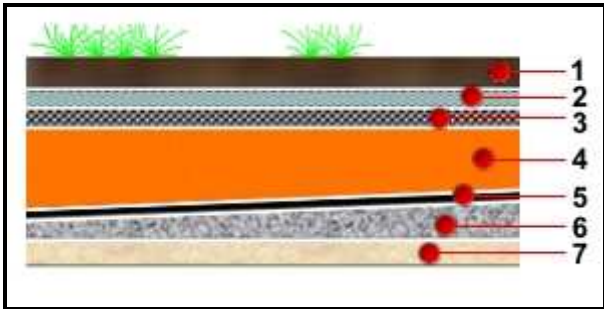
1.6.3 lentelė. Vokiečių siūloma stogo detalės konstrukcija

Stogo detalė vizualizacija	Sandara
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Žvyras 16/32 - 60mm 2. Bituminė danga 2 sluoksnių - 10mm 3. Garų slėgio kompensavimo plėvelė - 4. EPS izoliacija - 360mm 5. Biluminis-Aliuminis sluoksnis - 6. Plėvelė (relaxation layer) 7. Gelžbetoninė plokštė -200m 8. Tarpiklis <p style="text-align: right;">U- 0,10 W/m²K</p>

Šia konstrukciją rekomenduojama naudoti, jei reikalinga gera garso izoliacija, aukšto gaisrinio atsparumo reikalavimai, reikalingas geras konstrukcijų akumuliacijos. Naudojant tokią konstrukciją yra gera apsauga vasarą nuo perkaitinimo.

Projektuojant pasyvųjį namą taip pat galima įrengianti ir žalią stogo dangą, kurio vizualizacija pateikta 1.6.4 lentelėje.

1.6.4 lentelė. Apželdinto stogo detalė

Apželdinto stogo detalės vizualizacija	Sandara
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gruntas 2. Filtruojamoji geotekstilė 3. Drenažas ir apsauga nuo šaknų iš ASP (aukšto slėgio polietilenas) 4. Ekstruduotasis putų poliesteris 5. Nuolydis iš skiedinio arba putbetonio 6. Perdangos plokštė

Ši konstrukcija buvo panaudota ne viename objekte ir patikimumą patvirtino eksploatuojama ne vienerius metus. Apželdinti galima ne tik plokščius stogus. Iki šiol Šiaurės Europos šalyse galima rasti namų su apžėlusiais mediniais stogais. Pastaruoju metu žalios šlaitinės

dangos, pagamintos naudojant šiuolaikines polimerines hidroizoliacines medžiagas, tampa populiareesnės ne tik užsienyje, bet ir Lietuvoje. Ant ištisinių grebėstų patiestas apsauginis geotekstilės sluoksnis, užtiesiama suklijuota ruloninė danga, ant kurios vėl klojama geotekstilė, sauganti dangą nuo mechaninių pažeidimų ir atlieka drenažo funkciją. Ant viršutinio geotekstilės sluoksnio kas 80–100 cm išdėstomi metaliniai kronšteinai, kurie pritvirtina geotinklelį. Kronšteinai vienu metu dėliojami ant abiejų šlaitų, kad būtų išsaugoma pusiausvyra. Klojant augalinį gruntą, siekiant apsaugoti jį nuo išplovimo, į kiekvieną narvelį įdedamas gabaliukas geotekstilės, kurio kraštai užlenkiami ant geotinklelio, kuris praleidžia perteklinį vandenį.

Apželdinti stogai dangą apsaugo nuo perkaitimo ir UV spindulių, prailgina eksploatacijos laiką. Jie sumažina oro kaitimą miestuose vasarą ir užkerta kelią kenksmingų medžiagų išsiskirimui iš bituminių dangų. Apželdinti stogai surenkama iki 50 % dulkių, valo orą, kuriame būna mažiau mikrobu, sugeria anglies dvideginį. Pagal atliktus tyrimus nustatyta, kad 150 m² ploto danga pagamina 100 žmonių metinę deguonies normą. Ji sumažina garso foną 2–10 decibelų. Dėl lėto drėgmės garavimo iš dirvos miesto oras tampa drėgnesnis, o tai teigiamai veikia žmogaus sveikatą. Gaisro metu lėčiau plinta ugnis. [46]

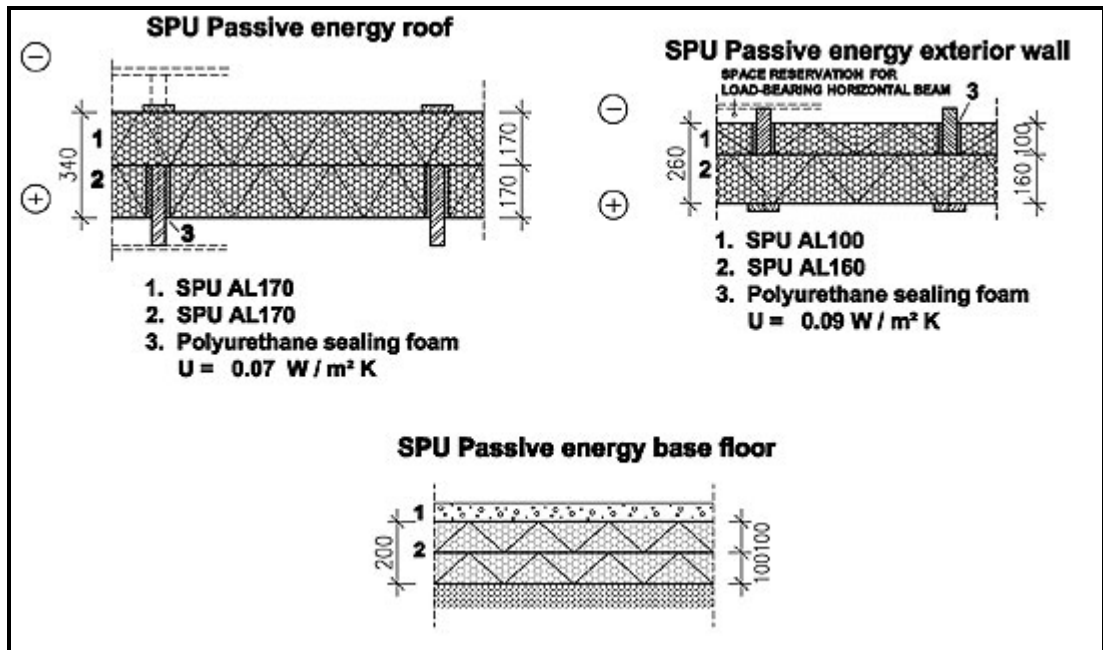
Projektuojant pasyvųjį namą galima įrengti stogą su apželdinta stogo danga. Tačiau rekomenduojama įrengti kuo paprastesnę stogo formą, nes taip paprasčiau įrengti kokybišką stogą. Kuo daugiau ant stogo yra jungiamųjų elementų, lataukų, dangos lūžių, nelinijinių fragmentų, tuo stogas brangesnis, mažiau patikimas, bei didesnė tikimybė šilumos tiltelių atsiradimui.

1.7 Alternatyva izoliacinėms medžiagoms

Alternatyva įprastoms šilumos izoliacinėms medžiagoms yra SPU AL – termoizoliacinė medžiaga, kuri gali būti naudojama pasyviųjų namų šiltinimui. Tai universali izoliacinė medžiaga, kuri naudojama naujų pastatų statybai arba pastatų rekonstrukcijai. Tai visiškai nauja medžiaga, kuri 2010 metais buvo pažymėta CE ženklu, kuris parodo, kad produktas atitinka pagrindinius ES direktyvų reikalavimus.

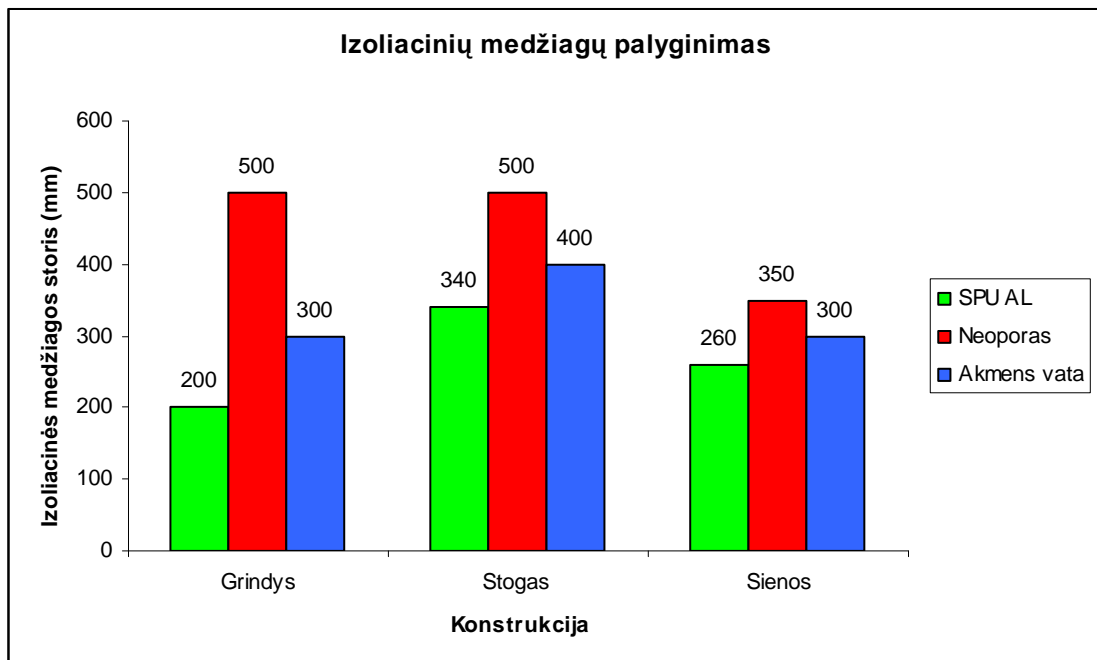
SPU AL izoliacinės medžiagos techniniai parametrai yra geriausi, iš šiuo metu Lietuvos rinkoje esančių izoliacinių medžiagų. Jos šilumos perdavimo koeficientas $\lambda_D = 0,023$ W/mK. Ši medžiaga nepraleidžia difuzijos [48].

Termoizoliacinės medžiagos gamintojai pasyviųjų namų apšiltinimui siūlo naudoti 1.7.1 paveikslėlyje pateiktus konstrukcijų pjūvius.



1.7.1 pav. Pasyviųjų namų konstrukcijų apšiltinimas su SPU AL izoliacine medžiaga [48]

Lyginant 1.7.1 paveikslėlyje izoliacinės medžiagos - SPU AL reikalingą storį, kurio reikia norint pasiekti pasyviojo namo standartą su šiuo metu populiariausiomis izoliacinėmis medžiagomis, t.y. akmens vata, polistireninis putplastis – neoporas, matosi, kad inovatyvi izoliacinė medžiaga šiluminių savybių atžvilgiu yra pranašesnė.



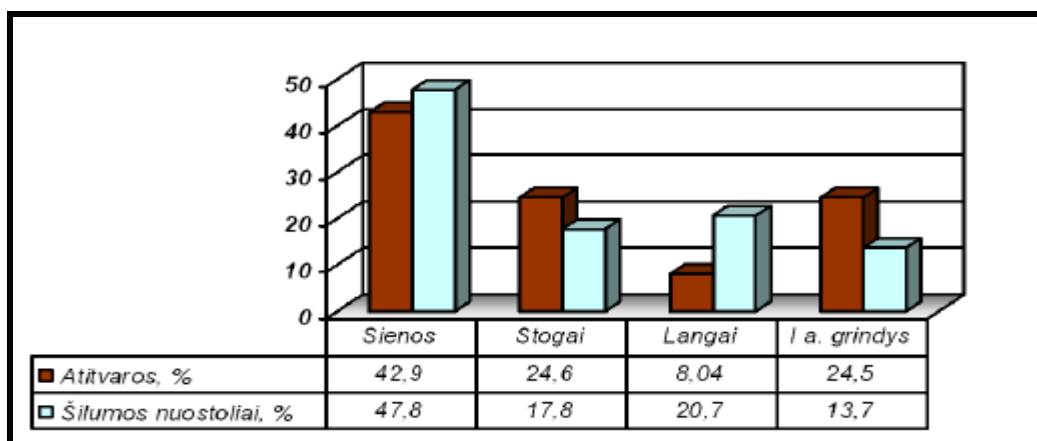
1.7.2 pav. Konstrukcijos apšiltinimas izoliacinėmis medžiagomis, kurių reikalingas storis tenkina pasyvaus namo standartą

1.7.2 paveikslėlyje pateikiamas izoliacinių medžiagų storių palyginimas. Vertinant 1.7.2 lentelės duomenis matome, kad SPU AL reikalingas medžiagos storis yra mažiausias. Todėl

naudojant šią medžiagą pasyvusis namas gali įgauti grakštumo, nes konstrukcijos nebus tokios storos. Neoporas su akmens vata užima žemesnes pozicijas.

1.8 Pasyviesiems namas naudojami langai

Visus šalyje esančius pastatus galima suskirstyti į dvi grupes. Tai pastatai, pastatyti iki 1995 m., kai jų projektavimui buvo taikomos Tarybų Sąjungos Statybos normos ir taisyklės, ir per paskutiniuosius 12 metų pastatyti pastatai. Pirmajam periodui priskiriamų pastatų sienų šilumos perdavimo koeficientai buvo nuo 0,5 iki 1,4 W/m²K, stogų – nuo 0,5 iki 0,8 W/m²K, langų – nuo 2,2 iki 2,7 W/m²K. Gyvenamasis fondas sudarė apie 73,27 mln. m² šildomojo ploto [28]. Vidutiniai metiniai iki 1995 m. pastatytų gyvenamųjų namų šilumos nuostoliai, neįskaitant viršnorminės oro infiltracijos (dėl nekokybiškų langų), sudaro apie 246 kWh/m². Vidutiniai metiniai šilumos nuostoliai per pastato atitvaras pateikti 1.8.1 paveikslėlyje [28].



1.8.1 pav. Esamų pastatų šilumos nuostoliai per atitvaras [28]

Skaičiavimuose buvo priimta: infiltracija plus vėdinimas – 0,8 karto/h; patalpų aukštis $H = 2,55$ m; $\theta_i = 20$ °C; $t = 220$ parų; $\theta_{e,vid.} = +0,5$ °C; šildymo sezono pradžios/pabaigos temperatūra $\theta_{e.pr.} = +10$ °C; mėnuo = 30,5 dienos. Skaičiavimuose neįvertinti vidiniai šilumos išsiskyrimai ir pritekėjimai nuo saulės spinduliavimo [28].

Šilumos nuostoliai per langus sudaro apie 21 % visų pastato šilumos nuostolių, nors langai užima 15,40 mln. m², t.y. 8% visų atitvarų ploto. Pastatų langų plotas sudaro 15–20 grindų ploto. Esant šiluminės energijos kainai 0,12 Lt/kWh, gyvenamųjų namų apšildymas kainuoja apie 2,2 milijardus litų per metus, iš jų 0,45 milijardus litų kainuoja per langus prarandama šiluma. Šiuose skaičiavimuose neįvertinta infiltracijos (eksfiltracijos) įtaka [28]. Nustatyta, kad šio (iki 1995 m.) statybos laikotarpio pastatų šilumos nuostoliai dėl infiltracijos per langus siekia 25 % visų pastato šilumos nuostolių.[30]

Paskutiniuosius 10 metų pastatuose buvo montuojami langai, kurių šilumos perdavimo koeficiento norminė vertė $U_N = 1,9 \text{ Wm}^2\text{K}$. Tai pasiekama esant trigubam lango įstiklinimui arba panaudojus specialų izoliacinį (su maža išspinduliavimo danga) stiklą ir stiklo paketų ertmes užpildant inertinėmis dujomis. Per dešimtmetį pastatytų pastatų šildomasis plotas sudarė apie 2 mln. m^2 , langų plotas apie 16 % šildomojo ploto, o šilumos nuostoliai per langus – apie 60 MWh [31]. Šiuo metu galiojančiame Statybos techniniame reglamente STR 2.05.01:2005 pateikti dar griežtesni reikalavimai langų šiluminėms savybėms. Gyvenamosios paskirties pastatų langų norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė turi būti $1,6 \text{ W(m}^2\text{K)}$. Jeigu gyvenamųjų pastatų langų ir kitų skaidrių atitvarų plotas didesnis už 25% pastato sienų ploto, skaidrių atitvarų šilumos perdavimo koeficiento norminė vertė turi būti $1,3 \text{ W(m}^2\text{K)}$. Kadangi langų plotai pastatų atitvarose didėja, per juos prarandama šiluma ir šiuo metu sudaro reikšmingą pastato šilumos nuostolių dalį. [30]

Lyginant langų šilumos nuostolius viso pastato atžvilgiu prieš apšiltinimą ir hipotetiškai apšiltinus tuos pastatus yra pastebėta, kad pirmuoju atveju lyginamoji langų šilumos nuostolių dalis sudaro apie 21 %, o po apšiltinimo – 44 %. Tokia iš pirmo žvilgsnio paradoksali situacija susidaro dėl to, kad vidutiniškai sienų šiluminę varžą techniškai naudinga ir ekonomiškai apsimoka padidinti nuo esamo iki 3-4 kartų, o analogiškai langų – nuo esamo lygmens tikrai apie 1,3 karto.

