



DAUGIABUČIŲ GYVENAMŲJŲ NAMŲ IŠORĖS SIENŲ SPRENDINIŲ EFEKTYVUMO VERTINIMAS DAUGIAKRITERINĖS ANALIZĖS METODAIS

Edmundas Kazimieras Zavadskas¹, Leonas Ustinovičius², Zenonas Turskis³,
Gintautas Ambrasas⁴, Vladislavas Kutut⁵

*Statybos technologijos ir vadybos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva*

El. paštas: ¹Edza@adm.vtu.lt; ²leonasu@st.vtu.lt; ³zenonas.turskis@st.vtu.lt; ⁴gintasa@st.vtu.lt; ⁵Kutut@st.vtu.lt.

Įteikta 2004 12 10; priimta 2005 01 27

Santrauka. Daugiabučių gyvenamųjų namų racionalumas labai priklauso nuo išorinių sienų konstrukcijų efektyvumo. Šiuolaikiniai tokių namų užsakovai – investuotojai dažniausiai projektą įgyvendina efektyviai, bet kartais vadovaujasi vieninteliu kriterijumi – pelnu. Siūloma išorės sienų konstrukcijoms parinkti taikyti daugiakriterinės analizės metodus. Taip būtų galima užtikrinti išorinių sienų konstrukcijų efektyvumą viso pastato gyvavimo proceso metu, pradedant nuo poreikių bei tikslų nustatymo stadijos iki pastato naudojimo pabaigos. Nagrinėtuose išorės sienų trijų sluoksnių mūro konstrukciniuose sprendimuose panaudotos populiariausios šiuo metu Lietuvoje medžiagos. Uždaviniui spręsti sudaryta 7 efektyvumo kriterijų sistema, nustatytas tų kriterijų reikšmingumas.

Raktažodžiai: sienos, sprendimų priėmimas, kriterijai, daugiakriterinė analizė, lošimų teorija, įvertinimas, efektyvūs variantai.

ESTIMATION OF EXTERNAL WALLS DECISIONS OF MULTISTOREY RESIDENTIAL BUILDINGS APPLYING METHODS OF MULTICRITERIA ANALYSIS

Edmundas Kazimieras Zavadskas¹, Leonas Ustinovičius², Zenonas Turskis³,
Gintautas Ambrasas⁴, Vladislavas Kutut⁵

*Department of Construction Technology and Management, Vilnius Gediminas Technical University,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lithuania*

El. paštas: ¹Edza@adm.vtu.lt; ²leonasu@st.vtu.lt; ³zenonas.turskis@st.vtu.lt; ⁴gintasa@st.vtu.lt; ⁵Kutut@st.vtu.lt.

Received 10 December 2004; accepted 27 January 2005

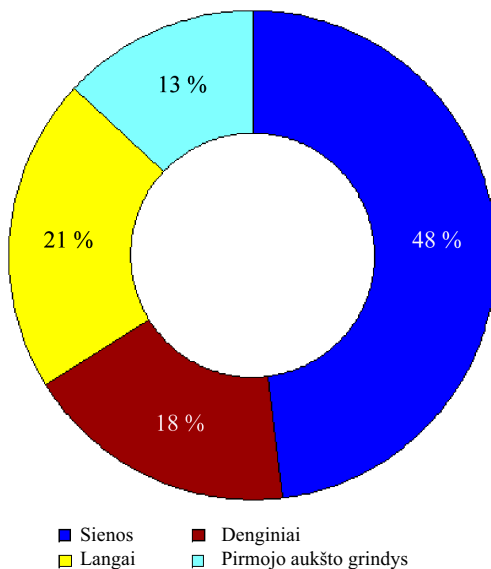
Abstract. This paper analyses the most widespread designs of external walls of the multi-storey residential buildings now in use. Such 49 alternative designs of external walls of multi-storey residential buildings are analyzed using multicriteria analysis program under uncertainty. Few ways of the decision are applied for the decision of the problem: the method of distance to an ideal point, Baye's rule and Wald's rule. To project and understand effective construction of a building, it is necessary to execute exhaustive analysis of all decisions (planimetric, prolongation of term and quality of buildings operation, improvement of architectural decisions, etc.). The level of a design of external walls efficiency of multi-storey residential buildings depends on very many factors, including: cost of the construction work, used materials and building mechanisms, aesthetics, properties of service, thermal insulation properties, durability, etc. The offered decision of the choice of the effective decision problem using the system of the criteria having different dimensions takes into account the rational estimation of economic, climatic, social conditions and traditions and also allows better to satisfy architectural, functional, service, comfort and other requirements of the client. It also allows to reduce design, building and operational expenses. The choice of a variant mainly depends on needs and existing financial ability of the customer. The offered system of the effective decision choice using the principles of the multi-criteria analysis is described in the presented paper. There is an opportunity on the basis of the offered system to compare alternative design decisions of external walls of multi-storey residential buildings and the choice of the most effective variants.

Keywords: wall, decision-making, multi-criteria analysis, games theory, evaluation, effective variants, criteria.

1. Įvadas

Lietuvoje kasmet vis daugiau statoma gyvenamųjų pastatų. Jų racionalumas labai priklauso nuo išorinių sienų konstrukcijų racionalumo. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos duomenimis, beveik pusę gyvenamųjų namų šilumos nuostolių sudaro nuostoliai per sienas (1 pav.). Europos Sąjungoje taip pat daug lėšų ir dėmesio skiriama naujai statomų namų šiltinimui ir eksploatuojamų daugiaaukščių gyvenamųjų namų atnaujinimui. Efektyviai apšiltinus daugiabučių gyvenamųjų namų išorines sienas, gaunama nauda, kurią galima apibūdinti 2 pav. pateiktais rodikliais.

Nuo pasirinktų išorinių sienų sprendinių efektyvumo priklauso pastatų statybos ir eksploatavimo išlaidos. Sienų konstrukcijoms pradėjus naudoti šiuolaikines medžiagas, statybos efektyvumas padidėjo. Šiuo metu išryškėjo tendencija – neretai išorinių sienų projektiniai sprendiniai yra nepatenkinamos kokybės, vertinant juos naudotojų (būsimų



1 pav. Vidutiniai metiniai šilumos nuostoliai gyvenamuosiuose namuose Lietuvoje

Fig 1. Average annual losses of heat in residential buildings of Lithuania



2 pav. Efektyvus išorės sienų apšiltinimo nauda

Fig 2. Advantage of effective thermal insulation of external walls

savininkų) požiūriu. Daugiabučio gyvenamojo namo statybos užsakovas – investuotojas dažniausiai įgyvendina projektą efektyviai, bet kartais jis vadovaujasi vieninteliu kriterijumi – pelnu. Norint užtikrinti išorinių sienų konstrukcijų efektyvumą viso pastato gyvavimo proceso metu, būtina išorinių sienų racionalumu rūpintis nustatant poreikius bei tikslus iki pat pastato naudojimo pabaigos.

Yra daug alternatyvių išorinių sienų konstrukcijų variantų, kurie apibūdinami daugeliu efektyvumo rodiklių. Vertinimo efektyvumo rodikliai dažniausiai yra skirtingų matavimo vienetų, o nagrinėjamų alternatyvų įvairių efektyvumo rodiklių galimos didžiausios ir mažiausios reikšmės nėra apibrėžtos. Kartais nežinomi efektyvumo rodiklių svorio koeficientai. Tokiu atveju racionalus variantas gali būti parenkamas daugiakriteriniais vertinimo metodais.

