



Kauno technologijos universitetas
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

**A++ KLASĖS PASTATO GRINDŲ ANT GRUNTO
TERMOIZOLIACINIO SLUOKSNIO DAUGIAKRITERIS
VERTINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Angelina Garškienė
Projekto autorė

dr. Donatas Aviža
Vadovas

Panevėžys, 2019

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETA

A++ KLASĖS PASTATO GRINDŲ ANT GRUNTO
TERMOIZOLIACINIO SLUOKSNIO DAUGIAKRITERIS
VERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Statybos valdymas (6211EX007)

Vadovas
dr. Donatas Aviža

Recenzentas

Projektą atliko
PMS -7 stud. Angelina Garškienė

PANEVĖŽYS, 2019



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS
(Fakultetas)

(Angelina Garškienė)
Statybos valdymas, 6211EX007
(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„A++ KLASĖS PASTATO GRINDŲ ANT GRUNTO TERMOIZOLIACINIO SLUOKSNIO
DAUGIAKRITERIS VERTINIMAS“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 19 m. sausio 2 d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Angelinos Garškienės**, baigiamasis projektas tema „A++ klasės pastato grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriteris vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETO
TECHNOLOGIJŲ IR VERSLUMO KOMPETENCIJŲ CENTRAS

TVIRTINU
TVKC vadovė
Doc. dr. Nida Kvedaraitė

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Diplomantui *Angelinai Garškienei PMS-7*

Baigiamojo projekto tema (lietuvių kalba) *A++ klasės pastato grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriteris vertinimas*

Baigiamojo projekto tema (anglų kalba) *Multi-Criteria Evaluation of Floor on the Ground Thermal Insulation of A++ Class Building*

Patvirtinta 2018 m. spalio mėn. 31 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-13-26.

Įrišto baigiamojo projekto pateikimo į TVKC terminas iki 2019 m. sausio 3 d.

Duomenys, reikalavimai ir sąlygos baigiamajam projektui

Darbas turi tenkinti BP rengimo ir gynimo metodinius reikalavimus Nr. V25-13-27.

Pastato paskirtis – pramonės. Pastato energinio naudingumo klasė – A++.

Baigiamojo projekto užduotys / uždaviniai / klausimai, kurie turi būti atskleisti projekte

Baigiamojo projekto uždaviniai:

1. Išanalizuoti Lietuvos ir užsienio valstybių energinio efektyvumo bei grindų ant grunto įrengimo technologinius reikalavimus.
 2. Išnagrinėti daugiakriterius vertinimo metodus ir pateikti: TOPSIS metodo algoritmą, termoizoliacinio sluoksnio savybių apžvalgą bei grindų ant grunto skaičiavimo metodiką.
 3. Parengti grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriterį vertinimą TOPSIS metodu. Vertinimo kriterijai: kaina, įrengimo laikas, svoris, atsparumas gniuždymui, atsparumas ugniai.
-

Vadovas

dr. Donatas Aviža

(parašas, pareigos, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

Angelina Garškienė

(studento parašas, vardas, pavardė)

2018 m. lapkričio 8 d.

Garškienė A. A++ klasės pastato grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriteris vertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas dr. Donatas Aviža; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba, technologija.

Reikšminiai žodžiai: izoliacija, grindys, daugiakriteris vertinimas

Panevėžys, 2019. 62 psl.

SANTRAUKA

Analitinėje projekto dalyje apžvelgti Lietuvos ir užsienio valstybių energinio naudingumo reikalavimai. Šioje dalyje pateikiami Vokietijos, Didžiosios Britanijos, Šveicarijos, Austrijos ir Lenkijos energinio naudingumo reikalavimai naujai statomiems pastatams.

Skaičiavimų metodologinėje dalyje apžvelgiami daugiakriterio vertinimo metodai, pateikiama daugiakriterio TOPSIS metodo skaičiavimo metodologija. Apžvelgiama grindų ant grunto skaičiavimo metodologija.

Daugiakriteriu TOPSIS metodu atliktas racionaliausios izoliacinės medžiagos parinkimas. Tiriamos šios medžiagos: polistireninis putplastis „Šiloporos EPS 200“, ekstruzinis polistireninis putplastis „Styrodur®C 3035 CS“ ir „PAROC XES 300wj“. Daugiakriterio vertinimo būdu, atsižvelgiant į kainą, atsparumą gniuždymui, atsparumą ugniai, svorį 1kg/m^2 ir montavimo laiką, parinkta efektyviausia apšiltinimo medžiaga – polistireninis putplastis „Šiloporos EPS 200“. Kriterijų reikšmingumai nustatyti statybos specialistų apklausos būdu.

Garškienė A. Multi-criteria evaluation of floor on the ground thermal insulation of of A++ class building / Assoc. Dr. Donatas Aviža; Kaunas University of Technology, Panevėžys Faculty of Technologies and Business.

Research area and field: Civil engineering, technology.

Key words: Multi-criteria evaluation, thermal insulation, floor

Panevėžys, 2019. 62 pages.

SUMMARY

The analytical part of the project reviews the energy efficiency requirements in Lithuania and foreign countries. This section contains energy performance requirements for newly built buildings in Germany, Great Britain, Switzerland, Austria and Poland.

The methodological part reviews the multicriteria evaluation method, the methodology of calculation of the multi-criteria TOPSIS method. The methodology for calculating the floor on the ground is also reviewed.

The multi-criteria TOPSIS method was used to select the most rational insulation material. The following materials have been studied: “Siloporas EPS 200”, “Styrodur®C 3035 CS” and “PAROC XES 300wj”. Polystyrene foam “Siloporas EPS 200” is the most efficient insulation material – based on price, compressive strength, fire resistance, weight $1\text{kg} / \text{m}^2$ and installation time. The significance of the criteria was determined by a survey of construction specialists.

TURINYS

Santrauka	5
Summary	6
Ižanga.....	10
1. Analitinė dalis	11
1.1. Energinio naudingumo reikalavimai Lietuvoje	11
1.1.1. Mažai energijos vartojantys pastatai.....	11
1.1.2. Energijos beveik nenaudojantys pastatai	13
1.1.3. Pasyvūs namai	14
1.1.4. A+ ir A++ klasės pastatų privalumai.....	14
1.2. Mažai energijos vartojantys pastatai Vokietijoje.....	16
1.3. Mažai energijos vartojantys pastatai Didžiojoje Britanijoje.....	17
1.4. Mažai energijos vartojantys pastatai Šveicarijoje	18
1.5. Mažai energijos vartojantys pastatai Austrijoje.....	19
1.6. Mažai energijos vartojantys pastatai Lenkijoje	20
2. Tyrimų metodologija	21
2.1. Daugiakriterio vertinimo metodai	21
2.1.1. Daugiakriterio vertinimo metodas TOPSIS.....	23
2.2. Grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo metodologija.....	25
3. Grindų ant grunto daugiakriteris vertinimas	29
3.1. Apšiltinimo medžiagų charakteristika	29
3.2. Grindų ant grunto įrengimo technologija	34
3.3. Vertinimo kriterijai	39
3.4. Grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas	41
3.5. Statybos dalyvių apklausa	49
3.6. Grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriteris vertinimas	51
Išvados	57
Informacijos šaltinių sąrašas	58

Lentelių sąrašas

1. lentelė. Pastatų šilumos energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus.....	12
2. lentelė. Šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A)}$ vertės A++ naudingumo klasei.....	36
3. lentelė. SN-1 grindys polistireninio putplasčio EPS 200 izoliacija.....	38
4. lentelė. SN-2 grindys ekstrudinio polistireninio putplasčio Styrodour izoliacija.....	40
5. lentelė. SN-3 grindys ekstrudinio polistireninio putplasčio Paroc XES 300wj izoliacija.....	42
6. lentelė. Statybos dalyvių apklausa.....	44
7. lentelė. Sprendimų priėmimo matrica.....	50
8. lentelė. Normalizuota matrica.....	53
9. lentelė. Svertinė normalizuota matrica.....	53
10. lentelė. Idealiai geriausia ir blogiausia alternatyva.....	54
11. lentelė. Atstumai.....	54
12. lentelė. Reikšmių matrica.....	54

Paveikslėlių sąrašas

1. pav. Pirmasis pasyvus namas Lietuvoje.....	14
2. pav. Tradicinio ir mažai energijos vartojančio pastato balansas.....	15
3. pav. Eksploatacinės išlaidos.....	15
4. pav. Investavimo išlaidos.....	16
5. pav. Pirmasis pasaulyje pasyvus namas Vokietijoje, Darmstade.....	17
6. pav. „Mingerie” namų tipai ir jų skirtumai.....	18
7. pav. Pirmasis pasyvus namas Lenkijoje.....	20
8. pav. Grindų ant grunto schema	25
9. pav. Grindų ant grunto schema	25
10. pav. Grindų ant grunto schema	26
11. pav. Grindų ant grunto schema	26
12. pav. „Šiloporos EPS 200“	29
13. pav. „Šiloporos EPS 200“ techniniai duomenys.....	30
14. pav. „Styrodur®C 3035 CS”.....	31
15. pav. „Styrodur®C 3035 CS” techniniai duomenys.....	31
16. pav. „Paroc XES 300wj”.....	32
17. pav. „Paroc XES 300wj” techninės charakteristikos.....	32
18. pav. „Finfoam F-300”.....	33
19. pav. Monolitinių grindų įrengimo technologinės operacijos.....	38
20. pav. Pirmo aukšto planas.....	40
21. pav. Detalė SN-1.....	43
22. pav. Detalė SN-2.....	45
23. pav. Detalė SN-3.....	47
24. pav. Statybos dalyvių apklausa.....	50
25. pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų kainų diagrama.....	51
26. pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų montavimo greičio diagrama.....	51
27. pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų svorių diagrama.....	52
28. pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų atsparumo gniuždymui diagrama.....	52
29. pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų atsparumo ugniai diagrama.....	53

IŽANGA

Darbo tikslas – atlikti A++ energinio naudingumo klasės pramoninio pastato grindų termoizoliacinio sluoksnio daugiakriterį vertinimą. Tyrimas atliekamas TOPSIS metodu. Tyrimo metu sudaroma prioritetų eilutė bei apskaičiuojama efektyviausia grindų apšiltinimo medžiaga. Vertinami kriterijai: kaina, atsparumas gniuždymui, atsparumas ugniai, svoris 1kg/m^2 ir montavimo laikas.

Darbo objektas – pramoninių pastato grindų ant grunto termoizoliacinis sluoksnis.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti Lietuvos ir užsienio valstybių energinio efektyvumo bei grindų ant grunto įrengimo technologinius reikalavimus.
2. Išnagrinėti daugiakriterius vertinimo metodus ir pateikti: TOPSIS metodo algoritmą, termoizoliacinio sluoksnio savybių apžvalgą bei grindų ant grunto skaičiavimo metodiką.
3. Parengti grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriterį vertinimą TOPSIS metodu. Vertinimo kriterijai: kaina, įrengimo laikas, svoris, atsparumas gniuždymui, atsparumas ugniai.

Darbo metodai – informacijos šaltinių analizė, empirinis tyrimas, projektavimas, TOPSIS metodas.

Darbo struktūra – darbą sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados ir informacijos šaltinių sąrašas.

Darbo praktinė reikšmė – analizuojama Lietuvos ir užsienio šalių literatūra, grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas apskaičiuotas remiantis galiojančiais statybos techniniais reglamentais. Atliktas daugiakriteris vertinimas TOPSIS metodu – dėl efektyviausio termoizoliacinio sluoksnio parinkimo. Tyrime vertinamos inovatyviausios termoizoliacinės medžiagos.

Autoriaus publikuoti straipsniai :

1. „A++ klasės pramonės pastato grindų termoizoliacinio sluoksnio daugiakriteris vertinimas“ Garškienė A., Aviža D.
2. „Industrial flooring and industrial flooring installations” Garškienė A., Kaupienė J.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. Energinio naudingumo reikalavimai Lietuvoje

Pastatai pagal energinį naudingumą skirstomi į 9 klases: A++, A+, A, B, C, D, E, F ir G. Aukščiausia yra A++ klasė, kuri nurodo, kad pastatas beveik nevartoja energijos. Klasės nustatomos sertifikavimo metu įvertinus pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C1 ir C2 vertes, atitvarų skaičiuojamuosius savituosius šilumos nuostolius, mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistemos techninius rodiklius, pastato pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybes, pastato sandarumą, šiluminės energijos sąnaudas pastatui šildyti, ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientą ir iš atsinaujinančių išteklių pastate sunaudojamą energijos dalį [22].

Nuo 2018 m. Naujai statomi pastatai turi pasiekti A+ energinio efektyvumo klasę – t.y. mažai energijos vartojantys pastatai. Nuo 2021 m. Statomi energijos beveik nevartojantys A++ klasės pastatai. A+ ir A++ klasės pastatai sertifikuojami Lietuvoje. Passivehaus sertifikatas nėra privalomas, pasyvūs pastatai yra sertifikuojami tik Vokietijoje, Passivhaus institute.

Pasyviųjų namų instituto skaičiavimo ir vertinimo metodikos neatitinka naudojamos SPSC, todėl „Passivhaus“ sertifikatą turintis namas ne visada atitiks A++ energinio naudingumo klasės reikalavimus, o A+ energinio naudingumo klasės namai ne visada atitiks pasyviųjų namų reikalavimus. Tai yra pagrindinis skirtumas tarp A+, A++ klasių ir pasyviųjų namų. Lietuvoje statomam A++ energinio naudingumo klasės namui keliami reikalavimai yra aukštesni nei pasyviems namams. Tad „Passivhaus“ sertifikatas gali būti tik papildomas – namą projektuoti ir visą dokumentaciją suruošti reikia taip, kad jis atitiktų abu standartus: tiek lietuvišką, tiek vokišką [27].

1.1.1. Mažai energijos vartojantys pastatai

Mažai energijos naudojančios pastatai - tai pastatai, kurių energijos naudojamas bendras metinis šilumos poreikis neviršija 85 kWh/m^2 .

Projektuojant, statant ir naudojant mažai energijos naudojančius pastatus svarbu:

1. kompaktiška pastato forma (sumažinamas paviršių, per kuriuos netenkama šilumos, plotas);
2. gerai apšiltintos ir sandarios atitvaros;
3. šiluminių tiltelių sumažinimas rūpestingai sudūrus konstrukcijas;
4. pasyvusis (tiesioginis) saulės energijos naudojimas pro langus;
5. laikinas langų apšiltinimas naktį, naudojant langines, žaliuzes, storas užuolaidas;

6. vėdinimo sistema su šilumograža;
7. paprastai reguliuojama šildymo sistema;
8. aktyvus saulės ir vėjo energijos naudojimas (vandens šildymas saulės kolektoriuose, saulės fotoelementai ar vėjo jėgainė elektros energijai, šilumai gaminti);
9. taupus elektros energijos naudojimas (A ir aukštesnės klasės būtinė įranga, energiją efektyviai naudojančios lempos, maksimalus natūralaus apšvietimo naudojimas, kt.) [8];

Laikantis šių principų, panašiomis į Lietuvos klimato sąlygomis galima sutaupyti 1/3–2/3 patalpų šildymui reikalingos energijos [8];

Lietuvoje mažai energijos vartojantys pastatai atitinka A+ klasę, kuri yra privaloma nuo 2018 metų.

1 lentelė

Pastatų šilumos energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus [15]

Pastato tipas	Bendras metinis šilumos poreikis, kWh/m ²	Energijos poreikis karštam vandeniui paruošti, kWh/m ² *	Šilumos nuostoliai per atitvaras, kWh/m ²	Šilumos nuostoliai dėl vėdinimo, kWh/m ²
Pasyvieji pastatai	30	15	10	5
Mažai energijos naudojančios pastatai	85	15	35	35
Tradiciniai pastatai	145	15	80	50
Senesni pastatai	225	15	160	50

Pagal 1 lentelę pastatų šilumos energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus, matyti, kad senos statybos pastatų šilumos poreikis yra didžiausias, o pasyviuosiuose – mažiausias.

