



Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas

PAGRINDŽIAMASIS DOKUMENTAS: NAUDOJIMO TARPSNIS- NAUDOJIMO ENERGIJA



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS

KOMPOZITINIŲ STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ
MOKSLO LABORATORIJA „KOMPOZITAS“

Temos:

1) Naudojimo energijos kiekybinis vertinimas

- Įvadas
- Pastato vieta ir klimatas
- Energijos poreikio skaičiavimo būdas
- Kiekybinio energijos vertinimo algoritmas (naudojimo tarpsnis)

2) Algoritmo kalibravimas ir patvirtinimas

- Standartinė patalpa (EN 15265:2007)
- Standartinis butas (pritaikytas pagal EN 15265:2007)
- Gyvenamojo namo atvejo tyrimas

3) Baigiamosios pastabos

1) Naudojimo energijos kiekybinis vertinimas

Įvadas

Energijos kiekybinio vertinimo naudojimo tarpsniu algoritmas buvo sukurtas vykdant ankstesnį RFCS mokslinių tyrimų projektą



SB STEEL

SB_Steel (2014 m), tvaraus pastato iš plieno projektas.

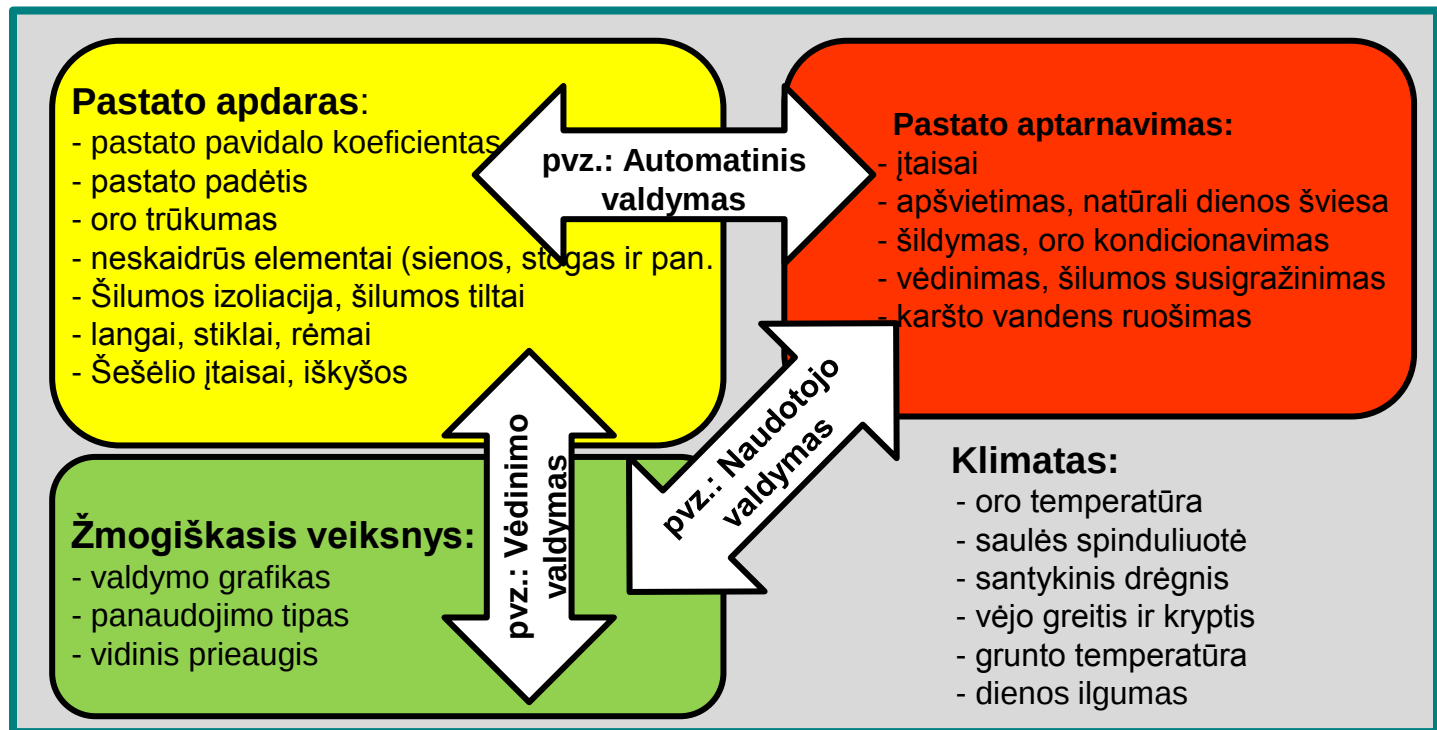
Galutinė projekto RFSR-CT-2010-00027 ataskaitą.

Anglies ir plieno mokslinių tyrimų fondo mokslinių tyrimų programa.

Ivadas

Pastato šiluminė elgsena ir energinis veiksmingumas priklauso nuo daugelio rodiklių:

Todėl yra labai sudėtinga prognozuoti pastato naudojimo energijos poreikius



Tai dar sunkiau padaryti ankstyvosiose projektavimo stadijose dėl riboto prieinamumo ir pradinių duomenų netikslumo