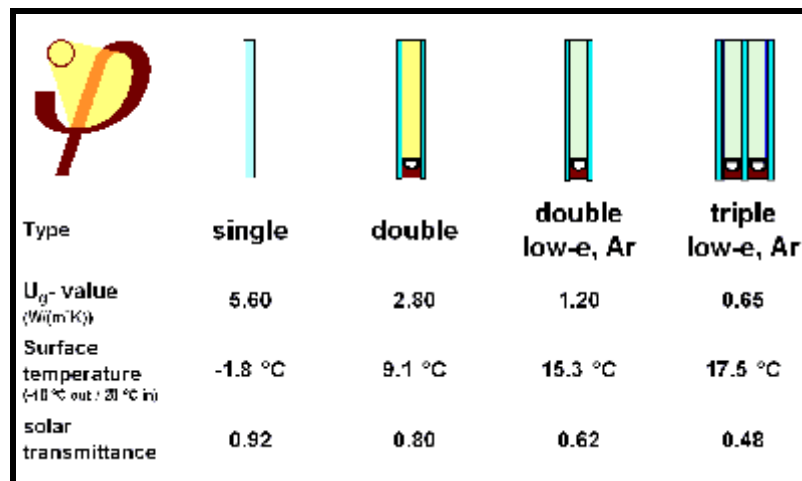
Specialiomis priemonėmis padidinti langų šiluminę varžą galima iki $R_t \sim 0,7-0,9 \text{ (mK)/W}$, tačiau ir šiuo atveju pasiekiamas efektyvumo rodiklis neviršija 1,7-2,2 karto. Iš tokių rezultatų, straipsnio autorius padarė dvi preliminarias išvadas:

1. Naujos statybos langų ploto lyginamoji vertė visų kitų atitvarų atžvilgiu turėtų būti ribojama, remiantis sanitariškai būtino apšvietimo normomis;
2. Normuojamas langų šilumos perdavimo koeficientas turėtų būti išreikštas 2-3 klasėmis, priklausomai nuo to ar apšiltinamas esamas pastatas, ar statomas naujas, įskaitant priestatus ir anstatus, ir kokia rekonstruojamų arba naujai įrengiamų langų kaina bei atsipirkimo laikas.

Renkantis efektyvius langus reikia įvertinti langų rėmo savybes. Žinoma, kad aliuminio rėmai yra ilgaamžiai, stiprūs, lengva jų priežiūra, tačiau jų šilumos perdavimo koeficientas didžiausias, tai reiškia, kad per rėmus bus prarandama daugiau šilumos, rėmo vidinio paviršiaus temperatūra bus mažesnė. Aliuminio šilumos imlumas labai didelis palyginti su medžiu ar plastikumu. Medinio rėmo šilumos perdavimo koeficientas nedaug skiriasi nuo plastikinių rėmų šilumos perdavimo koeficiento, o šilumos imlumas dar mažesnis. Lango rėmas užima tik apie 20 % bendro lango ploto [31].

Pasyviesiems namas turi būti naudojami geriausi šiuo metu langai t.y. trijų stiklų stiklo paketas, specialiai izoliuotas lango rėmas, šilumą sulaikantys tarpikliai. Šie langai leidžia tiesiogiai ir netiesiogiai saulės spinduliams patekti į kambarį. [32]

Naujo trijų stiklų (dviejų kamerų) stiklo paketo šilumos perdavimo koeficientas nedaug skiriasi nuo dviejų stiklų (vienos kameros) stiklo paketo šilumos perdavimo koeficiento. Panašios ir jų garso izoliacinės savybės. Tačiau lango naudojimo metu stiklo paketas veikiamas temperatūros ir drėgnio, vyksta senėjimo procesas, todėl blogėja stiklo šilumos atspindžio savybės ir sumažėja inertinių dujų koncentracija. Trijų stiklų stiklo paketo šiluminės savybės išlieka geresnės ilgesnį laiką negu dviejų stiklų stiklo paketo, o praradus inertinių dujų užpildą ir įvykus šilumą atspindinčios dangos oksidacijai, trijų stiklų paketo šiluminės savybės apie 1,5 karto geresnės už dviejų stiklų paketo savybes (žr. 1.8.2 pav.) [30].

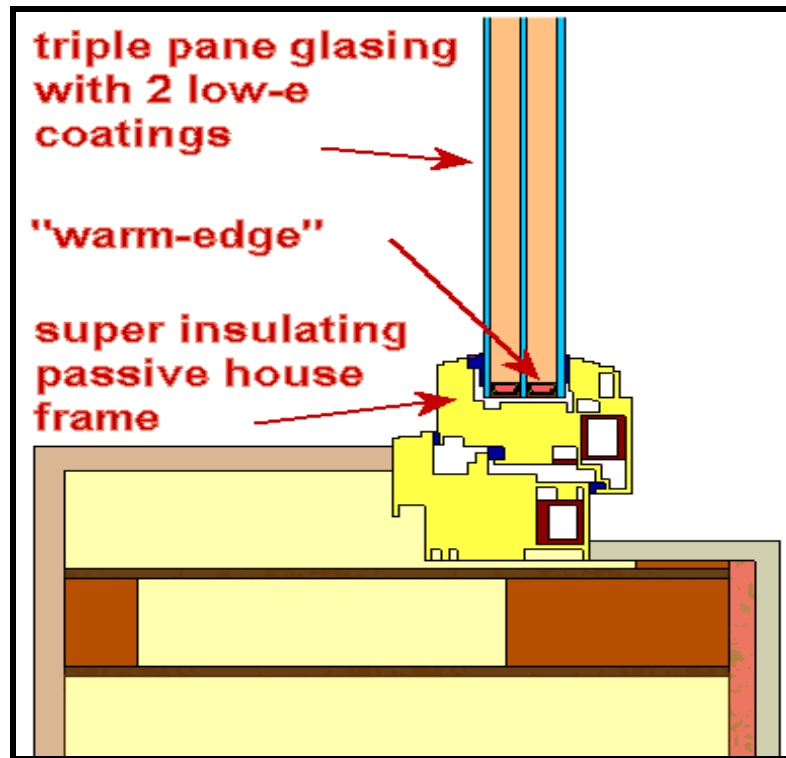


Type	single	double	double low-e, Ar	triple low-e, Ar
U_g -value ($W/(m^2K)$)	5.60	2.80	1.20	0.65
Surface temperature (-10 °C out; 20 °C in)	-1.8 °C	9.1 °C	15.3 °C	17.5 °C
solar transmittance	0.92	0.80	0.62	0.48

1.8.2 pav. Langų stiklo paketų palyginimas [33]

Šiame paveikslėlyje matyti, kaip nuo stiklų kiekio keičiasi šilumos laidumo koeficiento reikšmė, vidinė stiklo paviršiaus temperatūra ir saulės spindulių perdavimas. Pasyviems namas naudojami šiuo metu geriausi stiklo paketai t.y. trijų stiklų paketas su selektyvine danga.

Pasyvaus namo langų šilumos izoliacija turi būti tokia gera, kad bet kokiomis šalčiausiomis sąlygomis vidaus temperatūra nuo paviršių temperatūros nesiskirtų daugiau nei 3,5 laipsnio. Tai galima pasiekti naudojant trijų stiklų šilumą izoliuojančius langus. Šie langai yra sukurti Vokietijoje, kurių dėka įvyko lūžis energiją taupančių namų statyboje (žr. 1.8.3 pav.).



1.8.3 pav. Pasyvaus namo langas, kurio U_w vertė mažesnė nei $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [29]

Į tarpą tarp stiklų su metaliniu sluoksniu užpildomos dujos ir pasiekiamas šilumos perdavimo koeficientas $0,5 - 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, atsižvelgiant į naują Europos standartą (EN 10077) [29]. Jeigu norima pasiekti aukštą kokybę ne tik per įstiklinimą, bet ir visam langui, tai reikalingas gerai izoliuotas rėmas ir geras sujungimas. To rezultatas yra šiltas langas arba pasyvaus namo langas, kurio kasmetiniai energijos nuostoliai siekia mažiau nei 7 l naftos vienam m^2 . Pastebėta, kad per pasyvaus namo langus dėl į vidų patenkančios saulės energijos (taip pat ir žiemą), šilumos nuostolių beveik nėra. Palyginus su įprastais langais šie langai sutaupo nemažiau kaip pusę per langus prarandamos šilumos. Šios kokybės langai tinka drėgnai, šalto klimato vidurio Europai. Rezultate - namas su menkais šilumos nuostoliais.

Šilumos laidumas yra labai svarbi langų savybė. Nors vien per paskutinį dešimtmetį ji sumažėjo dvigubai, langai ir toliau išlieka viena iš šilumai laidžiausių atitvarų. Šiluma prarandama per stiklo paketą (viengubi stiklai pastaruoju metu beveik nenaudojami), per lango rėmą ir per ilginis šiluminius tiltelius, t.y. stiklo paketo pakraštį ir lango bei sienos jungimosi siūlę. Todėl norint, kad langai atitiktų pasyviųjų namų langam keliamus reikalavimus jis turi turėti šiuos komponentus:

- Trijų stiklų paketas su selektyvine danga;
- Šilumą izoliuojanti tarpinė;
- Dviejų kamerų izoliuotas rėmas.

Šie komponentai suderinti taip, kad bendri šilumos nuostoliai pro tokį langą per pus mažesni lyginant su tradiciniais langais. Šiuose languose yra surenkami tiesioginės ir netiesioginės saulės spinduliai. Todėl buvo įrodyta, kad naudojant šiuos langus yra pasiekiamas teigiamas energijos balansas net ir Vidurio Europos žiemos laikotarpiu, jei yra tinkama langų orientacija pasaulio šalių atžvilgiu ir ne per didelis šešėlis. Dėl tokių mažų šilumos nuostolių vidinė paviršiaus temperatūra, net šaltomis Europos žiemos naktimis, bus didesnis kaip 17 °C [29].

1.9 Pasyviųjų namas ir ekologija

Viena iš XXI a. aktualių temų yra klimato atšilimas, kuris turi įtakos visai žmonijai. Kaip teigiama, jei pasaulio temperatūra pakils daugiau kaip dviem Celsijaus laipsniais, lyginant su pasaulio temperatūra, kokia buvo iki industrinio lygio, kaip tai patvirtina, Inter Alia, 2007 m. gegužės pranešime, tarpvyriausybinių komisija dėl klimato kaitos, kad efektyvesnis energijos vartojimas yra tiesiogiai ir ekonomiškai efektyviausias būdas sumažinti anglies dioksido išmetimą į aplinką, kuris įtakoja klimato atšilimą [34]. Statant pasyviuosius namus, galima daugiau dėmesio skirti atsinaujinantiems energijos šaltiniams – vėjui, saulei, potvyniui, biomasei ir geoterminei energijai (karštųjų šaltinių ir ugnikalnių šiluma), plačiau diegti bendrą šilumos ir elektros gamybą, nes tam reikia mažiau energijos, tokių būdu galime prisidėti dėl klimato atšilimo problemos sprendimo.

Jei lygintume pasyvius ir ekologiškus pastatus, jie turi panašumų. Atsižvelgiant į šių dienų situaciją, abu privalo tenkinti minimalius energijos sąnaudų reikalavimus: pasyvus namas – siekiant taupyti lėšas, ekologiškas pastatas – mažinant išmetamų į gamtą teršalų kiekį. Todėl ne kiekvienas pasyvus namas turi būti ekologiškas, tačiau kiekvienas ekologiškas pastatas privalo būti pasyvus [35].

Pasyvaus namo statybos principai remiasi griežtais reikalavimais, kaip aptarėme anksčiau, vienas iš reikalavimų yra optimalus sandarumo lygmuo, kai pro atitvaras patenkančio oro kiekis yra lygus konstrukcijų medžiagoms kvėpuoti reikalingam oro kiekiui. O siekiant užtikrinti mikroklimatą ir ištraukiamos šilumos gražinimą į vidų būtina rekuperacinė vėdinimo sistema [35].

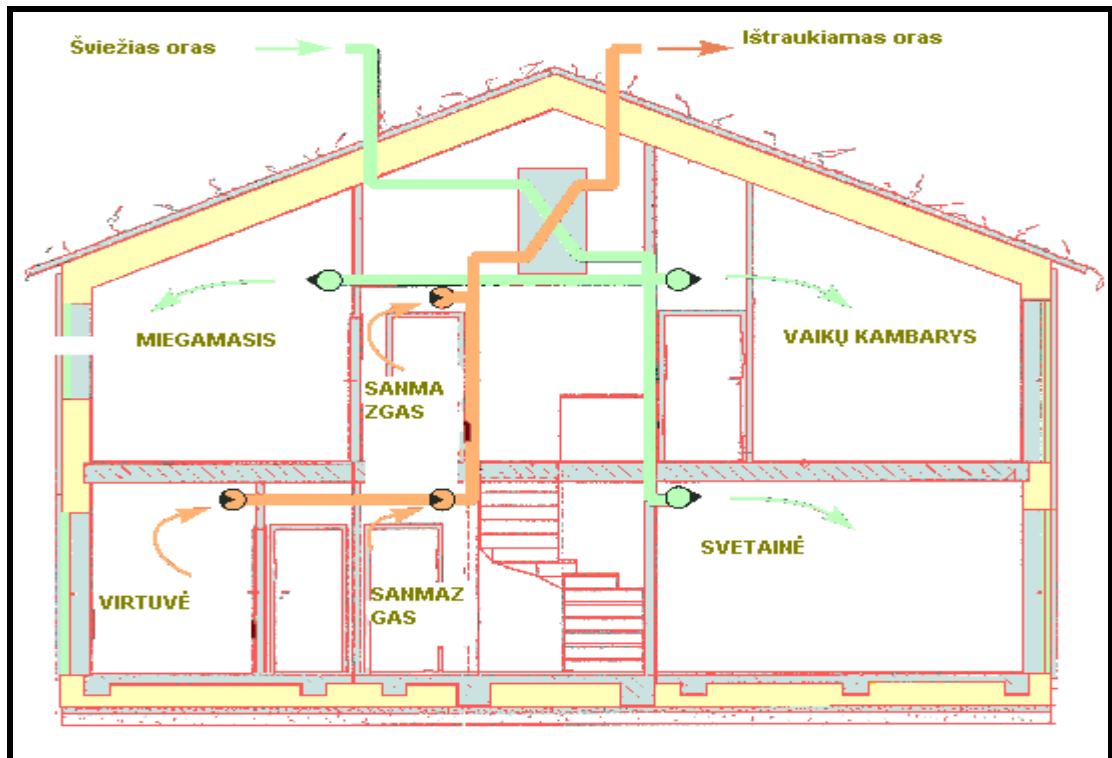
Olandijos pastatų biologijos ir ekologijos instituto direktorius, dr. Michiel Haas, teigia, kad pasyvus namas privalo būti statomas naudojant sveikas medžiagas, nes tai yra izoliuotas pastatas – viskas lieka jame. Todėl nepaprastai svarbus dalykas tokiame name yra ventiliacija. Tai – pagrindinė pasyviojo namo problema. Ventiliacija privalo būti įrengta tobulai, ji turi pašalinti visas nesveikas medžiagas, bet neįleisti vidun šalto oro. Olandijoje neseniai atliktas tyrimas, kurio rezultatai rodo, kad žmonės, kurių namuose įrengta rekuperacinė sistema, serga dažniau. Šią sistemą reikia patobulinti, bet reikėtų konstruoti visai kitokiu principu, nei tai yra daroma dabar. Svarbiausia yra medžiagos paviršius. Bent pusė centimetro to paviršiaus turi būti iš

„kvėpuojančių“ medžiagų. Tai nepaprastai svarbu oro kokybei pastato viduje. Svarbūs ir dažai. Jei gyvenama pasyviajame name nerekomenduotina medinių paviršių dažyti akriliniais dažais, netinka vilnoniai kilimai, nes jų gamyboje naudojami klijai [36]. Tačiau visi šie, dr. Michiel Haas, pastebėjimai nėra apirėžti pasyvaus namo standarte, o tik pastebėjimai į kuriuos reikėtų atkreipti dėmesį projektuojant pasyvų namą, nors ir tenkina Lietuvos higienos normų reikalavimus HN 42:2004 „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“, CO₂ ribinė koncentracija <0,1%.

1.10 Vėdinimo sistema

Esminiai pasyvaus namo reikalavimai – sandarumas, didelė šiluminė varža ir rekuperacinė vėdinimo sistema. Kadangi pastatas turi būti ypač sandarus, jam privaloma priverstinė patalpų ventiliacija. Pasyvaus namo vėdinimo sistema turi atitikti keletą būtinų reikalavimų - šilumos atgavimas iš ištraukiamo oro per šildymo sezoną vidutiniškai turi sudaryti ne mažiau kaip 80 % ir vėdinimo sistemos skleidžiamas triukšmas bet kurioje gyvenamoje patalpoje negali viršyti 25 dB, t.y. sistemos darbas turi būti negirdimas.

Sumontuota rekuperacinė šildymo-vėdinimo sistema pagal poreikius atšaldo arba pašildo į patalpas įleidžiamą šviežią orą [38]. Nuo rekuperacinės šildymo – vėdinimo sistemos priklauso gyventojų gyvenimo kokybė, nes lemiamą reikšmę turi minimali oro kaita. Dėl netinkamos oro kaitos atsiranda drėgmė, o nuo statybinių konstrukcijų išgaravusių medžiagų kenksmingi sveikatai kvapai. Viršijus ribinę vertę, gyventojus kamuoja galvos skausmas, nuovargis ar dėmesio koncentracijos trūkumas. Todėl svarbu tinkamai sumontuoti, bei įrengti rekuperacinę sistemą (žr. 1.10.1 pav.).



1.10.1 pav. Vėdinimo sistemos schema [39]

Pagrindinis principas projektuojant rekuperacinę sistemą pasyviems namams yra pašalinti iš patalpų orą, kuris turi didžiausią taršą. Todėl pirmiausia iš sanitarinių mazgų ir virtuvės pašalinamas oras (1.9.1 pav. pažymėtas rusva spalva). Tokiu pat principu šviežias oras (1.9.1 pav. pažymėtas žalsva spalva) yra tiekiamas į gyvenamąsias patalpas, t.y. svetainę, vaikų kambarį ir miegamąjį. Jei šilumokaitis yra pakankamai ilgas, galimas 100 % temperatūrų gražinimo principas.

Gyventojų sveikatai ir komfortui palaikyti yra svarbiausias pasyvaus namo projekto tikslas. Tačiau to pasiekti negalime jei tik suterštą orą keisime su šviežiu oru atidarinėdami langą arba naudosime paprastą ventiliacijos sistemą. Paprastos ventiliacijos sistemos šilumos nuostoliai yra labai dideli, kurie įtakos pasyviam namui keliamus elektros energijos suvartojimo reikalavimus [39]. Norint pasiekti norminę oro kaitą, naudojant paprastą šildymo vėdinimo sistema, vidurio Europos būstuose, sunaudojamas elektros energijos kiekis bus tarp 20 – 30kWh/(m²). Ir šie rezultatai rodo, kad toks elektros energijos poreikis yra didesnis negu reikalauja pasyvaus namo standartas bendram elektros energijos suvartojimo dydžiu [40].