1.1.2. Energijos beveik neneudojantys pastatai

Energijos beveik nevartojantys pastatai – pastatai, atitinkantys STR 2.01.02:2016 “Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ reikalavimus A++ energinio naudingumo klasės pastatams, t. Y. Labai aukšto energinio naudingumo pastatai, kuriuose energijos sunaudojimas beveik lygus nuliui arba energijos sunaudojimas labai mažas; didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją [10].

Tokiam pastatui (A++ klasės) svarbūs penki esminiai punktai:

- $C_1 < 0,25$ ir $C_2 \leq 0,70$

C_1 – rodiklis apibūdina pirminės neatsinaujinančios energijos vartojimo efektyvumą šildymui, vėdinimui, vėsinimui ir apšvietimui.

C_2 – apibūdinančią pirminės neatsinaujinančios energijos vartojimo efektyvumą karštam buitiniam vandeniui ruošti; pastate sunaudojamos energijos dalį iš atsinaujinančių išteklių.

Šie rodikliai parodo, kokią dalį visos energijos, reikalingos šilumai, vėdinimui, vėsinimui, apšvietimui, karšto vandens ruošimui, namas gali gauti iš neatsinaujinančių šaltinių – akmens anglies, gamtinių dujų ir pan. (atitinkamai mažiau kaip 25 % ir ne daugiau kaip 70 %).

- pastato atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi būti ne didesni už norminius savituosius šilumos nuostolius;
- pastato sandarumas turi atitikti Reglamento reikalavimus, t. Y. Esant 50 Pa slėgių skirtumui tarp pastato vidaus ir išorės, oro apykaita turi neviršyti 0,6 karto per valandą;
- jei pastate įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,90, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus sunaudojamas elektros energijos kiekis turi būti ne didesnis už 0,45 Wh/m³; Paprastai tariant, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi siekti 90%, o rekuperatoriaus galingumas turi būti parinktas pagal pastato tūrį;
- pastate sunaudota energijos dalis iš atsinaujinančių išteklių turi atitikti Reglamento (Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas) reikalavimus, t. Y. A++ klasės pastatuose didžiąją sunaudojamos energijos dalį turi sudaryti energija iš atsinaujinančių išteklių [9].

Lietuvoje energijos beveik nevartojantys pastatai atitinka A+ klasę, kuri yra privaloma nuo 2021 metų.

1.1.3. Pasyvūs namai

Pasyvusis namas (vok. Passivhaus) – pastatas (paprastai – gyvenamasis namas), kurio šildymo ar vėsinimo energetinės sąnaudos yra minimalios (maždaug apie 10 % įprastinių šiuolaikinių pastatų sąnaudų). Pasyviųjų namų konstrukcija siejama su griežtu, gerai apgalvotu, vokiškuoju Passivhaus standartu pastatų energijos vartojimo efektyvumui pagerinti [29]. Pasyvus namas – tai pastatas, kuriame šilumos komfortas (LST EN ISO 7730:2006) gali būti pasiekiamas šildant arba šaldant šviežio oro masę, kuri reikalinga pakankamos vidinės oro kokybės sąlygoms pasiekti be papildomos oro cirkuliacijos [11]. Pirmasis pasyvusis namas Lietuvoje sertifikuotas 2016 metais.

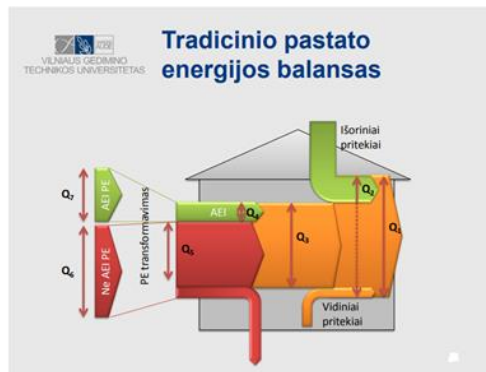


1 pav. Pirmasis pasyvus namas Lietuvoje [29]

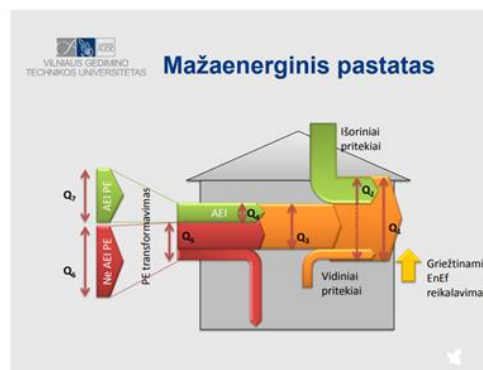
Pasyvūs pastatai Lietuvoje yra naujovė.

1.1.4. A+ ir A++ klasės pastatų privalumai

Mažai energijos naudojančio pastato ir beveik energijos nenaudojančio pastato pranašumas lyginant su tradiciniu pastatu yra griežtesni energijos efektyvumo reikalavimai. Taip leidžiama sumažinti PE transformavimąsi ir vidinius pritekėjimus.



a)

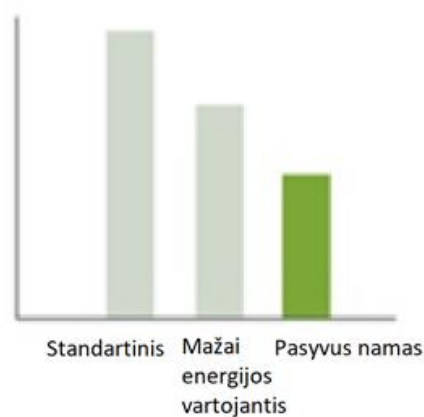


b)

2 pav. Tradicinio ir mažai energijos vartojančio pastato balansas [28]

Energijos balanso sukuriama vertė – mažesnės eksploatacinės išlaidos. Statytis ir gyventi energiškai efektyviame name yra ilgalaikis sprendimas, paremtas statybos ir namo eksploataavimo išlaidų teigiamu balansu visą pastato gyvavimo ciklą:

Eksploatacinės išlaidos



3 pav. Eksploatacinės išlaidos [31]

Pasyvaus namo eksploatacinės išlaidos yra beveik per pusę mažesnės nei standartinio pastato.

Mažai energinio pastato statybos vertė neženkliai skiriasi nuo tradicinio namo statybos vertės. Statybos išlaidos padidėja iki 5%.

Pastato tipas	Investavimas
Mažai energijos vartojantis	+ 0-5%
Pasyvus	+ 5-10%
Pliusinės energijos	+ \geq 10%

4 pav. Investavimo išlaidos. [31]

1.2. Mažai energijos vartojantys pastatai Vokietijoje

Vokietijoje pastatai yra reglamentuojami nacionaliniame statybos kodekse „EnEV Energy Saving Standard“.

Dabartiniame EnEV „mažai energijos vartojančių pastatų“ terminas nėra paminėtas, kas patvirtina, kad tai nėra pagal įstatymą apibrėžtas terminas. Gütegemeinschaft Niedrigenergiehäuser e.V. nustatė mažos energijos ir pasyviųjų namų standartą, patvirtintą kokybės ženklu „RAL-GZ 965“. „RAL-GZ“ užtikrina taip pat ir „mažai energijos renovuojamų“ ir „dalies renovuojamų“ pastatų klasę [3].

Pasyviųjų namų sertifikavimą Vokietijoje atlieka „Passivhaus“ institutas. Pasyviųjų namų institutas (PHI) yra nepriklausomas mokslinių tyrimų institutas, kurį 1996 m. įkūrė Dr Wolfgang Feist. PHI vaidino itin svarbų vaidmenį kuriant „Pasyvaus namo“ koncepciją. Pirmasis bandomasis projektas (Kranichsteino pasyvus namas, Darmstadas, Vokietija, 1991 m.) buvo pirmasis Europos gyvenamas daugiabutis namas, kurio metinė išsami stebėseną patvirtino suvartojimo lygį, kuris yra mažesnis nei 10 kWh / (m²a) [30].

Vokietijoje yra šio energinio naudingumo pastatai, kuriuos apibrėžia reglamentai:

- RAL mažai energijos vartojantys namai;
- RAL pasyvieji namai;
- Pasyvieji namai;
- 3 litrų namai;
- „Effizienzhaus 70“, buvę KfW-40 namai;
- „Effizienzhaus 85“, buvę KfW-60 namai [3].

Pirmasis pasaulyje pasyvus namas pastatytas prieš dvidešimt aštuonis metus Vokietijoje:



5 pav. Pirmasis pasaulyje pasyvus namas Vokietijoje, Darmstade [30]

1.3. Mažai energijos vartojantys pastatai Didžiojoje Britanijoje

Pastatai Didžiojoje Britanijoje reguliuojami pagal nacionalinius statybų reglamentus. Nacionalinio reglamento kodeksas CHI pateikia reitingų sistemą, suskirstytą į šešis lygius. Pastatai yra matuojami pagal jų energinį naudingumą, 6 lygis yra aukščiausias.

Pastatų tyrimų įstaiga BRE Didžiojoje Britanijoje sertifikuoja pasyviuosius namus pagal Vokietijos PHI (PassivHaus UK) [6].

Pastatai yra vertinami pagal devynis kriterijus:

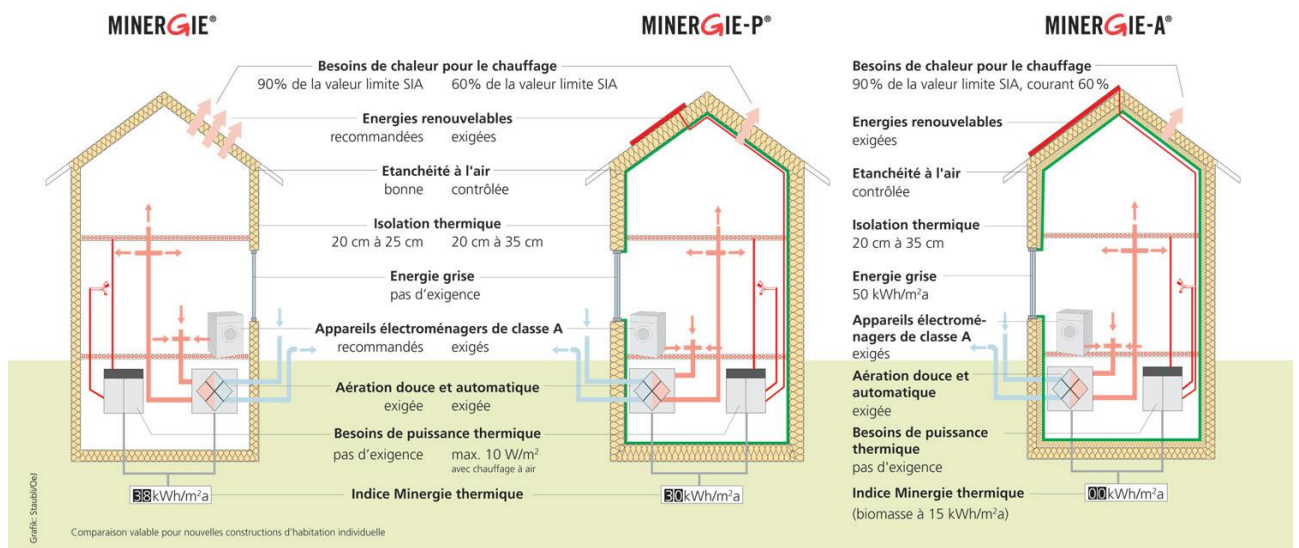
- energija ir CO₂ emisija;
- vanduo;
- medžiagos;
- paviršinio vandens surinkimas;
- atliekos;
- tarša;
- vidinio pastato klimato poveikis sveikatai;
- pastato išmanusis valdymas;
- ekologija [3].

1.4. Mažai energijos vartojantys pastatai Šveicarijoje

Šveicarijoje nacionalinis statybinis reglamentas, reglamentuojantis energijos vartojimo efektyvumą yra SIA 380/1: 2009 „Thermische Energie im Hochbau“. Terminas „mažai energijos vartojantis“ pastatas nėra apibrėžtas nacionaliniame statybos kodekse SIA. 2006 metais išleistas reglamento papildymas „SIA D 0216 Effizienzpfad Energie“. Šiame dokumente yra nurodomos ribinės vertės trijų tipų pastatams – gyvenamiesiems namams, administraciniams pastatams ir mokykloms [3].

Mažai energijos vartojantiems pastatams yra nacionalinis sertifikavimo ženklas, - „MINERGIE“ standartas. Šis sertifikatas galioja Šveicarijoje ir Lichtenšteine. „Minergie“ namams suteikiamas sertifikatas yra apmokestinamas ir galioja penkerius metus. Minergie sertifikatu yra suteikiamos klasės (nuo žemiausios iki aukščiausios):

- „Minergie®“;
- „Minergie-P®“;
- Minergie-ECO® / P-ECO® [3].



6 pav. Minergie namų tipai ir jų skirtumai [26]

Minergie namai yra vertinami pagal šiuos kriterijus:

- namo išdėstymą;
- ventiliaciją;
- ribines atitvarų šilumos perdavimo koeficiento vertes;
- vidinį mikroklimatą vasaros metu;

- apšvietimo, vėsinimo ir šildymo reikalavimus, kurie yra taikomi skirtingiems Minergie tipo sertifikatams [3].

Sveikatos kriterijai skirstomi į:

- apšvietimo;
- triukšmo ir patalpų oro;
- aplinkosauginius [3].

Sertifikuojant Minergie tipo namus yra atliekamas sandarumo testas. Minergie standartas vertina pastatą kaip bendrą sistemą - pastato statybinė dalis ir inžinerinės sistemos nėra atskiriamos.

1.5. Mažai energijos vartojantys pastatai Austrijoje

Austrijoje pastatų energinis naudingumas vertinamas pagal atskirą sertifikavimo sistemą, kuri yra griežtesnė už ES pastatų sertifikavimo reikalavimus. Šalyje pastatų energinio naudingumo sertifikatai skirstomi į 3 kategorijas: Auksinis (Gold), Sidabrinis (Silber) ir Bronzinis (Bronze). Minimalūs energinio naudingumo reikalavimai pateikti Bronzinio sertifikato standarte. Naujiems pastatams projektuoti yra taikomi tokie standartai:

1) „OIB-guidelines 6, 2011“ (OIS RL6, 2011). Šiame standarte nurodyti minimalūs energinio naudingumo reikalavimai;

2) „Klimaaktiv minimum criteria“ (Klimaaktiv building 2013). Šiame dokumente nurodyti „klimaaktiv“ standarto reikalavimai pastato atitvaroms ir inžinerinėms sistemoms;

3) „National Plan on Nearly Zero-Energy Buildings“ (NZEB 2020) – nacionalinis planas energijos beveik nevartojančių pastatų statybai: „NZEB 10“ – variantas su labiau apšildytais atitvaromis ir „NZEB 16“ – variantas su tobulesnėmis inžinerinėmis sistemomis, kurios mažina CO2 emisiją [4].

Austrijoje (taip pat kaip ir Lietuvoje) pastatai klasifikuojami į 9 energinio naudingumo klases (Austrian Energy Agency, AEA 2014): G, F, E, D, C, B, A, A+, A++. Aukščiausi reikalavimai keliami A++ klasės pastatams. Pagal Austrijos energinio naudingumo strategiją 2020 metais pastato bendrame energijos balanse atsinaujinančiosios energijos dalis turės sudaryti ne mažiau kaip 15 proc. Visos energijos. Tai ambicingas tikslas, todėl Austrijos mokslininkų tyrimų publikacijų ir techninių dokumentų skaičius nuolat auga [4].

Austrijoje naujai statomiems pastatams yra taikomi trys standartai.

1.6. Mažai energijos vartojantys pastatai Lenkijoje

Energinio naudingumo reikalavimai Lenkijoje apibrėžti norminiame dokumente Dz. U. Z 2015 r. Poz. 376. Pastatai nėra skirstomi į klases, tačiau yra apibrėžtos maksimaliai leidžiamos skaičiuojamosios energijos sąnaudos kvadratiname metre pastato naudingojo ploto per metus, kWh/(m² ·metai). Taip pat atitvaroms keliami norminiai reikalavimai [4].

Nuo 2009 metų naujai statomiems pastatams, kurių naudingasis plotas daugiau nei 1000 m² yra privaloma atlikti ekonominę analizę pastato eksploatacijai panaudojant atsinaujinančius energijos šaltinius – geoterminį šildymą, saulės kolektorius [32].