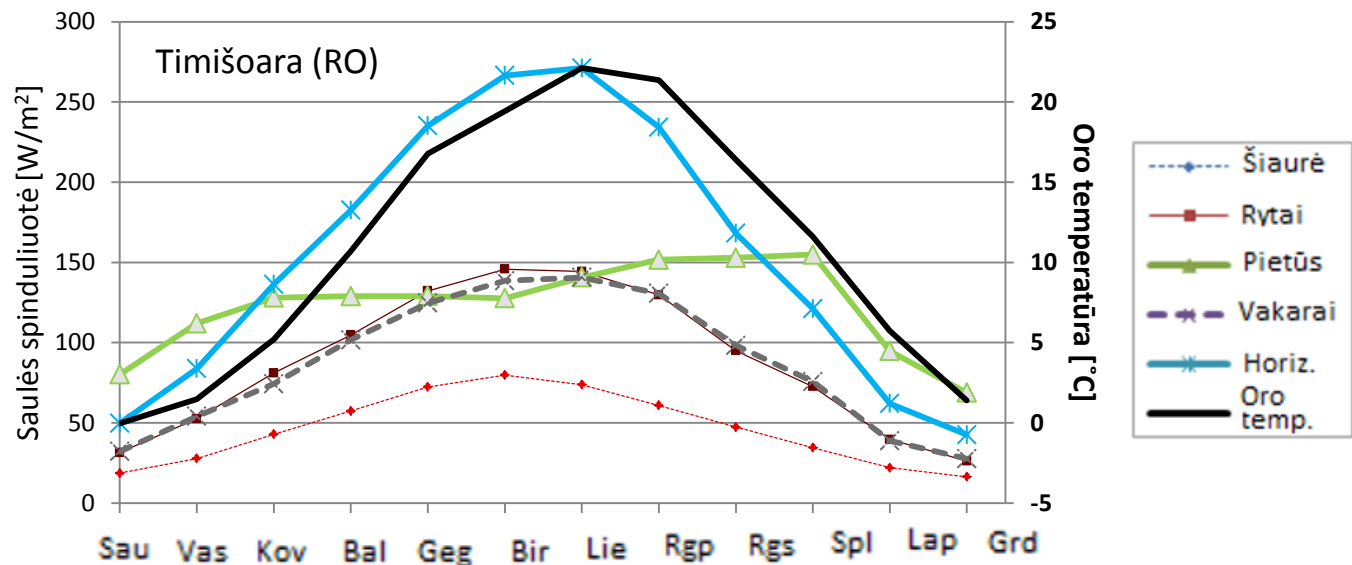
Pastato padėtis ir klimatas

Pastato vieta, kalbant apie klimato sąlygas, yra gyvybiškai svarbi atliekant šilumos elgsenos skaičiavimus. Todėl norint apskaičiuoti energijos poreikį reikia nustatyti, du pagrindiniai klimato rodiklius:

- oro temperatūrą;
- saulės spinduliuotę į tam tikros orientacijos paviršių.

Dauguma šių klimato duomenis buvo gautas iš „EnergyPlus“ energijos modeliavimo programinės įrangos orų duomenų bazės (EERE-USDoE, 2014), o likusieji buvo pateikti mokslinių tyrimų projekto partnerių.

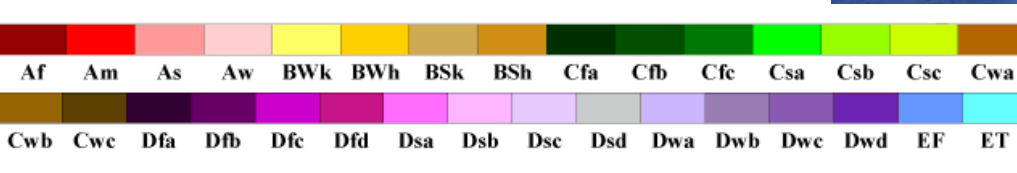
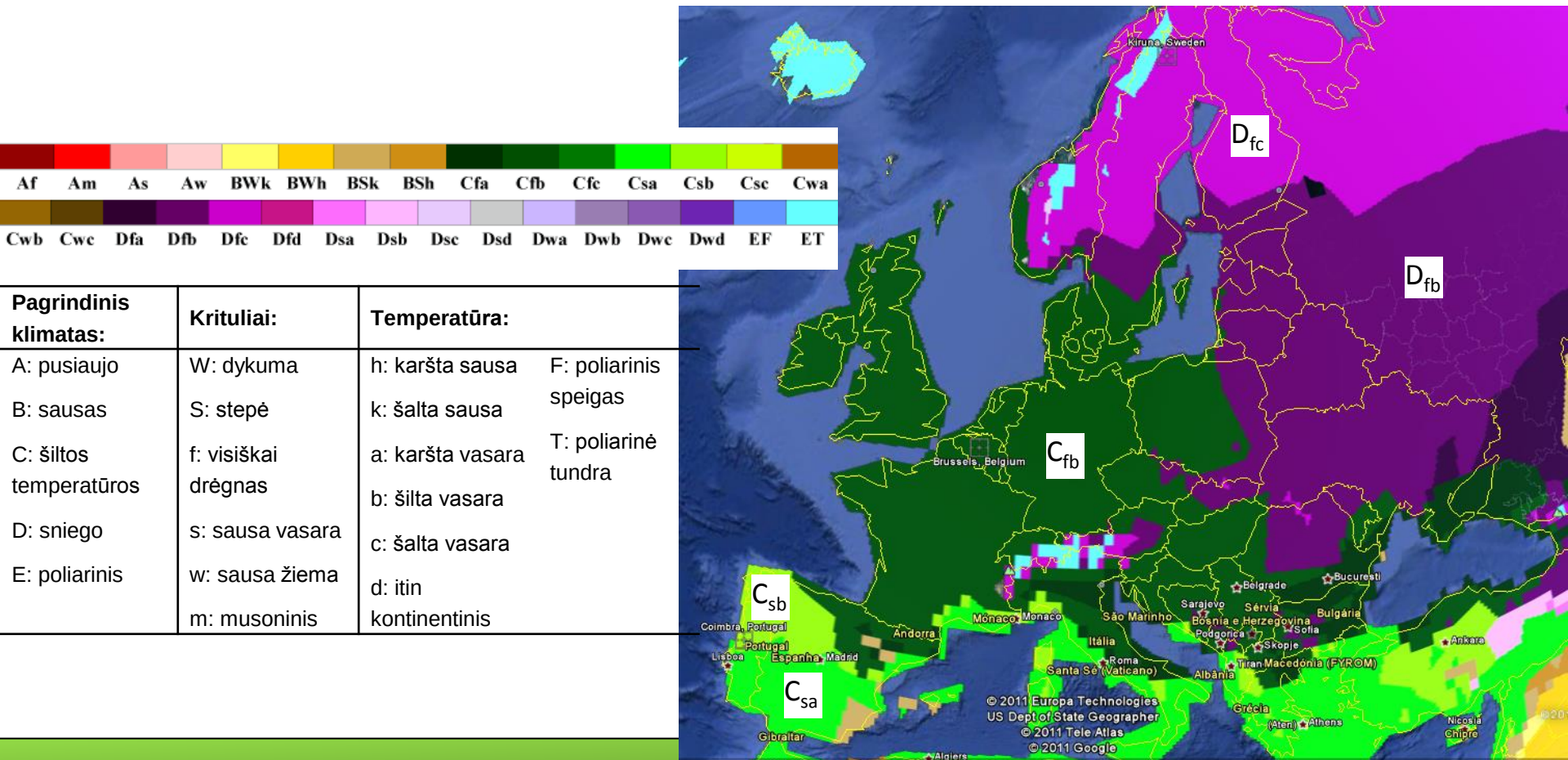
EERE-USDoE (2014), JAV Energijos departamento Energijos veiksmingumo ir atsinaujinančios energijos interneto svetainė :
http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/?region=6_europe_wmo_region_6