Ventiliacijos veikimo principas yra, kad per vamzdžių sistemą, panaudojant elektros motorų varomus ventiliatorius, išorės oras yra įtraukiamas į vidų. Tuomet oras filtruojamas ir keliauja į šilumos keitiklį, kur pašildomas iki norimos temperatūros ir keliauja į individualias erdves (gyvenamuosius, miegamuosius kambarius, klases, darbo vietas). Panaudotas oras iš virtuvės, vonios, tualetų yra ištraukiamas kitos vamzdžių sistemos, keliauja iki šilumos keitiklio ir

iš čia pašalinamas lauk. Vienam asmeniui reikalingas oro kiekis siekia maždaug 20-30 m³/h. Kontroliuojama ventiliacijos sistema su šilumos atgavimu yra reikalinga visiems energetiškai efektyviems pastatams. Geros šilumos atgavimo sistemos efektyvumas viršija 90 %. Vidurio Europoje pasyviųjų namų standartas gali būti pasiektas tik su labai veiksmingu šilumos panaudojimu [39].

Norint pasiekti pasyvaus namo standartą, rekomenduojama įrengti ne tik rekuperacinę vėdinimo sistemą, bet ir geoterminio šildymo sistemą, kad patalpų šildymui būtų panaudojami geoterminiai resursai [38]. Panaudojus geoterminį šildymą atsiranda papildoma galimybė padidinti ventiliacijos sistemų veiksmingumą panaudojus žemėje esančią šilumą. Žiemą dirvožemis turi aukštesnę temperatūrą negu lauko oras, o vasarą atvirkščiai. Todėl žiemą oras gali būti pašildytas vamzdžiuose, kurie yra įkasti žemiau žemės išalo gylio, o vasarą atvėsintas [40].

Vokietijoje atlikti sistemingi tyrimai gyvenamosiose patalpose parodė, kad tinkamai paskirstytas grynas oras visuose kambariuose, kuriuose yra tiekiamojo oro sklendės gali būti įgyvendintas pasyvaus namo projekte. Dėl šios priežasties šiuo metu yra sukurti šilumokaičiai, kurie gali pasiekti 75 %-95 % šilumos atgavimo. Didelio regeneravimo įrenginiai buvo sukurti specialiai pasyviųjų namų statybos pritaikymui. Ši įranga turi atskiras dujų išmetimo ir gryno oro tiekimo sklendes, kuriai funkcionuoti reikia mažai elektros energijos. Su tokiu veiksmingu šilumos panaudojimu, vėdinimo sistemos nuostoliai bus nuo 2 iki 7 kWh / (m²), tokie rezultatai tenkina pasyvaus namo standarto sąlygas. Taip pat šilumos atgavimą padidins tiekiamo oro į patalpas temperatūra, kuri labai artima kambario oro temperatūrai. Tai atveria galimybę sumažinti šilumos nuostolius ir sumažinti šilumos paskirstymo sąnaudas namuose. Tik aukštos kokybės vėdinimo technologija tinka pasyviesiems namams [40]. Pasyviajame name šilumos nuostoliai ir reikalinga šildymo galia yra nedidelė, todėl galima atsisakyti tradicinės šildymo sistemos - radiatorių arba grindinio šildymo [38].

2. EKSPERIMENTINĖ – TIRIAMOJI DALIS

2.1 Šilumos nuostolių per pastato aitvaras, kurios ribojasi su gruntu, skaičiavimai

Nuolat kylančios dujų ir naftos kainos nulėmė šiuolaikinių statybos naujovių atsiradimą ir poreikį. Taip pat tiesiogiai ir ekonomiškai efektyviausias būdas sumažinti anglies dioksido išmetimą į aplinką yra sumažintos elektros energijos sąnaudos, kurios turi įtakos klimato atšilimui. Dėl šių priežasčių yra svarbu, kad Lietuvoje suprojektuoti pasyviųjų namų projektai atitiktų pasyviojo namo standartą, kurio elektros energijos sąnaudos šildymui ir vėdinimui yra tik 15 kWh/m² per metus, o vieno – dviejų aukštų vienbučiams ir daugiabučiams, įskaitant mansardas, maksimalios šilumos suvartojimo normos šildymui yra 50 kWh/m² per mėnesį.

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų šilumos perdavimo nuostolius per pastato aitvaras, kurios ribojasi su gruntu. Taip pat kiekvienam iš šių projektų, jų geometriniams parametrų, pritaikome vokiečių siūlomus konstrukcinius sprendimus ir atitinkamai apskaičiuojame šilumos nuostolius per pastato aitvarą, kuri ribojasi su gruntu. Priimame, kad abu projektai yra be rūšio. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Skaičiavimams reikalingi pradiniai duomenys pateikti 2.1.1 lentelėje, juos įrašę į (1) - (14) formules, gausime šilumos nuostolius per skaičiuojamąją aitvarą. 2.1.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per pastato aitvaras, kurios ribojasi su gruntu, skaičiuoti

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
$A_{fg,i}$ (m ²)	105,83	134,07	105,83	134,07
A_p (m ²)	211,65	134,07	211,65	134,07
P (m)	42,12	49,2	42,12	49,2
λ_{gr} (W/m ² K)	2	2	2	2
δ (m)	2	2	2	2
R (m ² K/W)	10,00	16,13	6,67	6,67
U_{fg} (W/m ² K)	0,10	0,062	0,15	0,15
$\theta_{i,w}$ (°C)	24	24	24	24
$\theta_{i,s}$ (°C)	20	20	20	20
$U_{N,fg}$ (W/m ² K)	0,25	0,25	0,25	0,25
$U_{R,fg}$ (W/m ² K)	0,60	0,60	0,60	0,60
w (m)	0,55	0,45	0,55	0,45

Pagal pateiktą algoritmą skaičiuojame norminius $Q_{N.fg.}$ (kWh/(m²·metai)), atskaitinius $Q_{R.fg.}$ (kWh/(m²·metai)) ir skaičiuojamuosius Q_{fg} (kWh/(m²·metai)) šilumos nuostolius šildymo sezono laikotarpiu (220 parų) per pastato atitvaras, kurios ribojasi su gruntu pagal formules:

$$Q_{N.fg.} = 5,28 \cdot \Phi_{N.fg.} \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (1)$$

$$Q_{R.fg.} = 5,28 \cdot \Phi_{R.fg.} \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (2)$$

$$Q_{fg} = 5,28 \cdot \Phi_{fg} \cdot \frac{1}{A_p}. \quad (3)$$

Iš čia skaičiuojami norminiai $\Phi_{N.fg.}$ (W), atskaitiniai $\Phi_{R.fg.}$ (W) ir skaičiuojamieji Φ_{fg} (W) vidutiniai šilumos srautai šildymo sezono laikotarpiu per atitvaras, kurios ribojasi su gruntu, apskaičiuojami pagal formules:

$$\Phi_{N.fg.} = H_{N.fg.} \cdot (\bar{\theta}_i - 6,2) - 0,5 \cdot H_{pi} \cdot \hat{\theta}_i + 5,45 \cdot H_{pe}; \quad (4)$$

$$\Phi_{R.fg.} = H_{R.fg.} \cdot (\bar{\theta}_i - 6,2) - 0,5 \cdot H_{pi} \cdot \hat{\theta}_i + 5,45 \cdot H_{pe}; \quad (5)$$

$$\Phi_{fg} = H_{fg} \cdot (\bar{\theta}_i - 6,2) - 0,5 \cdot H_{pi} \cdot \hat{\theta}_i + 5,45 \cdot H_{pe}; \quad (6)$$

čia :

$$\bar{\theta}_i = 0,5 \cdot (\theta_{i.w.} + \theta_{i.s.}); \quad (7)$$

$$\hat{\theta}_i = 0,5 \cdot (\theta_{i.s.} - \theta_{i.w.}); \quad (8)$$

$H_{N.fg.}, H_{R.fg.}, H_{fg}$ – atitinkamai norminiai, atskaitiniai ir skaičiuojamieji pastovieji savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras, kurios ribojasi su gruntu (W/K);

H_{pi} – vidiniai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras, kurios ribojasi su gruntu, susiję su vidaus temperatūros kitimu (W/K);

H_{pe} – išoriniai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras, kurios ribojasi su gruntu, susiję su išorės temperatūros kitimu (W/K);

$\bar{\theta}_i$ – vidutinė metinė patalpų temperatūra, °C;

$\hat{\theta}_i$ – vidaus oro temperatūros metinė amplitudė (°C).

Priimame, kad grindys ant grunto yra apšiltintos vienodu ištisiniu horizontaliu termoizoliaciniu sluoksniu, o pakraščiuose nėra papildomai apšiltintos. Todėl norminiai $H_{N.fg.}$ (W/K), atskaitiniai $H_{R.fg.}$ (W/K) ir skaičiuojamieji H_{fg} (W/K) savitieji šilumos nuostoliai per grindis ant grunto apskaičiuojami pagal formules:

$$H_{N.fg.} = A_{fg.i.} \cdot U_{N.fg.}; \quad (9)$$

$$H_{R.fg.} = A_{fg.i.} \cdot U_{R.fg.}; \tag{10}$$

$$H_{fg} = A_{fg.i.} \cdot U_{fg}; \tag{11}$$

čia:

$A_{fg.i.}$ – grindų ant grunto plotas (m^2);

$U_{N.fg.}$ – norminis atitvarų, kurios ribojasi su gruntu, šilumos perdavimo koeficientas ($W/(m^2 \cdot K)$).

$U_{R.fg.}$ – atskaitinis atitvarų, kurios ribojasi su gruntu, šilumos perdavimo koeficientas ($W/(m^2 \cdot K)$).

U_{fg} – skaičiuojamasis grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas ($W/(m^2 \cdot K)$).

Vidiniai savitieji šilumos nuostoliai H_{pi} (W/K) apskaičiuojami pagal formulę:

$$H_{pi} = A \cdot \frac{\lambda_{gr}}{d_t} \cdot \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \frac{\delta}{d_t}\right)^2 + 1}} \tag{12}$$

Išoriniai savitieji šilumos nuostoliai H_{pe} (W/K) apskaičiuojami pagal formulę:

$$H_{pe} = 0,37 \cdot P \cdot \lambda_{gr} \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right) \tag{13}$$

d_t – atstojamasis grindų plokštės storis, išreikštas grunto sluoksnio storium (m):

$$d_t = w + \lambda_{gr} \cdot (R_{se} + R_f + R_{si}) \tag{14}$$

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.1.1 lentelės duomenis, gauname 2.1.2 lentelėje pateiktus duomenis.

2.1.2 lentelė. Šilumos nuostolių per pastato atitvaras, kurios ribojasi su gruntu, skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_{fg} (kWh/($m^2 \cdot$ metai)) šilumos nuostoliai	Norminiai $Q_{N.fg.}$ (kWh/($m^2 \cdot$ metai)), šilumos nuostoliai	Atskaitiniai $Q_{R.fg.}$ (kWh/($m^2 \cdot$ metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	4,43	10,69	25,29
Projektas „B“	5,15	27,32	65,17
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	6,77	10,82	25,42
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“	11,93	27,69	65,55

Iš apskaičiuotų duomenų galime daryti išvadą, kad atitvaros šilumos perdavimo koeficientas vienareikšmiškai nedaro įtakos atitinkamos atitvaros šilumos nuostoliams. Nors projekto „B“ šilumos perdavimo koeficientas yra 38 % geresnis už „A“ projekto, tačiau šilumos nuostoliai „A“ projekte yra 14 % mažesni. Šiuo atveju šilumos nuostoliams didesnę įtaką daro ne šilumos perdavimo koeficientas, o atitvaros, kuri liečiasi su gruntu, santykis su pastato

naudinguoju plotu. Projekto „A“ atitvaros, kuri liečiasi su gruntu, ploto santykis su pastato naudinguoju plotu yra 1:2, o projekto „B“ – 1:1. Tad šiuo atveju tai turėjo įtakos šilumos nuostolių per nagrinėjamą atitvarą gautai reikšmei. Tačiau, jei nagrinėjamiems projektams būtų taikomos šiuo metu Lietuvoje priimta norminė šilumos perdavimo koeficiento per aitvaras reikšmė - $U_N=0.25$ (W/m²K), tai šilumos nuostoliai būtų 2-3 kartus didesni už pasyviojo namo standarto nuostolius ir lygiagrečiai kaina šildymui padidėtų nuo 40 % iki 60 %.

2.2. Šilumos nuostolių per pastato sienas skaičiavimai

Visuose nagrinėjamose sienų detalių variantuose yra naudojamos skirtingos izoliacinės medžiagos ir skirtingos sienų konstrukcijų medžiagos. Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų šilumos perdavimo nuostolius, taip pat kiekvienam iš šių projektų pritaikome vokiečių siūlomus konstrukcinius sprendimus ir atitinkamai apskaičiuojame šilumos nuostolius per pastato sienas, kurios ribojasi su išore. Priimame, kad visos sienos yra tarp patalpų ir išorės ir sienų detalė yra ta pati visu perimetru. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys, reikalingi sienos šilumos nuostoliams apskaičiuoti pateikti 2.2.1 lentelėje.

2.2.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per pastato sienas apskaičiuoti

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
$A_{w,e,sum}$ (m ²)	201,18	118,42	201,18	118,42
$A_{w,e}$ (m ²)	201,18	118,42	201,18	118,42
A_p (m ²)	211,65	134,07	212,34	134,07
R_w (m ² K/W)	8,33	11,49	8,33	11,49
U_w (W/m ² K)	0,12	0,087	0,12	0,12
$\theta_{i,w}$ (°C)	20	20	20	20
$U_{N,w}$ (W/m ² K)	0,20	0,20	0,20	0,20
$U_{R,w}$ (W/m ² K)	0,78	0,78	0,78	0,78
k_w (m)	1	1	1	1

Norminiai $Q_{N,w}$ (kWh/(m²·metai)), atskaitiniai $Q_{R,w}$ (kWh/(m²·metai)) ir skaičiuojamieji Q_w (kWh/(m²·metai)) šilumos nuostoliai šildymo sezono laikotarpiu per pastato sienas apskaičiuojami pagal formules:

$$Q_{N,w} = 105,6 \cdot A_{w,e,sum} \cdot U_{N,w} \cdot k_w \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (15)$$

$$Q_{R,w} = 5,28 \cdot A_{w,e,sum} \cdot U_{R,w} \cdot k_w \cdot (\theta_{i,w} - 0,6) \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (16)$$

$$Q_w = 5,28 \cdot \sum (A_{w.e.} \cdot U_w \cdot k_w) \cdot (\theta_{i.w.} - 0,6) \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (17)$$

čia:

$A_{w.e.sum.}$ – suminis sienų plotas (m^2);

$A_{w.e.}$ – atitinkamos sienos plotas, (m^2);

A_p – pastato naudingasis plotas, m^2 ;

$U_{N.w.}$ – sienų norminis šilumos perdavimo koeficientas ($W/(m^2 \cdot K)$);

$U_{R.w.}$ – sienų atskaitinis šilumos perdavimo koeficientas ($W/(m^2 \cdot K)$);

U_w – atitinkamos sienos skaičiuojamasis šilumos perdavimo koeficientas ($W/(m^2 \cdot K)$);

$\theta_{i.w.}$ – vidutinė pastato patalpų temperatūra šildymo sezono metu ($^{\circ}C$);

k_w – pataisos koeficientas.

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.2.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti (2.2.2) lentelėje.

2.2.2 lentelė. Šilumos nuostolių per sienas skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_w (kWh/($m^2 \cdot$ metai)) šilumos nuostoliai	Norminiai $Q_{N.w.}$ (kWh/($m^2 \cdot$ metai)), šilumos nuostoliai	Atskaitiniai $Q_{R.w.}$ (kWh/($m^2 \cdot$ metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	11,68	17,67	67,54
Projektas „B“	7,87	21,12	69,88
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	11,68	17,67	67,54
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“	10,86	21,12	69,88

Iš 2.2.2 lentėje pateiktų duomenų matome, kad mažiausi šilumos nuostoliai per sienas yra pastato „B“, nes šilumos perdavimo koeficiento reikšmė yra 28 % geresnė, nei pastato „A“, dėl to šilumos nuostolių skaičiuojamoji reikšmė yra 48 % mažesnė negu projekto „A“. Šiuo atveju nagrinėjamos atitvaros ploto santykis su naudingą pastato plotu neturėjo įtakos, nes visų projektų šis plotų santykis buvo artimas 1:1. Tačiau, jei projekto „B“ sienos šilumos perdavimo koeficientą padidinsime 28 % ir gausime $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, šilumos nuostoliai padidės 38 %. Šiuo atveju galime daryti išvadą, kad norint sumažinti šilumos nuostolius per sieną, reikia didinti varžą iki optimalios reikšmės ir nereikėtų didinti patalpų aukšto aukščio, nes tokiu atveju sienų plotas bus didesnis nei naudingasis pastato plotas ir šilumos nuostoliai ženkliai padidės.

2.3. Šilumos nuostolių per pastato stogą skaičiavimai

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų šilumos perdavimo nuostolius, taip pat kiekvienam iš šių projektų pritaikome Vokiečių siūlomus sprendimus ir atitinkamai paskaičiuojame šilumos nuostolius per pastato stogą. Priimame, kad stogo pataisos koeficientas yra lygus vienam. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys reikalingi sienos šilumos nuostoliams apskaičiuoti pateikti 2.3.1 lentelėje.