Wroclave, Lenkijoje, buvo pastatytas pasyvus namas pagal Vokiečių pasyvus namo reikalavimus, tik apšiltinimas pritaikytas šaltesniam Lenkijos klimatui.



7 pav. Pirmasis pasyvus namas Lenkijoje [32]

Šio namo gyvenamasis plotas – 130 m². Šildymo poreikis net aštuonis kartus mažesnis – 15 kWh/m², kai tradicinio namo Lenkijoje – 123 kWh/m².

2. TYRIMŲ METODOLOGIJA

2.1. Daugiakriterio vertinimo metodai

Daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai naudojami optimalaus sprendimo suradimui, skirstomi į dvi grupes: daugiaobjekčius ir daugiatikslius.

- Daugiaobjekčių sprendimo analizė (MODA – Multiple Objective Decision Analysis), nagrinėja sprendimo priėmimo uždavinius, kai sprendimo priėmimo erdvė yra testinė. Tipiniai pavyzdžiai būtų matematinio programavimo uždaviniai su daugiaobjektėmis funkcijomis. Daugiaobjekčių sprendimo analizė pirmą kartą paminėta (Kuhn ir Tucker, 1951) ir yra žinoma kaip vektoriaus maksimumo uždavinys.
- Daugiatikslių sprendimų analizė (MADA – Multiple Attribute Decision Analysis), nagrinėja uždavinius diskrečioje erdvėje. Tai tokie uždaviniai kai alternatyvos yra iš anksto apibrėžtos; (Triantaphyllou ir kt., 1998).

Pagrindinis skirtumas tarp dviejų metodų grupių yra paremtas alternatyvų skaičiumi. Daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai yra sukurti taktiškų alternatyvų atrinkimui, tuo tarpu daugiaobjektiniai tinkami toms planavimo problemoms, kai teoriškai begalinis nepertraukiamų alternatyvų skaičius yra apibrėžtas kintamojo vektoriaus sprendimo grupės [2].

Sprendžiant kompleksinius uždavinius įprasto nesudėtingo sprendimų priėmimo proceso nepakanka dėl per didelio skaičiaus vertinamų rodiklių ir sprendžiamos problemos sudėtingumo (Choi, Huh 2012). Tokius uždavinius tikslinga spręsti daugiatikslio vertinimo metodais, nuodugniai aprašančiais pagrindinį tikslą – problemos sprendimą. Daugiatikslio vertinimo metodai gali būti taikomi atsižvelgiant į įvairius suinteresuotų grupių tikslus. Jie parenkami įvertinant daugelį rodiklių, parenkamų pagal informacijos tipus, aprašančius sprendžiamos problemos rodiklius [7].

Asmuo, priimančias sprendimus, analizuoja galimas alternatyvas, remdamasis jas apibūdinančiais rodikliais, kurie gali tarpusavyje skirtis tiek savo struktūra, tiek patikimumo lygiu. Atsižvelgiant į turimus pradinius duomenis, daugiatikslių sprendimo priėmimo problemų sprendimui parenkamas atitinkamas daugiatikslių sprendimo priėmimo metodas ar metodų kompleksas. Nors visi daugiatiksliai sprendimo priėmimo metodai skirti nagrinėjamų alternatyvų rangavimui, tačiau kartais pasitaiko, jog taikant kelis daugiatikslius sprendimų priėmimo metodus tų pačių alternatyvų rangavimui, rangavimo rezultatai nesutampa [12].

Sprendžiant kompleksinius uždavinius įprasto nesudėtingo sprendimų priėmimo proceso nepakanka dėl per didelio skaičiaus vertinamų rodiklių ir sprendžiamos problemos sudėtingumo

[7]. Tokius uždavinius tikslinga spręsti daugiatisliio vertinimo metodais, nuodugniai aprašančiais pagrindinį tikslą – problemos sprendimą. Daugiatisliio vertinimo metodai gali būti taikomi atsižvelgiant į įvairius suinteresuotų grupių tikslus. Jie parenkami įvertinant daugelį rodiklių, parenkamų pagal informacijos tipus, aprašančius sprendžiamos problemos rodiklius. Daugiatisliių metodų taikymo galimybės konkrečiam uždaviniui nagrinėjamos remiantis daugeliu požymių [14]. Uždaviniai gali būti paprasti, vidutiniški ar sudėtingi. Pasirenkant metodą tiriama:

- metodu išspręstų konkretaus pobūdžio uždavinių skaičius;
- didžiausias galimas vertinamų alternatyvų skaičius;
- didžiausias galimas rodiklių, kuriais apibūdinamos alternatyvos, skaičius;
- informacija apie sprendimą priimančių specialistų nuomonę;
- gautų rezultatų patikimumo tyrimo galimybės;
- naujiems žmonėms mokytis skirtas laikas;
- uždavinio sprendimo laikas [7].

Populiariausi daugiakriteriai daugiatisliai atrankos metodai yra:

1. TOPSIS – artumo idealiam taškui metodas [1];
2. SAW – paprastajam adityviam svorių metodui [12];
3. COPRAS – kompleksinio proporcingumo metodui [1];
4. ELECTRE metodas taikomas sprendžiant skirtingus uždavinius. Taikymo tikslas yra geriausios alternatyvos iš keletos suradimas arba alternatyvų rangavimas nagrinėjamo tikslo atžvilgiu. Alternatyvų prioritetų nustatymui taikoma PROMETHEE II idėja – sutarimo arba nesutarimo indikatorius [7];
5. PROMETHEE metodas sumuoja kiekvienos alternatyvos prioritetiškumą vertinimus ir visų neigiamų prioritetiškumą vertinimus. PROMETHEE II metodas išdėsto visas lyginamąsias alternatyvas svarbumo eilės tvarka [7].

Modifikuoti ir kombinuoti daugiatisliio vertinimo metodai:

1. COPRAS-G metodo sprendimų priėmimo pagrindas yra intervalų sistemų teorija, paremta rodiklių reikšmių vertinimu [7];
2. SAW-G – metodas, leidžiantis įvertinti skirtingas dimensijas turinčius rodiklius, kai jų reikšmės išreikštos intervalais [7];
3. ARAS-G (Additive Ratio Assessment with grey number) daugiatisliio vertinimo metodas, leidžiantis nustatyti geriausias alternatyvas, kai pradinė informacija aprašyta intervalu [15].

Daugiatisliio vertinimo tikslas – visų, nagrinėjamo reiškinio alternatyvų, rangavimas.

Sprendimų priėmimo procesą sudaro trys etapai:

1. alternatyvų sąrašo sudarymas;
2. rodiklių, pagal kuriuos vertinamos alternatyvos, apibrėžimas;
3. alternatyvų rangavimas [12].

2.1.1. Daugiakriterio vertinimo metodas TOPSIS

Mokslininkai Yoon ir Hwang sukūrė variantų prioritetiškumo nustatymo metodiką, pagrįstą koncepcija, kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo „neigiamai idealaus“ sprendimo. Šis metodas vadinamas variantų racionalumo nustatymo artumo idealiajam taškui metodu (TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat didėja arba nuolat mažėja. Tada galima nustatyti „idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių ir „neigiamai idealų“ sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių [1].

Norint taikyti artumo idealiam taškui metodą, būtina sudaryti sprendimų matricą P , kurioje eilutės žymi nagrinėjamas alternatyvas (m – alternatyvų skaičius), stulpeliai – efektyvumo rodiklius (n – efektyvumo rodiklių skaičius), pagal kuriuos vertinamos alternatyvos [1]. Sprendimo matrica užpildoma kiekybiniais svoriais, kurie gaunami remiantis statistiniais arba ekspertiniais duomenimis:

$$P = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{vmatrix} \quad (2.1)$$

Taikant metodą TOPSIS, sprendimų matrica P normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją [1]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.2)$$

čia: x_{ij} – i – osios alternatyvos;

j – ojo efektyvumo rodiklio reikšmė;

m – alternatyvų skaičius;

n – rodiklių skaičius.

$$\bar{P} = \begin{pmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

Daroma prielaida, kad žinomos rodiklių reikšmingumo reikšmės (q) [12].

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [q]. \quad (2.4)$$

Taikant formulę 4, sudaroma svertinė normalizuota matrica P

„Idealiai geriausias“ variantas (alternatyva) nustatomas pagal formulę [1]:

$$a^+ = \left\{ \left(\max_i \bar{x}_{ij} | j \in J \right) \left(\min_i \bar{x}_{ij} | j \in J' \right) / i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\} \quad (2.5)$$

čia: J – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė;

J' – rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė.

„Neigiamai idealus“ variantas nustatomas pagal formulę [12]:

$$a^- = \left\{ \left(\min_i \bar{x}_{ij} | j \in J \right) \left(\max_i \bar{x}_{ij} | j \in J' \right) / i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\} \quad (2.6)$$

Atstumas tarp lyginamojo i – tojo ir „idealiai geriausio“ + a varianto nustatomas skaičiuojant atstumą n – matėje Euklido erdvėje, pagal formulę:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^+)^2}; \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.7)$$

o tarp i – tojo ir „neigiamai idealaus“ – a , pagal formulę [1]:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^-)^2}; \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.8)$$

Galutiniu TOPSIS metodo žingsniu nustatomas kiekvieno i – ojo varianto santykinis atstumas iki „idealiai geriausio“ varianto [12]:

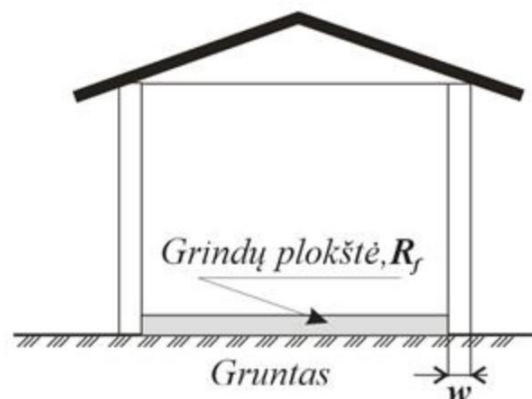
$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.9)$$

Kuo K_i reikšmė artimesnė vienetui, tuo i – asis variantas artimesnis + a t. Y. Racionalus variantas bus tas, kurio K_i reikšmė yra didžiausia [1].

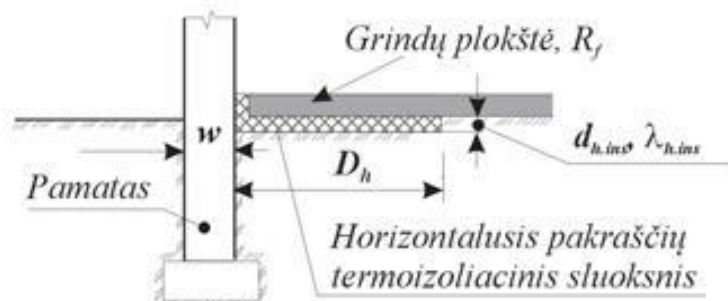
2.2. Grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo metodologija

Šilumos perdavimo koeficientas, geriau žinomas kaip U vertė, yra šilumos srautas (vatais), perduodamas per atitvaros vieną kvadratinį metrą, padalintas iš temperatūrų skirtumo abiejose atitvaros (sienos, stogo, lango arba durų) pusėse [31].

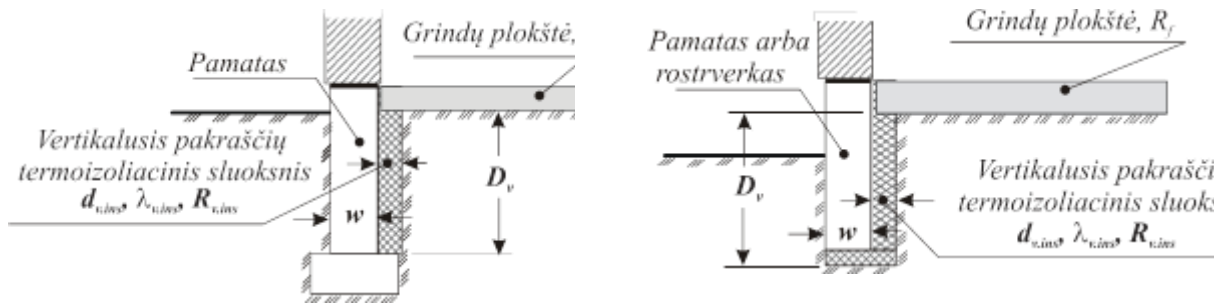
Pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ Šilumos srautų skaičiavimas per grindis ant grunto, kai grindys neapšiltintos arba jose įrengtas ištisinis horizontalusis termoizoliacinis sluoksnis (8. Pav.), turi būti atliktas dviem variantais: turi būti apskaičiuoti šilumos srautai per grindis, susiję su energijos poreikiais pastatui šildyti, ir šilumos srautai, susiję su energijos poreikiais pastatui vėsinti.



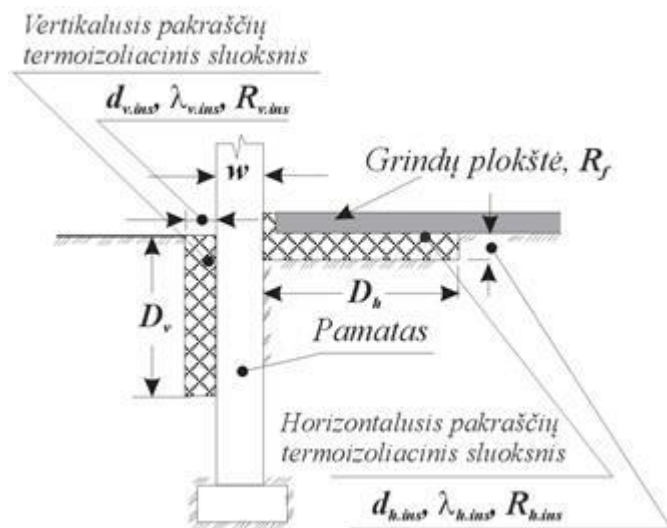
8 pav. Grindų ant grunto schema. Grindys gali būti neapšiltintos arba su vienodu ištisiniu termoizoliaciniu sluoksniu po grindų plokšte, jos viduje arba virš jos [20]



9 pav. Grindų ant grunto apšiltinimo schema, kai grindų pakraščiuose įrengtas horizontalusis termoizoliacinis sluoksnis [20]



10 pav. Grindų ant grunto apšiltinimo schema, kai grindų pakraščiuose įrengtas vertikalusis termoizoliacinis sluoksnis [20]



11 pav. Grindų ant grunto apšiltinimo schema, kai grindų pakraščiuose įrengti horizontalusis ir vertikalusis termoizoliaciniai sluoksniai [20]

Pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ yra išskiriamos keturios grindų ant grunto šiltinimo schemos. Pramoninių pastatų grindų ant grunto šiltinimui yra naudojamos schemos 9 – 11 pav. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų – schema 9 pav.

Grindų ant grunto projektinis šilumos perdavimo koeficientas U_{fg} , $W/(m^2 \cdot K)$, apskaičiuotas pagal formulę:

$$U_{fg} = U_0 + \frac{2 \cdot \Delta\Psi}{B'} ; \quad (2.10)$$

čia: U_0 – grindų ant grunto šilumos perdavimo pagrindinė dedamoji, priklausanti nuo grindų, ploto, jų formos ir grindis ribojančių sienų storio, $W/(m^2 \cdot K)$;

$\Delta\Psi$ – pataisa, įvertinanti pakraščių vertikaliojo apšiltinimo įtaką. Vertė apskaičiuojama pagal formulę;

B' – būdingasis grindų matmuo, apskaičiuojamas taip:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}; \quad (2.11)$$

čia: A – bendras grindų ant grunto plotas, m²;

P – grindų perimetras, m.

Dydžių A ir P vertėms apskaičiuoti imami pastato vidaus matmenys.