Pastato padėtis ir klimatas

Metodika jau yra kalibruota penkiems klimato regionams, klasifikuotiems pagal su KöPPEN-Geigerio klimato klasifikaciją: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc.



Pagrindinis klimatas:	Krituliai:	Temperatūra:
A: pusiaujo	W: dykuma	h: karšta sausa
B: sausas	S: stepė	k: šalta sausa
C: šiltos temperatūros	f: visiškai drėgnos	a: karšta vasara
D: sniego	s: sausa vasara	b: šilta vasara
E: poliarinis	w: sausa žiema	c: šalta vasara
	m: musoninis	d: itin kontinentinis



Pastato padėtis ir klimatas

53 miestų duomenų bazė

Miestas	Šalis	Klimato regionas	Miestas	Šalis	Klimato regionas	Miestas	Šalis	Klimato regionas
Amsterdamas	Olandija	Cfb	Kijevas	Ukraina	Dfb	Oslas	Norvegija	Dfb
Ankara	Turkija	Csb	Kirūna	Švedija	Dfc	Estešundas	Švedija	Dfc
Archangelskas	Rusija	Dfc	Krokuva	Lenkijas	Cfb	Paryžius	Prancūzija	Cfb
Atėnai	Graikija	Csa	La Korunja	Ispanija	Csb	Porto	Portugalija	Csb
Barselona	Ispanija	Csa	Lisabona	Portugalija	Csa	Poznanė	Lenkija	Cfb
Berlynas	Vokietija	Cfb	Liubliana	Slovėnija	Cfb	Praha	Čekija	Cfb
Bilbao	Ispanija	Cfb	Londonas	Anglija	Cfb	Roma	Italija	Csa
Bratislava	Slovakija	Cfb	Liublinas	Lenkija	Dfb	Salamanka	Ispanija	Csb
Briuselis	Belgija	Cfb	Madridas	Ispanija	Csa	San Remas	Italija	Csb
Klužas-Napoka	Rumunija	Dfb	Marselis	Prancūzija	Csa	Sevilija	Ispanija	Csa
Koimbra	Portugalija	Csb	Milanas	Italija	Cfb	Stokholmas	Švedija	Dfb
Gdanskas	Lenkija	Cfb	Minskas	Baltarusija	Dfb	Tamperė	Suomija	Dfc
Genuja	Italija	Csb	Monpeljė	Prancūzija	Csa	Timišoara	Rumunija	Cfb
Gracas	Austrija	Dfb	Maskva	Rusija	Dfb	Viena	Austrija	Dfb
Hamburgas	Vokietija	Cfb	Miunchenas	Vokietija	Cfb	Varšuva	Lenkija	Dfb
Helsinkis	Suomija	Dfb	Nantas	Prancūzija	Cfb	Vroclavas	Lenkija	Cfb
Stambulas	Turkija	Csa	Nica	Prancūzija	Csb	Vilnius	Lietuva	Cfb
Katovica	Lenkija	Cfb	Opolė	Lenkija	Cfb			

Energijos poreikio skaičiavimo būdas

Supaprastintasis algoritmas, kuris įgyvendintas programoje AMECO 3 leidžia prognozuoti pastatų energijos poreikį:

- patalpas šildyti;
- erdvę aušinti;
- karštą vandenį (DHW) tiekti.

Šis algoritmas remiasi keliuose tarptautiniuose standartuose išdėstytais nuostatomis.

Šildymo ir vėsinimo sąnaudų skaičiavimas pagrįstas mėnesiniu kvazi-pastovaus būvio metodu pateiktu ISO 13790 (2008).

Energijos poreikiai karštą vandenį ruošti apskaičiuojami pagal EN 15316-3-1 (2007).

ISO 13790 (2008), Energetinės pastatų charakteristikos. Patalpoms šildyti ir aušinti sunaudojamos energijos skaičiavimas (ISO 13790:2008), CEN – Europos Standartizacijos Komitetas.