2.3.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per pastato stogą apskaičiuoti

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
$A_{r,e}$ (m ²)	118,80	154,58	118,80	154,58
A_p (m ²)	211,65	134,07	211,65	134,07
U_r (W/m ² K)	0,08	0,063	0,10	0,10
$\theta_{i,w}$ (°C)	20	20	20	20
$U_{N,r}$ (W/m ² K)	0,16	0,16	0,16	0,16
$U_{R,r}$ (W/m ² K)	0,55	0,55	0,55	0,55
k_r	1	1	1	1

Skaičiuojame norminius $Q_{N,r}$ (kWh/(m²·metai)), atskaitinius $Q_{R,r}$ (kWh/(m²·metai)), ir skaičiuojamuosius Q_r (kWh/(m²·metai)), šilumos nuostolius šildymo sezono laikotarpiu per pastato stogą pagal formules:

$$Q_{N,r} = 105,6 \cdot A_{r,e.sum} \cdot U_{N,r} \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (18)$$

$$Q_{R,r} = 5,28 \cdot A_{r,e.sum} \cdot U_{R,r} \cdot (\theta_{i,w} - 0,6) \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (19)$$

$$Q_r = 5,28 \cdot \sum (A_{r,e} \cdot U_r \cdot k_r) \cdot (\theta_{i,w} - 0,6) \cdot \frac{1}{A_p}; \quad (20)$$

čia:

$A_{r,e.sum}$ – suminis stogo plotas (m²);

$A_{r,e}$ – atitinkamo stogo plotas (m²);

A_p – pastato naudingasis plotas (m²);

$U_{N,r}$ – stogų norminis šilumos perdavimo koeficientas (W/(m²·K));

$U_{R,r}$ – stogų atskaitinis šilumos perdavimo koeficientas (W/(m²·K));

U_r – atitinkamo stogo skaičiuojamasis šilumos perdavimo koeficientas (W/(m²·K));

$\theta_{i.w.}$ – vidutinė pastato patalpų temperatūra šildymo sezono metu (°C) ;

k_r – pataisos koeficientas.

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.3.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti (2.3.2) lentelėje.

2.3.2 lentelė. Šilumos nuostolių per pastato stogą skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_r (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai	Norminiai $Q_{N.r.}$ (kWh/(m ² ·metai)), šilumos nuostoliai	Atskaitiniai $Q_{R.r.}$ (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	4,59	10,04	33,83
Projektas „B“	7,44	20,22	68,13
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	5,75	10,04	33,83
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	11,81	20,22	68,13

Iš pradinių duomenų matome, kad projekto „B“ šilumos perdavimo koeficientas yra 21 % geresnis, negu projekto „A“, tačiau šilumos nuostoliai, vienam kvadratiniam metrui pastato naudingo ploto, yra 38 % didesni negu projekto „A“. Šiuo atveju šioms skaičiuojamosioms šilumos nuostolių reikšmėms įtakos turėjo stogo ploto santykis su pastato naudingu plotu, nes projekte „B“ stogo plotas yra 1,15 kartų didesnis negu pastato naudingas plotas, tuo tarpu projekte „A“ 0,56 karto mažesnis. Todėl norint išvengti didelių šilumos nuostolių per stogą reikia, kad stogo plotas būtų mažesnis arba artimas naudingo ploto reikšmei. Tačiau, jei nagrinėjamiems projektams būtų taikomos šiuo metu Lietuvoje priimta norminė šilumos perdavimo koeficiento per aitvaras reikšmės - $U_N=0.16$ (W/m²K), tai šilumos nuostoliai atitinkamai ir šildymo kaštai padidėtų 118 % - 171 %.

2.4. Šilumos nuostoliai per skaidrias konstrukcijas

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų šilumos perdavimo nuostolius, taip pat kiekvienam iš šių projektų pritaikome Vokiečių siūlomas sprendimus ir atitinkamai paskaičiuojame šilumos nuostolius per pastato skaidrias konstrukcijas. Priimame, kad visos skaidrios konstrukcijos yra tarp patalpos ir išorės. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys reikalingi šilumos nuostoliams paskaičiuoti pateikti 2.4.1 lentelėje.

2.4.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams per skaidrias konstrukcijas apskaičiuoti

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
$A_{wd,e,sum}$ (m ²)	65,33	31,04	65,33	31,04
A_p (m ²)	211,65	134,07	211,65	134,07
U_{wd} (W/m ² K)	0,75	0,80	0,80	0,80
$\theta_{i,w}$ (°C)	20	20	20	20
$U_{N,wd}$ (W/m ² K)	1.30	1.30	0,16	0,16
$U_{R,wd}$ (W/m ² K)	2.37	2.37	0,55	0,55
k_w (m)	1	1	1	1

Norminiai $Q_{N,wd}$ (kWh/(m²·metai)), atskaitiniai $Q_{R,wd}$ (kWh/(m²·metai)) ir skaičiuojamieji Q_{wd} (kWh/(m²·metai)) šilumos nuostoliai šildymo sezono laikotarpiu per pastato langus apskaičiuojami pagal formules:

$$Q_{wd} = 5,28 \cdot \sum (A_{wd,e} \cdot U_{wd} \cdot k_{wd}) \cdot (\theta_{i,w} - 0,6) \cdot \frac{I}{A_p}; \tag{21}$$

čia:

$A_{wd,e,sum}$ – suminis langų plotas (m²);

$A_{wd,e}$ – atitinkamų langų plotas (m²);

A_p – pastato naudingasis plotas (m²);

$U_{N,wd}$ – langų norminis šilumos perdavimo koeficientas (W/(m²·K);

$\theta_{i,w}$ – vidutinė pastato patalpų temperatūra šildymo sezono metu (°C);

k_{wd} – pataisos koeficientas.

I šias formules įrašę duomenis iš 2.4.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti 2.4.2 lentelėje.

2.4.2 lentelė. Šilumos nuostolių per pastato skaidrias konstrukcijas skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_{wd} (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	23,71
Projektas „B“	18,97
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	23,71
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“	18,97

Pasyviems namas yra rekomenduojami specialūs langai, kurių šilumos perdavimo koeficiento reikšmės yra 0,75-0,80 (W/m²K). Visiems nagrinėjamiems projektams, buvo suprojektuoti dviejų kamerų, trijų stiklų langai. Mažiausi šilumos nuostoliai yra projekte „B“, kurie 20 % mažesni negu projekto „A“, nors šilumos perdavimo koeficientas yra 0,05 W/m²K geresnis negu projekto

„B“. Šiems rezultatams darė įtaką langų plotų santykis su naudingą plotu. Nes projekte „A“ langai sudaro 32 % naudingą plotą, o tuo tarpu projekte „B“ tik 23 %. Todėl norint išvendi didelių šilumos nuosolių per langus, reikia minimizuoti jų plotą. Tačiau, jei nagrinėjamiems projektams būtų taikomos šiuo metu Lietuvoje priimta norminė šilumos perdavimo koeficiento per aitvaras reikšmės $U_N=1.60 \text{ W/m}^2\text{K}$, tai šilumos nuostoliai atitinkamai ir šildymo kaštai padidėtų 100 % - 113 %.

2.5. Šilumos nuostolių dėl išorinių įėjimo durų varstymo skaičiavimas

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų šilumos nuostolius, dėl išorinių durų varstymo. Priimame, kad yra vienerios durys be tambūro. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys reikalingi šilumos nuostoliams paskaičiuoti pateikti 2.5.1 lentelėje.

2.5.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos nuostoliams dėl išorinių durų varstymo apskaičiuoti

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
$A_o \text{ (m}^2\text{)}$	60	60	60	60
k_{d1}	7	7	7	7
k_{d2}	1	1	1	1
$h \text{ (m)}$	6,15	3,05	6,15	3,05

Šilumos nuostoliai šildymo sezono laikotarpiu dėl išorinių įėjimo durų varstymo Q_{d1} (kWh/(m²·metai)), apskaičiuojami pagal formulę:

$$Q_{d1} = 2,15 \cdot \frac{1}{A_o} \cdot k_{d1} \cdot k_{d2} \cdot (1 + 0,2 \cdot h); \quad (22)$$

čia:

Q_{d1} , – skaičiuojamieji šilumos nuostoliai dėl durų varstymo (kWh/(m²·metai));

A_o – plotas vienam žmogui (m²);

k_{d1} – pataisos koeficientas, įvertinantis išorinių įėjimo durų varstymo dažnumą įvairios paskirties pastatuose;

k_{d2} – pataisos koeficientas, įvertinantis išorinių įėjimo durų tipą. Koeficiento vertė parenkama;

h – pastato aukštis (m).

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.5.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti 2.5.2 lentelėje.

2.5.2 lentelė. Šilumos nuostolių dėl išorinių durų varstymo skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_{dl} (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	0,31
Projektas „B“	0,40
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	0,31
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	0,40

Šilumos nuostoliai dėl išorinių durų varstymo yra minimalūs. Šiuo atveju rezultatai priklauso nuo gyventojų įpročių ir nuo pastato aukščio.

2.6. Energijos sąnaudos pastato vėdinimui skaičiavimas

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų energijos sąnaudas pastato vėdinimui. Pastatai mechaninio vėdinimo su rekuperacine sistema. Rekuperacinės sistemos efektyvumas pasyviems namas turi būti 75 %-90 %. Priimame, kad šiuo atveju yra 90 %. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys reikalingi šilumos nuostoliams paskaičiuoti pateikti 2.6.1 lentelėje.

2.6.1 lentelė. Pradiniai duomenys energijos sąnaudoms pastato vėdinimui apskaičiuoti

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
A_r (m ²)	211,65	134,07	211,65	134,07
A_p (m ²)	211,65	134,07	211,65	134,07
η_r	0,90	0,90	0,90	0,90
Φ_r (m)	35	35	35	35
v_o (m ³ /(m ² ·h))	0,7	0,7	0,7	0,7
$\theta_{i,w}$ (°C)	20	20	20	20

Norminės $Q_{N,vent.}$ (kWh/(m²·metai)), atskaitinės $Q_{R,vent.}$ (kWh/(m²·metai)) ir skaičiuojamosios Q_{vent} (kWh/(m²·metai)) energijos sąnaudos pastato vėdinimui šildymo sezono laikotarpiu apskaičiuojamos pagal formules:

$$Q_{vent} = 1,77 \cdot \frac{A_r}{A_p} \cdot v_0 \cdot (\theta_{i.w.} - 0,6)(1 - \eta_r) + 8,76 \cdot \frac{A_r}{A_p^2} \cdot \Phi_r; \quad (23)$$

čia:

v_0 – išorės oro kiekis 1 m² pastato vėdinimui (m³/(m²·h));

A_r – pastato naudingasis plotas, kuriame įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema (m²);

A_p – pastato naudingasis plotas (m²);

η_r – mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistemos skaičiuojamasis naudingumo koeficientas, vieneto dalys;

Φ_r – mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistemos elektrinės dalies galingumas (W).

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.6.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti 2.6.2 lentelėje.

2.6.2 lentelė. Energijos sąnaudos pastato vėdinimui skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_{vent} (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	3,85
Projektas „B“	4,69
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	3,85
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“	4,69

Energijos sąnaudos pastato vėdinimui darė įtaką vėdinimo sistemos parinkimas. Norint įgyvendinti pasyvių namų standartą reikia įdiegti šilumokaitį, kuris gali pasiekti 75 %-95 % šilumos atgavimą. Su tokiu vėdinimo sistemos veiksmingu šilumos panaudojimu, vėdinimo sistemos nuostoliai turi būti nuo 2 kWh / m² iki 7 kWh / m². Mūsų nagrinėjamiems projektams įdiegus mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistemą, pasyvaus namo standarto sąlygas tenkina.

2.7. Šilumos pritekėjimas iš išorės skaičiavimas

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų šilumos pritekėjimą iš išorės per langus. Šildymo sezono laikotarpiu saulės spinduliuojamos šiluminės energijos kiekis didžiausias kaip langai yra orientuoti PV-PR pusėje, tuomet yra didžiausi šilumos pritekėjimai iš išorės. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys reikalingi šilumos nuostoliams paskaičiuoti pateikti 2.7.1 lentelėje.

2.7.1 lentelė. Pradiniai duomenys šilumos pritekėjimui iš išorės skaičiavimui

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
$A_{wd.e}$ (m ²)PV*350	31,12	-	31,12	-
$A_{wd.e}$ (m ²)PR*350	7,03	19,71	7,03	19,71
$A_{wd.e}$ (m ²)ŠV*175	15,63	4,50	15,63	4,50
$A_{wd.e}$ (m ²)ŠR*250	9,04	6,83	9,04	6,83
A_p (m ²)	211,65	134,07	211,65	134,07
g	0,5	0,5	0,5	0,5

Skaičiuojant šilumos pritekėjimus iš išorės, vertinamas saulės šiluminės energijos kiekis, patenkantis į pastatą per langus šildymo sezono laikotarpiu. Šilumos pritekėjimai į pastatą iš išorės Q_e (kWh/(m²·metai)) apskaičiuojami pagal formulę:

$$Q_e = \frac{0,67}{A_p} \cdot \sum (A_{wd.e} \cdot q_e \cdot g); \quad (24)$$

čia:

q_e – šildymo sezono laikotarpiu saulės spinduliuojamos šiluminės energijos kiekis atitinkamai orientuoto paviršiaus ploto vienetui (kWh/(m²·metai));

$A_{wd.e}$ – orientacijos kryptimis orientuoto lango plotas (m²);

g – įstiklinimo visuminės saulės energijos praleisties koeficientas.

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.7.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti (2.7.2) lentelėje.

2.7.2 lentelė. Šilumos pritekėjimai iš išorės skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_e (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	27,36
Projektas „B“	20,69
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	27,36
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	20,69

Pasyviesiems namams rekomenduojami langai su labai didele varža, dėl šios priežasties šilumos nuostolius per langus kompensuoja šilumos pritekėjimai iš išorės. Išoriniai pritekėjimai projekte „A“ šilumos nuostolius per langą kompensuoja 115 %, o projekte „B“ 109 %.

2.8. Vidinių šilumos išsiskyrimų skaičiavimas

Skaičiuojame „A“ ir „B“ projektų, bei jų geometrinei formai pritaikę vokiečių siūlomus konstrukcinius sprendimus, vidinius šilumos išsiskyrimus. Skaičiavimai atlikti remiantis STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“. Pagrindiniai duomenys reikalingi šilumos nuostoliams paskaičiuoti pateikti 2.8.1 lentelėje.

2.8.1 lentelė. Pradiniai duomenys vidinių šilumos išsiskyrimų skaičiavimui

Rodikliai	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
t (h)	12	12	12	12
g_v (W/m ²).	1,2	1,2	1,2	1,2
A_o (m ²)	60	60	60	60
g_o (W).	70	70	70	70

Skaičiuojant vidinius šilumos išsiskyrimus, vertinamas žmogaus išskiriama energijos kiekis plus šilumos kiekis, išsiskiriantis iš vidinių šilumos šaltinių šildymo sezono laikotarpiu. Vidiniai šilumos išsiskyrimai Q_i , (kWh/(m²·metai)), apskaičiuojami pagal formulę:

$$Q_i = 0,22 \cdot \frac{g_o \cdot t}{A_o} + 5,28 \cdot g_v; \quad (25)$$

čia:

g_o – žmogaus išskiriama šiluma (W);

t – žmonių buvimo patalpoje laikas per parą (h);

A_o – plotas vienam žmogui (m²);

g_v – šilumos išsiskyrimai iš vidinių šilumos šaltinių pastato ploto vienetai.

Į šias formules įrašę duomenis iš 2.8.1 lentelės gausime tokius rezultatus, kurie pateikti (2.8.2) lentelėje.

2.8.2 lentelė. Šilumos pritekėjimai iš išorės skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Skaičiuojamieji Q_i (kWh/(m ² ·metai)) šilumos nuostoliai
Projektas „A“	9,42
Projektas „B“	9,42
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	9,42
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	9,42

Šilumos pritekėjimas iš išorės visuose projektuose apskaičiuoti remiantis normine žmogaus išskiriama šiluma. Todėl šie rodikliai vertinant alternatyvas viena kitos atžvilgiu įtakos neturės, nes jei yra vienodi, tačiau įeis į bendrus šilumos nuostolių skaičiavimus.

2.9. Pastato suminių energijos sąnaudų skaičiavimas

Skaičiuojame projektų „A“ ir „B“, bei jų geometrinėms formoms pritaikę vokiečių siūlomas detales, sumines energijos sąnaudas pagal formulę:

Skaičiuojamosios suminės - Q_{sum} (kWh/(m²·metai)), pastato energijos sąnaudos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$Q_{sum} = Q_w + Q_r + Q_{fg} + Q_{wd} + Q_{dl} + Q_{vent} - Q_e - Q_i; \quad (26)$$

čia:

Q_w - šilumos nuostoliai per pastato sienas (kWh/(m²·metai)),

Q_r - šilumos nuostoliai per pastato stogą (kWh/(m²·metai)),

Q_{fg} - šilumos nuostoliai per pastato sienas (kWh/(m²·metai)),

Q_{wd} - šilumos nuostoliai per skaidrias konstrukcijas (kWh/(m²·metai)),

Q_{dl} - šilumos nuostoliai dėl išorinių įėjimo durų varstymo (kWh/(m²·metai)),

Q_{vent} - šilumos nuostoliai dėl pastato vėdinimo (kWh/(m²·metai)),

Q_e - šilumos pritekėjimai iš išorės (kWh/(m²·metai)),

Q_i - vidiniai šilumos išsiskyrimai (kWh/(m²·metai)).

