



ENERGIŠKAI EFEKTYVAUS PASTATO SIENŲ KONSTRUKCINIŲ MAZGŲ PARINKIMAS

Paulius JANČAUSKAS¹

VGTU SF Statybos technologijos ir vadybos katedra

El. p. ¹paulius.jancauskas @stud.vgtu.lt

Santrauka. Pateikiama energetiškai efektyvaus pastato samprata, nagrinėjami reikalavimai energetiškai efektyviems gyvenamiesiems pastatams Lietuvoje, nurodoma pagrindiniai privalumai, kodėl verta statyti energetiškai efektyvius pastatus, analizuojami gyvenamųjų pastatų šilumos nuostoliai. Atlikta energetiškai efektyvaus gyvenamojo pastato sienų konstrukcinių mazgų parinkimo analizė taikant ARAS metodą. Rodiklių reikšmingumai nustatyti taikant ekspertų vertinimo metodą. Pateikiamos išvados.

Reikšminiai žodžiai: energetiškai efektyvūs pastatai, pastatų konstrukciniai mazgai, energinis efektyvumas

1. Įvadas

Šiais laikais statybų sektorius yra pavojingas aplinkos teršimo šaltinis. Namai sunaudoja daugiau visos neatsinaujinančios energijos negu anksčiau. Pastatai šiuo metu suvartoja daugiau kaip vieną trečdalį visos energijos ir du trečdalius visos elektros, panaudotos JAV bei Europos Sąjungoje (Zubka 2011). Šioms, jau prieš trejetą dešimtmečių iškeltoms, problemoms įveikti yra plėtojamos idėjos, susijusios su efektyvesniu energijos panaudojimu statiniuose. Daugelis idėjų jau pasiteisino: jos plačiau naudojamos ir pritaikomos statant gerai izoliuotus, žemos energijos, pasyvius bei nulinės energijos pastatus ar gyvenamųjų namų kvartalus (Zubka 2011).

Viena svarbiausių priemonių energetinei priklausomybei ir išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekiui mažinti yra suvartojamos energijos kiekio mažinimas ir energijos iš atsinaujinančiųjų išteklių vartojimas (Vėjalienė, Gailius 2010). Didžiausios ekonominio taupymo galimybės yra gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų sektoriuje, čia galima būtų sutaupyti atitinkamai apie 27 % ir 30% dabar suvartojamos galutinės energijos (Džiugaitė, Tumėnienė 2013).

Šio straipsnio pagrindinis tikslas yra apibūdinti mažai energijos naudojančius gyvenamuosius pastatus Lietuvoje bei taikant daugiakriterinį vertinimo metodą parinkti optimalų mažai energijos vartojančio gyvenamojo pastato sienų konstrukcinį mazgą.

2. Energiškai efektyvių pastatų apibūdinimas Lietuvoje

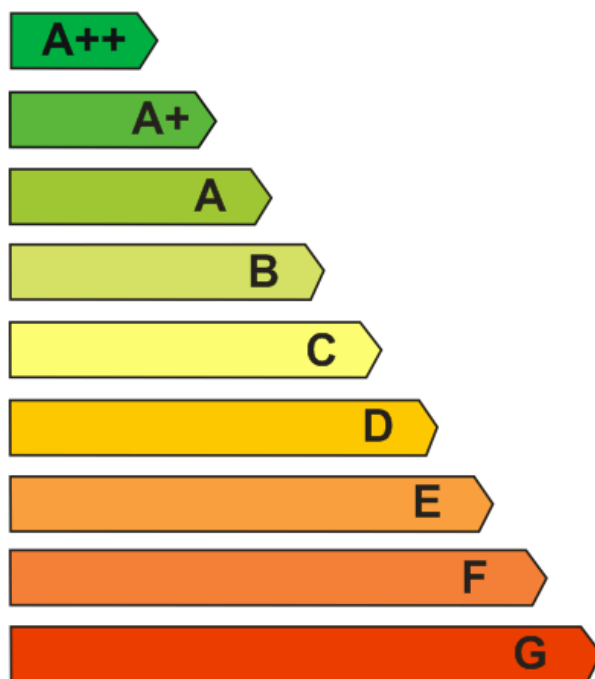
Energiškai efektyvūs pastatai Lietuvoje gali būti skirstomi į keturias kategorijas: mažai energijos naudojančios, pasyvūs, nulinės energijos ir energiją gaminantys pastatai. Pasyvūs pastatai yra optimalus pasirinkimas, kai vertinamas visas pastato gyvavimo ciklas. Mažai energijos naudojančiuose pastatuose energijos sunaudojama du kartus mažiau negu standartiniuose namuose. Energinis efektyvumas pasiekiamas naudojant gerą izoliaciją ir langus bei vėdinimo sistemą su šilumograža. Pastatyti mažai energijos naudojančių pastatų nėra daug brangiau už standartinį pastatą (0-5%). Pasyviame name sunaudojama mažiau nei ketvirtadalis standartiniame name sunaudojamos energijos. Jis šildomas pastate išskiriama energija. Jame nėra kitos šildymo sistemos, išskyrus vėdinimo sistemos šilumogražą. Nulinės