U_0 vertė apskaičiuota taip:

a) jei grindys mažai apšiltintos ($d_t < B'$), tai:

$$U_0 = \frac{2\lambda_{gr}}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1\right); \quad (2.12)$$

b) jei grindys gerai apšiltintos ($d_t \geq B'$), tai:

$$U_0 = \frac{\lambda_{gr}}{0,457 \cdot B' + d_t}; \quad (2.13)$$

čia: λ_{gr} – grunto projektinis šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K);

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

$$d_t = w + \lambda_{gr} \cdot (R_{se} + R_f + R_{si}); \quad (2.14)$$

čia: R_f – grindų šiluminė varža, m²·K/W;

w – grindis ribojančios sienos storis, m;

λ_{gr} – grunto šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K).

Pirmiausiai apskaičiuojama U_0 vertė. Po to apskaičiuojama R'_{ins} :

$$R'_{ins} = R_{ins} - d_{ins}/\lambda_{gr}; \quad (2.15)$$

čia: R'_{ins} – grindų ant grunto papildomoji šiluminė varža, esant vertikaliam pakraščių apšiltinimui, m²·K/W;

R_{ins} – vertikalios pakraščių termoizoliacinio sluoksnio šiluminė varža, m²·K/W;

d_{ins} – vertikalios pakraščių termoizoliacinio sluoksnio storis, m;

λ_{gr} – grunto šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K).

Apskaičiuotas atstojamasis papildomojo apšiltinančio sluoksnio storis (išreikštas grunto sluoksnio storiu), m:

$$d' = R'_{ins} \cdot \lambda_{gr}; \quad (2.16)$$

Apskaičiuojama $\Delta\Psi$ vertė, priklausanti nuo papildomo pakraščių termoizoliacinio sluoksnio gylio D (2 pav.), apšiltinamų pakraščių šiluminės varžos bei tokio pat storio grunto sluoksnio šiluminės varžos. Kai termoizoliacinis sluoksnis įrengtas pagal pastato perimetrą vertikaliai pamatų vidinėje arba išorinėje pusėje (2 pav.):

$$\Delta\psi = -\frac{\lambda_{gr}}{\pi} \left[\ln\left(\frac{2D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1\right) \right] \quad (2.17)$$

Pagrindinė tikrinimo sąlyga – grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas turi tenkinti norminius reikalavimus:

$$U_{fg} \leq U_{N,fg}; \quad (2.18)$$

čia: U_{fg} – grindų ant grunto projektinis šilumos perdavimo koeficientas $W/(m^2 \cdot K)$, kuris tiesiogiai priklauso nuo tiriamojo objekto, t.y. ištinio termoizoliacinio sluoksnio storio;
 $U_{N,fg}$ – norminis grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas, $W/(m^2 \cdot K)$, priklausantis nuo pastato paskirties, energinio naudingumo klasės ir vidutinės šildymo sezono išorės oro

3. GRINDŲ ANT GRUNTO DAUGIAKRITERIS VERTINIMAS

Užsienio kapitalo investicijų plėtra Lietuvoje skatina pramonės pastatų statybą. Nuo 2021 metų pagal statybos techninį reglamentą „STR 2.01.02:2016“ naujai statomi pastatai turės pasiekti A++ energinio naudingumo klasę. Tinkamai suprojektuoti energiška efektyvių pastatų sprendiniai, leidžia išvengti ilginų šiluminių tiltelių bei pasiekti oro apykaitos pastate rodiklio n_{50} vertę $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ (pastato sandarumo reikalavimas). Šie sprendiniai leidžia sumažinti pastato eksploatacines išlaidas bei padidinti investicijų atsiperkamumą [5].

Pramonės pastato grindys dažnai yra veikiamos netolygiai paskirstytų apkrovų, dėl šios priežasties apšiltinimo medžiaga turi atitikti ne tik šilumines, bet ir gniuždymo savybes [5]. Daugiakriterio vertinimo būdu, pagal kainą, atsparumą gniuždymui, atsparumą ugniai, svorį 1kg/m^2 ir montavimo laiką parenkama tinkamiausia apšiltinimo medžiaga. Tiriamos šios medžiagos: polistireninis putplastis „Šiloporas EPS 200“, ekstruzinis polistireninis putplastis „Styrodur®C 3035 CS“ ir „PAROC XES 300wj“. Vertikalusis šiltinimo sluoksnis visais horizontalaus apšiltinimo tyrimais atvejais – „Finfoam XPS 300“.

3.1. Apšiltinimo medžiagų charakteristika

„Šiloporas EPS 200“ – labai efektyvi ir tvirta, atlaikanti ypatingai dideles apkrovas, ilgaamžė, neįgerianti drėgmės, nekeičianti savo izoliacinių ir fizikinių savybių per visą tarnavimo konstrukcijoje laikotarpį, termoizoliacija. Gaminių paskirtis: ypatingai apkrautų pramoninių objektų grindų šilumos izoliacijai (šaldytuvai, saugyklos ir pan.); stogų su ypatingai didelėmis apkrovomis šilumos izoliacijai (terasos, apželdinti stogai ir pan.); kelių, krantinių įrengimui; įšalo izoliacijai [24].



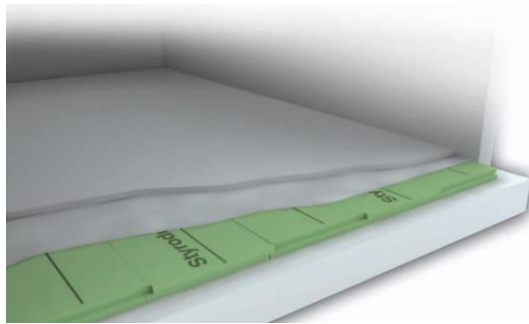
12 pav. „Šiloporas EPS 200“ [24]

Gaminio matmenys				
Storis	Nuo 2cm iki 1.2m			
Standartiniai plokščių matmenys	0.5m x 1m; 1m x 1m; 1m x 2m; 1m x 4m.			
Techniniai duomenys				
Rodiklio pavadinimas	Žymėjimas	Vertė	Matavimo vienetas	Standartas
Deklaruojamas šilumos laidumas	λ_D	0.033	W/(m·K)	LST EN 12667
Gniuždomasis įtempis, kai gaminys deformuojamas 10% kPa	CS(10)200	≥200	kPa	LST EN 826
Stipris lenkiant kPa	BS250	≥250	kPa	LST EN 12089
Degumo klasifikacija	E	-	-	LST EN 11925-2
Matmenų stabilumas temperatūros ir drėgno salygomis	DS(70,90)1	≤1	%	LST EN 1604
Matmenų stabilumas	DS(N)2	≤±0,2	%	LST EN 1604
Vidutinis tankis	ρ	27.5	Kg/m ³	LST 1602
Vandens garų varžos faktorius	MU	40-100	-	LST EN 13163:2013
Valkšnumas	CC1	(2/1/10)70	-	LST EN 1606
Ilgalaikis įmirkis panardinus vandenyje	WL(T)2	≤ 2,0	%	LST EN 12087
Leidžiamosios nuokrypos				
Matmenų leidžiamųjų nuokrypų klasė	Ilgis	L(3)	±3mm	
	Plotis	W(2)	±2mm	
	Storis	T(2)	±2mm	
	Statmenumas	S(5)	±5mm/1000mm	
	Plokštumas	P(10)	±10mm	

13 pav. EPS 200 techniniai duomenys [24]

„Šiloporos EPS 200“ tinka A++ klasės pramoninio pastato grindų ant grunto šiltinimui. Termoizoliacinė medžiaga pasižymi mažu šilumos laidumu – 0,033 W/(mK), dideliu atsparumu gniuždymui – >200 kPa. „Šiloporos EPS 200“ atsparumas ugniai – E. „Šiloporos EPS 200“ storiai svyruoja nuo 2cm iki 1,2m.

„Styrodur®C 3035 CS“ yra bendrovės BASF išspaudimo būdu gaminamas žalias standus polistireno putplastis. „Styrodur®C 3035 CS“ būdinga gera šilumos izoliacija, maža vandens sugertis bei didelis atsparumas spaudimui. „Styrodur®C 3035 CS“ slopina degimą, o jo kokybės kontrolę oficialiai prižiūri nepriklausomos institucijos. Dėl savo išskirtinių savybių „Styrodur®C 3035 CS“ naudojamas daugelyje statybos ir civilinės statybos sričių. Naudojant „Styrodur®C 3035 CS“ pastatams šildyti ar šaldyti naudojama mažiau energijos, sumažėja konstrukcijų šiluminė apkrova, taip padidėja jų eksploataavimo trukmė bei vertė. „Styrodur®C 3035 CS“ tinka specialiųjų rūšių konstrukcijoms bei suteikia daugiau konstrukcinės laisvės architektams ir planuotojams. Gaminio taikymo sritys praktiškai neribotos [34].



14 pav. „Styrodur®C 3035 CS” [34]

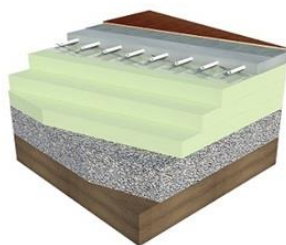
Pavadinimas	Mato vnt.	Duomenys
Tankis	kg/m ³	33 ± 3
Šilumos laidumas	W/mK	0,034
Atsparumas gniuždymui esant 10% deformacijai, koeficientas	N/mm ²	0,3
Vandens sugeriamumas esant ilgalaikiam panardinimui	Tūris - %	0,2
Tiesinės šiluminės plėtros koeficientas, išilginis	mm/(m·K)	0,08
Atsparumas ugniai (DIN EN 13501 – 1)	Klasė	E
Didžiausia eksploatavimo temperatūra	°C	75

15 pav. „Styrodur®C 3035 CS” techniniai duomenys [34]

„Styrodur®C 3035 CS” tinka A++ klasės pramoninio pastato grindų ant grunto šiltinimui. Termoizoliacinė medžiaga pasižymi mažu šilumos laidumu – 0,034W/(mK) , dideliu atsparumu gniuždymui – >300 kPa. „Styrodur®C 3035 CS” atsparumas ugniai – E. „Styrodur®C 3035 CS” atsparumas gniuždymui yra didesnis nei „Šiloporos EPS 200”.

„PAROC XES 300wj“ yra ekstruzinio polistireninio putplasčio gaminy su frezuotais kraštais. Šis gaminy gali būti naudojamas konstrukcijose, kurioms keliami didesni reikalavimai

apkrovoms ir atsparumui drėgmei. „PAROC XES 300wj“ naudojamas kaip šilumos izoliacija neeksploatuojamuose ir eksploatuojamuose atvirkštiniuose stoguose, šiltinant grindis ant grunto ir pamatus, įrengiant plokščiuosius pamatus, tiesiant kelius [31].



16 pav. „PAROC XES 300wj“ [31]

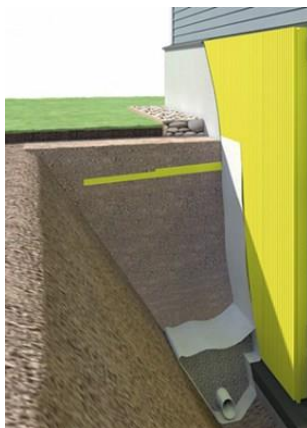
SAVYBĖ	VERTĖ		
Degumo kalsifikavimas pagal Euro klases	F		
Nenutrūkstamas degimas įkaitus	NPD		
Vandens pralaidumas	Ilgalaikis vandens įmirkis panardinant, WL(T)	WL(T)0,7	
	Ilgalaikis difuzinis vandens įmirkis, WD(V) ≤ 80 mm ≥ 100 mm	WD(V)2 WD(V)1	
Vandens garų pralaidumas	Vandens garų difuzijos varža, MU, μ	NPD	
Storio leistina nuokrypa	T1		
Šiluminė varža	Storis (mm)	Šilumos laidumas λ_D (W/m*K)	Šiluminė varža R_D (m ² * K/W)
	50	0,033	1,50
	100	0,036	2,75
Reakcijos į ugnį ilgalaikiškumas veikiant karščiui, klimato pokyčiams, senėjimui arba irimui	Ilgaamžiškumo charakteristikos	NPD	
Šiluminės varžos ilgalaikiškumas veikiant karščiui, klimato pokyčiams, senėjimui arba irimui	Šiluminė varža, R_D Šilumos laidumas, λ_D	Nesikeičia	
	Matmenų stabilumas	DS(70,90)	
	Užšalimo-atšalimo pasipriešinimas, FTCD	FTCD1	
Gniuždymo įtempis arba stipris gniuždant	Stipris gniuždant arba gniuždomasis įtempis	CS(10\Y)300	

17 pav. „PAROC XES 300wj“ techninės charakteristikos [31]

„PAROC XES 300wj“ tinka A++ klasės pramoninio pastato grindų ant grunto šiltinimui. Termoizoliacinė medžiaga pasižymi mažu šilumos laidumu – 0,036 W/(mK), dideliu atsparumu gniuždymui – >300 kPa. „PAROC XES 300wj“ atsparumas ugniai – F.

Šilumos izoliacinės plokštės „Finfoam XPS 300“ yra aukštos kokybės gaminiai, išlaikantys izoliacines ypatybes net ir sudėtingomis sąlygomis. Finnfoam izoliacinės plokštės gaminamos ekstruzijos būdu, dėl to medžiagos porų struktūra tampa visiškai vientisa ir uždara: tarp porų nelieka oro kanalų ar tarpų. Tai užtikrina puikią šilumos izoliaciją, mechaninį tvirtumą ir atsparumą drėgmei [23].

Izoliacinės plokštės finfoam yra geras sprendimas vertikaliai pamatų šiluminei izoliacijai, nes užsandarinant butilo mastika CW-300 plokščių sujungimus ir griovelių ertmes iš viršaus šiltinimo sluoksnio struktūra tampa visiškai sandari. Tiek lietaus, tiek gruntinis vanduo yra nudrenuojami struktūros išorinėje pusėje per „Finfoam XPS 300“ plokštės griovelius į drenažo sistemą, šiuo atveju griovelius nuo užsikimšimo užkasant būtina apsaugoti geotekstilės sluoksniu. Drėgmė susidariusi viduje – tarpe tarp pamato ir termoizoliacinės XPS plokštės yra pašalinama per griovelius (10×15 mm) suformuotus plokštės vidinėje dalyje prie cokolio. Dėl temperatūrų skirtumo, grioveliuose garų slėgis yra didesnis prie žemės paviršiaus ir mažėja į apačią. Vandens garai keliauja žemyn dėl susidariusio slėgių skirtumo ir apačioje susikondensuoja į vandenį. Tada vanduo nudrenuojamas į drenažą. Šis kompleksinis sprendinys CW-300 yra sertifikuotas Suomijos Techninių Tyrimų Centre (sertifikatas – VTT-C-4159-09) [13].



18 pav. „Finfoam XPS 300“ [23]

3.2. Grindų ant grunto įrengimo technologija

Šiuo metu įvairių konstrukcinių sprendimų monolitinės betoninės grindys įrengiamos, taikant pažangias įrengimo technologijas. Grindų konstrukciniai sprendimai priklauso nuo pastato paskirties, veikiančių statinių ir dinaminių apkrovų, architektūrinių reikalavimų, eksploatacinių sąlygų ir kitų veiksnių. Grindys pramoniniuose, visuomeniniuose pastatuose turi tenkinti stiprumo, dilumo, šiluminės technikos reikalavimus, turi būti gerai valomos ir higieniškos [17].

Pagal STR 2.05.13:2004 Statinių konstrukcijos. Grindys. Projektuojant ir įrengiant grindis būtina laikytis normatyvinių statybos techninių bei normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų, nustatytų reikalavimų, reglamentuojančių konkretaus pastato grindų projektavimą ir įrengimą, taip pat šio Reglamento reikalavimų.

1. Grindys turi būti suprojektuotos ir įrengtos iš tokių statybos produktų, kurių savybės per ekonomiškai pagrįstą statinio naudojimo laiką užtikrintų esminius statinio reikalavimus.

2. Šiluminiai techniniai reikalavimai projektuojant gyvenamųjų ir negyvenamųjų pastatų grindis.

3. Projektuojant grindis reikia atsižvelgti į jų techninį ir ekonominį tikslumą bei pagrįstumą konkrečiomis statybos sąlygomis.

4. Grindis reikia projektuoti atsižvelgiant į joms keliamus specialiuosius reikalavimus, poveikius ir klimatinės sąlygas.