Diskretiniai alternatyvų (variantų) palyginimo ir parinkimo metodai plačiai apžvelgti K. Train [1]. Šie metodai buvo sėkmingai pritaikyti daugelyje sričių, įskaitant transportą, energetiką bei statybą, taip pat sprendžiant investicijų planavimo uždavinius. C. Parkan ir M. L. Wu [2] nagrinėja įvairius atstumo idealiajam taškui metodus, o R. McCulloch bei P. Rossi [3] taiko Bayes analizės modeliavimu paremtus metodus. Šiuo metu variantų alternatyvos vertinamos pagal daugelį rodiklių naudojant kompiuterines programas. Jose taikomi ELECTRE [4], UTA [5, 6], MAPPAC [5–7], CARTESIA [8], PROMETHEE [9, 10] metodai.

Vilniaus Gedimino technikos universitete (E. K. Zavadskas, L. Ustinovičius, A. Kaklauskas, Z. Turskis, G. Amburasas, V. Šarka ir kt.) [11–17] ir Leipzigo taikomųjų mokslų universitete (HTKW) (F. Peldschus, H. Jüttler ir kt.) [13, 18–22] nagrinėjamos daugiakriterinių vertinimo metodų taikymo galimybės statybos uždaviniams spręsti. Anksčiau [15] buvo spęstas racionalių išorės sienų atnaujinimo parinkimo uždavinys, taikant daugiakriterinio proporcingo vertinimo metodą COPRAS.

2. Darbo tikslas ir tyrimo metodika

Šio darbo tikslas – sukurti išorinių pastato sienų efektyvių konstrukcinių variantų analizės ir parinkimo metodiką pagal daugelį efektyvumo rodiklių, dažnai turinčių skirtingas dimensijas, skirtingus reikšmingumus ir skirtingas optimizavimo kryptis. Efektyvių išorės sienų parinkimo pagal daugelį rodiklių uždavinys sprendžiamas neapibrėžtumo sąlygomis taikant lošimų teorijos metodus. Tokiems metodams taikyti Vilniaus Gedimino technikos universitete buvo sukurta ir sėkmingai naudojama praktikoje programa LEVI 3.0 [17].

Lietuvoje statomi daugiabučių gyvenamųjų namų išorės sienoms šiltinti naudojamos įvairios medžiagos. Labiausiai paplitę sienų konstrukcija – trijų sluoksnių mūras (silikatinų plytų laikančioji mūro siena, šilumos izoliacija su įrengta

vėjo izoliacija ir oro tarpu prie išorinio apdailos plytų mūro) bei vis plačiau naudojama izoliacinės sistemos su plonu sluoksnio tinko apdaila (silikatinųjų plytų laikančioji mūro siena su išorine šilumos izoliacija, nutinkuota plonu tinko sluoksniu).

Konstruktiniai išorės sienų variantai formuojami naudojant skirtingas šilumą izoliuojančias medžiagas bei įvairias apdailinio mūro ir tinko plono sluoksnio rūšis. Suformuoti variantai vertinami pagal efektyvumo rodiklius. Sienų konstrukcijų efektyvumui vertinti buvo sudaryta rodiklių sistema (3 pav.). Rodikliai nusako nagrinėjamo varianto teigiamas ir neigiamas charakteristikas.

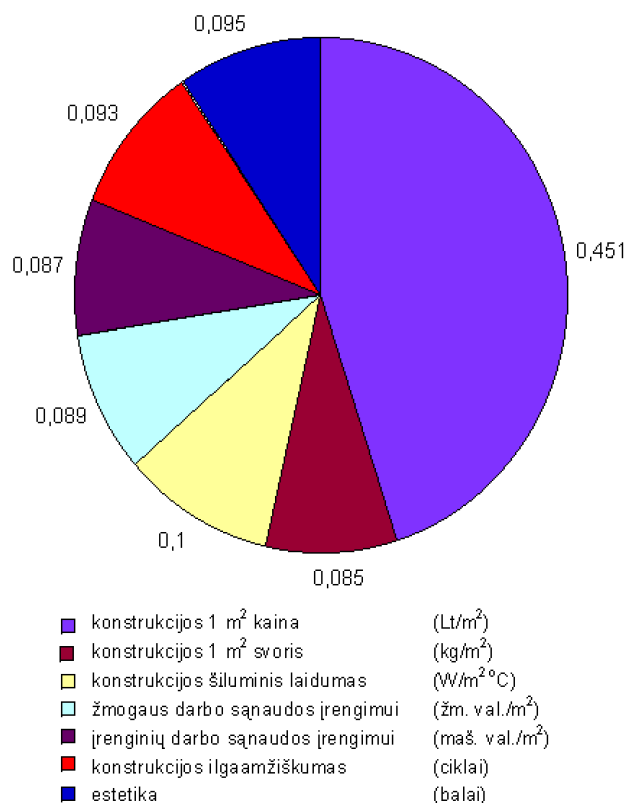
Rodiklių reikšmės buvo apskaičiuotos pagal galiojančius normatyvinius dokumentus. Sienos šilumos laidumas skaičiuojamas vadovaujantis STR 2.05.01:1999 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ reikalavimais. Sienos vieno kvadratinio metro svoris skaičiuojamas įvertinant visų atitvarų sudarančių dalių svorius. Nagrinėjamų trijų sluoksnių mūro išorės sienų ir sienų su plonu tinko sluoksnio apdaila įrengimo darbo sąnaudos skaičiuojamos vadovaujantis „Statybos darbų, medžiagų, mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvais“. Atitvaros ilgaamžiškumas tapatinamas su apdailos sluoksnio atsparumu šalčiui. Apdailos mūru naudojamoms plytoms, kurių atsparumas šalčiui – daugiau kaip 35 ciklai. Plono tinko sluoksnio apdaila atlaiko 25 šalčio ciklus. Skaičiuojant imama, kad vidutiniškai per metus būna 5–7 šalčio ciklai. Pastato sienos konstrukcijos parinkimas lemia pastato techninius, eksploatacinius ir daugelį kitų rodiklių. Vienas svarbių atitvaros vertinimo rodiklių yra estetinis jos vaizdas. Tai nėra objektyvus rodiklis. Šiam rodikliui vertinti naudojami balai, suteikiami atsižvelgiant į tam tikras savybes.

Atitvarų kainos skaičiuojamos įvertinant visų jas sudarančių medžiagų kainas. Trisluoksnio mūro sienų kainą sudaro silikatinės laikančiosios mūro sienos, šilumos ir vėjo izoliacijos, apdailos mūro bei mūro skiedinio kaina. Sienų su plonu tinko sluoksnio apdaila kainą sudaro silikatinės laikančiosios mūro sienos, šilumos izoliacijos ir plono tinko sluoksnio sistemos kaina.

Rodiklių reikšmingumams nustatyti buvo sudaryta anketa ir apklausti 35 ekspertai. Ekspertai savo žinių, patirties ir intuicijos pagrindu turėjo išdėstyti efektyvumo rodiklius pagal svarbumą pradedant svarbiausiu. Svarbiausias rodiklis vertinamas 7 balais, o nesvarbiausias – 1 balu. Rodiklių reikšmingumai (3 pav.) buvo nustatyti pagal ekspertinių įvertinimų metodiką (29) ir parodo vartotojo (savininko) prioritetus.

Nagrinėjamų išorės sienų alternatyvų duomenys pateikti 1 lentelėje.