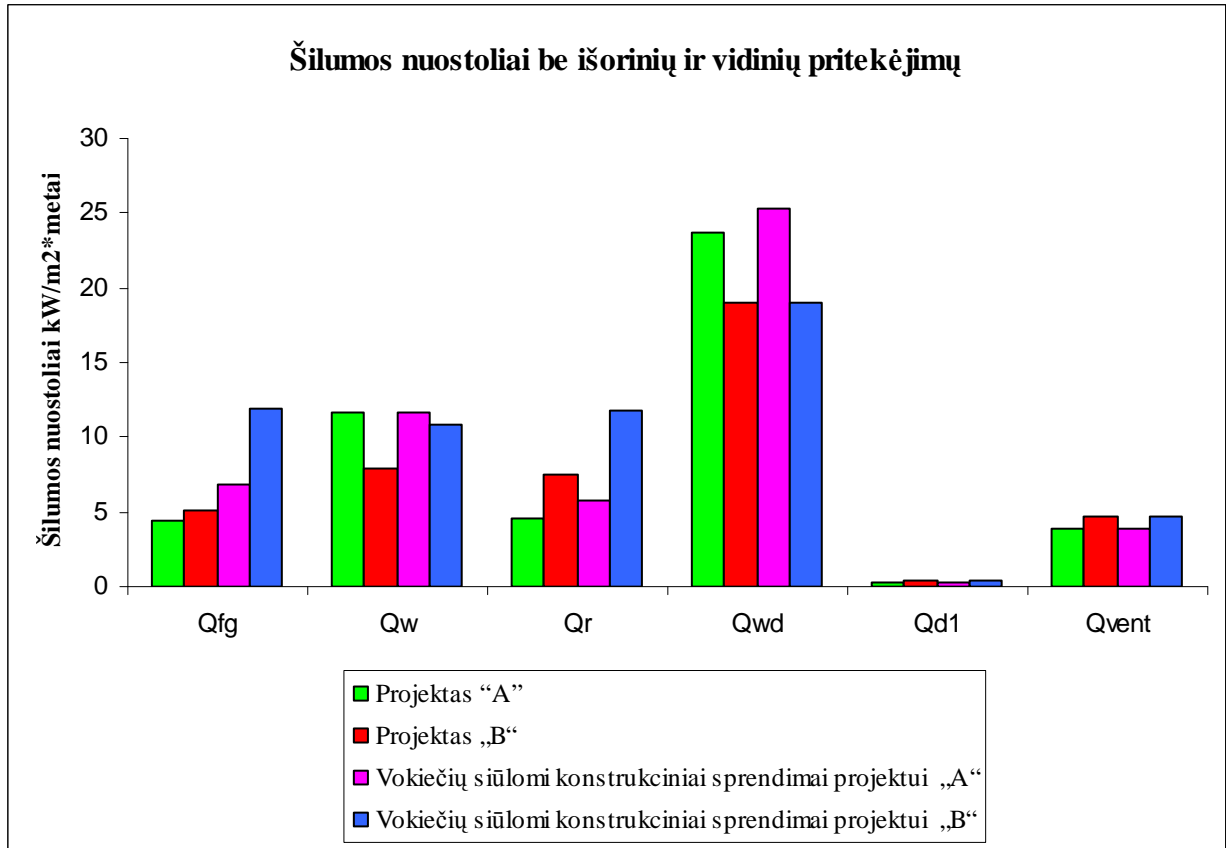
Įstatę ankščiau suskaičiuotas reikšmes į (26) formulę, gauname 2.9.1 lentelėje pateiktus rezultatus.

2.9.1 lentelė. Pastatų, suminių energijos sąnaudų, skaičiavimo rezultatai

Alternatyvos	Q_{fg}	Q_w	Q_r	Q_{wd}	Q_{dl}	Q_{vent}	Q_e	Q_i	Σ
Projektas „A“	4.43	11.68	4.59	23.71	0.31	3.85	27.36	9.42	11.79
Projektas „B“	5.15	7.87	7.44	18.97	0.4	4.69	20.69	9.42	14.41
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	6.77	11.68	5.75	25.29	0.31	3.85	27.36	9.42	16.87
Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“	11.93	10.86	11.81	18.97	0.4	4.69	20.69	9.42	28.55

Pagal suminius energijos sąnaudų rezultatus matome, kad projektas „A“ ir projektas „B“, tai namai, kurie atitinka pasyviojo namo standartą, nes jų šilumos nuostoliai šildymui ir

vėdinimui neviršina 15 (kWh/(m²·metai)). Šilumos nuostolių be išorinių ir vidinių pritekėjimų pasiskirstymas pateiktas 2.9.1 pav. Matome, kad didžiausi šilumos nuostoliai išeina per skaidrias konstrukcijas, sienas, stogą ir per perdangą, kuri ribojasi su gruntu.



2.9.1 pav. Šilumos nuostoliai be išorinių ir vidinių pritekėjimų.

Gautus rezultatus panaudosime optimalios alternatyvos parinkimui. Kadangi skaidrios konstrukcijos, vėdinimo sistemos ir šilumos nuostoliai dėl išorinių įėjimo durų varstymo nepriklauso nuo nagrinėjamų pasyviųjų namų panaudotų konstrukcinių elementų, nes šiuo atveju jie yra pastovų, todėl vertinimas bus atliekamas pagal sienų, stogo ir perdangos ant grunto konstrukcijas.

2.10 Optimalios alternatyvos parinkimas

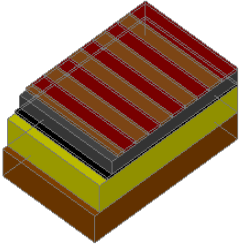
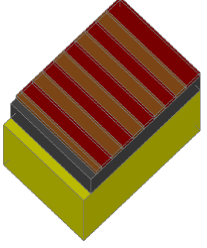
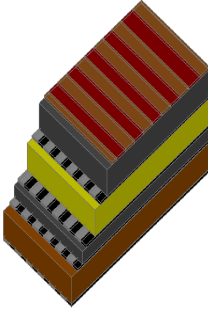
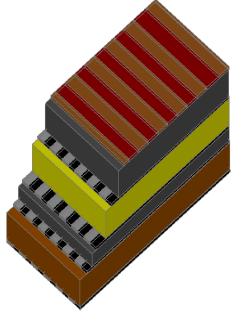
Norint išrinkti optimalią alternatyvą remiantis sprendimų paramos sistemomis, pirma sudarome konstrukcinių elementų: sienų, stogo ir perdangos ant grunto efektyvumo rodiklių kompleksą konstrukcijoms, per kurias šilumos nuostoliai yra didžiausi.

Grindų ant grunto, sienų ir stogo parinkimą lemia tokie rodikliai:

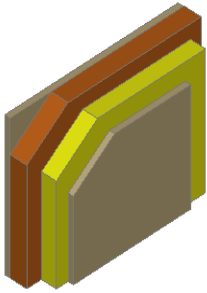
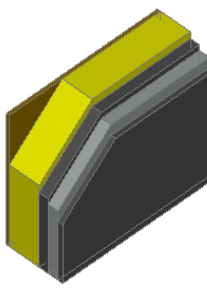
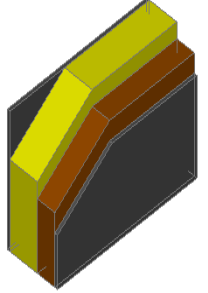
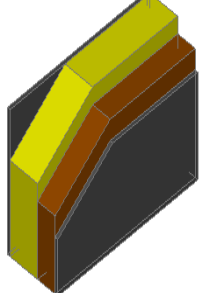
1. Eksploatacijos trukmė - tai ribinis laiko terminas metais iki kuriuo konstrukcija nepraranda gerųjų savo savybių tinkamai konstrukcijos eksploatacijai. Informacija panaudota iš 47 literatūros sąrašė esančio šalinio, t.y. remiantis vokiečių normomis.
2. Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas – tai kokybinis rodiklis, kuris vertinamas balais nuo 1 iki 3. Rodiklis vertina konstrukcijos technologijos sudėtingumą įgyvendinant jas statybų aikštelėje. Priklauso nuo konstrukcijos sudedamųjų dalių kiekio ir reikalingų mechanizmų.
 - – Labai geras - 3 balai;
 - - Geras - 2 balai;
 - - Patenkinamas - 1 balai.
3. Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniškumą – tai kokybinis rodiklis, įvertinantis kiekvienos atitvaros galimybę atlikti technologinius darbus neatsižvelgiant į metų laiką. Vertinimas atliekamas balais:
 - – Labai geras - 3 balai;
 - - Geras - 2 balai;
 - - Patenkinamas - 1 balai.
4. Šilumos nuostoliai (1m^2 / gyvenamojo ploto) – kiekybinis rodiklis, kurio reikšmės kiekvienai alternatyvai suskaičiuotos 2.1.1, 2.2.1 ir 2.3.1 lentelėse.
5. Šilumos nuostoliai (1m^3 / šildomo ploto) – kiekybinis rodiklis, kuris nurodo šilumos nuostolius 1m^3 šildomo ploto.
6. Kaina (100 %) - kiekybinis rodiklis. Kiekvienai alternatyvai, per skirtingas nagrinėjamas konstrukcijas, suskaičiavome kainas 1m^2 pagal nustatytas valstybines Lietuvos kainas 2009-10-01 kainų lygyje. Lokalinė sąmata peikta A priede. Priimame, kad projekto „A“ kaina yra 100 % ir nuo šio atskaitos rodiklio suskaičiuojame likusias procentines alternatyvų reikšmes.
7. Kaina 1m^2 (be PVM) - šis rodiklis nurodo kiekvienos alternatyvos kainą už 1m^2 be PVM Lietuvos valiuta.

Kiekvienos alternatyvos grindų ant grunto, sienų ir stogo šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės pateiktos 2.10.1, 2.10.2 ir 2.10.3 lentelėse.

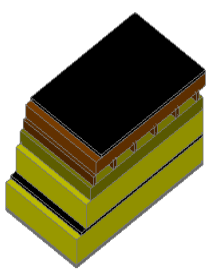
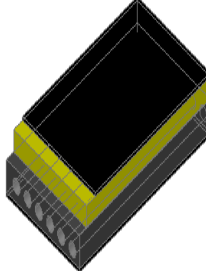

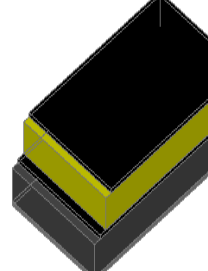
2.10.1 lentelė. Grindų ant grunto šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės

Grindų ant grunto šiltinimo sistemų rodikliai				
	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Eksplotacijos trukmė	40	40	40	40
Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas	••	•••	•	•
Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniškumą	•••	•••	•••	•••
Šilumos nuostoliai (1m ² /gyvenamojo ploto)	4,43	5,15	6,77	11,93
Šilumos nuostoliai 1m ³ šildomo ploto	4,43	5,15	6,77	11,93
Kaina (I variantas = 100%)	100	133	130	130
Kaina 1m ² (be PVM)	160 Lt	213 Lt	208 Lt	208 Lt

2.10.2 lentelė. Išorinių sienų šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės

Išorinių sienų šiltinimo sistemų rodikliai				
	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Eksploatacijos trukmė	30	30	30	30
Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas	●●●	●●	●●●	●●●
Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniškumą	●●	●	●●	●●
Šilumos nuostoliai (1m ² /gyvenamojo ploto)	11,68	7,87	11,68	10,86
Šilumos nuostoliai 1m ³	4,15	2,57	4,15	3,55
Kaina (I variantas = 100%)	100	422	101	101
Kaina 1m ² (be PVM)	205 Lt	865Lt	208 Lt	208Lt

2.10.3 lentelė. Stogo šiltinimo sistemų rodiklių reikšmės

Stogo šiltinimo sistemų rodikliai				
	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Eksplotacijos trukmė	30	30	30	30
Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas	•	•••	••	••
Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniskumą	••	•••	••	••
Šilumos nuostoliai (1m ² /gyvenamojo ploto)	4,59	7,44	5,75	11,81
Šilumos nuostoliai 1m ³	1,62	2,43	2,04	3,86
Kaina (I variantas = 100%)	100	123	118	118
Kaina 1m ² (be PVM)	240 Lt	295 Lt	282 Lt	282 Lt

Pagal 2.10.1, 2.10.2 ir 2.10.3 lentelėse pateiktus duomenis skaičiuojame svorius, remiantis ekspertine anketų apklausa. Ekspertų vertinimo anketos pavyzdys pateiktas B priede. Darbe bus naudojami tik apibendrinti ekspertų anketinės apklausos duomenys. Sviurių rodiklius nustatome ekspertinių vertinimo metodu. Buvo apklausti 42 ekspertai. Ekspertų nuomonių apdorojimui

panaudojome EKSP programą, kuri sukurta L.Ustinovičiaus, Statybos darbų technologijos katedra.

Lyginamųjų alternatyvų analizės rezultatai pateikiami sprendimų matricos pavidalu 2.10.4, 2.10.5 ir 2.10.6 lentelėse, kuriose nurodomos rodiklių reikšmingumų reikšmės, pateikiama kiekybinė, kokybinė ir koncepcinė informacija, išsamiai apibūdinanti nagrinėjamas alternatyvas.

2.10.4 lentelė. Sprendimų matrica pagal grindų ant grunto šiltinimo sistemos rodiklius

Rodikliai	Reikšmingumai	Min.	Kokyb.	Pasyvių namų alternatyvos			
		Max.	Kiekyb.	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Eksploatacijos trukmė	0,147	Max.	Kiekyb.	40	40	40	40
Santykinis gyvenimo technologijos sudėtingumas	0,135	Max.	Kokyb.	2	3	1	1
Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniškumą	0,132	Max.	Kokyb.	3	3	3	3
Šilumos nuostoliai (1m ² /gyvenamojo ploto)	0,150	Min.	Kiekyb.	4,43	5,15	6,77	11,93
Šilumos nuostoliai 1m ³	0,148	Min	Kiekyb.	1,57	1,68	2,40	3,90
Kaina (I variantas = 100%)	0,145	Min	Kiekyb.	100	133	130	130
Kaina 1m ² (be PVM)	0,144	Min	Kiekyb.	160 Lt	213 Lt	208 Lt	208 Lt

2.10.5 lentelė. Sprendimų matrica pagal išorinių sienų šiltinimo sistemos rodiklius

Rodiklis	Reikšming.	Min.	Kokyb.	Pasyvių namų alternatyvos			
		Max.	Kiekyb.	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Eksplatacijos trukmė	0,147	Max.	Kiekyb.	30	30	30	30
Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas	0,133	Max.	Kokyb.	3	2	3	3
Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniškumą	0,133	Max.	Kokyb.	2	1	2	2
Šilumos nuostoliai (1m ² /gyvenamojo ploto)	0,150	Min.	Kiekyb.	11,68	7,87	11,68	10,86
Šilumos nuostoliai 1m ³	0,148	Min.	Kiekyb.	4,15	2,57	4,15	3,55
Kaina (I variantas = 100%)	0,144	Min.	Kiekyb.	100	422	101	101
Kaina 1m ² (be PVM)	0,143	Min.	Kiekyb.	205 Lt	865Lt	208 Lt	208Lt

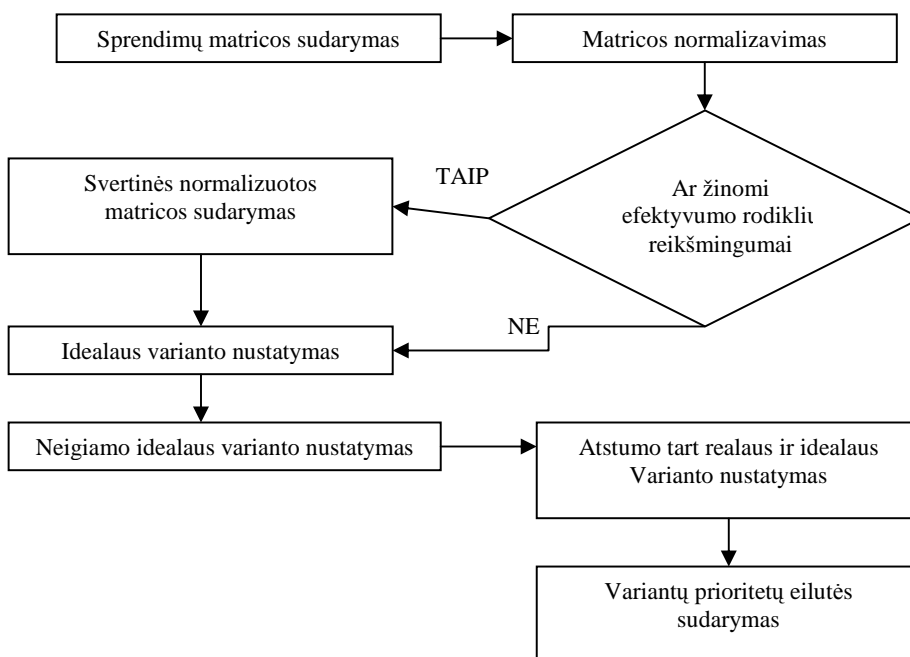
2.10.6 lentelė. Sprendimų matrica pagal stogo šiltinimo sistemos rodiklius

Rodiklis	Reikšming.	Min.	Kokyb.	Pasyvių namų alternatyvos			
		Max.	Kiekyb.	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
1	2	3	4	5	6	7	8
Eksplatacijos trukmė	0,147	Max.	Kiekyb.	30	30	30	30
Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas	0,133	Max.	Kokyb.	1	3	2	2
Galimybė atlikti statybos darbus neatsižvelgiant į sezoniškumą	0,135	Max.	Kokyb.	2	3	2	2
Šilumos nuostoliai (1m ² /gyvenamojo ploto)	0,149	Min.	Kiekyb.	4,59	7,44	5,75	11,81

2.5.6 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8
Šilumos nuostoliai 1m ³	0,148	Min	Kiekyb.	1,62	2,43	2,04	3,86
Kaina (I variantas = 100%)	0,144	Min	Kiekyb.	100	123	118	118
Kaina 1m ² (be PVM)	0,143	Min	Kiekyb.	240 Lt	295 Lt	282 Lt	282 Lt

Vienas iš labiausiai paplitusių daugiatakslio vertinimo metodų yra AHP (analitinis hierarchinis procesas). Šį metodą dažniausiai taiko JAV mokslininkai (Saaty, Skibniewski ir kiti), tačiau jis gerai žinomas ir kitose šalyse (Hsueh ir kt., Lai ir kt., Su ir kt., Ugwu ir kt., Wong ir kt.; Kauko ir t. t.). Šis metodas yra pritaikytas, vadybos, ekonomikos, statybos, karinėje, medicinos ir kitose mokslo bei praktinėse srityse. Gana plačiai yra taikomas artumo idealiajam taškui metodas – TOPSIS. Šis metodas pasiūlytas 1981 metais (Hwang ir Yoon). Šio metodo taikymo sritys panašios kaip ir AHP metodo. Vadybos, technologijos ir statybos srityse šį metodą taikė daugelis mokslininkų ir praktikų (Zavadskas; Ugwu; Hsueh ir kt.; Zavadskas ir Antucevičienė; Ginevičius ir Podviezko; Ustinovicius; Liu ir kt.) [41]. TOPSIS metodo skaičiavimo eigos aprašymas pateiktas 2.10.2 paveikslėlyje.



2.10.2. pav. TOPSIS metodo skaičiavimo eigos aprašymas

Pagal gautus duomenis sprendžiame daugiataksių uždavinį TOPSIS metodu, taikant kompiuterizuotą programą EPSS „Monolitas“, statybos darbų technologijos katedra.