energijos pastato metinis energijos sąnaudų ir anglies junginių išskyrimo į aplinką balansas yra nulinis. Šie pastatai gali būti neprijungti prie centralizuotų tiekiamos energijos tinklų. Energiją gaminančių pastatų koncepcija taikoma pasyvaus pastato energinio efektyvumo lygio pastatams, kuriuose integruotos aktyvios saulės ir vėjo energijos gamybos bei tiekimo į pastatą sistemos. Vasarą šiuose pastatuose pagamintas perteklinis elektros energijos kiekis perduodamas nacionaliniams skirstomiesiems tinklams, o žiemos metu iš jų perkamas trūkstamas energijos kiekis (Pastatų energinis efektyvumas 2015)

2005 m. Lietuvoje įsigaliojo statybos techninis reglamentas (STR 2.01.09:2012), kuriame nustatyti pastatų energinio naudingumo sertifikavimo reikalavimai. Pagrindinė šio reglamento nuostata – efektyvus energijos išteklių naudojimas. Šiuo metu pastatų eksploatacijai suvartojama daugiau nei 40 % bendrų energijos išteklių visoje Europos Sąjungoje (Mickaitytė, Zavadskas 2008). Didžioji dalis energijos išteklių suvartojama pastatams šildyti šaltuoju metų laikotarpiu ir jiems vėsinti šiltuoju metų laikotarpiu.

Lietuvoje pastatai (jų dalys) pagal energinį naudingumą klasifikuojami į 9 klases: A++, A+, A, B, C, D, E, F, G. A++ klasė yra laikoma aukščiausia ir ji nurodo energijos beveik nevartojančią pastatą (jo dalį). Pastato ir atskiros pastato dalies energinio naudingumo rodikliai gali būti netapatūs (STR 2.01.09:2012). Remiantis energinio naudingumo reikalavimais (2010/31/ES) ir (STR 2.01.09:2012), naujiems statomiems pastatams, kurių statybos darbai yra pradėti po 2014 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip B. A klasė turi būti pasiekta statant naujus pastatus nuo 2016 m. sausio 1 d., A+ energinio naudingumo klasė turi būti pasiekta po 2018 m. sausio 1 d., o po 2020 m. sausio 1 d. pastato energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A++. Vienas pagrindinių rodiklių, lemiančių pastato energinę klasę, yra išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientas, todėl jo mažinimas (atitvarų apšiltinimas) išlieka pagrindiniu prioritetu siekiant minėtų tikslų. Energiškai efektyvūs arba mažai energijos vartojantys pastatai – tai tokie pastatai kurių bendras metinis šilumos poreikis neviršija 85 kWh/m². Statybos techniniam reglamente mažai energijos vartojantys pastatai apibrėžiami kaip pastatai ar jų dalys atitinkantys šio reglamento B, A, A+ klasės pastatams. A++ pastatai ar jų dalys priskiriami prie energijos beveik nevartojančių pastatų (STR 2.01.09:2012).