EN 15316-3-1 (2007), Pastatų šildymo sistemos. Sistemos energijos poreikio ir sistemos našumo skaičiavimo metodas. 3-1 dalis. Karšto buitinio vandens sistemos, poreikių apibūdinimas (atšakų įrengimo reikalavimai), CEN – Europos Standartizacijos Komitetas.



Kiekybinio energijos vertinimo algoritmas (naudojimo tarpnis)

Pagrindiniai įvedami duomenys

PASTATO VIETA → susieta su klimatu (konkreto miesto ar klimato regionas):

- i) oro temperatūra;
- ii) saulės spinduliavimas ant paviršiaus, su tam tikra orientacijos.

PASTATO TIPAS: pvz.: gyvenamasis, biurų, prekybos ar pramonės.

PASTATO APDARAS pagrįsta makro sudedamosiomis dalimis (pvz.: sienos, grindys, stogai, apatinio aukšto grindys, angos).

PASTATO MATMENYS ir ORIENTACIJA (pvz.: ilgis, plotis, aukštis ir aukštų skaičius).

VIDAUS SĄLYGOS: šildymo ir vėsinimo nuostatos, oro srauto greitis dėl vėdinimo.

PASTATO SISTEMOS erdvę šildyti ir vėsinti ir karštą vandenį ruošti (DHW).

Pagrindiniai gaunami duomenys

Energija patalpas šildyti, erdvę vėsinti ir karštą vandenį ruošti.

Šilumos balansas per pagrindinius pastato konstrukcinius elementus (pvz.: sienas, stogą, langus).

Kiekybinio energijos vertinimo algoritmas (naudojimo tarpsnis)

Pagrindinės procedūros energijos poreikį ŠILDYMU $Q_{H,nd}$ skaičiuoti:

1) Šilumos balansas tariant, kad šildymas NUOLATINIS:

a) $Q_{H,ht}$ bendroji šilumos perdava (sklaida + vedinimu) → (šilumos prarastis)

b) $Q_{H,gn}$ bendrasis šilumos prieaugis (vidaus + saulės)

c) $\eta_{H,gn}$ Prieaugio išnaudojimo koeficientas

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

2) Pataisa dėl šildymo PERTRŪKIŲ:

a) mažinamasis šildymo pertrūkių koeficientas ($a_{H,red}$)

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$

Kiekybinio energijos vertinimo algoritmas (naudojimo tarpnis)

Pagrindinės procedūros energijos poreikį patalpoms VĖSINTI*, $Q_{C,nd}$ skaičiuoti:

1) Šilumos balansas tariant, kad aušinimas NUOLATINIS:

a) $Q_{C,ht}$ bendroji šilumos perdava (sklaida + vėdinimu)

b) $Q_{C,ht}$ bendrasis šilumos prieaugis (vidaus + saulės)

c) $\eta_{C,ls}$ aušinimo režimo prarasties išnaudojimo koeficientas

Palyginimas su
šildymo režimu

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

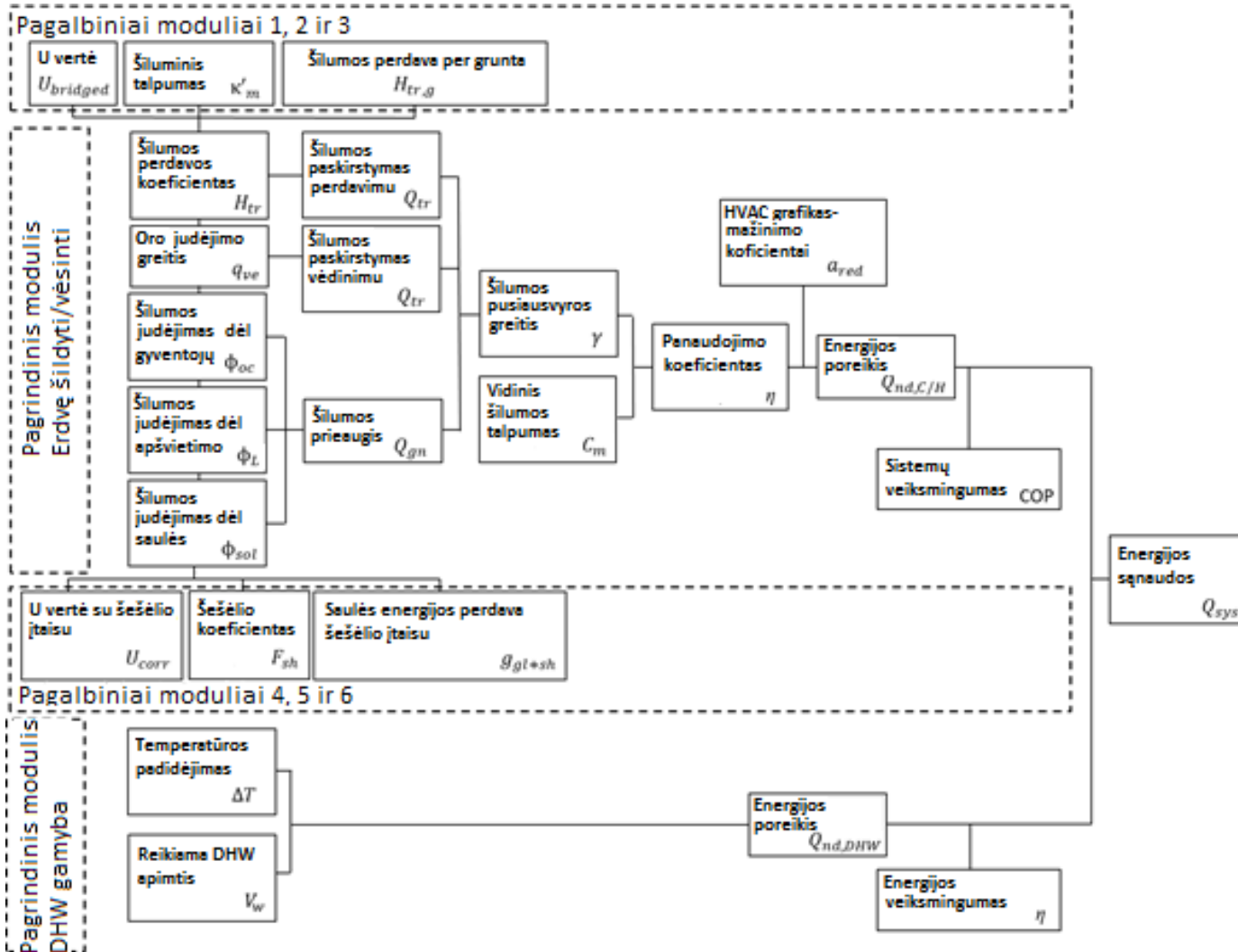
$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