Daugiabučių gyvenamųjų namų išorės sienų konstrukcijoms vertinti taikomi lošimų teorijos principai: Wald taisyklė (taisyklė žinoma kaip maksimumo kriterijus) ir Bay-



3 pav. Sienų konstrukcijų efektyvumo vertinimo rodiklių sistema

Fig 3. Criteria system of effectiveness evaluation of external walls

es taisyklė. Taip pat buvo taikytas daugiakriterinio įvertinimo artumo idealiajam taškui metodas.

A. Wald pasiūlė maksimizuoti garantuotą išlošį. Ši taisyklė tapo žinoma kaip maksimumo kriterijus. Pagal šią taisyklę optimali strategija nustatoma taip:

$$S_1^* = \left\{ S_{1_i} \mid S_{1_i} \in S_1 \cap \left\{ S_{1_{i_0}} \mid a_{i_0 j_0} = \max_i \min_j a_{ij} \right\} \right\}. \quad (1)$$

Wald taisyklė ir paprastas minimakso principas esant balno taškui 1-ajam lošėjui skiria tą pačią optimalią strategiją.

Visais kitais atvejais pagal Wald taisyklę gaunama atsargi strategija, todėl ji dar vadinama pesimistine taisykle. Ją prasminga taikyti statybos technologijoje ir vadyboje, jei reikia, priimti sprendimą remiantis įvairiomis nepalankiomis 1-ajam lošėjui būklėmis, kai yra mažai pasikartojimų.

Kai $\lambda = 0$, tai gaunamas pesimistinis sprendinys, kadangi jis apskaičiuojamas pagal Wald taisyklę. Kuo λ didesnis, tuo sprendinys optimiškesnis. Kai $\lambda = 1$, atsižvelgiama tik į maksimalius dydžius (tik į geriausią ir blogiausią rezultatą), o kitos informacijos nepaisoma.

1 lentelė. Išorės sienų variantų skaičiuojamieji rodikliai su reikšmingumais

Table 1. Parameters of external walls efficiency calculation with weightings

Varians- to Nr.	Atitvaros apibūdinimas		Vertinimo rodikliai								
	Apdailos medžiaga	Šilumos izoliacija	Kaina SPV, Lt	Svoris, kg	Šilumos laidumas	Įrengimo darbo sąnaudos, žm. val.	Įrenginio darbo sąnaudos, maš. val.	Ilgaaam-žiškumas, ciklas	Estetika, balas		
			0,451	0,085	0,100	0,089	0,087	0,093	0,095		
1	Silikatinės pilnavidurės plytos	Lygios 250*120*65	PAROC	93,91	651,8	0,22	4,60	0,30	100	0,70	
2			ROCKWOOL	92,86	649,9	0,23	4,60	0,30	100	0,70	
3			ISOVER	94,71	649,5	0,25	4,60	0,30	100	0,70	
4		Lygios 250*120*88	PAROC	83,89	638,1	0,22	4,60	0,30	100	0,70	
5			ROCKWOOL	85,88	636,2	0,23	4,60	0,30	100	0,70	
6			ISOVER	84,73	635,8	0,25	4,60	0,30	100	0,70	
7		Skaldytos 250*90*65	PAROC	82,68	598,8	0,22	4,60	0,30	75	0,75	
8			ROCKWOOL	78,23	596,9	0,24	4,60	0,30	75	0,75	
9			ISOVER	83,84	596,5	0,25	4,60	0,30	75	0,75	
10		Skaldytos 250*90*65	PAROC	73,13	592,5	0,22	4,60	0,30	75	0,75	
11			ROCKWOOL	72,08	590,6	0,24	4,60	0,30	75	0,75	
12			ISOVER	73,93	590,2	0,25	4,60	0,30	75	0,75	
13	Keraminės pilnavidurės plytos	Lygios 250*90*65	PAROC	90,06	598,8	0,22	4,60	0,30	100	0,80	
14			ROCKWOOL	89,01	596,9	0,23	4,60	0,30	100	0,80	
15			ISOVER	90,86	596,5	0,25	4,60	0,30	100	0,80	
16		Tašytos 250*95*65	PAROC	100,13	625,3	0,22	4,60	0,30	75	0,85	
17			ROCKWOOL	99,08	623,4	0,23	4,60	0,30	75	0,85	
18			ISOVER	100,93	623,0	0,25	4,60	0,30	75	0,85	
19		Reljefinės 250*90*65	PAROC	95,62	598,8	0,22	4,60	0,30	100	0,85	
20			ROCKWOOL	94,57	596,9	0,23	4,60	0,30	100	0,85	
21			ISOVER	96,42	596,5	0,25	4,60	0,30	100	0,85	
22	Keraminės skylėtosios plytos	Lygios 250*120*65	PAROC	83,96	588,2	0,22	4,60	0,30	100	0,80	
23			ROCKWOOL	82,91	586,3	0,23	4,60	0,30	100	0,80	
24			ISOVER	84,76	585,9	0,25	4,60	0,30	100	0,80	
25		Lygios 250*120*88	PAROC	79,51	588,7	0,22	4,60	0,30	75	0,80	
26			ROCKWOOL	78,46	586,8	0,23	4,60	0,30	75	0,80	
27			ISOVER	80,32	586,4	0,24	4,60	0,30	75	0,80	
28		Tašytos 250*95*65	PAROC	88,47	583,0	0,22	4,60	0,30	75	0,85	
29			ROCKWOOL	87,42	581,1	0,23	4,60	0,30	75	0,85	
30			ISOVER	89,27	580,7	0,22	4,60	0,30	75	0,85	
31		Reljefinės 250*120*65	PAROC	95,62	604,1	0,21	4,60	0,30	100	0,85	
32			ROCKWOOL	94,57	602,2	0,22	4,60	0,30	100	0,85	
33			ISOVER	96,42	601,8	0,24	4,60	0,30	100	0,85	
34		Plonasluoksnio tinko sistemos	Tex-Color T1.1	PAROC	95,03	477,8	0,27	4,90	0,43	25	0,82
35				ROCKWOOL	98,10	479,0	0,26	4,90	0,43	25	0,82
36				ISOVER	93,23	470,0	0,24	4,90	0,43	25	0,82
37	PUTPLASTIS			77,43	454,8	0,25	4,55	0,34	25	0,82	
38	Tex-Color T1.2		PAROC	85,34	477,9	0,27	5,01	0,43	25	0,48	
39			ROCKWOOL	88,41	479,1	0,26	5,01	0,43	25	0,78	
40			ISOVER	83,54	470,1	0,24	5,01	0,43	25	0,78	
41			PUTPLASTIS	67,76	464,7	0,25	4,66	0,34	25	0,78	
42	Ispotherm T2.1		PAROC	88,32	477,4	0,27	5,01	0,43	25	0,78	
43			ROCKWOOL	91,39	478,6	0,26	5,01	0,43	25	0,78	
44			ISOVER	86,52	469,6	0,24	5,01	0,43	25	0,78	
45			PUTPLASTIS	70,74	464,2	0,25	4,66	0,34	25	0,78	

1 lentelės tęsinys

46		Ispotherm T2.2	PAROC	94,42	476,9	0,27	4,90	0,43	25	0,82
47			ROCKWOOL	97,51	478,1	0,26	4,90	0,43	25	0,82
48			ISOVER	92,64	469,1	0,24	4,90	0,43	25	0,82
49			PUTPLASTIS	76,86	463,7	0,25	4,55	0,34	25	0,82

$$S_1^* = \left\{ S_{i_1} \mid S_{i_1} \in S_1 \cap \left\{ S_{i_0} \mid \begin{array}{l} h_{i_0} = \max_i h_i; \\ h_i = (1-\lambda); \\ \min_j a_{ij} + \lambda \frac{\max_j a_{ij}}{j}; \\ 0 \leq \lambda \leq 1. \end{array} \right\} \right\}. \quad (2)$$