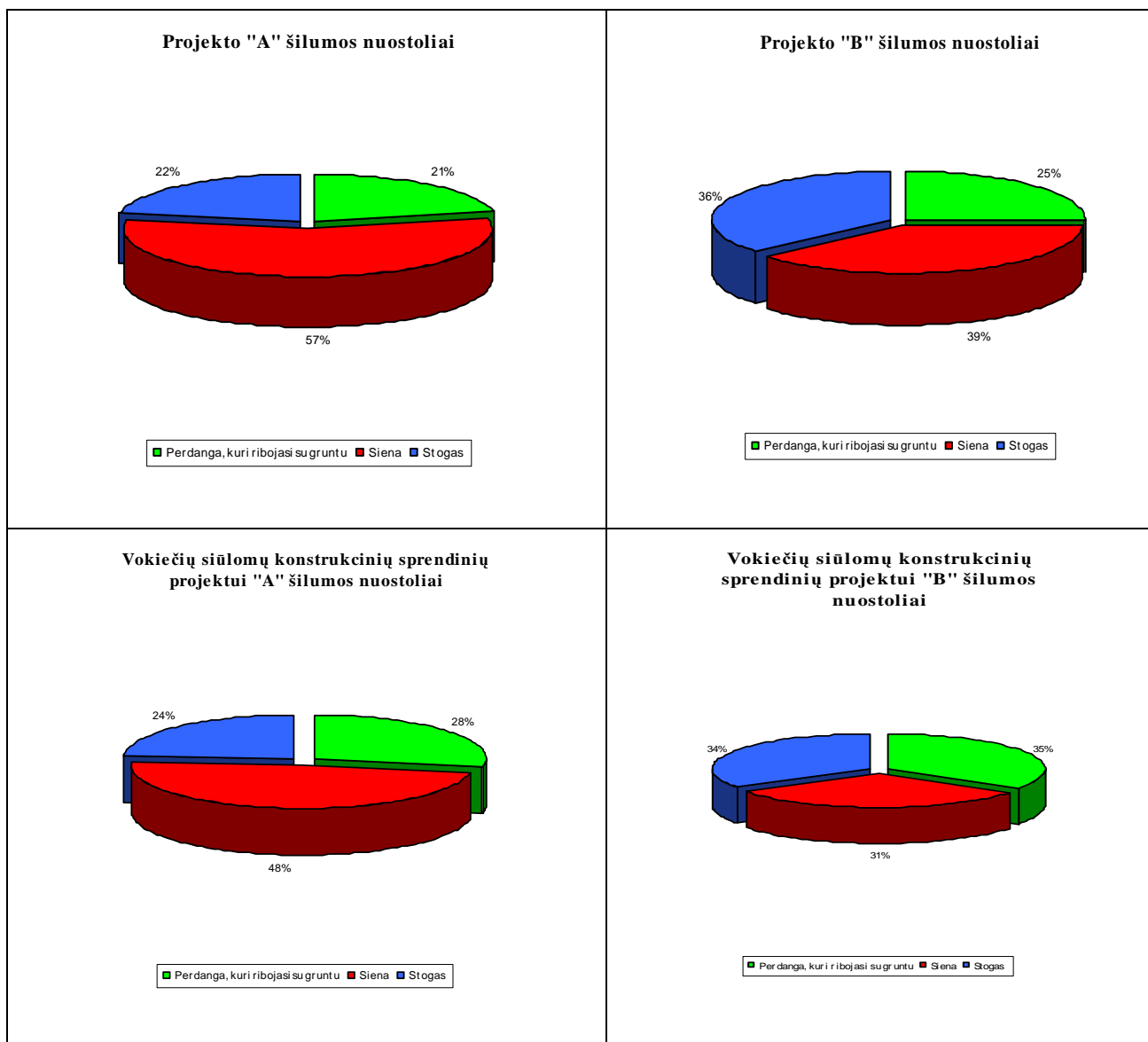
Atlikus apskaičiavimus, rodiklių racionalumo reikšmės pateiktos 2.10.7 lentelėje.

2.10.7 lentelė. Atitvarų racionalumo reikšmės

Atitvaros	Pasyvių namų alternatyvų racionalumo reikšmės			
	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Grindų ant grunto šiltinimo sistema	0,757749	0,803351	0,451148	0,019930
Sienos šiltinimo sistema	0,782021	0,217979	0,781409	0,838116
Stogas šiltinimo sistema	0,578545	0,688967	0,631310	0,234245

Iš 2.5.7 lentelėje pateiktų duomenų matome, kad grindų ant grunto, geriausia šiltinimo sistema alternatyvų prioritetinga eilutė yra: projektas „B“ > projektas „A“ > vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“ > vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“. Sienos šiltinimo sistemos alternatyvų prioritetinga eilutė yra: vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“ > projektas „A“ > vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“ > projektas „B“. O stogo šiltinimo sistemos alternatyvų prioritetinga eilutė yra: projektas „B“ > vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“ > projektui „A“ > vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“.

Pagal 2.10.7 lentelėje gautus duomenis sprendžiame bendrą daugiataksių uždavinį. Atitvarų reikšmingumai nustatyti pagal procentines šilumos nuostolių aritmetinio vidurkio reikšmes. Grindų ant grunto, sienų ir stogo šilumos nuostolių reikšmės pateiktos 2.10.1 paveikslėlyje, jos pasiskirstę viena kitos atžvilgiu.



2.10.1 pav. Alternatyvų šilumos nuostolių pasiskirstymas per stogą, langus ir perdangą ant grunto
 Iš 2.10.7 lentelėje ir 2.10.1 paveikslėlyje esančių duomenų sudarome sprendinių matricą (žr. 2.5.8 lentelę).

2.10.8 lentelė. Sprendinių matrica pagal nagrinėjamas atitvaras

Rodiklis	Reikšming.	Min. Max.	Kokyb. Kiekyb.	Pasyvių namų alternatyvų racionalumo reikšmės			
				Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Grindų ant grunto šiltinimo sistema	0,2725	Max.	Kiekyb.	0,757749	0,803351	0,451148	0,019930
Sienos šiltinimo sistema	0,4375	Max.	Kiekyb.	0,782021	0,217979	0,781409	0,838116
Stogas šiltinimo sistema	0,3000	Max.	Kiekyb.	0,578545	0,688967	0,631310	0,234245

Pagal 2.10.8 lentelės sprendinių matricą, kurią išsprendėme TOPSIS metodu, gauname galutinę alternatyvų prioritetinę eilutę (žr. 2.10.9 lentelę).

2.10.9 lentelė. Daugiatikslio uždavinio skaičiavimo rezultatai

Alternatyvos	Projektas „A“	Projektas „B“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“	Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“
Alternatyvų racionalumo reikšmė	0.879021	0.528120	0.730821	0.471880
Vietos	1	4	2	3

Vertinant alternatyvų racionalumo reikšmes, matome, kad geriausias variantas yra projekto „A“, t.y. UAB „Veikmės“ suprojektuotas ir jau eksploatuojamas namas, kurio bendri šilumos nuostoliai šildymui ir vėdinimui apskaičiuoti pagal STR 2.01.09:2005 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“ yra 11,79 kWh/m² per metus. Projekto „A“ konstrukciniai sprendimai pateikt analitinėje dalyje. Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „A“ yra antroje pozicijoje, tačiau bendri šilumos nuostoliai šildymui ir vėdinimui yra 16,87 kWh/m² per metus. Šis rezultatas netenkina pasyviojo namo standarto sąlygos. Trečioje pozicijoje yra projektas „B“, o ketvirtoje vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendimai projektui „B“. Tokį alternatyvų pasiskirstymą, viena kitos atžvilgiu, lėmė sienų šiltinimo sistemų reikšmingumų reikšmė, kuri yra didžiausia.

IŠVADOS

Šiame baigiamajame magistro darbe buvo išnagrinėti Lietuvos ir kitų užsienių šalių pasyviųjų namų konstrukciniai, techniniai, technologiniai ir ekonominiai sprendiniai. Ištirti jau esami ir suprojektuoti pasyvūs namai, bei jų geometriniais parametrams pritaikomos vokiečių siūlomos konstrukcijų detalės ir išspręstas daugiataktis uždavinys pagal atskirus segmentus TOPSIS metodu.

Magistrinio darbo „Pasyvieji namai ir jų statybos Lietuvoje tikslingumas“ išvados ir rekomendacijos:

1. Nustatyta, kad pasyviems, vienbučiams gyvenamiesiems namams, grindų ant grunto plotų santykis su naudingą plotu turi būti 1:2, o šilumos perdavimo koeficientas $U_N=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ arba 60 % mažesnis, negu norminė Lietuvoje priimta šilumos perdavimo koeficiento reikšmė.
2. Pasyviojo namo standarto sienų šilumos perdavimo koeficiento reikšmė $U_N=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ atitinka Lietuvos klimato sąlygas, tačiau sienų ploto santykis neturi viršyti pastato naudingą plotą.
3. Nustatyta, kad per stogą optimali šilumos perdavimo koeficiento reikšmė - $U_N=0.08 \text{ W/m}^2\text{K}$. O minimali stogo ploto reikšmė turėtų būti mažesnė arba kuo artimesnė pastato naudingajam plotui.
4. Nustatyta, kad per skaidrias konstrukcijas, kurioms naudojami tradiciniai langai su šilumos perdavimo koeficiento reikšme - $U_N=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, šilumos nuostoliai padidėja $\pm 100 \%$, lyginant su pasyviajam namui rekomenduojamomis langų šilumos perdavimo koeficiento reikšmėmis.
5. Pasyviems namams turi būti naudojama automatinio valdymo vėdinimo su rekuperacine sistema, kurios šilumos atgavimas turi būti 75%-90%, tuomet tenkinama pasyvaus namo normatyvinė reikšmė, pagal kurią nuostoliai dėl vėdinimo turi būti nuo 2 iki 7 kWh / (m²).
6. Rekomenduojama paprasta pastato konfiguracija. Geriausias stačiakampio arba kvadratinės formos pasyvusis namas.
7. Rekomenduojama vengti rūšio ir židinio įrengimo.
8. Rekomenduojama vengti skaidriųjų konstrukcijų šiaurinėje pastato pusėje.
9. Vengti šilumos izoliacinės medžiagos sandūrų.
10. Rekomenduojama naudoti EPS polistireno putplastį pamatams ant grunto šiltinti.
11. Ilginių šilumos tiltelių koeficientas turi būti $\Psi_N = 0,01 \text{ W/mK}$, kurio galima nevertinti, skaičiuojant bendrus šilumos nuostolius.
12. Pastato sandarumas turi būti nuo 0,2 iki 0,6 h⁻¹.

13. Dažniausiai naudojamos mūrinės sienų konstrukcijos pasyviems namams, tačiau pasyvumą galima pasiekti su bet kuria laikančiųjų konstrukcijų rūšimi.
14. Rekomenduojamas aukšto lygio sienų tinkavimas, kuris padeda užtikrinti pastato sandarumą.
15. Rekomenduojami vienšlaičiai arba plokštieji stogai. Reikia vengti stogo konstrukcijos lūžių.
16. Turi būti naudojami aukščiausios kokybės langai, t.y. trijų stiklų paketas su selektyvine danga, šilumą izoliuojančia tarpine, dviejų kamerų izoliuotu rėmu. Naudojant tokiu langus, šalčiausiu sezonu, vidinė lango temperatūra nenukrenta žemiau 17 °C.
17. Siūloma atkreipti dėmesį į pasyviojo namo, vidaus apdailos medžiagas. Apdailai siūloma naudoti „kvėpuojančias medžiagas“, tai svarbu oro kokybei pastato viduje.
18. Pasyviųjų namų šiltinimui, šilumos izoliacinės medžiagos alternatyva gali būti SPU AL izoliacinė medžiaga.
19. Taikant sprendimų paramos sistemas statyboje, optimalios alternatyvos parinkimas TOPSIS metodu, išrinkta geriausia alternatyva iš nagrinėjamų variantų, t.y. projektas „A“.
20. Pasyviųjų namų statybos tikslingumas Lietuvoje yra svarbus šiais atžvilgiais:
 - ✓ Energetiniu – galimybė naudoti atsinaujinančius energijos išteklius be to, minimizuojami šilumos nuostoliai šildymui ir vėdinimui;
 - ✓ Ekonominiu – nuolat kyla elektros energijos kainos, 2010 m. sausio 1 d. įsigaliojusiomis kainomis viena kilovatvalandė kainuoja 45 ct.
 - ✓ Ekologiniu – efektyvesnis energijos vartojimas yra tiesiogiai ir ekonomiškai efektyviausias būdas sumažinti anglies dioksido išmetimą į aplinką, kuris daro įtaką klimato atšilimui.

NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. *Architektūra* [žiūrėta 2010-01-29]. Prieiga per internetą:<
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qJH071BejQJ:lt.wikipedia.org/wiki/Architekt%C5%ABra+architekt%C5%ABra&cd=1&hl=lt&ct=clnk&gl=lt>>.
2. *Pasyvus namas – ateities namų standartas* [žiūrėta 2010-01-29]. Prieiga per internetą:<
<http://www.domostudija.lt>>.
3. Pikutis, P. 1995. *Šiltas namas*. Vilnius: Technika. 257 p.
4. Science direct duomenų bazė. *A knowledge based CAAD system for passive solar architecture Abraham Yezioro* [online]., [žiūrėta 2010-01-25]. Prieiga per internetą:
www.sciencedirect.com.
5. Science direct duomenų bazė. Teoman Aksoya U., Mustafa M., *Impacts of some building passive design parameters on heating demand for a cold region* [online]., [žiūrėta 2010-01-25]. Prieiga per internetą: www.sciencedirect.com
6. *Lietuvoje įgyvendintas pirmas pasyvus namo projektas*. [žiūrėta 2010-01-29]. Prieiga per internetą:<http://209.85.129.132/search?q=cache:od81Zp0lojMJ:www.spec.lt/lt/Lietuvoje_igyvendinamas_pirmasis_pasyvaus_namo_projektas+pasyvusias+namas+gulbinuose&hl=lt&ct=clnk&cd=5&gl=lt>.
7. Perednis E., Katinas V., Tumosa A., 2007. *Pastatų vėsinimo tyrimai*, Energetika T 53. Nr.2: 57-60.
8. Černius M., Kuliešius E., ir kt. 2008. *Pastato apdaila. Pastato šiltinimas ir tinkavimas. Apdaila plytelėmis ir apdailos elementų montavimas*. Vilnius: Mintis, 297p.
9. Ramanauskas J. 2004. *Statybinė fizika*. Kaunas: Technologija, 88p.
10. Juchniewicz-Lipiriska L. *Passive huose in Polish conditions*. [žiūrėta 2010-01-20]. Prieiga per internetą:<<http://www.domy-pasywne.pl/data/486.pdf>>.
11. Austran Institute for Healthy and Ecological Building (Ed.). 2008. *Details for Passive House. A catalogue of ecologically rated constructions*. Austria: Springer-Verlag/Wien, 377p.
12. Adomavičius V. *Pasyvaus namo projektas*, iš parodos „Namų pasaulis 2009“, įvykusios 2009 m. kovo 18-21 d., pranešimų medžiaga. Kaunas.
13. *Pagrindo ir užliejamų grindų izoliacija*. [žiūrėta 2010-01-15]. Prieiga per internetą:<http://www.paroc.lt/Channels/lt/building+insulation/products/BI_Product.asp?catalog_name=BI_LT&category_name=01.04.Pagrindo+ir+užliejamų+grindų+izoliacija&product_id=PAROC+GRS+20>.

14. *Neopor innovation in insulation*. [USB]. BASF. The Chemical Company. Prieiga per internetą: <www.neopor.de>.
15. STR 2.01.09:2005 „*Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas*“
16. Barkauskas V., Stankevičius V. 1998. *Pastatų atitvarų šiluminė fizika*. Kaunas: Technologija, 324 p.
17. *Pasyvus namas – būsimas namų standartas*. [žiūrėta 2010-01-19]. Prieiga per internetą: <http://209.85.129.132/search?q=cache:T2yuw842n1oJ:www.eksportai.lt/pasyvus_namas/straipsniai/pasyvus_namas_busimas_namu_standartas+m%C5%ABrinis+namas+%C5%A1ilumos+nuostoliai&cd=2&hl=lt&ct=clnk&gl=lt>.
18. *Information on Passive house*. [žiūrėta 2010-01-19]. Prieiga per internetą: <http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/passivehouse.html>.
19. Science direct duomenų bazė. *Intense energy efficiency* [online]., [žiūrėta 2010-01-26]. Prieiga per internetą: www.sciencedirect.com
20. STR 2.01.09:2005 „*Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas*“
21. Gailius A. 2008. Technikos mokslų daktaras VGTU Statybos fakulteto Statybinių medžiagų katedros profesorius.
22. Pikutis R., 1995. *Šiltas namas*, Vilnius: Technika. 130p.
23. *Paroc UNS 37*. [žiūrėta 2010-01-19]. Prieiga per internetą: <http://www.paroc.lt/channels/lt/building+insulation/products/BI_Product.asp?catalog_name=BI_LT&category_name=01.01.Universaliizoliacija&product_id=PAROC+UNS+37>
24. *Šiltinimo – specialistams*. [žiūrėta 2010-04-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.gamo.lt/siltinimo-specialistams.html>>.
25. *Icynene Insulation Products*. [žiūrėta 2010-04-21]. Prieiga per internetą <<http://www.icynene.com/products/>>.
26. *Pastatų šiltinimas*. [žiūrėta 2010-04-21]. Prieiga per internetą <<http://www.juodasisgintaras.lt/lt>>.
27. Austran Institute for Healthy and Ecological Building (Ed.). 2008. *Details for Passive House. A catalogue of ecologically rated constructions*. Austria: Springer-Verlag/Wien. 377p.
28. *Langų modernizavimas Baltijos šalyse: problemos ir galimybės*: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga [Vilnius, 2000 m. balandžio 27 – 28d.]:Kaunas,2000.
29. *Windows for passive house* [žiūrėta 2010-04-21]. Prieiga per internetą <http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/PH_windows.htm>.