5. Mechaninio poveikio grindims intensyvumas.

6. Skysčių poveikio grindims intensyvumas.

7. Grindų plovimas (specialiai nepilant vandens) ir atsitiktinis, retas aptaškymas, nulaūšėjimas ir t. T. Nelaikomas skysčių poveikiu grindims.

9. Patalpose su dideliu ar vidutiniu skysčių poveikiu reikia įrengti grindų nuolydžius.

9. Grindų nuolydžių dydį reikia numatyti:

9.1. 0,5-1 proc., kai dangos besiūlės ir iš plokščių (išskyrus visų tipų betonines dangas);

9.2. 1-2 proc., kai dangos iš trinkelėlių, plytų ir betono (visų tipų).

10. Latakų ir kanalų nuolydžiai, atsižvelgiant į naudojamą medžiagą turi būti ne mažesni už nurodytuosius. Nuolydžių kryptis turi būti tokia, kad vanduo sutekėtų į latakus, kanalus ar skysčių rinktuvus, nesusikirdamas su važiuojamąja dalimi ir praeigomis.

11. Patalpų su agresyvia chemine aplinka grindų dangoms įrengti naudojami statybos produktai turi būti atsparūs juos supančios aplinkos poveikiams.

12. Grindų dangos turi būti suprojektuotos ir įrengtos taip, kad jas naudojant ir prižiūrint būtų išvengta nelaimingų atsitikimų (paslydimo, kritimo, susidūrimo ir pan.) rizikos. Esminių

statinio reikalavimų įvykdymas turi būti užtikrinamas grindų projektavimo, įrengimo ir naudojimo metu numatomų atitinkamų reikalavimų ir priemonių visuma bei statybos produktų kokybe.

Grindys ant grunto turi tenkinti esminius statinio reikalavimus, šiluminius bei mechaninius reikalavimus. Projektuojant grindis turi būti atsižvelgiama į pastato grindų eksploataciją.

Konstruktiniu požiūriu grindys susideda iš šių sluoksnių:

- paruošiamojo – įrengto ant grunto ir paskirstančio veikiančias apkrovas;
- hidroizoliacinio sluoksnio– trukdančio skverbtis gruntiniam vandeniui ir drėgmei iš patalpos, esant drėgnam eksploatacijos režimui;
- šilumos izoliacijos– įrengto ant grunto arba perdenginio, sumažinančio šilumos nuostolius per grindis (jei reikalingas įrengiamas ir garso izoliacijos sluoksnis, sumažinantis garso sklidimą per grindis);
- tarp sluoksnių – sujungiančio grindų dangą su žemiau esančiu grindų sluoksniu;
- dangos – viršutinio grindų sluoksnio, kuris veikiamas eksploatacinių aplinkos.

Šie konstrukciniai sluoksniai įrengiami, naudojant atitinkamas medžiagas ir technologijas. Grindų konstrukcijoje gali ir nebūti kai kurių sluoksnių, todėl gaunami įvairūs konstrukcinių sprendimų variantai [17].

Pagal STR 2.05.13:2004 Statinių konstrukcijos. Grindys. Grindų pagrindo gruntai:

1. Grindis reikia įrengti ant pakankamai tankaus grunto pagrindo, kad nebūtų konstrukcijų deformacijos dėl grunto sąslūgio.

2. Durpes, dirvožemį, sudurpėjusį ar organinėmis medžiagomis užterštą gruntą naudoti kaip grindų pagrindą neleidžiama.

3. Gruntas, kurio gamtinė sandara suardyta, taip pat piltinis gruntas turi būti tankinami.

4. Kai betono pasluoksnio apačia siekia gruntinio vandens kapiliarinio pakilimo zoną ir kai patalpos grindimis neteka vanduo, kiti skysčiai, reikia numatyti vieną iš šių priemonių:

4.1. pažeminti gruntinio vandens lygį;

4.2. grindų lygį pakelti aukščiau;

4.3. betono pasluoksnio apsaugai nuo gruntinio vandens poveikio panaudoti hidroizoliaciją;

5. Kai pagrindo gruntas neatsparus šalčio poveikiui, t. Y. Kai gruntas kilsnus, patalpoje, kurioje galimas pagrindo grunto išalimas, reikia numatyti vieną iš šių priemonių:

5.1. ne mažiau kaip 0,8 m pažeminti gruntinio vandens lygį žemiau nustatyto išalimo gylio;

5.2. ant pagrindo pakloti šilumos izoliacijos sluoksnį iš neorganinės šalčiui atsparios vidutinio tankumo (tankis apie $1,2 \text{ Mg/m}^3$) medžiagos;

5.3. kilsnų gruntą nukasti, iškasą užpilti šalčio poveikiui atspariu (smėlio ar žvyro) gruntu, ir jį tinkamai sutankinti.

6. Prieš klojant betono pasluoksnį, reikia paruošti nukasto grunto paviršių – pažerti skaldos ar frakcionuoto žvyro ir sutankinti taip, kad įsispraustų į pagrindą ne mažiau kaip 40 mm.

Esant aukštam gruntinio vandens lygiui, grindims ant grunto reikia įrengti hidroizoliacinį sluoksnį. Hidroizoliacija gali būti teptinė (bituminė mastika) arba klijuotinė (ritinė bituminė). Virš jos įrengiamas termoizoliacinis sluoksnis – polistireninis putplastis.

Grindų ant grunto termoizoliacinis sluoksnis įrengiamas pagal ST 212455837.01.2013 „Atitvarų šiltinimas polistireniniu putplasčiu“. Polistireninio putplasčio šilumos izoliacija grindyse gali būti daroma iš vieno arba kelių sluoksnių. Kai šilumos izoliacija daroma iš kelių sluoksnių, jų siūlės, išskyrus grindų pakraščius, neturi sutapti. Atstumas tarp siūlių turi būti ≥ 200 mm. Visus plyšius, pasitaikančius tarp polistireninio putplasčio plokščių, rekomenduojama užkamšyti polistireninio putplasčio atraižomis arba užpildyti montažinėmis putomis. Kad iš viršaus į polistireninį putplastį arba į jo siūles neprasiskverbtų betonas ar skiedinys, šilumos izoliacija iš viršaus turi būti padengta skiriamuoju sluoksniu. Skiriamajam sluoksniui gali būti naudojamas specialus krepinis popierius, geotekstilė bei kitos panašios 182 ST 212455837.01:2013 medžiagos.

Pagal STR 2.05.13:2004 Statinių konstrukcijos. Grindys. Tarpsluoksniams keliami reikalavimai:

1. Nekieti grindų tarpsluoksniai (pakloto sluoksniai) (žvyro, skaldos, asfaltbetonio, smėlio, šlako) leidžiami naudoti gamybos ir pramonės paskirties pastatuose su sąlyga, kad jie bus sutankinami mechaniniais volais.

2. Molbetonio tarpsluoksnis leidžiamas naudoti tik tada, kai dedamas sausas gruntinis pagrindas.

3. Po grindimis, kurios naudojimo metu bus veikiamos agresyviųjų skysčių, gyvulinės kilmės medžiagų, organinių tirpiklių (bet kokio intensyvumo) arba vandens, neutraliųjų tirpalų, tepalų ir emulsijų (vidutinio ir didelio intensyvumo), reikia įrengti betono tarpsluoksnį. Tarpsluoksnio storis nustatomas atsižvelgiant į grindis veikiančias apkrovas, naudojamus statybos produktus ir pagrindo grunto savybes.

4. Tarpsluoksnio storis turi būti ne mažesnis kaip:

4.1. smėlio – 60 mm;

4.2. šlako, žvyro ir skaldos – 80 mm;

4.3. betono:

4.3.1. gyvenamuosiuose ir negyvenamuosiuose pastatuose (išskyrus 64.3.2 p.) [4.2] – 80 mm;

4.3.2. gamybos ir pramonės paskirties pastatuose – 100 mm.

5. Betono tarpsluoksniui naudojamas betonas, kurio stipris gniuždant ne žemesnės kaip B22,5 markės.

6. Tais atvejais, kai atlikus skaičiavimus 100 mm storio tarpsluoksnyje, įrengtame iš B22,5 markės betono, įtemptai gaunami mažesni už skaičiuojamuosius, galima naudoti žemesnės markės betoną (bet ne žemesnės kaip B7,5), kuris atlaikytų tarpsluoksniui tenkančias apkrovas.

7. Kai koncentruota grindų su nekietuoju tarpsluoksniu apkrova yra ne mažesnė kaip 5 kN, o į grindų su betono tarpsluoksniu ne mažesnė kaip 10 kN, nurodytų tarpsluoksnių storis turi būti ne mažesnis, negu nurodyta STR 2.05.13:2004 Statinių konstrukcijos. Grindys. 64 punkte. Betono tarpsluoksniui šiuo atveju reikia naudoti B7,5 markės betoną.

8. Patalpose, kurių naudojimo metu galimi dideli temperatūros svyravimai, grindų betono tarpsluoksniuose būtina padaryti deformacines siūles, kurios viena kitos atžvilgiu išdėstomos statmenai 8-12 m atstumu.

9. Deformacinės siūlės grindyse turi sutapti su pastato deformacinėmis siūlėmis, o grindų su nuolydžiu skysčiams nutekėti – su grindų nuolydžių skiriamąja linija.

Grindų dangos yra skirstomos į tris pagrindines rūšis:

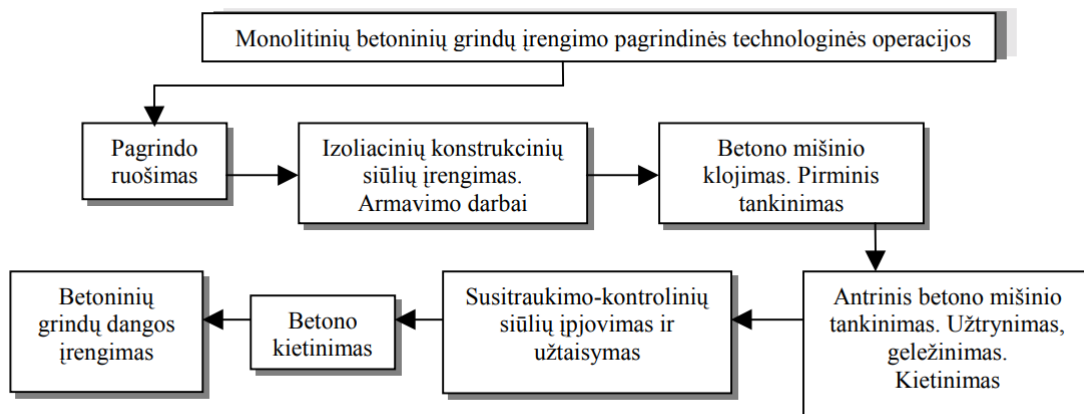
1. monolitinės;
2. surištas;
3. nesurįštas [16].

Monolitinė grindų danga. Kitaip dar vadinama neatskiriama danga, kuri klojama dar esant plastiškam betonui. Dažniausiai klojama 15 mm storio, su nedidesniais kaip 10 mm dydžio stambiaisiais užpildais. Konstruktoriai monolitinės dangos storį dažniausiai įtraukia į bendrą grindų storį. Pavyzdžiui, 150 mm storio betonines grindis sudaro 135 mm pagrindinė plokštė ir 15 mm monolitinė grindų danga. Grindų paviršiaus sustiprinimas yra pagrindinė priežastis, dėl kurios pasirenkama monolitinė danga. Šią dangą paprastai sudaro didelio stiprumo mišiniai, kartais su specialiais užpildais. Todėl pagrindinė grindų plokštė gali būti įrengta iš paprastesnio ir silpnesnio betono. Monolitinės dangas galima naudoti įrengiant spalvotas grindis. Taip galima išvengti didelių išlaidų perkant pigmentus visai betoninei plokštei. Tačiau toks dangos tipas turi ir trūkumų. Palyginus su paprastai apdirbta grindų plokšte monolitinių dangų darbų kaina yra

aukštesnė. Jei statybininkas leido per ilgai sėsti pagrindinei plokštei, susidaro grindų dangos lupimosi rizika [16].

Surišta danga. Ši danga klojama jau ant sukietėjusio betono. Ji yra per plona, kad būtų stipri, todėl yra labai svarbus jos sukibimas su pagrindine grindų plokšte. Surištos dangos užpildai yra taip pat nedidesni kaip 10 mm. Rekomenduojama įrengti 20–40 mm storio dangą. Napatartina įrengti storesnių nei 40 mm, nes esant susisukimo įtepinams danga.

Nesurišta danga. Tai yra atskira plokštė paklota ant pagrindinės grindų plokštės. Nededama jokių specialių pastangų, kad atsirastų sukibimas su pagrindine plokšte. Priešingai, kad būtų išvengta bet kokio atsitiktinio sukibimo, kai kurie projektuotojai siūlo pakloti polietilenines plėveles ar statybinį popierių [16].



19 pav. Monolitinių grindų įrengimo technologinės operacijos [17]

Yra išskiriamos septynios monolitinių betoninių grindų ant grunto įrengimo technologinės operacijos.

3.3. Vertinimo kriterijai

Daugiakriteriu TOPSIS metodu atliekamas tinkamiausio termoizoliacinio sluoksnio parinkimas remiantis šiais kriterijais:

1. Kaina. Pagal šį kriterijų vyksta dauguma pirkimų. Pagal Lietuvos Respublikos viešųjų pirkimų įstatymą: 55 straipsnis. Pasiūlymų vertinimas ir palyginimas

1.1 Perkančioji organizacija ekonomiškai naudingiausią pasiūlymą išrenka pagal:

1.1.1 kainos ar sąnaudų ir kokybės santykį. Vertinant atsižvelgiama į kainą arba sąnaudas ir kriterijus, susijusius su pirkimo objektu, įskaitant kokybinius, aplinkosaugos ir (arba) socialinius kriterijus;

1.1.2. sąnaudas, kurios apskaičiuojamos pagal gyvavimo ciklo sąnaudų metodą, aprašytą šio įstatymo 56 straipsnyje;

1.1.3. kainą.

1.2. Pirkimų, kuriuos atliekant ekonomiškai naudingiausias pasiūlymas išrenkamas tik pagal kainą, vertė kiekvienais kalendoriniais metais negali sudaryti daugiau kaip 70 procentų bendros perkančiosios organizacijos pirkimų vertės, į kurią neįskaičiuojama mažos vertės pirkimų ir pagal šio įstatymo 72 straipsnio 3 dalį atliktų pirkimų vertė.

1.3. Pasiūlymus vertindama pagal kainos ar sąnaudų ir kokybės santykį, perkančioji organizacija pirkimo dokumentuose gali iš anksto nustatyti fiksuotą kainą arba sąnaudas. Tokiu atveju tiekėjai konkuruoja ir ekonomiškai naudingiausias pasiūlymas išrenkamas tik kokybės kriterijų pagrindu [18].

Šis kriterijus yra 70 % procentų pirkimų atvejų yra vertinamas kaip pagrindinis, pasirenkant laimėjusią organizaciją.

2. Montavimo greitis. Šis kriterijus yra svarbus, atsižvelgiant į darbų atlikimo terminą. Pagal Lietuvos Respublikos civilinį darbo kodeksą: 6.652 straipsnis. Darbų atlikimo terminai

2.1. Rangos sutartyje nustatoma darbų pradžia ir pabaiga. Šalys taip pat gali nustatyti atskirų darbų atlikimo terminus (tarpiniai terminai).

2.2. Jeigu įstatymai ar sutartis nenustato ko kita, rangovas atsako ir už darbų pradžios ar pabaigos termino, ir už tarpinių terminų pažeidimą.

2.3. Šalių susitarimu sutartyje nustatyti darbų atlikimo terminai gali būti keičiami rangos sutartyje nustatyta tvarka.

2.4. Jeigu rangovas pažeidžia viso darbo atlikimo galutinį terminą, tai užsakovas turi teisę atsisakyti priimti įvykdžius prievolę atliktą darbą ir pareikalauti iš rangovo atlyginti dėl termino praleidimo padarytus nuostolius, jeigu dėl termino praleidimo prievolės įvykdymas užsakovui prarado prasmę [18].