Pavyzdžiui Airijoje (Passive homes 2007), kaip ir Lietuvoje, yra nustatytos energinio efektyvumo klasės, kuriai kiekvienai yra apskaičiuotas bendras metinis šilumos suvartojimo poreikis. Remiantis šiais duomenimis, galima teigti, kad B energinio efektyvumo metinis šilumos suvartojimo poreikis yra (75-85 kWh/m²), sekančios klasės A (50-75 kWh/m²), A+ (25-50 kWh/m²), A++ (0-25 kWh/m²). A++ energinio efektyvumo klasė apima pasyvius namus kurių metinis šilumos suvartojimo poreikis ne didesnis nei 15 kWh/m² (Elswijk, Kaan 2008) ir nulinės energijos suvartojimo pastatus.



1 pav. Pastatų energetinis klasifikavimas Lietuvoje (STR 2.01.09:2012)

Fig. 1. Building energy rating in Lithuania (STR 2.01.09:2012)

2.1 Energiškai efektyvaus pastato projektavimas ir nauda

Energiškai efektyvūs pastatai projektuojami taip, kad naudotų kuo mažiau energijos. Pastatai tampa energiška efektyviais, kai naudojamos kokybiškos konstrukcinės ir izoliacinės medžiagos, mažinančios šilumos nuostolius ir didinančios pastato sandarumą. Profesionalus projektavimo lygis ir atliekamų statybos darbų meistriškumas yra pastatų energinio efektyvumo užtikrinimo pagrindinės prielaidos. Taip pat svarbu sumažinti šiluminių tiltelių poveikį.

Yra nurodomi toki pagrindiniai energiška efektyvių pastatų naudojimo privalumai:

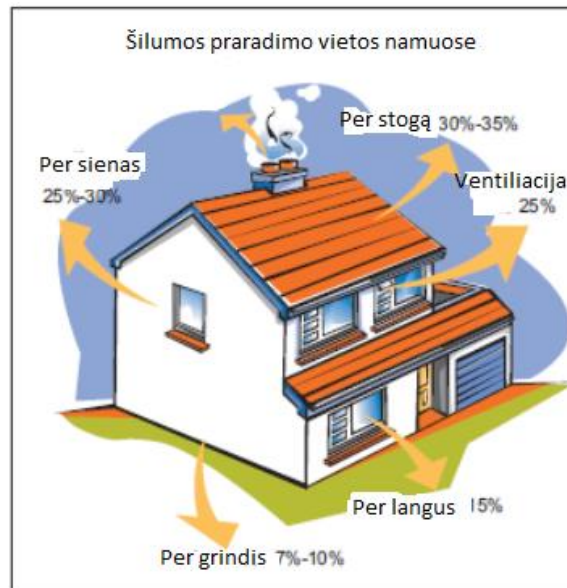
- Energiškai efektyvaus pastato statybos darbų kainos padidėjimas sudaro + 0–5 %, lyginant su standartiniu pastatu (Mažai energijos vartojantys pastatai 2015);
- Energiškai efektyvaus namo kaina nekilnojamojo turto rinkoje yra apie 10–30 % didesnė už standartinio namo kainą;
- Energiškai protingame, efektyviame name per 25 metų laikotarpį galima sutaupyti 30,000–50,000 EUR (Mažai energijos vartojantys pastatai 2015).

2.2 Energiškai efektyvaus pastato konstrukcinių mazgų skirstymas

Apibūdinant mažai energijos vartojančio pastato konstrukcinius sprendinius yra iškiriami šie pagrindiniai konstrukciniai mazgai:

- Plokščiojo stogo konstrukcijos;
- Šlaitinio stogo konstrukcijos;
- Sienų konstrukcijos;
- Grindys ant grunto;
- Perdangos virš nešildomo rūšio;
- Perdangos besiribojančios su išore
- Cokolio konstrukciniai sprendiniai;
- Langų ir durų montavimo konstrukciniai sprendiniai;
- Langai;
- Stogo ir sienų jungčių konstrukciniai sprendiniai.

Pasyvių pastatų konstrukcijų ir dizaino kataloge procentine išraiška nurodoma, koki patiriami šilumos nuostoliai per atsikirus pastatų konstrukcinius mazgus. Kataloge nurodoma, kad per pastato sienas prarandama apie 25-30% šilumos, per cokolio ir grindų konstrukcijas 7-10%, per langus prarandama 15% šilumos, per stogą 30-35%, per ventiliaciją patirama apie 25% šilumos nuostolių.