Jeigu galima pateikti priešininko strategijų tikimybes q_j , tai matematiniu vidurkiu galima naudotis kaip optimalumo kriterijumi [22]:

$$c_i = \sum_{j=1}^n q_j a_{ij}. \quad (3)$$

Šis kriterijus literatūroje žinomas kaip vidurkio kriterijus, Bayes taisyklė ar Bayes ir Laplace principas. Optimali strategija nustatoma taip:

$$S_1^* = \left\{ S_{i_1} \mid S_{i_1} \in S_1 \cap \left\{ S_{i_0} \mid \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n q_j a_{i_0 j} = \max_i \left(\sum_{j=1}^n q_j a_{ij} \right); \\ \sum_{j=1}^n q_j = 1; \\ q_j \geq 0; \\ j = 1, \dots, n \end{array} \right\} \right\}. \quad (4)$$

Naudojant šį kriterijų gaunamas rizikingas sprendinys. Negarantuojamas mažiausias pelnas.

Sprendimų priėmimo matrica (2 lentelė) normalizuota vektoriškai:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (a_{ij})^2}}. \quad (5)$$

Nagrinėtuose išorės sienų trijų sluoksnių mūro konstrukciniuose sprendimuose panaudotos populiariausios šiuo metu Lietuvoje medžiagos. Termoizoliacinės medžiagos – PAROC šilumos izoliacija [23], ISOVER šilumos izoliacija [24], ROCKWOOL šilumos izoliacija [25] bei putų polistirenas [26]. Laikančioji sienos dalis įrengiama iš silikatinių, molio bei klinkerinių plytų, kurios skirtingos struktūros (pilnavidurės, skylėtosios), paviršiaus (lygios, skaldytos, tašytos) ir įvairių matmenų (modulinės, nemonulinės). Kitoje, skirtingo konstrukcinio sprendimo grupėje – plonasluoksnio tinko fasadų šiltinimo technologijos, šiuo metu populiariausios Lietuvoje. Parinkti po du TEX-COLOR [27] ir WDV S ISOTHERM [28] fasadų šiltinimo sistemos variantus.

3. Tyrimų rezultatai

Apibendrinti alternatyvų vertinimo rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

Paskui buvo susumuoti alternatyvų balai, gauti variantus įvertinus įvairiais metodais.

2 lentelė. Pradinė sprendimų priėmimo matrica ir vektoriškai normalizuota matrica (kai q neįvertinti)

Table 2. An initial decision-making matrix and through vectors normalized matrix (when q are not included in an estimation)

Eil. Nr.	Pradinė sprendimų priėmimo matrica							Vektoriškai normalizuota matrica (q neįvertinti)						
	$x_1(-)$	$x_2(-)$	$x_3(-)$	$x_4(-)$	$x_5(-)$	$x_6(+)$	$x_7(+)$	$x_1(-)$	$x_2(-)$	$x_3(-)$	$x_4(-)$	$x_5(-)$	$x_6(+)$	$x_7(+)$
1	93,910	651,800	0,220	4,600	0,300	100,000	0,700	0,153	0,165	0,131	0,143	0,143	0,191	0,126
2	92,860	649,900	0,230	4,600	0,300	100,000	0,700	0,151	0,164	0,137	0,143	0,143	0,191	0,126
3	94,710	649,500	0,250	4,600	0,300	100,000	0,700	0,154	0,164	0,149	0,143	0,143	0,191	0,126
4	83,890	638,100	0,220	4,600	0,300	100,000	0,700	0,136	0,161	0,131	0,143	0,143	0,191	0,126
5	85,880	636,200	0,230	4,600	0,300	100,000	0,700	0,140	0,161	0,137	0,143	0,143	0,191	0,126
6	84,730	635,800	0,250	4,600	0,300	100,000	0,700	0,138	0,161	0,149	0,143	0,143	0,191	0,126
7	82,680	598,800	0,220	4,600	0,300	75,000	0,750	0,134	0,151	0,131	0,143	0,143	0,143	0,135
8	78,230	596,900	0,240	4,600	0,300	75,000	0,750	0,127	0,151	0,143	0,143	0,143	0,143	0,135
9	83,840	596,500	0,250	4,600	0,300	75,000	0,750	0,136	0,151	0,149	0,143	0,143	0,143	0,135
10	73,130	592,500	0,220	4,600	0,300	75,000	0,750	0,119	0,150	0,131	0,143	0,143	0,143	0,135
11	72,080	590,600	0,240	4,600	0,300	75,000	0,750	0,117	0,149	0,143	0,143	0,143	0,143	0,135
12	73,930	590,200	0,250	4,600	0,300	75,000	0,750	0,120	0,149	0,149	0,143	0,143	0,143	0,135
13	90,060	598,800	0,220	4,600	0,300	100,000	0,800	0,146	0,151	0,131	0,143	0,143	0,191	0,144
14	89,010	596,900	0,230	4,600	0,300	100,000	0,800	0,145	0,151	0,137	0,143	0,143	0,191	0,144