Montavimo kriterijus yra aktualus rangovui, norint užtikrinti darbų atlikimo terminą.

3. Svoris. Montavimo medžiagos svoris yra svarbus, atsižvelgiant spendžiant medžiagos sandėliavimą bei pervežimą.

4. Atsparumas gniuždymui. Šis kriterijus nurodo kiek galima apkrauti termoizoliacinę medžiagą, kad ši nesideformuotų. Pramoninės grindys yra veikiamos įvairių apkrovų, svarbu nustatyti tinkamą termoizoliacinę medžiagą, kad grindų ant grunto termoizoliacinis sluoksnis nesideformuotų.

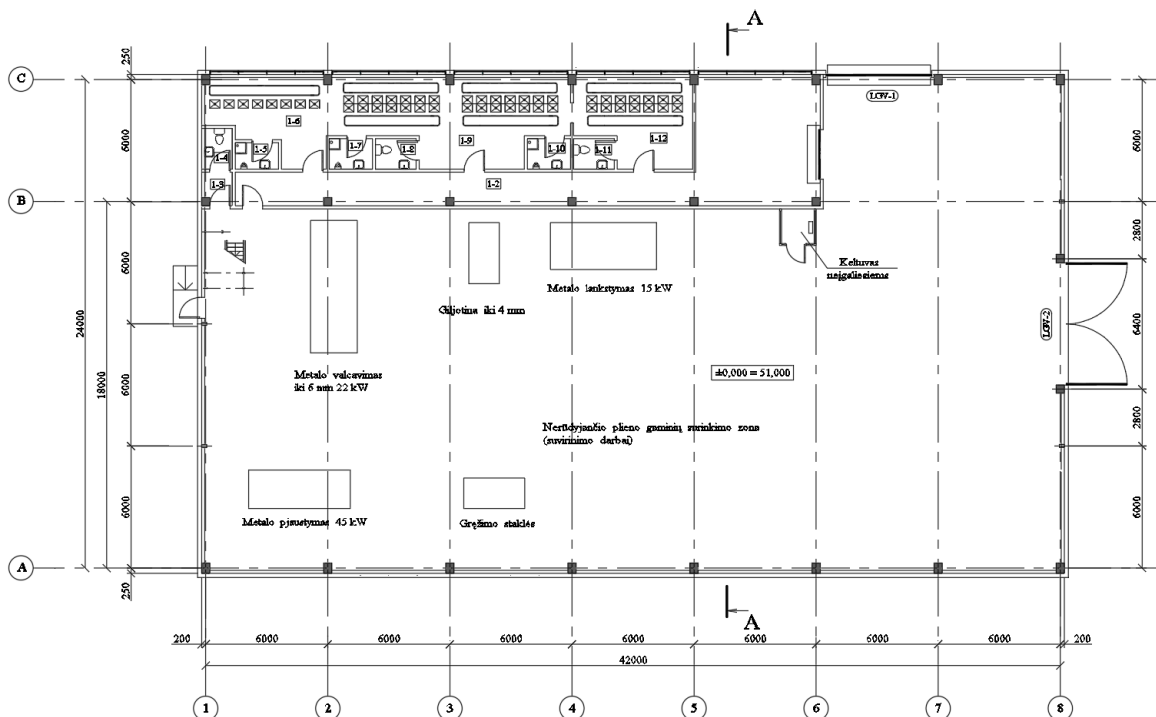
5. Atsparumas ugniai. Degumas (angl. reaction to fire) – produkto reagavimas į ugnį, kai nurodytomis sąlygomis jos veikiamas produktas palaikydamas degimą suyra. Degumo charakteristika žymima raidėmis A1, A2, B, C, D, E, F (grindims papildomas indeksas “FL” (pvz, BFL), vamzdžių izoliacijai – “L”), dūmų išsiskyrimas raidėmis s1, s2, s3 ir degančios dalelės raidėmis d0, d1, d2. Pagal bandymų rezultatus, ugniai atsparumo klasė nustatoma ir išreiškiama minėtų simbolių kombinacija, pagal standarto LST EN 13501-1 reikalavimus [25].

Pramoninių pastatų patalpos, atsižvelgiant į gamybos veiklą yra skirstomos pagal sprogo ir garso pavojų į A_{sg}, B_{sg}, C_g, D_g ir E_g klases. Aukščiausia A_{sg}, žemiausia - E_g. Kuo aukštesnė klasė – tuo didesni degumo reikalavimai keliami montuojamai medžiagai.

3.4. Grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Projektuojamas pramonės paskirties pastatas yra Panevėžyje, numatoma šildyti tik dalį pastato – buitines ir administracines patalpas.

Projektuojamo pastato planas:



20 pav. Pirmo aukšto planas

2. lentelė. Šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A)}$ vertės A++ naudingumo klasei [20]

Atitvarų apibūdinimas	Atitvaros žymuo	Pramonės pastatai ²⁾
Stogai	r	$0,12 \cdot \kappa_1$
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	fg	$0,12 \cdot \kappa_1^{5)}$
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių	cc	
Sienos	w	$0,14 \cdot \kappa_1^{5)}$
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	wda	$1,1 \cdot \kappa_1^{5)}$
Durys, vartai	d	$1,1 \cdot \kappa_1^{5)}$

Temperatūrų pataisa:

$$\kappa_1 = \frac{20}{Q_{iH} - 0,6} = \frac{20}{18 - 0,6} = 1,13 ; \quad (3.1)$$

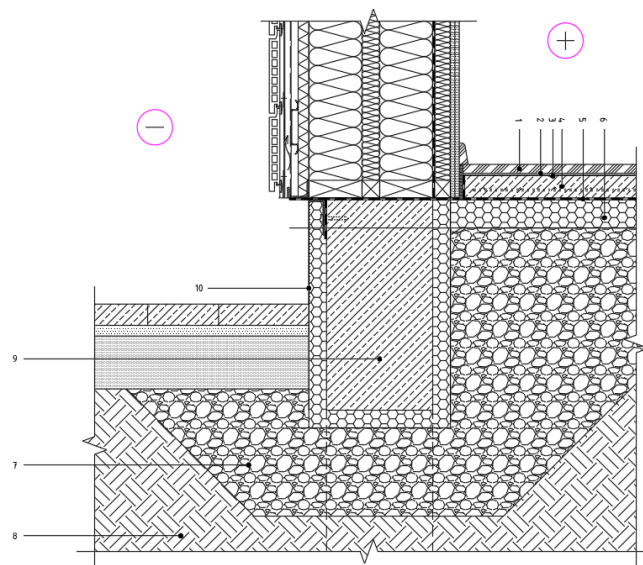
$\kappa_1 = 20/(\theta_{iH} - 0,6)$ – temperatūros pataisa pramonės pastatų atitvaroms,

θ_{iH} – pramonės pastatų vidaus temperatūra šildymo sezono metu (°C). Imama iš pastato projekto, o nesant duomenų, imama iš STR STR 2.01.02:2016 “Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ 2 priedo 2.4 lentelės;

$$U_n = 0,12 * k = 0,14 \quad (3.2)$$

Skaičiuojami trys horizontalaus grindų ant grunto apšiltinimo variantai naudojant – „Šiloporas EPS 200“, „Styrodur®C 3035 CS“ ir „PAROC XES 300wj“. Vertikalūs apšiltinimas visais atvejais numatomas „Finfoam XPS 300“ 50mm

Grindų ant grunto šiltinimas „Šiloporas EPS 200”



Grindų ant grunto detalė:

1. Vidaus apdaila – keraminės plytelės d=10 mm
2. Klijų sluoksnis d=5mm
3. Hidroizoliacija d=0,2mm
4. Armuotas išlyginamasis sluoksnis d=70mm
5. Kerpuotas popierius d=2mm
6. EPS 200 d=80mm
7. Drenuojantis sluoksnis
8. Gruntas
9. Pamatinė juosta d=300mm
10. XPS 300 2x50mm

21 pav. Detalė SN-1 [31]

SN-1 grindys polistireninio putplasčio EPS 200 izoliacija

Šilumos dydžiai ir stogo dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W / mK	R, $m^2 K / W$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,17
Keraminės plytelės	R ₁	0,01	0,5	0,02
Klijų sluoksnis	R ₂	0,005	0,960	0,0052
Hidroizoliacija	R ₃	0,0002	0,98	0,0002
Armuotas išlyginamasis sluoksnis	R ₄	0,07	2,3	0,0304
Kerpuotas popierius	R ₅	0,002	0,27	0,007
„Šiloporos EPS 200”	R ₆	0,08	0,039	2,05
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R			2,323

Polistireninio putplasčio „Šiloporos EPS 200” ($\lambda_{6,dec} = 0,034W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{6,ds} = \lambda_{6,dec} + \Delta\lambda_{\omega} = 0,033 + 0,006 = 0,039W / mK ; \quad (3.3)$$

čia: $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo po patalpų grindimis ant grunto, $\Delta\lambda_{\omega} = 0,006W / mK$.

Grindų perimetras apskaičiuotas pagal vidinius grindų matmenis $P=130,40$ m;

Grindų plotas apskaičiuotas pagal vidinius grindų matmenis $A=992,60$ m²;

Būdingasis grindų ant grunto matmuo $B=15,224$ m

Atstojamasis grindų plokštės storis, išreikštas grunto sluoksnio storiu:

$$d_t = w + \lambda_{gr} \cdot R = 0,3 + 2,0 \cdot 2,323 = 4,95m ; \quad (3.4)$$

čia: λ_{gr} – grunto šilumos laidumo koeficientas $\lambda_{gr} = 2,0W / mK$.

Kadangi $d_t < B'$, tai grindų šilumos perdavimo koeficientas skaičiuojamas:

$$U_0 = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 2,0}{3,14 \cdot 15,224 + 4,95} \cdot \ln \left(\frac{3,14 \cdot 15,224}{4,95} + 1 \right) = 0,179 W / m^2 K \quad (3.5)$$

Visu pastato perimetru numatomas vertikalus apšiltinimas iš abiejų pamatinės sijos pusių.

Vertikaliojo pakraščių apšiltinimo įtakos pataisa:

$$\Delta\Psi = -\frac{\lambda_{gr}}{\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]; \quad (3.6)$$

$$d' = R' \cdot \lambda_{gr} = 1,30 \cdot 2 = 2,6 m \quad (3.7)$$

$$R' = R_v - \frac{d'}{\lambda_{gr}} = \frac{0,05}{0,037} - \frac{0,1}{2} = 1,30 m^2 K / W \quad (3.8)$$

Čia R_v :

„Finfoam XPS 300” ($\lambda_{d,dec} = 0,034 W / mK$), kai plokštės storis iki 70mm, projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{d,ds} = \lambda_{d,dec} + \Delta\lambda_{\omega} = 0,034 + 0,003 = 0,037 W / mK \quad (3.9)$$

$$R_v = \frac{\sum d_d}{\lambda_{d,ds}} = \frac{0,05}{0,037} = 1,351 m^2 K / W$$

$$\Delta\Psi = -\frac{2,0}{3,14} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 0,5}{4,95} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot 0,5}{4,95 + 2,6} + 1 \right) \right] = -0,375 W / mK;$$

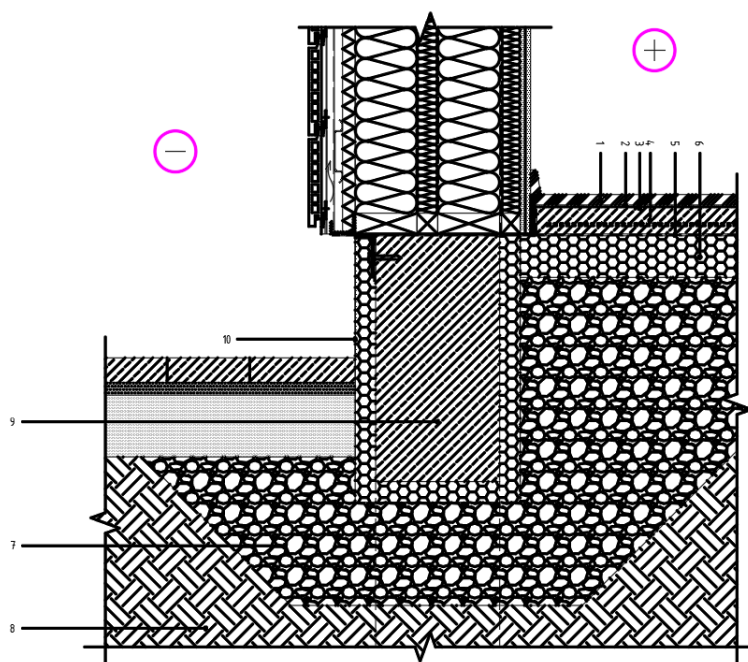
Kadangi papildomo horizontalaus apšiltinimo nėra, tai grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = U_0 + \frac{2 \cdot \Delta\Psi}{B'} = 0,179 + \frac{2 \cdot (-0,375)}{15,224} = 0,130 W / m^2 K; \quad (3.10)$$

Grindų ant grunto apšildymo konstrukcija tinkama, nes:

$$U = 0,13 W / m^2 K < U_N = 0,14 W / m^2 K$$

Grindų ant grunto šiltinimas „Styrodur®C 3035 CS”



Grindų ant grunto detalė:

1. Vidaus apdaila – keraminės plytelės d=10 mm
2. Klijų sluoksnis d=5mm
3. Hidroizoliacija d=0,2mm
4. Armuotas išlyginamasis sluoksnis d=70mm
5. Kerpuotas popierius d=2mm
6. Styrodur 3035 d=100mm
7. Drenuojantis sluoksnis
8. Gruntas
9. Pamatinė juosta d=300mm
10. XPS 300 2x50mm

22 pav. Detalė SN-2 [31]

4. lentelė

SN-2 grindys ekstrudinio polistireninio putplasčio „Styrodur®C 3035 CS” izoliacija

Šilumos dydžiai ir stogo dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W/mK	R, $m^2 K/W$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R_{si}	–	–	0,17
Keraminės plytelės	R_1	0,01	0,5	0,02
Klijų sluoksnis	R_2	0,005	0,960	0,0052
Hidroizoliacija	R_3	0,0002	0,98	0,0002

Armuotas išlyginamasis sluoksnis	R ₄	0,07	2,3	0,0304
Kerpuotas popierius	R ₅	0,002	0,27	0,007
„Styrodur®C 3035 CS”	R ₆	0,10	0,044	2,27
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R			2,543

Polistireninio putplasčio „Styrodur®C 3035 CS” ($\lambda_{6,dec} = 0,034W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{6,ds} = \lambda_{6,dec} + \Delta\lambda_{\omega} = 0,038 + 0,006 = 0,044W / mK ; \quad (3.11)$$

čia: $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo po patalpų grindimis ant grunto, $\Delta\lambda_{\omega} = 0,006W / mK$.

„Styrodur®C 3035 CS” plokštės artimiausias storis yra 80mm, kuris netenkina reikiamos varžos, dėl to naudojamos 100mm storio plokštės.

Atstojamasis grindų plokštės storis, išreikštas grunto sluoksnio storiu:

$$d_t = w + \lambda_{gr} \cdot R = 0,3 + 2,0 \cdot 2,543 = 5,39m ; \quad (3.12)$$

čia: λ_{gr} – grunto šilumos laidumo koeficientas $\lambda_{gr} = 2,0W / mK$.