2 pav. Gyvenamųjų pastatų šilumos praradimo vietos (Passive homes 2007)

Fig.2. Areas of heat loss in homes (Passive homes 2007)

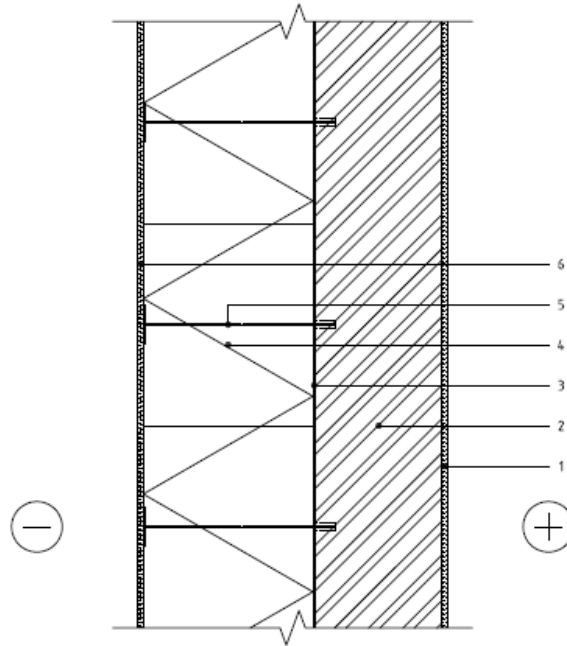
Parasonis, Keizikas (2012) straipsnyje yra pabrėžiama, kad pastatų energinis efektyvumas priklauso ne tik nuo pastato konstrukcinių mazgų, bet ir nuo pastato patalpų išdėstymo, pastatų orientacijos, pastatų skaidrių atitvarų orientacijos pasaulio šalių atžvilgiu, bei pastato tūrio. Tačiau kaip matome 2 pav. didžiausi šilumos nuostoliai yra patiriami per pastatų sienų ir stogo konstrukcijas. Todėl šiame straipsnyje bus atliekamas pastatų sienų konstrukcijų parinkimas taikant daugiakriterinį vertinimą. Pastatų sienų konstrukcinių mazgų parinkimas yra orientuotas į A klasės energinio naudingumo pastatus.

2.3 Energiškai efektyvaus pastato sienų konstrukciniai sprendiniai variantų palyginimui

Remiantis A klasės energinio naudingumo reikalavimais parenkame 4 skirtingus sienų konstrukcinius mazgus, kurių šilumos laidumo perdavimo koeficientai $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1 variantas. Tinkuojama fasadinė siena (Šilumos laidumo perdavimo koeficientas $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sienos sudėtis:

- 1-vidaus apdaila;
- 2-keramzobetno blokelių mūras 200 mm;
- 3-klijų sluoksnis;
- 4-Paroc Lino 80 (300 mm) šilumos izoliacija;
- 5-tvirtinimo elementas;
- 6-išorės apdaila.

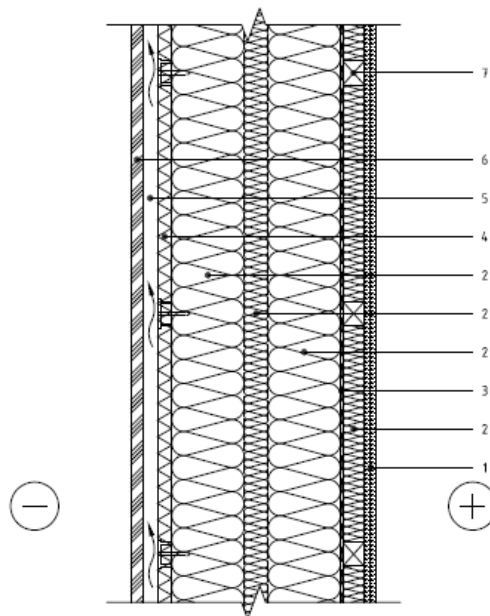


3 pav. Tinkuojama fasadinė siena. (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos, a 2015)

Fig.3. Plastered façade wall (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos, a 2015)

2 variantas. Karkasinė siena (Šilumos laidumo perdavimo koeficientas $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sienos sudėtis:

- 1 - vidaus apdaila;
- 2 - Paroc extra/Paroc Extra plus šilumos izoliacija 50 mm ir 350 mm;
- 3 - orą ir garus izoliuojantis sluoksnis;
- 4 - Paroc Cortex 30 mm;
- 5 - vėdinamas oro tarpas $d>30 \text{ mm}$;
- 6 - išorės apdaila;
- 7 - karkaso elementas.