2) Pataisa dėl vėsinimo su PERTRŪKIAIS:

a) mažinamasis vėsinimo su pertrūkiais koeficientas

* Panaši prielaida kaip šildymo režimui

Kiekybinio energijos vertinimo algoritmas (naudojimo tarpsnis)





2) Metodikų kalibravimas ir patvirtinimas

Energijos poreikio skaičiavimas

Algoritmas sukurtas, kad prognozuoti energijos poreikį pastatą šildyti ir arba vėsinti, buvo sukalibruotas ir jos tikslumas buvo patikrintas įvairiais lygmenimis (Santos *et al.* 2014):

- Standartinė patalpa (EN 15265: 2007);
- Standartinis butas (pritaikyta pagal EN 15265: 2007);
- Gyvenamojo namo atvejo tyrimu.

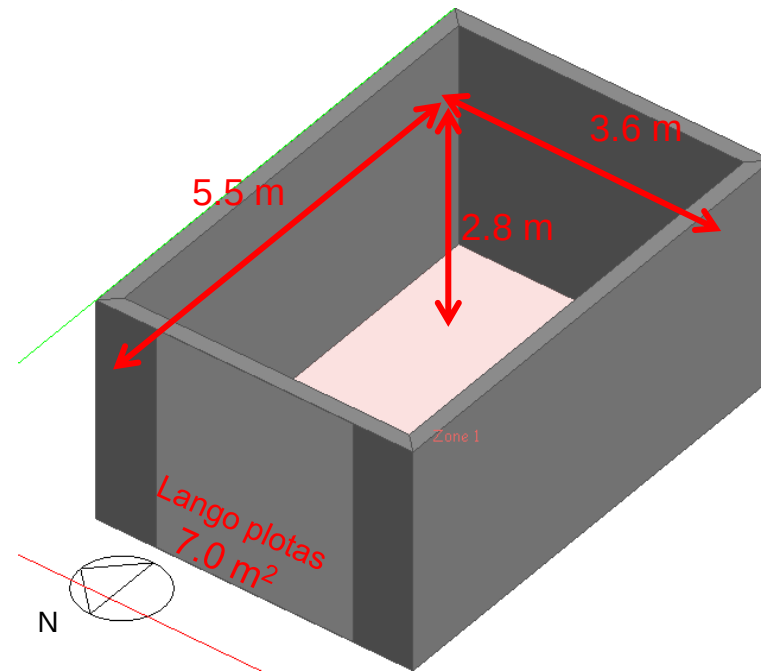
P. SANTOS; R. MARTINS; H. GERVÁSIO; L. SIMÕES DA SILVA, “Assessment of building operational energy at early stages of design – A monthly quasi-steady-state approach”, *Energy and Buildings* (ISSN: 0378-7788), vol. 79, pp. 58–73, 2014.

EN 15265 (2007), Energetinės pastatų charakteristikos. Energijos poreikio patalpoms šildyti ir vėsinti skaičiavimas taikant dinامينius metodus. Bendrieji kriterijai ir patvirtinimo procedūros. CEN – Europos Standartizacijos Komitetas.

Standartinė patalpa (EN 15265:2007)

Šis standartas nustato 12 skyrių kambarių bandymų atvejų.

(Informacinis)	Test Nuorodinis atvejis Test 2 Didelė Šilumos inercija Test 3 Nėra Vidinio prieaugio Test 4 Nėra apsaugos nuo saulės
Nuolatinis HVAC (Privalomas)	Test 5 = Test1 + Test 6 = Test2 + Test 7 = Test3 + Test 8 = Test4 + HVAC tik 8h00-18h00 nuo Pirmadienio iki Penktadienio
Nuolatinis HVAC + Išorinis stogas (Privalomas)	Test 9 = Test5 + Test 10 = Test6 + Test 11 = Test7 + Test 12 = Test8 + Išorinis stogas

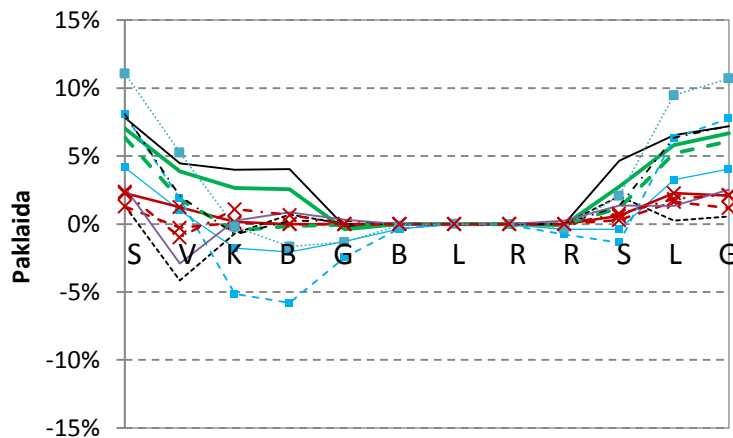


Šie bandymų atvejai leidžia pamatyti tam tikrų pagrindinių rodiklių, kaip pvz.: šešėlio įtaisų, šilumos masės, su pertrūkiais veikiančios arba nuolatinio veikimo šildymo vėdinimo ir oro kondicionavimo (HVAC) sistemų, vidaus prieaugio ir t.t., poveikį energijos skaičiavimo algoritmui.