Kadangi $d_t < B'$, tai grindų šilumos perdavimo koeficientas skaičiuojamas:

$$U_0 = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 2,0}{3,14 \cdot 15,224 + 5,39} \cdot \ln \left(\frac{3,14 \cdot 15,224}{5,39} + 1 \right) = 0,172W / m^2K \quad (3.13)$$

Vertikaliajo pakraščių apšiltinimo įtakos pataisa:

$$\Delta\Psi = -\frac{2,0}{3,14} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 0,5}{5,39} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot 0,5}{5,39 + 2,6} + 1 \right) \right] = -0,329W / mK ;$$

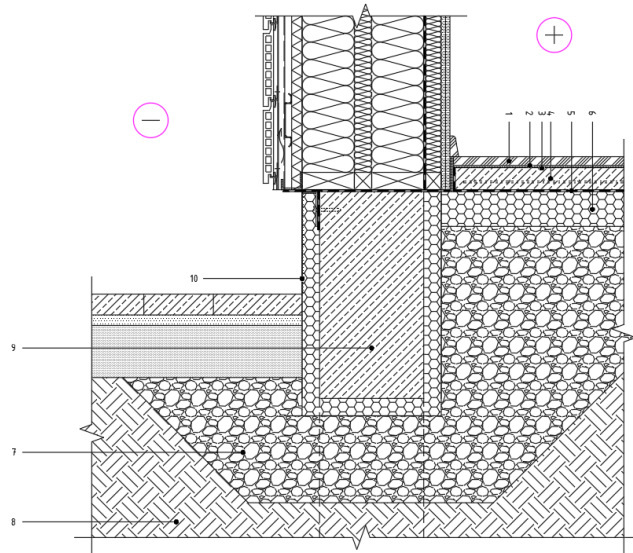
Kadangi papildomo horizontalaus apšiltinimo nėra, tai grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = U_0 + \frac{2 \cdot \Delta\Psi}{B'} = 0,172 + \frac{2 \cdot (-0,329)}{15,224} = 0,129W / m^2K ; \quad (3.14)$$

Grindų ant grunto apšildymo konstrukcija tinkama, nes :

$$U = 0,13W / m^2K < U_N = 0,14W / m^2K$$

Grindų ant grunto šiltinimas „Paroc XES 300wj“



Grindų ant grunto detalė:

1. Vidaus apdaila – keraminės plytelės d=10 mm
2. Klijų sluoksnis d=5mm
3. Hidroizoliacija d=0,2mm
4. Armuotas išlyginamasis sluoksnis d=70mm
5. Kerpuotas popierius d=2mm
6. Paroc XES 300wj d=100mm
7. Drenuojantis sluoksnis
8. Gruntas
9. Pamatinė juosta d=300mm
10. XPS 300 2x50mm

23 pav. Detalė SN-3 [31]

5. lentelė.

SN-1 grindys ekstrudinio polistireninio putplasčio „Paroc XES 300wj“ izoliacija

Šilumos dydžiai ir stogo dalys	Simbolis	d, m	λ_{ds} , W / mK	R, $m^2 K / W$
Vidinio paviršiaus šiluminė varža	R _{si}	–	–	0,17
Keraminės plytelės	R ₁	0,01	0,5	0,02
Klijų sluoksnis	R ₂	0,005	0,960	0,0052

Hidroizoliacija	R ₃	0,0002	0,98	0,0002
Armuotas išlyginamasis sluoksnis	R ₄	0,07	2,3	0,0304
Kerpuotas popierius	R ₅	0,002	0,27	0,007
„Paroc XES 300wj“	R ₆	0,10	0,042	2,38
Išorinio paviršiaus šiluminė varža	R _{se}	–	–	0,04
Visuminė šiluminė varža	R			2,653

Polistireninio putplasčio „Paroc XES 300wj“ ($\lambda_{6,dec} = 0,036W / mK$) projektinis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_{6,ds} = \lambda_{6,dec} + \Delta\lambda_{\omega} = 0,036 + 0,006 = 0,042W / mK ; \quad (3.15)$$

čia: $\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo po patalpų grindimis ant grunto, $\Delta\lambda_{\omega} = 0,006W / mK$.

„Paroc XES 300wj“ plokštės artimiausias storis yra 50mm, kuris netenkina reikiamos varžos, dėl to naudojamos 100mm storio plokštės.

Atstojamasis grindų plokštės storis, išreikštas grunto sluoksnio storiu:

$$d_t = w + \lambda_{gr} \cdot R = 0,3 + 2,0 \cdot 2,653 = 5,61m ; \quad (3.16)$$

čia: λ_{gr} – grunto šilumos laidumo koeficientas $\lambda_{gr} = 2,0W / mK$.

Kadangi $d_t < B'$, tai grindų šilumos perdavimo koeficientas skaičiuojamas:

$$U_0 = \frac{2 \cdot \lambda_{gr}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2,0}{3,14 \cdot 15,224 + 5,61} \cdot \ln\left(\frac{3,14 \cdot 15,224}{5,61} + 1\right) = 0,169W / m^2K \quad (3.17)$$

Vertikalojo pakraščių apšiltinimo įtakos pataisa:

$$\Delta\Psi = -\frac{2,0}{3,14} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot 0,5}{5,61} + 1\right) - \ln\left(\frac{2 \cdot 0,5}{5,61 + 2,6} + 1\right) \right] = -0,309W / mK ;$$

Kadangi papildomo horizontalaus apšiltinimo nėra, tai grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = U_0 + \frac{2 \cdot \Delta\Psi}{B'} = 0,169 + \frac{2 \cdot (-0,309)}{15,224} = 0,128 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K} ; \quad (3.18)$$

Grindų ant grunto apšildymo konstrukcija tinkama, nes :

$$U = 0,13 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K} < U_N = 0,14 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$$

Grindų ant grunto šildymo koeficientai paskaičiuoti racionaliai, skirtumai tarp U ir UN neviršija 0,01 W/m²K.

3.5. Statybos dalyvių apklausa

Norint nustatyti kriterijų svorius, buvo atlikta anoniminė statybos dalyvių apklausa. Apklausta 20 atestuotų statybos dalyvių:

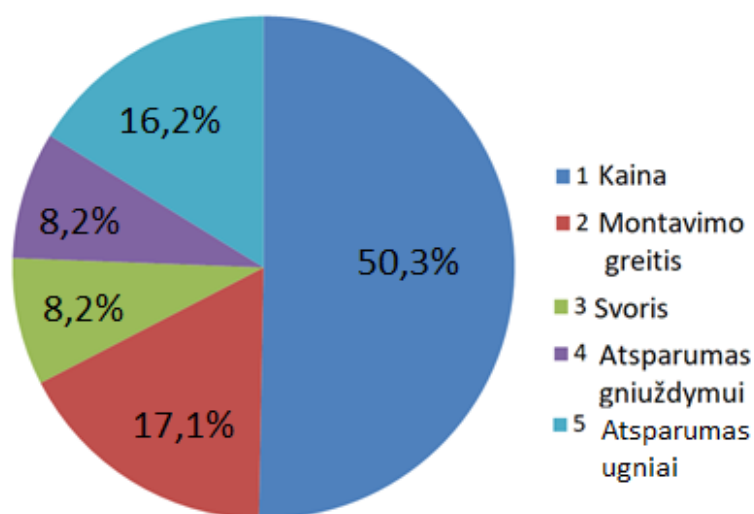
6. lentelė

Statybos dalyvių apklausa

Specialistas	Kriterijų svoris, %				
	Kaina, Eur/m ²	Montavimo greitis m ² /h	Svoris, kg/m ²	Atsparumas gniuždymui, kPa	Atsparumas ugniai
Specialistas Nr. 1	50	12	14	13	11
Specialistas Nr. 2	60	22	1	1	16
Specialistas Nr. 3	54	17	6	7	16
Specialistas Nr. 4	48	14	13	12	13
Specialistas Nr. 5	55	16	6	6	17
Specialistas Nr. 6	52	8	16	15	9
Specialistas Nr. 7	43	20	9	9	19
Specialistas Nr. 8	44	4	14	14	24
Specialistas Nr. 9	48	25	10	11	6
Specialistas Nr. 10	55	22	3	2	20
Specialistas Nr. 11	45	29	1	1	24
Specialistas Nr. 12	46	12	17	14	11
Specialistas Nr. 13	57	18	3	3	19

Statybos dalyvių apklausa

Specialistas Nr. 14	51	19	6	6	18
Specialistas Nr. 15	47	20	8	6	19
Specialistas Nr. 16	48	16	10	11	15
Specialistas Nr. 17	48	12	14	13	13
Specialistas Nr. 18	46	18	2	11	17
Specialistas Nr. 19	56	19	4	3	18
Specialistas Nr. 20	49	19	7	6	19
Vidutinis reikšmingumas	50,3	17,1	8,2	8,2	16,2
Dešimtainė reikšmingumo išraiška	0,503	0,171	0,082	0,082	0,162



24 pav. Diagrama statybos dalyvių apklausa.

50,3 % apklaustųjų teigė, kad reikšmingiausias kriterijus yra kaina. Nereikšmingiausi – svoris ir atsparumas gniuždymui.

3.6. Grindų ant grunto termoizoliacinio sluoksnio daugiakriteris vertinimas

Tyrimas atliekamas TOPSIS metodu. Tyrimo metu sudaroma prioritetų eilutė bei apskaičiuojama efektyviausia grindų apšiltinimo medžiaga. Atliekant tyrimą TOPSIS metodu, vertinami mažiausiai 5 rodikliai. Vertinami kriterijai: kaina, atsparumas gniuždymui, degumo klasė pagal europinius standartus, svoris 1kg/m^2 ir montavimo laikas. Kriterijų koeficientai nustatomi statybos dalyvių anoniminės apklausos būdu.

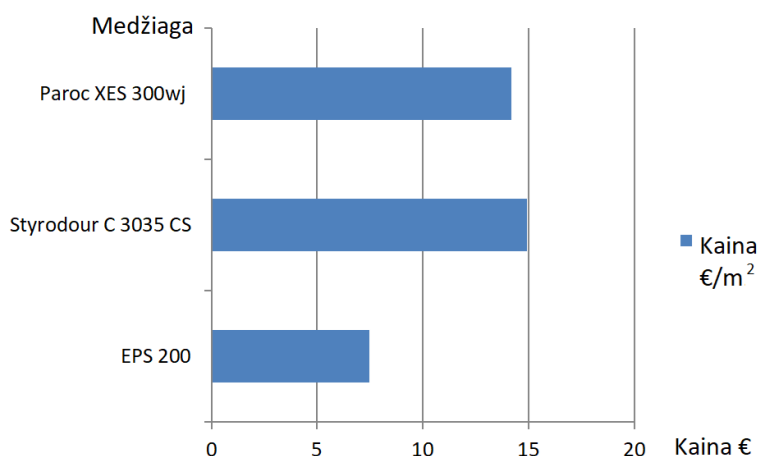
7. lentelė

Sprendimų priėmimo matrica

Šiltinimo alternatyvos (variantai)	Rodikliai				
	Kaina, Eur/m ²	Montavimo greitis m ² /h	Svoris, kg/m ²	Atsparumas gniuždymui, kPa	Atsparumas ugniai
„Šiloporas EPS 200”	7,48	0,173	3,20	200	1
„Styrodur®C 3035 CS”	14,91	0,175	3,60	300	1
„Paroc XES 300wj“	14,18	0,175	3,63	300	2
Min. ar max. rodiklis	min.	min	min.	max.	min.

Atsparumo ugniai klasės priimtose: E klasė - 1; F klasė - 2.

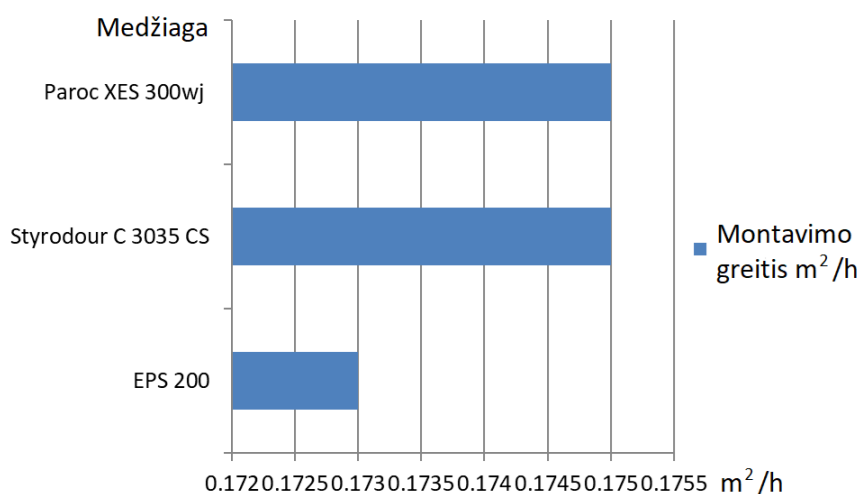
Pagal pateiktus rodiklius, sudarome palyginamąsias diagramas:



25 pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų kainų diagrama

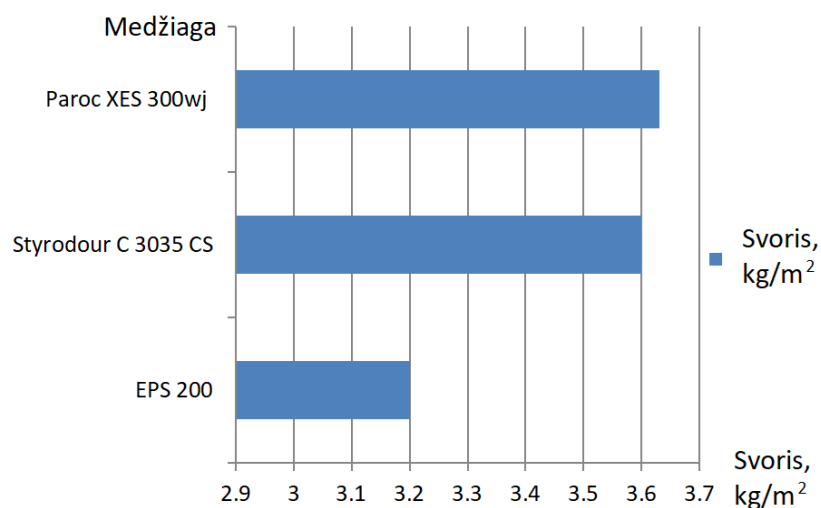
Brangiausia termoizoliacinė medžiaga yra „Styrodur®C 3035 CS”, pigiausia – „Šiloporas

EPS 200”. „Paroc XES 300wj“ kaina yra artima „Styrodur®C 3035 CS”. Kaina turi būti pigesnė, nes renkamas minimalus rodiklis.



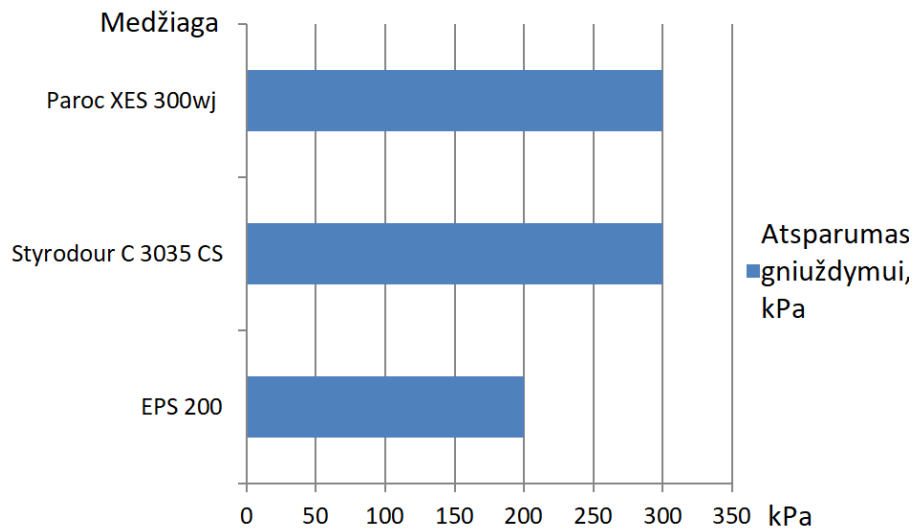
26 pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų montavimo greičio diagrama

Greičiausiai montuojasi „Paroc XES 300wj“ ir „Styrodur®C 3035 CS” – $0,175 m^2/h$. „Šiloporas EPS 200” montuojasi lėčiau – $0,172 m^2/h$. Rezultatų skirtumas yra tik $0,03 m^2/h$. Montavimo greitis turi būti didesnis, nes renkamas maksimalus rodiklis.