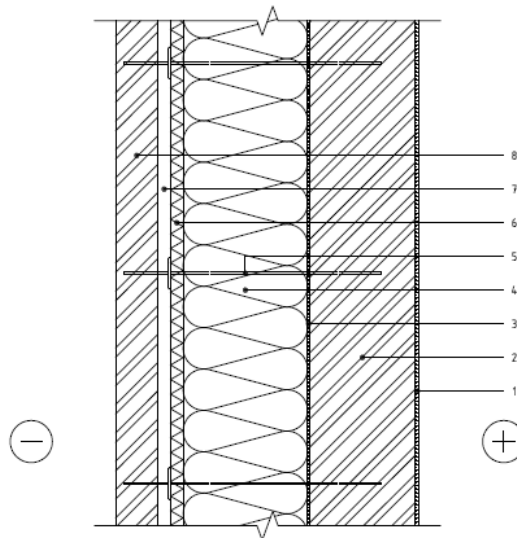


4 pav. Karkasinė siena (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos 2015)

Fig.4. Framework wall (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos 2015)

3 variantas. Trisluosknio mūro siena (Šilumos laidumo perdavimo koeficientas $U=0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sienos sudėtis:

- 1 - vidaus apdaila;
- 2 – silikatiniai blokeliai 180 mm;
- 3 - tinkas;
- 4 - Paroc extra/Paroc Extra plus šilumos izoliacija 250 mm;
- 5 - tvirtinimo elementas su fiksatoriumi;
- 6 - Paroc Cortex 30 mm;
- 7 - vėdinamas oro tarpas $d>30 \text{ mm}$;
- 8 - plytų mūras $d=65-120 \text{ mm}$.

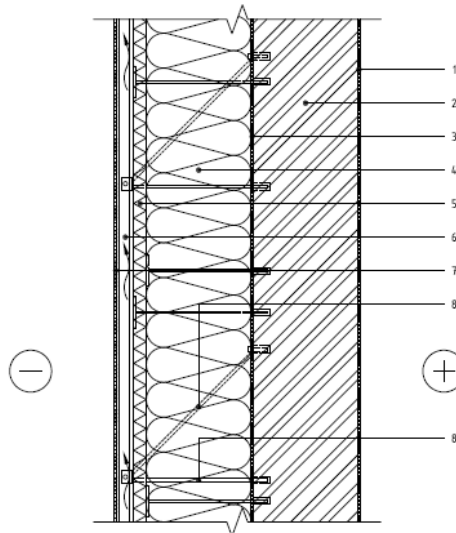


5 pav. Trisluosknio mūro siena (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos, a 2015)

Fig.5. Three layer masonry wall (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos, a 2015)

4 variantas. Vėdinamo fasado siena (Šilumos laidumo perdavimo koeficientas $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). Sienos sudėtis:

- 1 – vidaus apdaila;
- 2 – mūras $d=250$;
- 3 – tinkas $d=5 \text{ mm}$;
- 4 - Paroc extra/Paroc Extra plus šilumos izoliacija 250 mm;
- 5 - Paroc Cortex 30 mm;
- 6 – vėdinamas oro tarpas, T profilis;
- 7 – išorės apdaila;
- 8 – tvirtinimo elementas.



6 pav. Vėdinama fasadinė siena (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos, a 2015)

Fig.6. Ventilated facade wall (Energiškai efektyvaus pastato konstrukcijos, a 2015)

3. Energiškai efektyvaus pastato sienų konstrukcinių mazgų parinkimas taikant ARAS daugiakriterinio palyginimo metodą

Daugekriterinis mažai energijos vartojančių pastatų sienų konstrukcinių mazgų palyginimas atliekamas naudojant daugiakriterinį palyginimo metodą ARAS (Zavadskas, Turskis 2010). Skaičiavimo alternatyvų reikšmingumus nustatysime atlikdami ekspertų apklausą ir apskaičiudami rodiklių reikšmingumus ekspertų vertinimo metodu (Zavadskas, Turskis, Ustinovičius 2010).