Standartinė patalpa (EN 15265:2007)

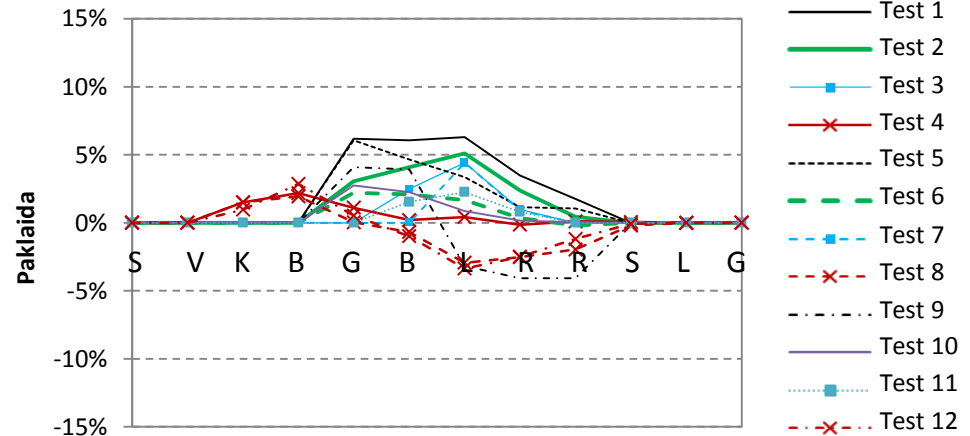
Algoritmo tikslumas priklauso nuo: bandymo atvejo, mėnesio ir šildymo ar vėsinimo režimo.

Didžiausia mėnesio paklaida < 12%



a) Šildymo režimas

Didžiausia mėnesio paklaida < 7%

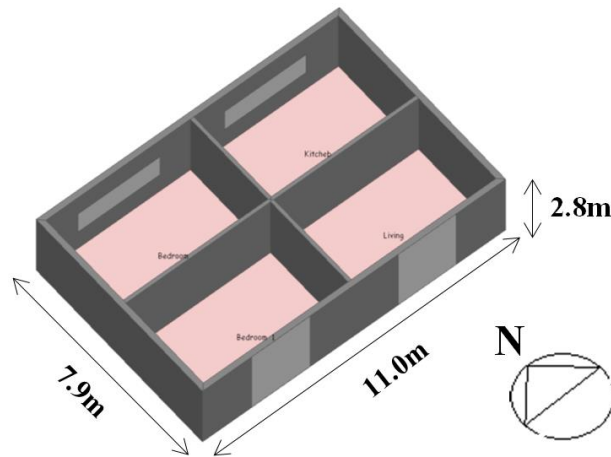


b) Vėsinimo režimas

Patalpų šildymo/vėsinimo algoritmo mėnesio tikslumas: Dvylika bandymų atvejų pagal EN 15265: 2007.

Standartinis butas (pritaikytas pagal EN 15265:2007)

Mėnesinio algoritmo tikslas yra numatyti pastatų energijos poreikius, užuot sutelkusi dėmesį tik vieną pastato patalpą, kaip nurodyta EN 15265 (2007), visi kalibravimai buvo atlikti naujais bandymo atvejais remiantis būdingai pastato rodikliais (pvz.: buto), kaip parodyta čia.



a) Pastato modelis (vidaus matmenys)

Elementas	U-vertė [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Išorės siena	0,493	81297
Vidaus siena	-	9146
Stogas	0,243	6697
Apatinio aukšto grindys	-	63380

κ_m Šilumos talpa į ploto vienetą

b) Apdaro šiluminės savybės

Test case	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Šešėlio įtaisas
T1	35	36	54	ON
T2				OFF
T3	25	20	40	ON
T4				OFF
T5	15	12	24	ON
T6				OFF

GFR: įstiklinimo ir grindų santykis; NGWR: į šiaurę atsuktų langų ir sienų santykis; SGWR: į pietus atsuktų langų ir sienų santykis.

c) Pagrindiniai bandymų atvejų kintamieji

Standartinis pastatas naudojamas pataisos koeficientus kalibruoti



Gyvenamojo namo atvejo tyrimas

Dviejų aukštų, lengvų plieninių elementų (LSF), gyvenamasis namas Koimbroje.