30. Bliūdžius R., Monstvilas E., Ramanauskas J. *Išanalizuoti teisės aktų ir norminių dokumentų, reglamentuojančių pastatuose įrengtų langų gamybos, energetinio efektyvumo bei kitų charakteristikų, įrengimo, eksploataavimo reikalavimus ir paruošti pasiūlymus dėl pastatuose įrengtų langų savybių atitikties nustatytiems reikalavimams tikrinimo. Ataskaita. 2007. Kaunas. 57 p.*
31. J. Ramanauskas, R. Bliūdžius, V. Stankevičius. *Langų šiluminės savybės. Monografija. Technologija, Kaunas, 2005. 135 p.*
32. Austran Institute for Healthy and Ecological Building (Ed.). 2008. *Details for Passive House. A catalogue of ecologically rated constructions. Austria: Springer-Verlag/Wien. 377p.*
33. *Windows for Passive Houses – Superior Quality of Transparent Components.* [žiūrėta 2010-04-12]. Prieiga per internetą <http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/windows_passive_houses_06.html>.
34. *Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potentia. 2008. European Parliament resolution.*
35. Keizikas A., Parasonis J. 2009. *Ekologiniai statiniai ir jų plėtros raida. 1 tomas, Nr. 5. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.*
36. Ozonas. 2008. *Ekologiškos kultūros gidas/Ecological Initiative Guide. ISSN 1822-6191.*
37. HN 42:2004. *Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas.*
38. Raroc energywise house. [žiūrėta 2010-04-10]. Prieiga per internetą <<http://www.energiaviisastalo.fi/energywise/lt/?cat=In%9Einieriaus+gidas>>
39. *Why a mechanical ventilation system is recommended - at least in Passive Houses.* [žiūrėta 2010-04-10]. Prieiga per internetą <http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/ventilation_06.html>
40. *Ventilation in Passive House – only High Efficiency Will Work.* [žiūrėta 2010-04-10]. Prieiga per internetą <http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/passive_house_ventilation.html>.
41. Turskis Z., Zavadskas E. K., Peldschus F. 2009. *Multi-criteria Optimization System for Decision Making in Construction Design and Management. ISSN 1392-2785 ENGINEERING ECONOMICS. 2009. No 1 (61).*
42. Šarka V. 2008. *Sprendimų paramos sistema statyboje taikant daugiakriterinius sintezės metodus. Vilnius: Technika. 97 p.*
43. Barkauskas V., Stankevičius V. 1998. *Pastatų atitvarų šiluminė fizika. Kaunas: Technologija. 324 p.*
44. Austran Institute for Healthy and Ecological Building (Ed.). 2008. *Details for Passive House. A catalogue of ecologically rated constructions. Austria: Springer-Verlag/Wien. 377p.*

45. *Paroc uns 37z*. [žiūrėta 2010-05-10]. Prieiga per internetą<<http://www.paroc.lt/channels/lt/building+insulation/products/default.asp>>.
46. *Stogų apželdinimas*. [žiūrėta 2010-05-10]. Prieiga per internetą<<http://www.asa.lt/stogas/s01.php?iq=512>>.
47. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten. Info – Blatt Nr. 4.2. Berlin, 2009.
48. *Recommended structural elements for low- and passive energy houses*. [žiūrėta 2010-05-10]. Prieiga per internetą< http://www.spu.fi/low_energy_structural_diagrams>.

PRIEDAI

A priedas

Lokalinė sąmata 1m ² Sudaryta 2009.10.01 lygiu							
Nr.	Darbo pavadinimas	Kodas	Mat. vnt	Norma	Kaina	Kiekis	Suma
1	2	3	4	5	6	7	8
Perdanga ant grunto. Projektas „A“							
1	Žvyro pasluoksnis ant grunto, vežant medžiagas karučiais (mažų apimčių).	N11-8	m ³			0.15	012
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,17	10217	žm. val.	3.5	11.230	0.525	5.9
	Neplautas žvyras	573015	m ³	1.25	33.84	0.1875	6.35
2	I-II grupės grunto tankinimas vibroplokštėmis	N1-381-1	100 m ³		239.92	0.0015	000
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,40	10340	žm. val.	10.2	13.600	0.0153	0.21
	Vibroplaktuvai, vibroplokštė	489197	maš. val.	4.6	22	0.0069	0.15
3	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes (100 mm storio pagrindo mineralinės vatos plokštės)	N11P-0302-2	100 m ²		3,881.52	0.01	039
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	24	13.040	0.24	3.13
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11	0.015	0.17
	Pagrindo mineralinės vatos plokštės	572322	m ³	10.3	344.86	0.103	35.52
4	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes. Pagrindo mineralinės vatos sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0302-5 (K4=20)	100 m ²		7,215.36	0.01	072
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	6	13.040	0.06	0.78
	Keltuvas	489003	maš. val.	3	11	0.03	0.33
	Pagrindo mineralinės vatos plokštės	572322	m ³	20.6	344.86	0.206	71.04
5	Plėvelės paklojimas sausai.	N11-9001	100 m ²		233.36	0.01	003
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	Plėvelė polietileninė	220040	m ²	105	1.460	1.05	1.53
6	Betoninių grindų armavimas tinklais	N11-170	t		2,651.60	0.005	014
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,50	10250	žm. val.	12	11.900	0.06	0.71
	Tinklas plieninis suvirintas armatūrinis	120046	t	1	2,508.800	0.005	12.54

A priedo tęsinys

7	Betono posluoksnių įrengimas grindims. 100 mm storio sluoksnis, paduodant betoną karučiais	N11P-0104-3	100 m ²		2,564.44	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	31	13.040	0.31	4.04
	Vibrosija	489220	maš. val.	2.8	9.000	0.028	0.25
	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	534013	m ³	0.007	516.020	0.00007	0.04
	Betonas	600043	m ³	10.2	208.960	0.102	21.31
8	Betono posluoksnių įrengimas grindims. Sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti, paduodant betoną karučiais	N11P-0104-6 (K4=-2)	100 m ²		-491.57	0.01	-005
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	-4.8	13.040	-0.048	-0.63
	Vibrosija	489220	maš. val.	-0.3	9.000	-0.003	-0.03
	Betonas	600043	m ³	-2.04	208.960	-0.0204	-4.26
	Iš viso už skyrių	Projektas „A“					160
Perdanga ant grunto. Projektas „B“							
9	Posluoksnių įrengimas grindims mažosios mechanizacijos priemonėmis. 100 mm storio skaldos sluoksnis	N11P-0103-3	100 m ²		1,203.40	0.01	012
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	14.6	13.040	0.146	1.9
	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliu	489245	maš. val.	2.9	22	0.029	0.64
	Skalda	573004	m ³	12.4	76.55	0.124	9.49
	Vanduo	570885	m ³	2		0.02	
10	Posluoksnių įrengimas grindims mažosios mechanizacijos priemonėmis, skaldos sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0103-6 (K4=40)	100 m ²		4,599.76	0.01	046
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	42	13.040	0.42	5.48
	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliu	489245	maš. val.	11.6	22	0.116	2.55
	Skalda	573004	m ³	49.6	76.55	0.496	37.97
	Vanduo	570885	m ³	8		0.08	
11	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes (100 mm storio putų polistireno plokštės)	N11P-0302-3	100 m ²		2,591.34	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	19	13.040	0.19	2.48
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11	0.015	0.17

A priedo tęsinys

	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	10.3	225.93	0.103	23.27
12	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes. Putų polistireno sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0302-6 (K4=40)	100 m ²		9,478.64	0.01	095
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	8	13.040	0.08	1.04
	Keltuvas	489003	maš. val.	6	11	0.06	0.66
	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	41.2	225.93	0.412	93.08
13	Betoninių grindų armavimas tinklais	N11-170	t		2,651.60	0.005	014
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,50	10250	žm. val.	12	11.900	0.06	0.71
	Tinklas plieninis suvirintas armatūrinis	120046	t	1	2,508.800	0.005	12.54
14	Betono posluoksnių įrengimas grindims. 100 mm storio sluoksnis, paduodant betoną karučiais	N11P-0104-3	100 m ²		2,564.44	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	31	13.040	0.31	4.04
	Vibrosija	489220	maš. val.	2.8	9.000	0.028	0.25
	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	534013	m ³	0.007	516.020	0.00007	0.04
	Betonas	600043	m ³	10.2	208.960	0.102	21.31
15	Betono posluoksnių įrengimas grindims. Sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti, paduodant betoną karučiais	N11P-0104-6 (K4=-2)	100 m ²		-491.57	0.01	-005
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	-4.8	13.040	-0.048	-0.63
	Vibrosija	489220	maš. val.	-0.3	9.000	-0.003	-0.03
	Betonas	600043	m ³	-2.04	208.960	-0.0204	-4.26
	Iš viso už skyrių	Projektas „B“					213
Perdanga ant grunto. Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendiniai projektui „A“ ir „B“							
16	Geotekstilės paklojimas	N27P-66-1	100 m ²		319.05	0.01	003
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,50	10250	žm. val.	2.5	11.900	0.025	0.3
	Geotekstilė	220720	m ²	110	2.63	1.1	2.89
17	Posluoksnių įrengimas grindims mažosios mechanizacijos priemonėmis. 100 mm storio skaldos sluoksnis	N11P-0103-3	100 m ²		1,203.40	0.01	012
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	14.6	13.040	0.146	1.9

A priedo tęsinys

	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliu	489245	maš. val.	2.9	22	0.029	0.64
	Skalda	573004	m ³	12.4	76.55	0.124	9.49
	Vanduo	570885	m ³	2		0.02	
18	Posluoksnių įrengimas grindims mažosios mechanizacijos priemonėmis, skaldos sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0103-6 (K4=5)	100 m ²		574.97	0.01	006
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	5.25	13.040	0.0525	0.68
	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliu	489245	maš. val.	1.45	22	0.0145	0.32
	Skalda	573004	m ³	6.2	76.55	0.062	4.75
	Vanduo	570885	m ³	1		0.01	
19	Krepuoto popieriaus paklojimas sausai.	N11-9001	100 m ²		233.36	0.01	003
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	popierius krepuotas	220040	m ²	105	1.46	1.05	1.53
20	Cementinio skiedinio grindų išlyginamųjų sluoksnių įrengimas (40 mm storio sluoksnis / rankiniu būdu)	N11P-0401-2	100 m ²		1,278.62	0.01	013
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,60	10260	žm. val.	32	12.120	0.32	3.88
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11	0.015	0.17
	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliu	489246	maš. val.	7.4	9	0.074	0.67
	Cementinis skiedinys	600004	m ³	4.08	197.96	0.0408	8.08
21	Cementinio skiedinio grindų išlyginamųjų sluoksnių įrengimas. Sluoksnio storio pokyčio 5 mm pridėti arba atimti / rankiniu būdu	N11P-0401-4 (K4=2)	100 m ²		249.73	0.01	002
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,60	10260	žm. val.	3.6	12.120	0.036	0.44
	Keltuvas	489003	maš. val.	0.38	11	0.0038	0.04
	Cementinis skiedinys	600004	m ³	1.02	197.96	0.0102	2.02
22	Grindų ritininių hidroizoliacijų įrengimas, prilydant hidroizoliacinę dangą, gruntuojant pagrindą	N11P-0201-3	m ²		20.67	0.01	000
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	0.16	13.040	0.0016	0.02
	Mišinys propano-butano	20095	kg	0.21	3.39	0.0021	0.01
	Gruntas (gruntuotė)	230435	kg	0.15	10.27	0.0015	0.02
	Prilydoma hidroizoliacinė ritininė danga	572172	m ²	1.15	14.2	0.0115	0.16
23	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes (100 mm storio putų polistireno plokštės)	N11P-0302-3	100 m ²		2,591.34	0.01	025

A priedo tęsinys

	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	19	13.040	0.19	2.48
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11	0.015	0.17
	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	10.3	225.93	0.103	23.27
24	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes. Putų polistireno sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0302-6 (K4=14)	100 m ²		3,317.52	0.01	033
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	2.8	13.040	0.028	0.37
	Keltuvas	489003	maš. val.	2.1	11	0.021	0.23
	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	14.42	225.93	0.1442	32.58
25	Plėvelės paklojimas sausai.	N11-9001	100 m ²		233.36	0.01	003
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	Plėvelė polietilėninė	220040	m ²	105	1.460	1.05	1.53
26	Betoninių grindų armavimas tinklais	N11-170	t		2,651.60	0.01	026
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,50	10250	žm. val.	12	11.900	0.12	1.43
	Tinklas plieninis suvirintas armatūrinis	120046	t	1	2,508.800	0.01	25.09
27	Betono posluoksnių įrengimas grindims. 100 mm storio sluoksnis, paduodant betoną karučiais	N11P-0104-3	100 m ²		2,564.44	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	31	13.040	0.31	4.04
	Vibrosija	489220	maš. val.	2.8	9.000	0.028	0.25
	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	534013	m ³	0.007	516.020	0.00007	0.04
	Betonas	600043	m ³	10.2	208.960	0.102	21.31
28	Betono posluoksnių įrengimas grindims. Sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti, paduodant betoną karučiais	N11P-0104-6 (K4=10)	100 m ²		2,457.85	0.01	024
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	24	13.040	0.24	3.13
	Vibrosija	489220	maš. val.	1.5	9.000	0.015	0.14
	Betonas	600043	m ³	10.2	208.960	0.102	21.31
29	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes (100 mm storio pagrindo mineralinės vatos plokštės)	N11P-0302-2	100 m ²		3,881.52	0.01	039

A priedo tęsinys

	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	24	13.040	0.24	3.13
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11	0.015	0.17
	Pagrindo mineralinės vatos plokštės	572322	m ³	10.3	344.86	0.103	35.52
30	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes. Pagrindo mineralinės vatos sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0302-5 (K4=7)	100 m ²		-2,525.37	0.01	-0.25
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	-2.1	13.040	-0.021	-0.27
	Keltuvas	489003	maš. val.	-1.05	11	-0.0105	-0.12
	Pagrindo mineralinės vatos plokštės	572322	m ³	-7.21	344.86	-0.0721	-24.86
31	Krepuoto popieriaus paklojimas sausai.	N11-9001	100 m ²		233.36	0.01	0.03
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	popierius krepuotas	220040	m ²	105	1.46	1.05	1.53
32	Cementinio skiedinio grindų išlyginamųjų sluoksnių įrengimas (40 mm storio sluoksnis / rankiniu būdu)	N11P-0401-2	100 m ²		1,278.62	0.01	0.13
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,60	10260	žm. val.	32	12.120	0.32	3.88
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11	0.015	0.17
	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliu	489246	maš. val.	7.4	9	0.074	0.67
	Cementinis skiedinys	600004	m ³	4.08	197.96	0.0408	8.08
33	Cementinio skiedinio grindų išlyginamųjų sluoksnių įrengimas. Sluoksnio storio pokyčio 5 mm pridėti arba atimti / rankiniu būdu	N11P-0401-4 (K4=2)	100 m ²		249.73	0.01	0.02
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,60	10260	žm. val.	3.6	12.120	0.036	0.44
	Keltuvas	489003	maš. val.	0.38	11	0.0038	0.04
	Cementinis skiedinys	600004	m ³	1.02	197.96	0.0102	2.02
	Iš viso už skyrių	Projektui „A“ ir „B“					208
Sienos konstrukcija. Projektui „A“							
34	Paprastas 250 mm storio sienų mūras (autokranu), kai plytos keraminės	N8-29	m ³		367.45	0.25	0.92
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,06	10306	žm. val.	6.4	13.040	1.6	20.86
	Keraminės skylėtos plytos 250x120x88mm	570101	1000 vnt.	0.306	629.280	0.0765	48.14
	Pjuvenų-betono blokeliai 250x120x80 mm	570863	1000 vnt.	0.003		0.00075	

A priedo tęsinys

	Cemento-kalkių skiedinys S2,5 (M25)	600015	m ³	0.237	238.960	0.05925	14.16
	Kranai ant automobilio važiuoklės keliam. galios iki 10t	489034	maš. val.	0.58	60.000	0.145	8.7
35	Sienų šiltinamosios izoliacijos 100 mm storio įrengimas iš universalių min. vatos plokščių, dirbant ant pastolių ar žemės	N26-266 (K4=3)	100 m ²		5,578.17	0.01	055
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	102	13.040	1.02	13.3
	Universalios mineralinės vatos plokštės	570193	m ³	31.5	134.860	0.315	42.48
36	Fasadų sienų su angokraščiais 3-jų sloksnių tinkas, armuojant tinkleliu, kai viršutinis tinko sluoksnis dekoratyvinis	N15-104-1	100 m ²		4,021.67	0.01	040
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,70	20370	žm. val.	151	14.150	1.51	21.37
	Gruntas (gruntuotė)	230410	l	30	13.350	0.3	4.01
	Tinko skiedinys (sausis mišiniai)	572157	t	0.6	1,029.630	0.006	6.18
	Sintetinis tinklelis	572159	m ²	105	3.170	1.05	3.33
	Dekoratyvinis tinko skiedinys	572160	t	0.3	1,779.630	0.003	5.34
37	Mūrinių vidaus sienų gerasis tinkas	N15-51	100 m ²		1,690.94	0.01	017
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,44	20344	žm. val.	78	13.770	0.78	10.74
	Vinys statybinės	120030	kg	0.05	3.650	0.0005	
	Vinys tinkavimo	120036	kg	0.13	3.100	0.0013	
	Tinklas plieninis "RABICA"	120044	m ²	2.64	8.970	0.0264	0.24
	Obluotos lentos (2 rūš.)	534038	m ³	0.005	1,066.020	0.00005	0.05
	Cemento-kalkių skiedinys S7,5 (M75)	600017	m ³	1.87	251.490	0.0187	4.7
	Tinkavimo-liejimo agregatas	488146	maš. val.	13	9.000	0.13	1.17
	Iš viso už skyrių	Projektas „A“					205
Sienos konstrukcija. Projektui „B“							
38	Paprastas iš vidutinio sudėtingumo keraminių blokelių mūras (autokranu) (SAM elementas)	N8-133	m ³		752.84	1	753
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,33	10333	žm. val.	4.9	13.600	4.9	66.64
	Pjuvenų-betono blokeliai 250x120x80 mm	570863	1000 vnt.	0.003		0.003	
	SAM elementas	571602	m ³	1.02	600.000	1.02	612
	Cemento-kalkių skiedinys S2,5 (M25)	600015	m ³	0.19	238.960	0.19	45.4
	Kranai ant automobilio važiuoklės keliam. galios iki 10t	489034	maš. val.	0.48	60.000	0.48	28.8