3.1 Rodiklių parinkimas

Pasirenkami svarbiausi rodikliai, kurie labiausiai apibūdina mažai energijos vartojančių pastatų sienų konstrukcinius sprendinius (1 lentelė).

1 lentelė. Rodikliai

Table 1. Criterias

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.
1	Įrengimo 1m ² kaina	Eur.
2	Darbo laikas įrengiant 1 m ²	Val.
3	Įrengimo technologijos sudėtingumas	balais 1÷5
4	Šiluminė varža	m ² K/W
5	Ilgaamžiškumas	m.

3.2 Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertų vertinimo metodu

Ekspertų apklausa atlikta kiekvieną pasirinktą rodiklį vertinant 5 balų sistemoje:

- Sienų konstrukcijų įrengimo kaina – kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo pigesnė sienos įrengimo kaina;
- Darbo laikas - kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo mažesnis sienos įrengimo laikas;
- Įrengimo technologijos sudėtingumas - kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo lengvesnė sienos įrengimo technologija;
- Šiluminė varža - kuo rodiklio reikšmė mažesnė, tuo mažesnė sienos šiluminė varža;
- Ilgaamžiškumas - kuo rodiklio reikšmė didesnė, tuo sienos konstrukcija ilgaamžiškesnė;

Iš viso apklausoje dalyvavo 31 ekspertas.

3 lentelė. Ekspertų nuomonės suderinamumo skaičiavimas pagal pasirinktus rodiklius

Table 3. The calculation of attributes weights

Ekspertai	Rodikliai n = 31				
r = 31	Įrengimo 1m ² kaina EUR	Darbo laikas įrengiant 1 m2 Val.	Įrengimo technologijos sudėtingumas	Šiluminė varža m ² K/W	Ilgamžiškumas m.
Įvertinimų suma $\bar{t}_j = \sum_{k=1}^{r=7} t_{jk}$	52	39	45	40	134
Vidutinės kriterijų reikšmės $\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^{r=7} t_{jk}}{r}$	1,68	1,25	1,45	1,29	4,32
Kriterijų ranžiruotė	2	5	3	4	1
Kriterijų reikšmingumas $q_j = \frac{\bar{t}_j}{\sum_{j=1}^{n=5} \bar{t}_j}$	0,169	0,125	0,145	0,129	0,432
$\sum_{k=1}^{r=7} (t_{jk} - \bar{t}_j)^2$	14,8	7,9	11,8	6,38	12,8
Ekspertinių įvertinimų dispersija $\sigma^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^{r=5} (t_{jk} - \bar{t}_j)^2$	2,11	1,13	1,66	0,9	1,82
Variacija $q_j = \frac{\bar{t}_j}{\sum_{j=1}^{n=5} \bar{t}_j}$	0,87	0,84	0,89	0,74	0,31
Rangų sumos vidurkis V	$V = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n=5} \sum_{k=1}^{r=8} t_{jk} = 62$				
Įvertinimo rezultatų nuokrypių kvadratų suma S	$S = \sum_{j=1}^{n=5} \left(\sum_{k=1}^{r=8} t_{jk} - V \right)^2 = 6586$				
Konkordancijos koeficientas W	$W = \frac{12 \times S}{r^2 \times (n^3 - n)} = 0,68$				
Konkordancijos koeficiento reikšmingumas $x_{\alpha,v}^2$	$x_{\alpha,v}^2 = \frac{12S}{r \times n \times (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k} = 84,98;$ $\text{čia } \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k = 0.$				

Norminis konkordancijos koef. reikšmingumas x_{tbl}^2	Rodikliai $n = 5$
	$v = n - 1 = 5 - 1 = 4$; $x_{tbl}^2 = 50,89$ $x_{\alpha,v}^2 = 84,89 > x_{tbl}^2 = 50,89$ - ekspertų nuomonė sutampa.