Pietvakarių vaizdas

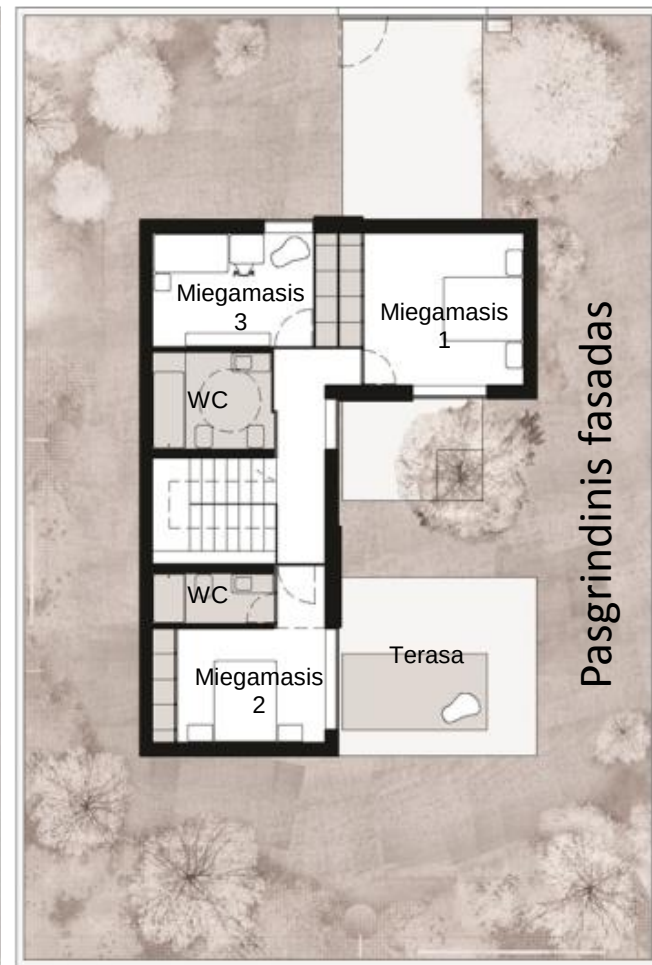
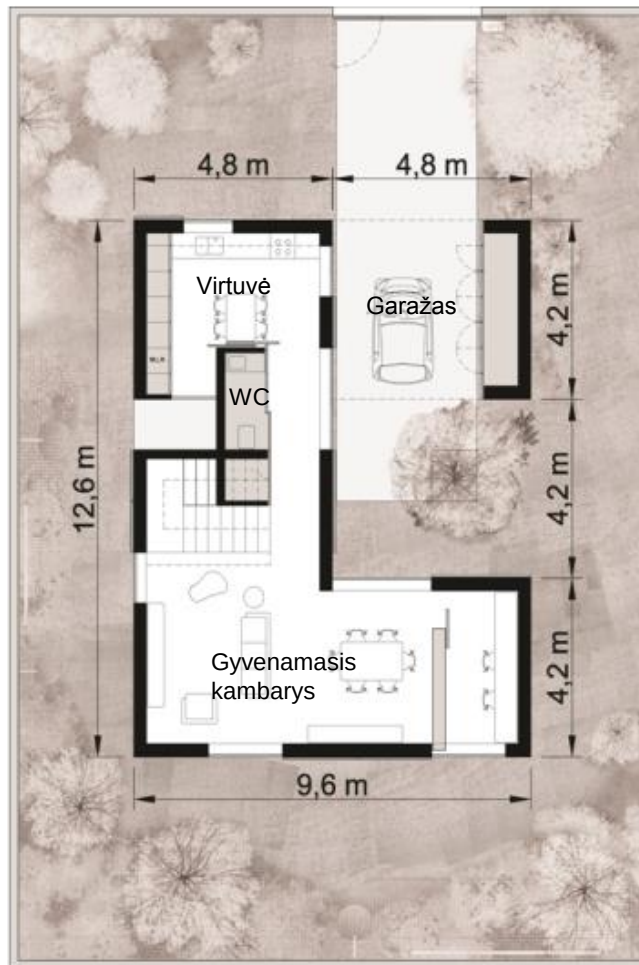
Šiaurės Vakarų vaizdas



Gyvenamojo namo atvejo tyrimas

Pirmasis aukštas

Antrasis aukštas



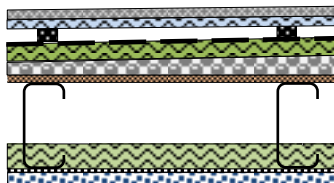
Pasgrindinis fasadas

Pastato aukštų
planai

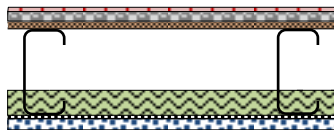
Gyvenamojo namo atvejo tyrimas

Neskaidrus apdaras:

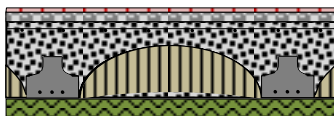
Stogo perdanga



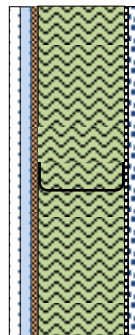
Vidaus perdanga



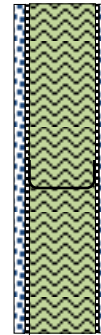
Grindys ant grunto



Išorės siena



Vidaus siens



Šiluminiai rodikliai:

Elementas	U-vertė [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Stogo plokštė	0,37	13435
Vidaus perdangos	-	61062
Grindys ant grunto	0,60	65957
Išorės sienos	0,29	13391
Vidaus sienos	-	26782

Įstiklintas apdaras:

Šiluminiai rodikliai:

Medžiagos	U-vertė [W/m ² .K]	SHGC
PVC rėmas ir dvigubas stiklinimas (8+6 mm, su 14 mm oro tarpu)	2,60	0,78

SHGC – Saulės šilumos priaugio koeficientas

Gyvenamojo namo atvejo tyrimas

The reference results for this building were obtained from advanced dynamic simulations.

