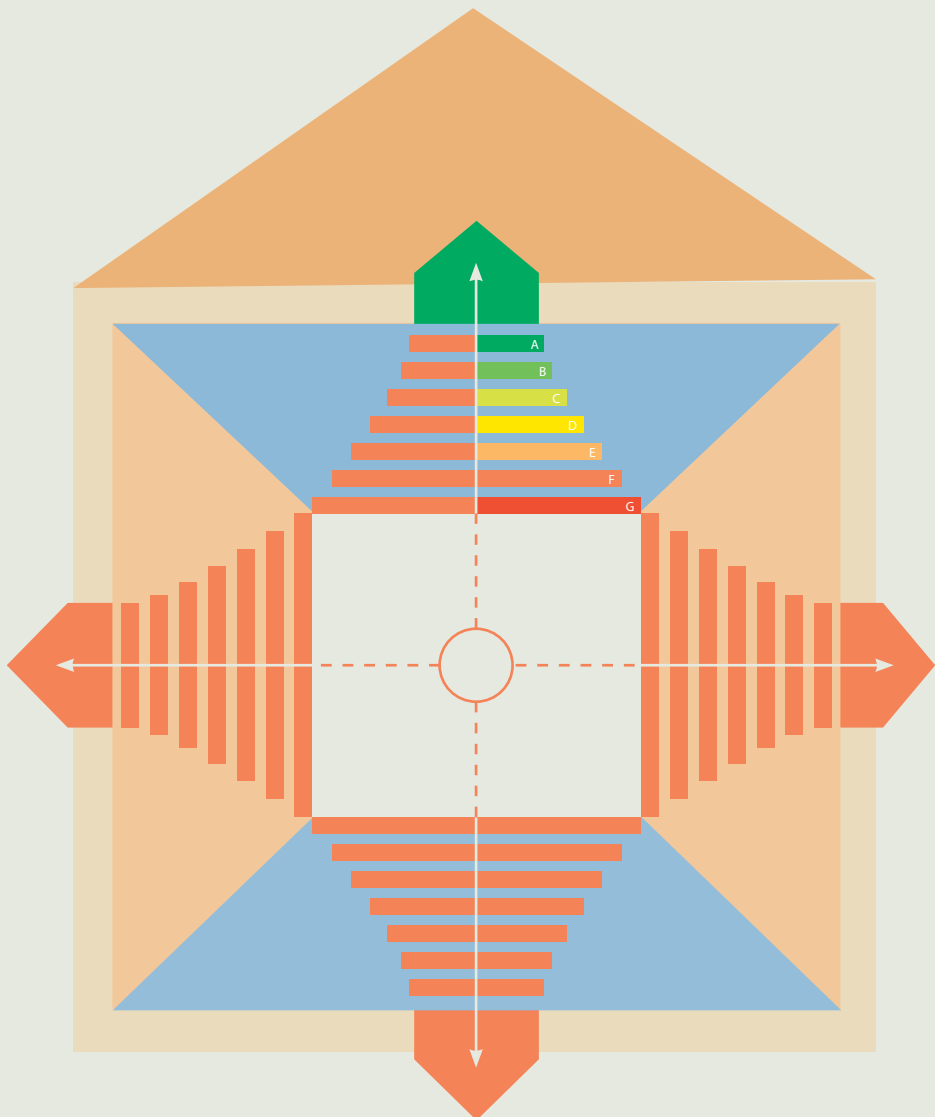




Vytautas Martinaitis, Artur Rogoža, Giedrius Šiupšinskas

Energijos vartojimo pastatuose auditas



Vytautas Martinaitis, Artur Rogoža, Giedrius Šiupšinskas

Energijos vartojimo pastatuose auditas

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Vytautas Martinaitis, Artur Rogoža, Giedrius Šiupšinskas

Energijos vartojimo pastatuose auditas

VADOVĖLIS

Vilnius, „Technika“ 2012

UDK 657.6:697.1(075.8)
Ma509

V. Martinaitis, A. Rogoža, G. Šiupšinskas. Energijos vartojimo pastatuose auditas: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2012. 124 p.