3.3 Nagrinėjamų variantų parinkimas ARAS metodu

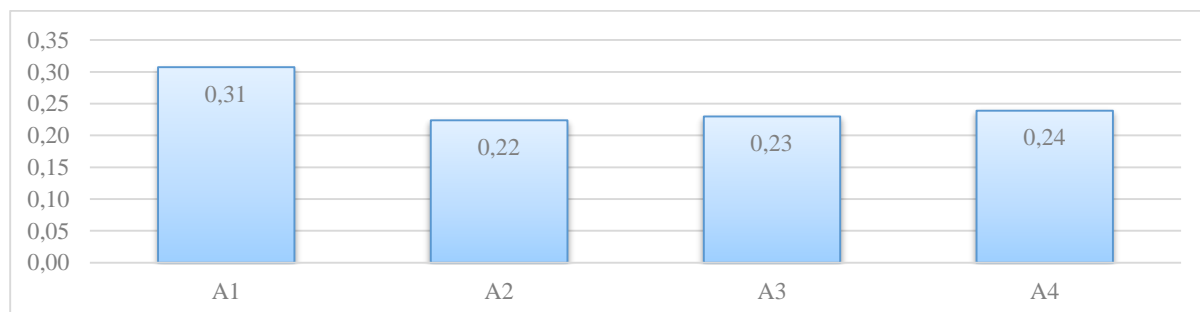
Alternatyvų analizei naudosime 4 nagrinėtus energiškai efektyvaus pastato sienų konstrukcinius sprendinius ir juos lyginsime pagal pasirinktus 5 rodiklius.

Alternatyvų analizei pasirinktas daugiakriterinio palyginimo metodas ARAS. Šiuo metodu, atlikę, alternatyvų analizę, galime nustatyti racionaliausią energiškai efektyvaus pastato sienos konstrukcinį mazgą.

4 lentelė. Sprendimų matrica

Table 4. Evaluation matrix

Eil. Nr.	Variantai	Rodikliai				Max/Min	Reikšmingumas
		A1	A2	A3	A4		
1	Įrengimo 1m ² kaina Eur	144,23	130,33	170,88	115,85	min	0,17
2	Darbo laikas įrengiant 1 m ² h	4	6	8	4	min	0,13
3	Įrengimo technologijos sudėtingumas	2	3	5	3	min	0,14
4	Šiluminė varža m ² K/W	0,12	0,12	0,12	0,12	min	0,13
5	Ilgaamžiškumas m	45	30	40	30	max	0,43
	Efektyvumo indeksas Rj	0,31	0,22	0,23	0,24		
	Prioritetų eilutė	A1>A4>A3>A2					



7 pav. Skaičiavimo rezultatai

Fig.7. Calculating results

Atlikę alternatyvų analizę pasirinktu daugiakriterinio palyginimo metodu ARAS, nustatėme, kad racionaliausia energiškai efektyvaus pastato sienos detalė atitinkanti A klasės energinio naudingumo reikalavimus yra tinkuojama fasadinė siena. Tokį rezultatą gavome todėl, kad pagal pasirinktus rodiklius šį sienos mazgą yra technologiškai įrengti lengviausia, jo įrengimo laikas yra gana trumpas, bei mazgas yra gana patvarus ir ilgaamžiškas.

4. Išvados

Didžiausi šilumos nuostoliai gyvenamuosiuose pastatuose patiriami per stogo ir sienų konstrukcijas.

Atlikus energiškai efektyvaus gyvenamojo pastato sienų konstrukcijų analizę, naudojant daigiatikslį vertinimo metodą ARAS gautas racionaliausias variantas yra įrengti tinkuojamą fasadinę sieną.

Toks rezultatas yra gautas, todėl, kad pagal pasirinktus rodiklius šį sienos mazgą yra technologiškai įrengti lengviausia, jo įrengimo laikas yra gana trumpas, bei mazgas yra gana patvarus, ilgaamžiškas ir sandarus.