A priedo tęsinys

39	Sienų šiltinimas 10 cm storio putų polistir.pl. klijuojant ir tvirtinant smeigėmis bei aptaisant angokr. (100 m ² sienos)	N60-20 (K4=2)	100 m ²		7,240.49	0.01	072
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	164	13.040	1.64	21.39
	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	489244	maš. val.	36	1.500	0.36	0.54
	Putų polistireno plokštės	220035	m ³	21.4	142.950	0.214	30.59
	Laikikliai plastmasiniai (grybeliai)	220706	vnt.	800	0.510	8	4.08
	Sausi klijų mišiniai	230404	kg	1000	1.170	10	11.7
	Gruntas (gruntuotė)	230435	kg	40	10.270	0.4	4.11
40	Fasadų sienų su angokraščiais 3-jų sloksnių tinkas, armuojant tinkleliu, kai viršutinis tinko sluoksniu dekoratyvinis	N15-104-1	100 m ²		4,021.67	0.01	040
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,70	20370	žm. val.	151	14.150	1.51	21.37
	Gruntas (gruntuotė)	230410	l	30	13.350	0.3	4.01
	Tinko skiedinys (sausis mišiniai)	572157	t	0.6	1,029.630	0.006	6.18
	Sintetinis tinkelis	572159	m ²	105	3.170	1.05	3.33
	Dekoratyvinis tinko skiedinys	572160	t	0.3	1,779.630	0.003	5.34
	Iš viso už skyrių	Projektui „B“					865
Sienos konstrukcija. Projektui „A“ ir „B“							
41	Paprastas 250 mm storio sienų mūras (autokranu), kai plytos keraminės	N8-29	m ³		367.45	0.25	092
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,06	10306	žm. val.	6.4	13.040	1.6	20.86
	Keraminės skylėtos plytos 250x120x88mm	570101	1000 vnt.	0.306	629.280	0.0765	48.14
	Pjuvenų-betono blokeliai 250x120x80 mm	570863	1000 vnt.	0.003		0.00075	
	Cemento-kalkių skiedinys S2,5 (M25)	600015	m ³	0.237	238.960	0.05925	14.16
	Kranai ant automobilio važiuoklės keliam. galios iki 10t	489034	maš. val.	0.58	60.000	0.145	8.7
42	Sienų šiltinamosios izoliacijos 100 mm storio įrengimas iš universalių min. vatos plokščių, dirbant ant pastolių ar žemės	N26-266 (K4=3,2)	100 m ²		5,950.05	0.01	059
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	108.8	13.040	1.088	14.19
	Universalios mineralinės vatos plokštės	570193	m ³	33.6	134.860	0.336	45.31

43	Fasadų sienų su angokraščiais 3-jų sloksnių tinkas, armuojant tinkleliu, kai viršutinis tinko sluoksnis dekoratyvinis	N15-104-1	100 m ²		4,021.67	0.01	040
----	---	-----------	--------------------	--	----------	------	-----

A priedo tęsinys

	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,70	20370	žm. val.	151	14.150	1.51	21.37
	Gruntas (gruntuotė)	230410	l	30	13.350	0.3	4.01
	Tinko skiedinys (sausis mišiniai)	572157	t	0.6	1,029.630	0.006	6.18
	Sintetinis tinklelis	572159	m ²	105	3.170	1.05	3.33
	Dekoratyvinis tinko skiedinys	572160	t	0.3	1,779.630	0.003	5.34
44	Mūrinių vidaus sienų gerasis tinkas	N15-51	100 m ²		1,690.94	0.01	017
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,44	20344	žm. val.	78	13.770	0.78	10.74
	Vinys statybinės	120030	kg	0.05	3.650	0.0005	
	Vinys tinkavimo	120036	kg	0.13	3.100	0.0013	
	Tinklas plieninis "RABICA"	120044	m ²	2.64	8.970	0.0264	0.24
	Obliuotos lentos (2 rūš.)	534038	m ³	0.005	1,066.020	0.00005	0.05
	Cemento-kalkių skiedinys S7,5 (M75)	600017	m ³	1.87	251.490	0.0187	4.7
	Tinkavimo-liejimo agregatas	488146	maš. val.	13	9.000	0.13	1.17
	Iš viso už skyrių	Projektui „A“ ir „B“					208
Stogo konstrukcija. Projektas „B“							
45	Besijiniai gelžbetoniniai didesnio kaip 150 mm storio perdenginiai iki 6m aukštyje	N6-111	m ³		196.49	0.2	039
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,11	10311	žm. val.	10.5	13.230	2.1	27.78
	Emulsolas ĖGT	20077	kg	0.34		0.068	
	Kuras krosninis	20091	t	0.0003		0.00006	
	Viela plieninė, paprasta	120002	t	0.0002	2,622.610	0.00004	0.1
	Vinys statybinės	120030	kg	0.14	3.650	0.028	0.1
	Elektrodai suvirinimo	120038	kg	1.3	6.800	0.26	1.77
	Skydų tvirtinimo elementai	521955	t	0.0008	4,492.560	0.00016	0.72
	Apipjautos lentos 25-32mm st. (2 rūš.)	534014	m ³	0.002	516.020	0.0004	0.21
	Apipjautos lentos 40 mm st. ir daugiau (2 rūš.)	534015	m ³	0.002	516.020	0.0004	0.21
	Mediniai, inventoriniai statramsčiai (apvalūs)	534052	vnt.	0.026	10.440	0.0052	0.05
	Klojinių skydai SCK	534936	m ²	0.017	21.670	0.0034	0.07
	Kranas	489131	maš. val.	0.69	60.000	0.138	8.28
46	Pagrindinės medžiagos	N6-111p	m ³		487.91	0.2	098
	Armatūra	90029	t	0.15	1,838.800	0.03	55.16
	Betonas	260014	m ³	1.015	208.960	0.203	42.42
47	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes (100 mm storio putų polistireno plokštės)	N11P-0302-3	100 m ²		2,591.34	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	19	13.040	0.19	2.48
	Keltuvas	489003	maš.	1.5	11.000	0.015	0.17

			val.				
	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	10.3	225.930	0.103	23.27

A priedo tęsinys

48	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes. Putų polistireno sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0302-6 (K4=40)	100 m ²		9,478.64	0.01	095
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	8	13.040	0.08	1.04
	Keltuvas	489003	maš. val.	6	11.000	0.06	0.66
	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	41.2	225.930	0.412	93.08
49	Plokščių stogų dengimas ritinine bitumine danga, kai dvisluoksni danga, prilydant	N12P-0501-4	100 m ²		3,716.28	0.01	037
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,50	10350	žm. val.	20	13.770	0.2	2.75
	Keltuvas	489003	maš. val.	2	11.000	0.02	0.22
	Prilydomos dangos klijavimo dujinės įrangos kompl.ektas	489208	maš. val.	7	1.500	0.07	0.11
	Mišinys propano-butano	20095	kg	42	3.390	0.42	1.42
	Stogo danga, prilydoma, bituminė	572173	m ²	230	14.200	2.3	32.66
	Iš viso už skyrių	Projektas „B“					295
Stogo konstrukcija. Projektas „A“							
50	Gegnių pastatymas.	N10-67	m ³		988.51	0.08	080
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,83	10283	žm. val.	27	12.780	2.16	27.6
	Vielu valcuota d 5 mm	120013	t	0.00438	2,822.610	0.0003504	0.99
	Vinys statybinės	120030	kg	7.2	3.650	0.576	2.1
	Varžtai tvirtinimo, statybiniai	120052	kg	0.73	6.600	0.0584	0.39
	Dirbiniai kaltiniai metaliniai statybiniai	120084	kg	3.15	4.490	0.252	1.13
	Tašeliai ir tašai apipj.2 rūš.stor.50-60 mm ilgis 2.0-6.5 m	534024	m ³	0.16	516.000	0.0128	6.6
	Tašeliai ir tašai apipj.2 rūš.stor.70 mm ir daug.ilg.2.0-6.5 m	534025	m ³	0.06	516.000	0.0048	2.48
	Lentos spyg. apipj. 1r. stor.40 mm ir daugiau	534289	m ³	0.83	516.020	0.0664	34.26
	Tolis hidroizoliacijai	570269	m ²	3.38	1.200	0.2704	0.32
	Pasta antiseptinė	570459	kg	1.96	14.270	0.1568	2.24
	Kranas	489131	maš. val.	0.2	60.000	0.016	0.96
51	Šlaitinių stogų grebėstavimas tašeliais, kai tašelių matmenys, mm, 50x50	N12P-0201-5	100 m		262.71	0.033	009
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	8	13.040	0.264	3.44

	Kranas	489131	maš. val.	0.25	60.000	0.00825	0.5
--	--------	--------	-----------	------	--------	---------	-----

A priedo tęsinys

	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	489244	maš. val.	0.45	1.500	0.01485	0.02
	Vinys statybinės	120030	kg	2.06	3.650	0.06798	0.25
	Tašai ir tašeliai, spygl., apipjauti, paprasti	534036	m ³	0.262	516.020	0.008646	4.46
52	25 mm storio lentų ištisinio denginio pakloto įrengimas	N10-73-1	m ²		17.91	1	018
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	0.28	13.040	0.28	3.65
	Vinys statybinės	120030	kg	0.09	3.650	0.09	0.33
	Apipjautos lentos 25-32mm st. (2 rūš.)	534014	m ³	0.027	516.020	0.027	13.93
53	Bituminių čerpių 'žvynas' dangos įrengimas	N12-153	100 m ²		3,085.41	0.01	031
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	32	13.040	0.32	4.17
	Vinys tolinės	120031	kg	8	5.590	0.08	0.45
	Čerpės bituminės "Žvynas"	572186	m ²	103	25.470	1.03	26.23
54	Viensluksnės denginių šiltinamosios izoliacijos įrengimas, naudojant apkrovas nelaikančias mineralinės vatos plokštes, 150 mm storio plokštes klojant iš viršaus	N12P-0402-1	100 m ²		2,515.57	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	28	13.040	0.28	3.65
	Keltuvas	489003	maš. val.	2.4	11.000	0.024	0.26
	Universalios mineralinės vatos plokštės	570193	m ³	15.75	134.860	0.1575	21.24
55	Viensluksnės denginių šiltinamosios izoliacijos įrengimas, naudojant apkrovas nelaikančias mineralinės vatos plokštes, plokščių storio 10 mm pokyčiui pridėti ar atimti, klojant iš viršaus	N12P-0402-3 (K4=20)	100 m ²		2,971.58	0.01	029
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	8	13.040	0.08	1.04
	Keltuvas	489003	maš. val.	3.2	11.000	0.032	0.35
	Universalios mineralinės vatos plokštės	570193	m ³	21	134.860	0.21	28.32
56	Denginių vėjo izoliacinių plokščių klojimas	N12P-0403	100 m ²		1,270.05	0.01	013
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	16	13.040	0.16	2.09
	Keltuvas	489003	maš. val.	0.6	11.000	0.006	0.07
	Ventiliuojamų atitvarų mineralinės vatos plokštės	572319	m ³	3.15	334.860	0.0315	10.55

57	Lubų paviršių aptaisymas plokštėmis, tvirtinant prie įrengto medinio karkaso, kai plokštės gipskartonio	N15P-0403-4	m ²		17.73	2	036
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,50	10350	žm. val.	0.64	13.770	1.28	17.63

A priedo tęsinys

	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	489244	maš. val.	0.3	1.500	0.6	0.9
	Medstraigčiai įvairūs	120063	kg	0.04	6.600	0.08	0.53
	Lipnios izoliacinės tarpinės	570844	m	1.5	0.160	3	0.48
	Gipskartonio plokštės	571954	m ²	1.05	7.580	2.1	15.92
	Iš viso už skyrių	Projektas „A“					240
Stogo konstrukcija. Vokiečių siūlomi konstrukciniai sprendiniai projektui „A“ ir „B“							
58	Besijiniai gelžbetoniniai didesnio kaip 150 mm storio perdenginiai iki 6m aukštyje	N6-111	m ³		196.49	0.2	039
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,11	10311	žm. val.	10.5	13.230	2.1	27.78
	Emulsolas ĖGT	20077	kg	0.34		0.068	
	Kuras krosninis	20091	t	0.0003		0.00006	
	Viela plieninė, paprasta	120002	t	0.0002	2,622.610	0.00004	0.1
	Vinys statybinės	120030	kg	0.14	3.650	0.028	0.1
	Elektrodai suvirinimo	120038	kg	1.3	6.800	0.26	1.77
	Skydų tvirtinimo elementai	521955	t	0.0008	4,492.560	0.00016	0.72
	Apipjautos lentos 25-32mm st. (2 rūš.)	534014	m ³	0.002	516.020	0.0004	0.21
	Apipjautos lentos 40 mm st. ir daugiau (2 rūš.)	534015	m ³	0.002	516.020	0.0004	0.21
	Mediniai, inventoriniai statramsčiai (apvalūs)	534052	vnt.	0.026	10.440	0.0052	0.05
	Klojinių skydai SCK	534936	m ²	0.017	21.670	0.0034	0.07
	Kranas	489131	maš. val.	0.69	60.000	0.138	8.28
59	Pagrindinės medžiagos	N6-111p	m ³		487.91	0.2	098
	Armatūra	90029	t	0.15	1,838.800	0.03	55.16
	Betonas	260014	m ³	1.015	208.960	0.203	42.42
60	Plėvelės paklojimas sausai.	N11-9001	100 m ²		233.36	0.01	003
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	Plėvelė polietileninė	220040	m ²	105	1.460	1.05	1.53
61	Bituminis - aliuminis sluoksnis	N11-9001	100 m ²		710.06	0.01	007
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	Bituminis - aliuminis sluoksnis	220040	m ²	105	6.000	1.05	6.3
62	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes (100 mm storio putų polistireno plokštės)	N11P-0302-3	100 m ²		2,591.34	0.01	025
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	19	13.040	0.19	2.48
	Keltuvas	489003	maš. val.	1.5	11.000	0.015	0.17

	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	10.3	225.930	0.103	23.27
63	Grindų šiltinamųjų (garso) izoliacijų įrengimas, naudojant izoliacines plokštes. Putų polistireno sluoksnio storio pokyčio 10 mm pridėti arba atimti	N11P-0302-6 (K4=26)	100 m ²		6,161.11	0.01	062

A priedo pabaiga

	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	5.2	13.040	0.052	0.68
	Keltuvas	489003	maš. val.	3.9	11.000	0.039	0.43
	Putų polistireno grindų izoliavimo plokštė	220098	m ³	26.78	225.930	0.2678	60.5
64	Plėvelės paklojimas sausai.	N11-9001	100 m ²		342.56	0.01	004
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,22	10322	žm. val.	5.97	13.410	0.0597	0.8
	Plėvelė	220040	m ²	105	2.500	1.05	2.63
65	Plokščių stogų dengimas ritinine bitumine danga, kai dvisluoksnė danga, prilydant	N12P-0501-4	100 m ²		3,716.28	0.01	037
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,50	10350	žm. val.	20	13.770	0.2	2.75
	Keltuvas	489003	maš. val.	2	11.000	0.02	0.22
	Prilydomos dangos klijavimo dujinės įrangos kompl.ektas	489208	maš. val.	7	1.500	0.07	0.11
	Mišinys propano-butano	20095	kg	42	3.390	0.42	1.42
	Stogo danga, prilydoma, bituminė	572173	m ²	230	14.200	2.3	32.66
66	Stogų apsauginio žvyro sluoksnio padarymas ant mastikos rankiniu būdu	N12-133	100 m ²		798.41	0.01	008
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2,50	10250	žm. val.	22	11.900	0.22	2.62
	Kuras dyzelinis	20014	t	0.04	3,400.100	0.0004	1.36
	Bitumas naftos stoginis BHK 90/40	20032	t	0.207	1,561.820	0.00207	3.23
	Žvyras, frakcija 5-10 mm	570523	m ³	1.06	72.930	0.0106	0.77
	Iš viso už skyrių	Projektui „A“ ir „B“					282

B priedas

ANKETA

Pasyviųjų namų pagrindinių konstrukcinių elementų ekspertinis vertinimas

Baigiamajam magistro darbui tema „Pasyvūs namai ir jų statybos tikslingumas Lietuvoje“ reikalinga apklausa, kurios pagalba būtų galima nustatyti pagrindinių konstrukcinių elementų rodiklių reikšmingumus.

Vertinant atskirų pasyviųjų namų konstrukcinių elementų rodiklių reikšmingumus atliekama ekspertų apklausa. Trečioje skiltyje – įvertinimo reikšmė* – reikia įrašyti balų skaičių, keliais balais iš 5 šis elementas Jūsų manymu turi būti įvertintas. Šis balas parodo, kiek Jūsų manymu yra svarbus kiekvieno konstrukcinio elemento rodiklis.

**Įvertinimų reikšmės: 1 – labai svarbus rodiklis, 5 – nesvarbus rodiklis*

Nr.	Vertinamas rodiklis	Įvertinimo reikšmė
Grindų ant grunto rodiklių vertinimas		
G1	<i>Eksploatacijos trukmė (metai)</i>	
G2	<i>Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas</i>	
G3	<i>Galimybė atlikti darbus atsižvelgiant į sezoniškumą</i>	
G4	<i>Šilumos nuostoliai ($1m^2$/ gyvenamojo ploto)</i>	
G5	<i>Šilumos nuostoliai ($1m^3$)</i>	
G6	<i>Kaina (%)</i>	
G7	<i>Kaina $1m^2$ (be PVM)</i>	
Išorinių sienų rodiklių vertinimas		
S8	<i>Eksploatacijos trukmė (metai)</i>	
S9	<i>Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas</i>	
S10	<i>Galimybė atlikti darbus atsižvelgiant į sezoniškumą</i>	
S11	<i>Šilumos nuostoliai ($1m^2$/ gyvenamojo ploto)</i>	
S12	<i>Šilumos nuostoliai ($1m^3$)</i>	
S13	<i>Kaina (%)</i>	
S14	<i>Kaina $1m^2$ (be PVM)</i>	
Stogo rodiklių vertinimas		
St15	<i>Eksploatacijos trukmė (metai)</i>	
St16	<i>Santykinis įgyvendinimo technologijos sudėtingumas</i>	
St17	<i>Galimybė atlikti darbus atsižvelgiant į sezoniškumą</i>	
St18	<i>Šilumos nuostoliai ($1m^2$/ gyvenamojo ploto)</i>	
St19	<i>Šilumos nuostoliai ($1m^3$)</i>	
St20	<i>Kaina (%)</i>	
St21	<i>Kaina $1m^2$ (be PVM)</i>	

Darbe bus naudojami tik apibendrinti šios anketinės apklausos duomenys.

Dėkoju už pagalbą, atliekant tyrimą.