Eil. Nr.	Pradinė sprendimų priėmimo matrica							Vektoriškai normalizuota matrica (q neįvertinti)						
	$x_1(-)$	$x_2(-)$	$x_3(-)$	$x_4(-)$	$x_5(-)$	$x_6(+)$	$x_7(+)$	$x_1(-)$	$x_2(-)$	$x_3(-)$	$x_4(-)$	$x_5(-)$	$x_6(+)$	$x_7(+)$
15	90,860	596,500	0,250	4,600	0,300	100,000	0,800	0,148	0,151	0,149	0,143	0,143	0,191	0,144
16	100,130	625,300	0,220	4,600	0,300	75,000	0,850	0,163	0,158	0,131	0,143	0,143	0,143	0,153
17	99,080	623,400	0,230	4,600	0,300	75,000	0,850	0,161	0,158	0,137	0,143	0,143	0,143	0,153
18	100,930	623,000	0,250	4,600	0,300	75,000	0,850	0,164	0,157	0,149	0,143	0,143	0,143	0,153
19	95,620	598,800	0,220	4,600	0,300	100,000	0,850	0,156	0,151	0,131	0,143	0,143	0,191	0,153
20	94,570	596,900	0,230	4,600	0,300	100,000	0,850	0,154	0,151	0,137	0,143	0,143	0,191	0,153
21	96,420	596,500	0,250	4,600	0,300	100,000	0,850	0,157	0,151	0,149	0,143	0,143	0,191	0,153
22	83,960	588,200	0,220	4,600	0,300	100,000	0,800	0,137	0,149	0,131	0,143	0,143	0,191	0,144
23	82,910	586,300	0,230	4,600	0,300	100,000	0,800	0,135	0,148	0,137	0,143	0,143	0,191	0,144
24	84,760	585,900	0,250	4,600	0,300	100,000	0,800	0,138	0,148	0,149	0,143	0,143	0,191	0,144
25	79,510	588,700	0,220	4,600	0,300	75,000	0,800	0,129	0,149	0,131	0,143	0,143	0,143	0,144
26	78,460	586,800	0,230	4,600	0,300	75,000	0,800	0,128	0,148	0,137	0,143	0,143	0,143	0,144
27	80,320	586,400	0,250	4,600	0,300	75,000	0,800	0,131	0,148	0,149	0,143	0,143	0,143	0,144
28	88,470	583,000	0,220	4,600	0,300	75,000	0,850	0,144	0,147	0,131	0,143	0,143	0,143	0,153
29	87,420	581,100	0,230	4,600	0,300	75,000	0,850	0,142	0,147	0,137	0,143	0,143	0,143	0,153
30	89,270	580,700	0,220	4,600	0,300	75,000	0,850	0,145	0,147	0,131	0,143	0,143	0,143	0,153
31	95,620	604,100	0,210	4,600	0,300	100,000	0,850	0,156	0,153	0,125	0,143	0,143	0,191	0,153
32	94,570	602,200	0,220	4,600	0,300	100,000	0,850	0,154	0,152	0,131	0,143	0,143	0,191	0,153
33	96,420	601,800	0,240	4,600	0,300	100,000	0,820	0,157	0,152	0,143	0,143	0,143	0,191	0,147
34	95,030	477,800	0,270	4,600	0,300	25,000	0,820	0,155	0,121	0,161	0,143	0,143	0,048	0,147
35	98,100	479,000	0,260	4,600	0,300	25,000	0,820	0,160	0,121	0,155	0,143	0,143	0,048	0,147
36	93,230	470,000	0,240	4,600	0,300	25,000	0,820	0,152	0,119	0,143	0,143	0,143	0,048	0,147
37	77,430	454,800	0,250	4,600	0,300	25,000	0,820	0,126	0,115	0,149	0,143	0,143	0,048	0,147
38	85,340	477,900	0,270	4,600	0,300	25,000	0,780	0,139	0,121	0,161	0,143	0,143	0,048	0,140
39	88,410	479,100	0,260	4,600	0,300	25,000	0,780	0,144	0,121	0,155	0,143	0,143	0,048	0,140
40	83,540	470,100	0,240	4,600	0,300	25,000	0,780	0,136	0,119	0,143	0,143	0,143	0,048	0,140
41	67,760	464,700	0,250	4,600	0,300	25,000	0,780	0,110	0,117	0,149	0,143	0,143	0,048	0,140
42	88,320	477,400	0,270	4,600	0,300	25,000	0,780	0,144	0,121	0,161	0,143	0,143	0,048	0,140
43	91,390	478,600	0,260	4,600	0,300	25,000	0,780	0,149	0,121	0,155	0,143	0,143	0,048	0,140
44	86,520	469,600	0,240	4,600	0,300	25,000	0,780	0,141	0,119	0,143	0,143	0,143	0,048	0,140
45	70,740	464,200	0,250	4,600	0,300	25,000	0,780	0,115	0,117	0,149	0,143	0,143	0,048	0,140
46	94,420	476,900	0,270	4,600	0,300	25,000	0,820	0,154	0,121	0,161	0,143	0,143	0,048	0,147
47	97,510	478,100	0,260	4,600	0,300	25,000	0,820	0,159	0,121	0,155	0,143	0,143	0,048	0,147
48	92,640	469,100	0,240	4,600	0,300	25,000	0,820	0,151	0,119	0,143	0,143	0,143	0,048	0,147
49	76,860	463,700	0,250	4,600	0,300	25,000	0,820	0,125	0,117	0,149	0,143	0,143	0,048	0,147

Pastaba: „-“ rodiklio optimumas yra minimumas, „+“ rodiklio optimumas yra maksimumas

Reikia išskirti tris atvejus:

a) kai alternatyvos alternatyvas apibūdinančių efektyvumo rodiklių reikšmingumai vertinami;

b) kai alternatyvos alternatyvas apibūdinančių efektyvumo rodiklių reikšmingumai nevertinami;

c) kai alternatyvų vertintojas abejoja, ar vertinti, ar nevertinti reikšmingumą, galima būtų susumuoti a ir b atvejų balus.

Pagal apibendrintą vertinamų alternatyvų prioritetų vertinimą balais (4 lentelė) sudarytos lyginamų alternatyvų efektyvumo prioritetų eilutės (5 lentelė). Grafiniai alternatyvų vertinimo duomenys pateikti 4 pav.

Iš 5 lentelės matyti, kad įvertinus rodiklių reikšmingu-

mus, dešimt efektyviausių alternatyvų yra 33, 19, 21, 31, 32, 20, 13, 15 ir 14, o nevertinant reikšmingumą – 31, 21, 18, 17, 20, 15, 14, 19, 16 ir 29. Jungiant abu atvejus, dešimt efektyviausių alternatyvų yra 33, 21, 20, 19, 32, 18, 15, 17, 14, 31 (6 lentelė). Apibendrinę šiuos rezultatus, galime pastebėti, kad tarp 10 geriausių patenka 19, 21, 31, 20, 15 ir 14. Autorių nuomone, efektyviausią alternatyvą pasirinkti reikėtų įvertinant rodiklių reikšmingumus.

Pagal daugiakriterinio vertinimo rezultatus galima pateikti efektyvius daugiabučių gyvenamųjų namų išorės sienų konstrukcijų sprendinius. Dešimties efektyviausių išorės sienų charakteristikos pateiktos 6 lentelėje.

3 lentelė. Vektoriškai normalizuota matrica (kai q įvertinti) ir sprendiniai pagal artumo idealiajam taškui principą (kai q įvertinti ir neįvertinti), Wald taisyklę (q neįvertinti) ir sprendimas pagal Bayes taisyklę (q įvertinti)

Table 3. Decision making matrix normalized through vectors (when q are included) and decision according to a principle distance to an ideal point (when q are not included and included), according to Wald's (q are not included) and decision according Bayes rule (q are included)