Tools:



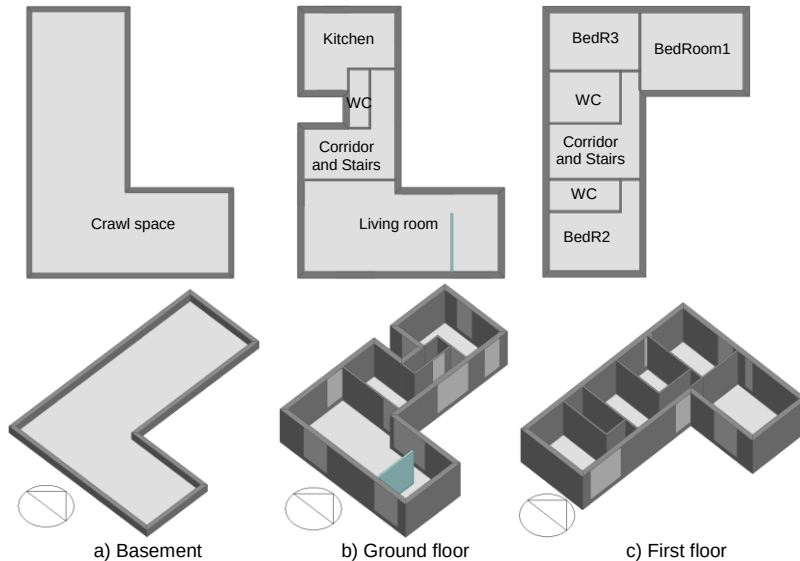
DesignBuilder
SOFTWARE

et EnergyPlus

The model was assembled using 10 thermal zones



Orbit view of the DsB model



Layout of the floors

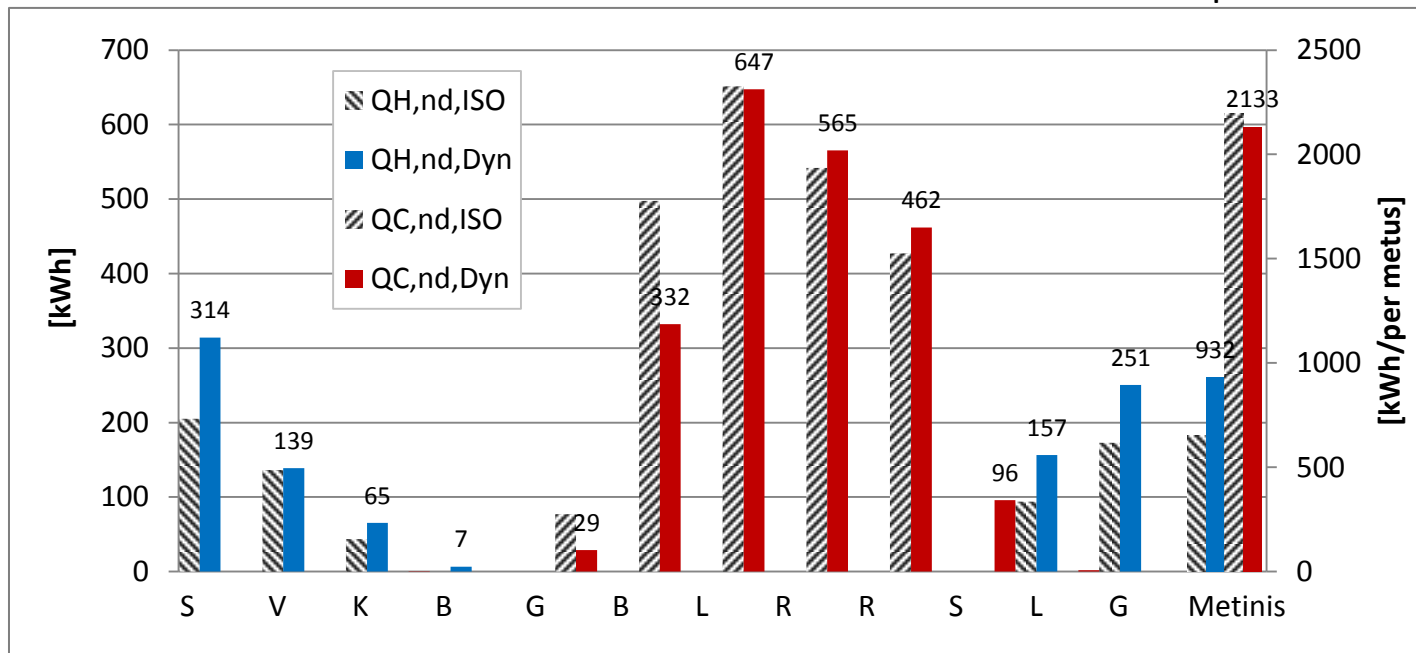


Shading evolution at 10 Aug.

Gyvenamojo namo atvejo tyrimas

Gautieji rezultatai:

Vidutinė paklaida: -7.2%



Energijos poreikis pastatą vėsinti ir šildyti: dinaminio modeliavimo (Dyn) ir mėnesinio algoritmo (ISO) palyginimas

3) Baigiamosios pastabos

- Turimos ir naudojimo energijos vertinimas yra būtinas, jeigu norite atlikti gyvavimo tarpsnio analizę.
- Norint pastato naudojimo energiją numatyti tiksliai, tai nėra lengva užduotis, nes ji priklauso nuo tiek daugelio rodiklių.
- Supaprastintasis algoritmas buvo įgyvendintas kiekybiškai įvertinti energijos poreikį pastatą šildyti ir arba vėsinti, karštą vandenį ruošti kaip nurodoma keliuose tarptautiniuose standartuose.
- Mėnesinio kvazi-pastovios būsenos metodo numatyto ISO 13790 tikslumas buvo patikrintas palyginant jį su kai kuriais pažangesniais dinaminio modeliavimo metodais.
- Rezultatų palyginimas leidžia daryti išvadą, kad šio metodo tikslumas yra labai priimtinas (vidutinė paklaida $< 10\%$).