Literatūra

- 2010/31/ES Europos parlamento ir tarybos direktyva „Dėl pastatų energinio naudingumo“ (nauja redakcija). Briuselis, 2010. 67 p.
- Bučius, A.; Juškevičius, A. Rekomendacijos statinių ir jų dalių gyvavimo ir jų skaičiuojamosios trukmės įvertinimas. Vlnius 2001: 19-20, 36 p.
- Džiugaitė-Tumėnienė, R.; Medineckienė, M. 2013. Daugiakriterių metodų taikymas racionaliam pastato energetinės sistemos technologijų deriniui nustatyti, *Mokslas – Lietuvos ateitis, Aplinkos apsaugos inžinerija* 5(4): 410–422.
- Elswijk, M.; Kaan, H. 2008. European Embedding of Passive Houses;
- Energetiškai efektyvus pastato sienų konstrukciniai mazgai (a) [interaktyvus], [žiūrėta 2015 sausio 1 d] prieiga per internetą: <http://www.paroc.lt/Campaigns/pasyvus_namas/#pasyvaus-namo-siena-cad-breziniai>;
- Energetiškai efektyvus pastato sienų konstrukciniai mazgai (a) [interaktyvus], [žiūrėta 2015 balandžio 14 d] prieiga per internetą: <<http://www.pasyviejinamai.lt/5-reglamentavimas/reikalavimai-a-a-ir-a-energinio-naudingumo-klasiu-namams>>;
- Energetiškai efektyvus pastato sienų konstrukciniai mazgai (b) [interaktyvus], [žiūrėta 2015 sausio 2 d] prieiga per internetą: <<http://www.treeco.eu/what-wedo/passivhaus/>>;
- Energetiškai efektyvūs pastatai [interaktyvus], [žiūrėta 2015 sausio 4 d] prieiga per internetą: <http://www.ena.lt/pat_ee_pastatai.htm>;
- Hernandez, P.; Kenny, P. 2011. Development of a methodology for life cycle building energy ratings, *Energy Policy* 39 3779–3788;
- Mažai energijos vartojantys pastatai [interaktyvus], [žiūrėta 2015 sausio 2 d] prieiga per internetą: <http://www.paroc.lt/vertazinoti/energinis_efektyvumas/pastatu-energinis-efektyvumas>;
- Mickaitytė, A.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Tupėnaitė, L. 2008. The concept model of sustainable buildings refurbishment, *International Journal of Strategic Property Management* 12: 53–68.
- Parasonis, J.; Keizikas, A.; Endriukaiytė, A.; Kalibaitienė, D. 2012. Architectural Solutions to Increase the Energy Efficiency of Buildings, *Juornal of civil engineering and management* 2012 Volume 18(1): 71–80.
- Passive homes. 2007. Guidelines for the design and construction of passive house dwellings in Ireland, Sustainable Energy Ireland;
- STR 2.01.09:2012 Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas. Vilnius, 2005.;
- Vėjalienė, J.; Gailius, A.; Vėjelis, S. 2010. Šiaudų naudojimo galimybių termoizoliacinių medžiagų gamybai tyrimai, *Statybinės konstrukcijos ir technologijos* 2(2): 66–70;
- Zavadskas, E.K.; Turskis, Z.; Ustinovichius, L.; et al., 2010. Attributes Weights Determining Peculiarities in Multiple Attribute Decision Making Methods, *ISSN 1392 – 2785 Inžinerine Ekonomika - Engineering Economics*, 2010, 21(1) 33-44;
- Zavadskas, E.K.; Turskis, Z.; Vilutienė, T. et al., 2010. Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method, *Archives of civil and mechanical engineering* Vol X, No 3, 123-141;
- Zubka, D. 2011. Nulinės energijos pastato koncepcija ir jos pritaikymas, 14-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2011 metų teminės konferencijos „Statyba“ straipsnių rinkinys. ISBN 978-9955-28-929-6;

ELECTION OF DESIGN WALL NODES FOR ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

P. Jančiauskas

Summary

In this article is provide energy efficient buildings concept. There are described requirements for energy efficient residential buildings in Lithuania, indicating the main advantages why to build energy-efficient buildings, analyzed energy efficient buildings heat loss. Calculating is performed using multiple criteria analysis additive ratio assessment (ARAS) method for energy efficient building walls selection. Significance of indicators is determine using attributes weights determining peculiarities in multiple attribute decision making methods. The conclusions.

Keywords: energy efficient, design nodes for buildings, energy efficiency.