Eil. Nr.	Vektoriškai normalizuota matrica							Sprendimo principas					
	$x_1(-)$	$x_2(-)$	$x_3(-)$	$x_4(-)$	$x_5(-)$	$x_6(+)$	$x_7(+)$	Artumo idealiajam taškui		Wald taisyklė		Bayes taisyklė	
	q įvertinti							q įv.	q neįv.	q neįv.		q įv.	
q	0,45	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	K_i	K_i	Var.	Rezult.	Var.	Rezult.
1	0,069	0,013	0,013	0,013	0,013	0,017	0,013	0,724	0,767	15	0,140	21	0,156
2	0,068	0,013	0,014	0,013	0,013	0,017	0,013	0,719	0,746	18	0,140	18	0,155
3	0,069	0,013	0,015	0,013	0,013	0,017	0,013	0,709	0,771	21	0,140	33	0,155
4	0,061	0,013	0,013	0,013	0,013	0,017	0,013	0,710	0,571	33	0,140	19	0,153
5	0,063	0,013	0,014	0,013	0,013	0,017	0,013	0,713	0,609	24	0,140	20	0,153
6	0,062	0,013	0,015	0,013	0,013	0,017	0,013	0,696	0,581	17	0,140	3	0,153
7	0,061	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,599	0,497	14	0,140	31	0,153
8	0,057	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,572	0,400	29	0,140	16	0,153
9	0,061	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,583	0,515	20	0,140	32	0,153
10	0,054	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,570	0,322	9	0,130	17	0,153
11	0,053	0,012	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,555	0,302	23	0,130	15	0,151
12	0,054	0,012	0,015	0,013	0,013	0,013	0,013	0,554	0,324	22	0,130	1	0,151
13	0,066	0,012	0,013	0,013	0,013	0,017	0,014	0,784	0,712	13	0,130	2	0,151
14	0,065	0,012	0,014	0,013	0,013	0,017	0,014	0,776	0,687	19	0,130	13	0,149
15	0,066	0,012	0,015	0,013	0,013	0,017	0,014	0,762	0,720	28	0,130	14	0,148
16	0,073	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,015	0,643	0,821	16	0,130	24	0,146
17	0,073	0,013	0,014	0,013	0,013	0,013	0,015	0,637	0,811	30	0,130	6	0,146
18	0,074	0,013	0,015	0,013	0,013	0,013	0,015	0,625	0,813	32	0,130	5	0,145
19	0,070	0,012	0,013	0,013	0,013	0,017	0,015	0,805	0,833	7	0,130	30	0,144
20	0,069	0,012	0,014	0,013	0,013	0,017	0,015	0,798	0,809	27	0,130	22	0,144
21	0,071	0,012	0,015	0,013	0,013	0,017	0,015	0,779	0,833	25	0,130	23	0,144
22	0,061	0,012	0,013	0,013	0,013	0,017	0,014	0,770	0,584	26	0,130	28	0,143
23	0,061	0,012	0,014	0,013	0,013	0,017	0,014	0,761	0,561	8	0,130	29	0,143
24	0,062	0,012	0,015	0,013	0,013	0,017	0,014	0,750	0,593	6	0,130	4	0,143
25	0,058	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,014	0,603	0,435	1	0,130	35	0,141
26	0,057	0,012	0,014	0,013	0,013	0,013	0,014	0,594	0,411	2	0,130	47	0,141
27	0,059	0,012	0,015	0,013	0,013	0,013	0,014	0,585	0,443	3	0,130	9	0,140
28	0,065	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,015	0,642	0,632	4	0,130	34	0,140
29	0,064	0,012	0,014	0,013	0,013	0,013	0,015	0,634	0,607	5	0,130	46	0,139
30	0,065	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013	0,015	0,646	0,650	31	0,120	27	0,139
31	0,070	0,012	0,012	0,013	0,013	0,017	0,015	0,802	0,833	12	0,120	7	0,138
32	0,069	0,012	0,013	0,013	0,013	0,017	0,015	0,799	0,811	10	0,120	36	0,136
33	0,071	0,012	0,014	0,013	0,013	0,017	0,015	0,784	0,837	11	0,120	25	0,136
34	0,070	0,010	0,016	0,013	0,013	0,004	0,015	0,309	0,892	34	0,050	26	0,136
35	0,072	0,010	0,015	0,013	0,013	0,004	0,015	0,322	0,628	35	0,050	48	0,136
36	0,068	0,010	0,014	0,013	0,013	0,004	0,015	0,319	0,575	36	0,050	8	0,136
37	0,057	0,009	0,015	0,013	0,013	0,004	0,015	0,278	0,282	37	0,050	43	0,136
38	0,062	0,010	0,016	0,013	0,013	0,004	0,014	0,266	0,432	38	0,050	42	0,134
39	0,065	0,010	0,015	0,013	0,013	0,004	0,014	0,278	0,491	39	0,050	39	0,134
40	0,061	0,010	0,014	0,013	0,013	0,004	0,014	0,280	0,403	40	0,050	12	0,133
41	0,050	0,009	0,015	0,013	0,013	0,004	0,014	0,247	0,133	41	0,050	38	0,132
42	0,065	0,010	0,016	0,013	0,013	0,004	0,014	0,276	0,488	42	0,050	11	0,131
43	0,067	0,010	0,015	0,013	0,013	0,004	0,014	0,290	0,541	43	0,050	44	0,131
44	0,063	0,009	0,014	0,013	0,013	0,004	0,014	0,290	0,462	44	0,050	10	0,131
45	0,052	0,009	0,015	0,013	0,013	0,004	0,014	0,250	0,156	45	0,050	40	0,129
46	0,069	0,010	0,016	0,013	0,013	0,004	0,015	0,307	0,584	46	0,050	37	0,125
47	0,071	0,010	0,015	0,013	0,013	0,004	0,015	0,320	0,622	47	0,050	49	0,125
48	0,068	0,009	0,014	0,013	0,013	0,004	0,015	0,317	0,567	48	0,050	45	0,120
49	0,056	0,009	0,015	0,013	0,013	0,004	0,015	0,270	0,268	49	0,050	41	0,117

4. Išvados ir pasiūlymai

Daugiakriterinio vertinimo principų taikymas pasiteisino analizuojant išorės sienų konstrukcijų sprendinius.

Nagrinėjant palyginimo rezultatus matyti, kad tarp de-

4 lentelė. Apibendrintas vertinamų alternatyvų prioriteto įvertinimas balais

Table 4. The generalized estimation of estimated alternatives priority in points

Var. Nr.	Topsis		Wald	Bayes	Suma		
	q iv	q neiv	q neiv.	q iv.	q iv.	q neiv.	q iv + q neiv
1	37	38	30,5	38	75	68,5	143,5
2	36	37	30,5	38	74	67,5	141,5
3	33	39	30,5	43	76	69,5	145,5
4	34	22	30,5	27	61	52,5	113,5
5	35	29	30,5	32	67	59,5	126,5
6	32	24	30,5	32,5	64,5	54,5	119
7	24	17	30,5	19	43	47,5	90,5
8	20	8	30,5	15,5	35,5	38,5	74
9	21	18	30,5	22,5	43,5	48,5	92
10	19	6	18,5	7	26	24,5	50,5
11	18	5	18,5	7	25	23,5	48,5
12	17	7	18,5	10	27	25,5	52,5
13	44,5	35	30,5	36	80,5	65,5	146
14	42	34	45	35	77	79	156
15	40	36	45	38	78	81	159
16	30	44	30,5	43	73	74,5	147,5
17	28	41,5	45	43	71	86,5	157,5
18	26	43	45	47,5	73,5	88	161,5
19	49	46	30,5	43	92	76,5	168,5
20	46	40	45	43	89	85	174
21	43	46	45	49	92	91	183
22	41	25,5	30,5	30	71	56	127
23	39	20	30,5	30	69	50,5	119,5
24	38	27	45	32,5	70,5	72	142,5
25	25	12	30,5	15,5	40,5	42,5	83
26	23	10	30,5	15,5	38,5	40,5	79
27	22	13	30,5	20,5	42,5	43,5	86
28	29	32	30,5	27	56	62,5	118,5
29	27	28	45	27	54	73	127
30	31	33	30,5	30	61	63,5	124,5
31	48	46	18,5	43	91	64,5	155,5
32	47	41,5	30,5	43	90	72	162
33	45,5	48	45	47,5	93	93	186
34	12	49	8	22,5	34,5	57	91,5
35	16	31	8	24,5	40,5	39	79,5
36	14	23	8	15,5	29,5	31	60,5
37	6	4	8	3,5	9,5	12	21,5
38	3	11	8	9	12	19	31
39	7	16	8	11,5	18,5	24	42,5
40	8	9	8	5	13	17	30
41	1	1	8	1	2	9	11
42	5	15	8	11,5	16,5	23	39,5
43	9,5	19	8	15,5	25	27	52
44	9,5	14	8	7	16,5	22	38,5
45	2	2	8	2	4	10	14
46	11	25,5	8	20,5	31,5	33,5	65
47	15	30	8	24,5	39,5	38	77,5
48	13	21	8	15,5	28,5	29	57,5
49	4	3	8	3,5	7,5	11	18,5

šimties efektyviausių variantų nėra sienų variantų su plosluoksnio tinko apdaila. Tai reiškia, kad pagal šią vertinimo metodiką trijų sluoksnių mūro siena yra efektyvesnė.