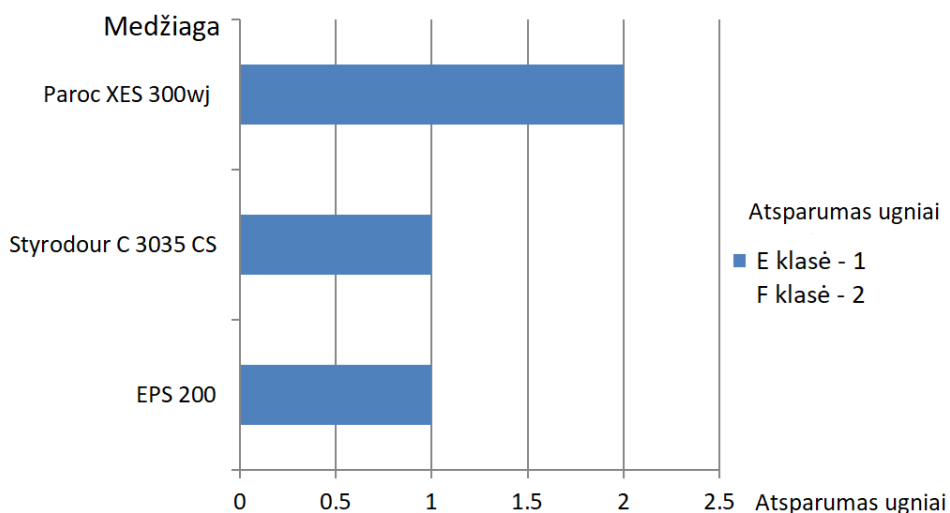
27 pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų svorių diagrama

Sunkiausia medžiaga yra „Paroc XES 300wj“, lengviausia – „Šiloporas EPS 200”. „Styrodur®C 3035 CS” svoris yra artimas „Paroc XES 300wj“. Svoris turi būti mažesnis, nes renkamas minimalus rodiklis.



28 pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų atsparumo gniuždymui diagrama

„Paroc XES 300wj“, ir „Styrodur®C 3035 CS“ atsparumas gniuždymui yra vienodas – 300 kPa. „Šiloporos EPS 200“ atsparumas gniuždymui yra mažesnis – 200 kPa. Atsparumas gniuždymui turi būti didesnis, nes renkamas maksimalus rodiklis.



29 pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų degumo diagrama

„Paroc XES 300wj“ atitinka F klasę, o „Styrodur®C 3035 CS“ ir „Šiloporos EPS 200“ E klasę. E klasė yra aukštesnė.

Matricos normalizavimas (žr. 8 lentelė).

8. lentelė

Normalizuota matrica

Šiltinimo alternatyvos (variantai)	Rodikliai				
	Kaina, Eur/m ²	Montavimo greitis m ² /h	Svoris, kg/m ²	Atsparumas gniuždymui, kPa	Atsparumas ugniai
„Šiloporos EPS 200”	0,342	0,573	0,531	0,426	0,408
„Styrodur®C 3035 CS”	0,681	0,580	0,597	0,640	0,408
„Paroc XES 300wj“	0,648	0,580	0,602	0,640	0,816
Min. ar max. rodiklis	0,503	0,171	0,082	0,082	0,162

Svertinės normalizuotos matricos (žr. 9 lentelė) sudarymas.

9. lentelė

Svertinė normalizuota matrica

Šiltinimo alternatyvos (variantai)	Rodikliai				
	Kaina, Eur/m ²	Montavimo greitis m ² /h	Svoris, kg/m ²	Atsparumas gniuždymui, kPa	Atsparumas ugniai
„Šiloporos EPS 200”	0,172	0,098	0,044	0,035	0,066
„Styrodur®C 3035 CS”	0,343	0,099	0,049	0,052	0,066
„Paroc XES 300wj“	0,326	0,099	0,049	0,052	0,132

Idealiai geriausios ir blogiausios alternatyvos (žr. 10 lentelė) nustatymas.

10. lentelė

Idealiai geriausia ir blogiausia alternatyva

Idealus variantas	Rodikliai				
	Kaina, Eur/m ²	Montavimo greitis m ² /h	Svoris, kg/m ²	Atsparumas gniuždymui, kPa	Atsparumas ugniai
a+	0,172	0,098	0,044	0,052	0,066
a-	0,343	0,099	0,049	0,035	0,132

11. lentelė

Atstumai

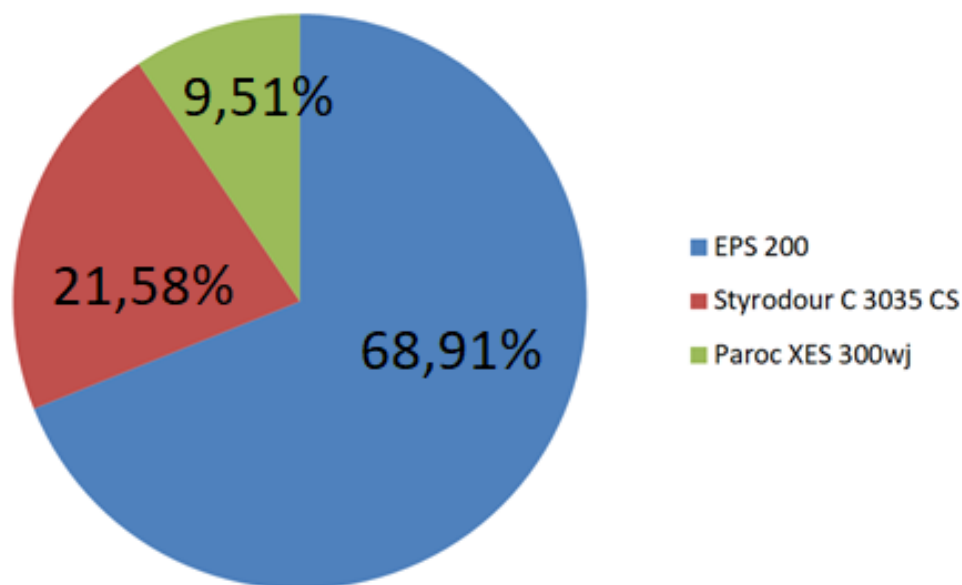
L1+=	0,017	L1-=	0,183
L2+=	0,171	L2-=	0,068
L3+=	0,168	L3-=	0,024

Alternatyvos santykinio atstumo iki idealaus nustatymas (žr.12 lentelė).

12. lentelė

Reišmių matrica

Reišmių matrica			Prioritetų eilutė
K ₁ =	0,913		1
K ₂ =	0,286		2
K ₃ =	0,126		3



30 pav. Palyginamoji termoizoliacinių medžiagų prioritetų diagrama

Gauti rezultatai pateikti 12 lentelėje reikšmių matrica, bei 29 pav. palyginamoji termoizoliacinių medžiagų prioritetų diagrama. Tinkamiausia medžiaga grindų ant grunto šiltinimui yra „Šiloporas EPS 200“, ji pranašesnė už kitas medžiagas šiais kriterijais – kaina, montavimo greičiu bei svoriu. Antroje vietoje yra „Styrodur®C 3035 CS“, kuris pranašesnis už „Šiloporas EPS 200“ tik atsparumo gniuždymui rodikliais. Trečioje vietoje liko „Paroc XES 300wj“, kurio atsparumo gniuždymui rodiklis yra geresnis už „Šiloporas EPS 200“. „Paroc XES 300wj“ kaina yra mažesnė už Styrodur®C, tačiau atsparumo ugniai kategorija prastesnė - „Styrodur®C

IŠVADOS

1. A++ klasės pastatui keliami griežtesni reikalavimai nei pasyviam pastatui.
2. Lietuvos sertifikavimo sistema yra panaši į Austrijos – taip pat sertifikuojama į devynias klases.
3. Pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ yra išskiriamos keturios grindų ant grunto šiltinimo schemos – viena pritaikyta viso ploto šiltinimui, ir trys tik pastato perimetru.
4. Atlikus anoniminę statybos specialistų apklausą nustatyta, kad pats aktualiausias kriterijus yra kaina – ji sudarė 50,3 %, o patys neaktualiausi – svoris ir atsparumas gniuždymui – 8,2 %.
5. Brangiausia termoizoliacinė medžiaga yra „Styrodur®C 3035 CS“, pigiausia – „Šiloporos EPS 200“. „Paroc XES 300wj“ kaina yra artima „Styrodur®C 3035 CS“.
6. Greičiausiai montuojasi „Paroc XES 300wj“ ir „Styrodur®C 3035 CS“ – 0,175 m²/h. „Šiloporos EPS 200“ montuojasi lėčiau - 0,172 m²/h. Rezultatų skirtumas yra tik 0,03 m²/h.
7. Racionaliausia medžiaga grindų ant grunto šiltinimui yra „Šiloporos EPS 200“ , ji pranašesnė už kitas medžiagas šiais kriterijais – kaina, montavimo greičiu bei svoriu. „Šiloporos EPS 200“, atlikus daugiakriterį vertinimą, buvo įvertintas 68,91 %. Antroje vietoje yra „Styrodur®C 3035 CS“, kuris pranašesnis už „Šiloporos EPS 200“ tik atsparumo gniuždymui rodikliais. „Styrodur®C 3035 CS“, atlikus daugiakriterį vertinimą, buvo įvertintas 21,58 %. Trečioje vietoje liko „Paroc XES 300wj“, kurio atsparumo gniuždymui rodiklis yra geresnis už „Šiloporos EPS 200“ ir vertinimas – 9,51%.

INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. HWANG, C. L.; YOON K. Multiple attribute decision making – methods and applications. A State of the Art Survey. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1981.
2. J. R. SAN CRISTOBAL MATEO. Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry, Springer-Verlag London Limited, 2012.
3. THULLNER KATHARINA. Low-energy buildings in Europe - Standards, criteria and consequences. 2010. ISBN 978-91-85147-42-7
4. AVIŽA, D. Pastato atitvarų racionalaus termoizoliacinio sluoksnio daugiatiškė selektonovacija. Daktaro disertacija. Vilnius: Leidykla Technika, 2016. ISBN 978-609-457-911-0
5. AVIŽA, D.; GARSKIENĖ, A. A++ klasės pramonės pastato grindų termoizoliacinio sluoksnio daugiakriterinis vertinimas. Panevėžys. 2018.
6. AVIŽA, D.; TURSKIS, Z; VOLVACIOVAS, R. Correlation Analysis of Thermo-insulation Layer Thickness and its Payback Period of the Typical Pitched Roof Detail. Vilnius. 2013.
7. GAUDUTIS, E. Kompleksinių aukštybinių pastatų projektinių sprendimų vertinimas. Daktaro disertacija. Vilnius: Leidykla Technika, 2013. ISBN 978-609-457-546-4
8. GURSKIS, V. Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas. Kaunas. 2008 [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-02] prieiga internetu: http://www.ena.lt/pat_ee_pastatai.htm
9. KRIAUNEVIČIUS, P. Energijos beveik nevartojantys pastatai – netolimos ateities vizija. 2014. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-02] prieiga internetu: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/93/1/0/1/article/16743/energijos-beveik-nevartojantys-pastatai-netolimos-ateities-vizija>
10. MONSVILAS, E. Mažai energijos vartojančių pastatų techniniai reikalavimai. 2012. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-02] prieiga internetu: <http://www.mnamai.lt/uploads/pdf/A-klases-normNT-invest-...-2012-04-19.pdf>
11. RASIULIS, R. Statinio informacinio modeliavimo technologijomis grįstas modelis administracinių pastatų atnaujinimui vertinti. Daktaro disertacija. Vilnius: Leidykla Technika, 2017. ISBN 978-609-476-001-3

12. SIMANAVIČIENĖ, R. Kiekybinių daigiatikslių sprendimo priėmimo metodų jautrumo analizė. daktaro disertacija. Daktaro disertacija. Vilnius: Leidykla Technika, 2011 ISBN 978-609-457-055-1.
13. SUTKUS, E. Pamatų šiltinimas ir apsauga nuo išalo. Kompleksinis sprendimas Finnfoam. 2015. [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-23] prieiga internetu: <http://www.darnistatyba.lt/pamatu-siltinimas-ir-apsauga-nuo-isalo-kompleksinis-sprendimas-finnfoam/>
14. ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A. 1996. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 280 p. ISBN 9986- 05-282-3.
15. ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics. Technological and economic development of economy, Vilnius. 2011.
16. ŽILINSKAITĖ, V. Pramoninių pastatų grindų įrengimo daigiakriterinė analizė. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius. 2009.
17. ŽIOGAS, V. Monolitinių betoninių grindų įrengimo technologinių procesų reguliavimas ir kokybės vertinimas. Septintoji tarptautinė konferencija. Vilnius. 2001.
18. Lietuvos Respublikos viešųjų pirkimų įstatymas. Valstybės žinios. 50 - 2017.05.02
19. ST 2124555837.01:2013 „Atitvarų šiltinimas polistireniniu putplasčiu“.
20. STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“. Valstybės žinios, 2016-03-01, Nr. 197854
21. STR 2.05.13:2004 „Statinių konstrukcijos. Grindys“. Valstybės žinios, 2004-03-23, Nr. D1-127
22. Valstybinė teritorijų planavimo ir statybos inspekcija prie Aplinkos ministerijos [interaktyvus] [žiūrėta 2018-10-29] prieiga internetu: <https://vtpsi.lrv.lt/lt/naujienos/nuo-sausio-1-d-a-klases-energinio-naudingumo-reikalavimai-naujai-statomiems-namams>
23. Finnfoam XPS 300 [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-23] prieiga internetu: <https://www.finnfoam.lt/>
24. Kauno šilas [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-22] prieiga internetu: <https://www.kaunosilas.lt/>
25. Lietuvos gaisrinės saugos asociacija [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-24] prieiga internetu: <http://www.lgsa.lt/>
26. Minergie [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-22] prieiga internetu: <http://www.swissbois.ch/index.php/technologie/standard-minergie/>

27. Pasyvūs, A+, A++ klasių namai: Kuo jie skiriasi? [interaktyvus] [žiūrėta 2018-10-30] priega internetu: <https://naujienos.alfa.lt/leidinys/statyk/namu-energinio-naudingumo-klases/>
28. Pastatų energinio naudingumo reikalavimai Lietuvoje, [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-07] priega internetu: http://www.lsta.lt/files/events/2012-0511LRS_diskusija/VGTU_Nasus_namas_Seimas.pdf
29. Pasyvus namas [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-02] priega internetu: https://lt.wikipedia.org/wiki/Pasyvus_namas
30. Passivehouseinstitute [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-22] priega internetu: http://www.passiv.de/en/01_passivehouseinstitute/01_passivehouseinstitute.htm
31. Paroc [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-22] priega internetu: www.paroc.lt
32. Pirmasis pasyvus namas Lenkijoje [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-22] priega internetu: <http://www.buildup.eu/en/practices/cases/certified-passive-building-poland>
33. Pirmasis pasyvus namas Lietuvoje [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-07] priega internetu: www.am.lt
34. Styrodur®C 3035 CS [interaktyvus] [žiūrėta 2018-11-22] priega internetu: https://www.vedrana.lt/putu_polistirolas/

PRIEDAI



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

APKLAUSA

**A++ klasės pramoninio pastato grindų ant grunto termoizoliacinės medžiagos
 kriterijų reikšmingumo vertinimas**

Angelina Garškienė

Kauno technologijos universitetas Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

Daugiakriteriu TOPSIS metodu atlikamas racionaliausios izoliacinės medžiagos parinkimas. Tiriamos šios medžiagos: polistireninis putplastis „Šiloporas EPS 200“, ekstruzinis polistireninis putplastis „Styrodur®C 3035 CS“ ir „PAROC XES 300wj“. Daugiakriterio vertinimo būdu, atsižvelgiant į kainą, atsparumą gniuždymui, atsparumą ugniai, svorį 1kg/m^2 ir montavimo laiką, parenkama racionaliausia apšiltinimo medžiaga.

Šiam darbui atlikti man yra reikalinga statybos specialistų apklausa, kriterijų reikšmingumo nustatymui. Yra parinkti penki kriterijai. Prašau kriterijus įvertinti procentais, pagal jų reikšmingumą, renkantis grindų ant grunto termoizoliacinę medžiagą.

1. lentelė. Statybos dalyvių apklausa

Specialistas (vardas, pavardė, pareigos)	Kriterijų svoris, %				
	Kaina, Eur/m ²	Montavimo greitis m ² /h	Svoris, kg/m ²	Atsparumas gniuždymui, kPa	Atsparumas ugniai