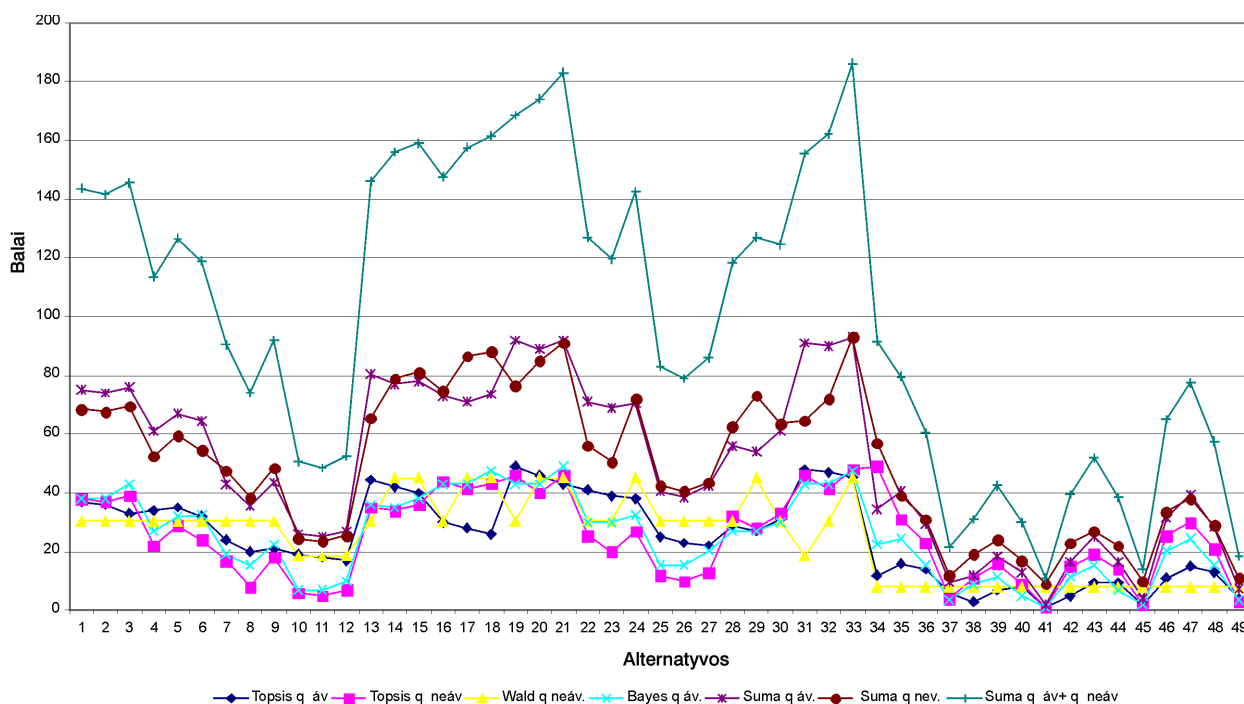
Iš nagrinėtų variantų efektyviausia išorės sienos konstrukcija – sienos apdaila – keraminės skylėtosios reljefinės 250*120*65 plytos, o šilumos izoliacija – ISOVER mineralinės vata.

Šiame straipsnyje analizuojama efektyvaus išorės sienos konstrukcijos varianto parinkimo metodika galėtų būti taikoma kitų pastato aitvarų efektyviems konstrukciniams variantams parinkti.

5 lentelė. Lyginamų alternatyvų efektyvumo prioritetai

Table 5. Priorities of estimated alternatives efficiency

SPRENDIMO METODAS		ALTERNATYVŲ PRIORITETAS
q vertinami	Topsis	19 > 31 > 32 > 20 > [33=13] > 21 > 14 > 22 > 15 > 23 > 24 > 1 > 2 > 5 > 4 > 3 > 6 > 30 > 16 > 28 > 17 > 29 > 18 > 25 > 7 > 26 > 27 > 9 > 8 > 10 > 11 > 12 > 35 > 47 > 36 > 48 > 34 > 46 > [43=44] > 40 > 39 > 37 > 42 > 49 > 38 > 45 > 41
	Bayes	21 > [18=33] > [3=16=17=19=20=31=32] > [1=2=15] > 13 > 14 > [6=24] > 5 > [22=23=30] > [4=28=29] > [35=47] > [9=34] > [27=46] > 7 > [8=25=26=36=43=48] > [39=42] > 12 > 38 > [10=11=44] > 40 > [37=49] > 45 > 41
	Suma	33 > [19=21] > 31 > 32 > 20 > 13 > 15 > 14 > 3 > 1 > 2 > 18 > 16 > [17=22] > 24 > 23 > 5 > 6 > [4=30] > 28 > 29 > 9 > 7 > 27 > [25=35] > 47 > 26 > 8 > 34 > 46 > 36 > 48 > 12 > 10 > [11=43] > 39 > [42=44] > 40 > 38 > 37 > 49 > 45 > 41
q nevertinami	Topsis	34 > 33 > [19=21=31] > 16 > 18 > [17=32] > 20 > 3 > 1 > 2 > 15 > 13 > 14 > 30 > 28 > 35 > 47 > 5 > 29 > 24 > [22=46] > 6 > 36 > 4 > 48 > 23 > 43 > 9 > 7 > 39 > 42 > 44 > 27 > 25 > 38 > 26 > 40 > 8 > 12 > 10 > 11 > 37 > 49 > 45 > 41
	Wald	[14=15=17=18=20=21=24=29=33] > [1=2=3=4=5=6=7=8=9=13=16=19=22=23=25=26=27=28=30=32] > [10=11=12=31] > [34=35=36=37=38=39=40=41=42=43=44=45=46=47=48=49]
	Suma	33 > 21 > 18 > 17 > 20 > 15 > 14 > 19 > 16 > 29 > [24=32] > 3 > 1 > 2 > 13 > 31 > 30 > 28 > 5 > 34 > 22 > 6 > 4 > 23 > 9 > 7 > 27 > 25 > 26 > 35 > 8 > 47 > 46 > 36 > 48 > 43 > 12 > 10 > 39 > 11 > 42 > 44 > 38 > 40 > 37 > 49 > 45 > 41
	Suma q _{iv} +q _{neiv}	33 > 21 > 20 > 19 > 32 > 18 > 15 > 17 > 14 > 31 > 16 > 13 > 3 > 1 > 24 > 2 > [22=29] > 5 > 30 > 23 > 6 > 28 > 4 > 9 > 34 > 7 > 27 > 25 > 35 > 26 > 47 > 8 > 46 > 36 > 48 > 12 > 43 > 10 > 11 > 39 > 42 > 44 > 38 > 40 > 37 > 49 > 45 > 41



4 pav. Apibendrinti grafiniai alternatyvų vertinimo duomenys

Fig 4. Graphic view of the generalized estimation data of alternatives

6 lentelė. Dešimt efektyviausių išorės sienų variantų

Table 6. Ten most effective variants of external walls

Varianto Nr.	Išorės sienos apdailos medžiaga		Šilumos izoliacija	Prioritetas		
				Reikšmingumai įvertinti	Reikšmingumai neįvertinti	Apibendrintas įvertinimas
13	Keraminės pilnavidurės plytos	Lygios 250*90*65	PAROC	7		
14			ROCKWOOL	9	7	9
15			ISOVER	8	6	7
16		Tašytos 250*95*65	PAROC		9	
17			ROCKWOOL		4	8
18			ISOVER		3	6
19		Reljefinės 250*90*65	PAROC	2	8	4
20	ROCKWOOL		6	5	3	
21	ISOVER		3	2	2	
29	Keraminės skylėtosios plytos	Tašytos 250*95*65	ROCKWOOL		10	
31		Reljefinės 250*120*65	PAROC	4	1	10
32			ROCKWOOL	5		5
33			ISOVER	1		1

Literatūra

1. Train, K. Discrete Methods with Simulation. Cambridge University Press Publisher, 2002. 286 p.
2. Parkan, C.; Wu, M. L. On the equivalence of operational performance measurement and multiple attribute decision making. *International Journal of Production Research*, Vol 35, No 11, 1997, p. 2963–2988.
3. McCulloch, R.; Rossi, P. Bayesian analysis of the multinomial probit model, *Simulation-Based Inference in Econometrics*. New York: Cambridge University Press, 2000, p. 1–55.
4. Valee, D.; Zielniewicz, P. ELECTRE III and IV 3.x. Aspects methodologiques. Paris: LAMSADE, 1994, Document No 85, p. 156.
5. Matarazzo, B. A Pairwise Criterion Comparison Approach:

The MAPPAC and PRAGMA methods. *Multiple Criteria Decision Aid*, Bana e Costa C. (ed.). Berlin: Springer-Verlag, 1990, p. 253–273.

6. Matarazzo, B. Multicriterion analysis of preferences by means of pairwise actions and criterion comparisons (MAPPAC). *Applied Mathematics and Computation*, Vol 18, No 2, 1986, p. 119–141.
7. Matarazzo, B. A more effective implementation of the MAPPAC and PRAGMA methods. *Foundations of Control Engineering*, No 13, 1988, p. 155-173.
8. Giarlotta, A. Multicriteria Compensability Analysis Ranking Totally the Alternatives based on the Employment of a Non-symmetric Information Axiom (CARTESIA). *Annali dell'Facoltà di Economia e Commercio*, No 37, 1991, p. 1–33.
9. Brans, J. P.; Mareschal, B.; Vincke, Ph. PROMETHEE –

- A new family outranking methods in multicriteria analysis. In: Operations Research, North-Holland, 1984, p. 477–490.
10. Brans, J. P.; Vincke, Ph.; Mareschal, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, Vol 24, 1986, p. 228–238.
 11. Zavadskas, E. K. Systems and estimation of technological solutions building in construction (Системотехническая оценка технологических решений строительного производства). Leningrad: Strojizdat, 1991. 258 p. (in Russian).
 12. Zavadskas, E.; Kaklauskas, A.; Bejder, E. Multiple criteria analysis of projects. Aalborg: Aalborg universitetscenter, 1992. 93 p.
 13. Peldschus, F.; Zavadskas, E. K. Matrix games of building technology and management (Matriciniai lošimai statybos technologijoje ir vadyboje). Vilnius: Technika, 1997. 134 p. (in Lithuanian).
 14. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z. Multicriteria Decision Making System for Building Refurbishment. *Statyba* (Journal of Civil Engineering and Management), No 4(12). Vilnius: Technika, 1997, p. 62–68.
 15. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Ambrasas, G. Housing refurbishment decision support system. In: International conference “Information Technologies for Education, Science and Business” ITESB’99, 24-25 June 1999, Belarusian State Polytechnical Academy, Minsk, 1999.
 16. Kvederytė, N.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. Multiple criteria multivariant design of a building life cycle. *Statyba* (Journal of Civil Engineering and Management), Vol VI, No 2. Vilnius: Technika, 2000, p. 128–142 (in Lithuanian).
 17. Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Turskis, Z.; Peldschus, F.; Messing, D. LEVI 3.0–Multiple criteria evaluation program for construction solutions. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol VIII, No 3. Vilnius: Technika, 2002, p. 184–191.
 18. Peldschus, F. Zur Anwendung der Theorie der Spiele für Aufgaben der Bautechnologie. Dissertation B. TH Leipzig, 1986. 119 p.
 19. Peldschus, F. Sensibilitätsuntersuchungen zu Methoden der merhkriteriellen Entscheidungen. *Statyba* (Journal of Civil Engineering and Management), Vol VII, No 4. Vilnius: Technika, 2001, p. 276–281.
 20. Jüttler, H. Untersuchungen zur Fragen der Operationsforschung und ihrer Anwendungsmöglichkeiten auf ökonomische Problemstellungen unter besonderer Berücksichtigung der Spieltheorie. Dissertation A an der 280. Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt, Universität Berlin, 1966. 126 p.
 21. Wald, A. Statistical decisions functions which minimize the maximum risk. In: *Annals of Mathematics*, 1945, p. 265.
 22. Arrow, K. J. Bayes and Minimax Solutions of Sequential Decision Problemes. In: *Econometrica*, 1949, p. 213–243.
 23. “PAROC GROUP Oy A” web-page. url: <http://www.paroc.lt>.
 24. Joint-stock company “Saint–Gobain Isover Lietuva” web-page. url: <http://www.isover.lt>.
 25. Joint-stock company “Rockwool” web-page. url: <http://www.rockwool.lt>.
 26. Joint-stock company „Kauno šilas“ web-page. url: <http://www.kaunosilas.lt>.
 27. TEX–COLOR System of thermal isolation of external walls, the catalogue of materials (TEX-COLOR Išorės sienų šiltinimo sistema: medžiagų katalogas). 2001. 28 p. (in Lithuanian).
 28. ISPO Systems of thermal isolation of facades, technology of works (ISPO fasadų šiltinimo sistemos: darbų technologija). 2001. 14 p. (in Lithuanian).
 29. Zavadskas E. K. Complex evaluation and solution of resource–saving decisions in civil engineering (Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве). Vilnius: Mokslas, 1987. 212 p. (in Russian).

Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS. Professor, Doctor Habil, Principal Vice Rector of Vilnius Gediminas Technical University. Member of Lithuania Academy of Sciences, President of Lithuanian Operational Research Societies, President of Alliance of Experts of projects and buildings of Lithuania.

In 1973 Dr degree in building structures. Professor at the Department of Construction Technology and Management. In 1987, Dr Habil degree (problems of building technology and management). Research visits to Moscow Civil Engineering Institute, Leipzig and Aachen Higher Technical Schools. He maintains close academic links with the universities of Aalborg (Denmark), Salford and Glamorgan (UK), Poznan University of Technology (Poland), Leipzig Higher School of Technology, Economics and Culture (Germany). Member of international organizations. Member of steering and programme committees of many international conferences. Member of editorial boards of some research journals. Author of monographs in Lithuanian, English, German and Russian. Research interests: building technology and management, decision–making theory, automation in design, expert systems.

Leonas USTINOVIČIUS. Professor, Doctor Habil, Chairman of laboratory of Construction Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University.

Publications: more than 120 scientific papers. Research interests: building technology and management, decision–making theory, automation in design, expert systems.

Zenonas TURSKIS. Doctor of technical sciences, senior research fellow of Construction Technology and Management laboratory of Vilnius Gediminas Technical University.

Research interests: building technology and management, decision-making theory, computer–aided automation in design, expert systems. He is the author of 20 scientific articles.

Gintautas AMBRASAS. Doctor, Associated Professor. Dept Construction Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University.

Research interests: building technology and management, property management, decision-making theory, building refurbishment. He is the author of about 15 scientific articles.

Vladislavas KUTUT. Doctor, Associated Professor. Dept Construction Technology and Management. Vilnius Gediminas Technical University.