Vadovėlyje supažindinama su energijos vartojimo auditų atlikimo pastatuose modeliais šalyje ir užsienyje, apžvelgti kai kurie energijos vartojimo audito modeliai, atskleistos jų ypatybės, pateikti šių modelių taikymo Lietuvoje siūlymai. Remiantis apžvelgtais modeliais suformuoti du rekomenduojami modeliai (apžvalginis ir išsamusis), atskleistas jų turinys ir ypatybės. Pateikti energijos vartojimo audito vykdymo metodikos teoriniai pagrindai. Pristatomi pastatų ir jų inžinerinių sistemų energinėms charakteristikoms matuoti naudojami prietaisai.

Vadovėlis skirtas antrosios studijų pakopos *energijos inžinerijos, šilumos inžinerijos* nuolatinių ir iššestinių studijų studentams, studijuojantiems *energijos poreikių vadybos, pastato energinio efektyvumo* dalykus. Jis naudingas tų pačių programų studentams, pasirinkusiems studijuoti *namų ūkio valdymo* modulį. Vadovėlis gali būti naudingas studijuojantiems pagal antrosios studijų pakopos *nekilnojamojo turto vertinimo ir valdymo* programą.

Leidinių rekomendavo VGTU Aplinkos inžinerijos fakulteto studijų komitetas

Recenzavo: doc. dr. Natalija Lepkova, VGTU Statybos ekonomikos ir nekilnojamo turto vadybos katedra
doc. dr. Rimidijus Pikutis, UAB „Statybos konsultacijų ir projektų biuras“

Leidinytas parengtas ir išleistas už Europos socialinio fondo lėšas vykdant projektą „Transporto ir civilinės inžinerijos sektorių mokslo, verslo ir studijų integralumo didinimas (TRANCIV)“, VP1-2.2-ŠMM-09-V-01-008

VGTU leidyklos TECHNICA 1299-S mokomosios
metodinės literatūros knyga
<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-457-180-0
doi:10.3846/1299-S

© Vytautas Martinaitis, 2012
© Artur Rogoža, 2012
© Giedrius Šiupšinskas, 2012
© Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2012

TURINYS

Pratarmė	6
Santrumpos ir terminai	8
1. Pastatų energijos vartojimo auditų įvairovė	9
2. Pastatų energijos vartojimo auditų taikymo praktika.	13
3. Pastatų energijos vartojimo auditų pagrindinių modelių taikymas ir įteisinimas . . .	19
3.1. Pagrindiniai energijos vartojimo audito modeliai	19
3.2. Taikytini energijos vartojimo audito modeliai	23
3.3. Energijos vartojimo audito modelių įteisinimas Lietuvoje	24
4. Energijos poreikių vadybos pagrindai	26
5. Energijos vartojimo audito atlikimo pastatuose rekomenduojami modeliai	30
5.1. Energijos vartojimo audito modelių metodiniai elementai.	30
6. Energijos vartojimo audito techninės analizės metodiniai pagrindai	40
6.1. Pastato energijos balansas	42
6.2. Faktinių energijos sąnaudų normalizavimas	47
6.3. Pastato energijos sąnaudų funkcijos	48
6.4. Energijos santaupų nustatymas	54
7. Energijos vartojimo audito ekonominės analizės metodiniai pagrindai	64
7.1. Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo rodikliai	64
7.2. Pastato elementų fizinės būklės skaitinis įvertinimas	70
7.3. Energijos taupymo priemonės ir jų paketai	73
8. Pastatų faktinių sąlygų fiziniai matavimai.	78
8.1. Matuojami dydžiai	79
8.2. Pastato vidaus charakteristikų matavimas	80
8.3. Temperatūros matavimas.	80
8.4. Slėgio matavimas	85
8.5. Skysčio srauto ir dujų kiekio matavimas	87
8.6. Santykinės drėgmės matavimas	93
8.7. Oro judėjimo greičio nustatymas	94
8.8. Oro infiltracija pastatuose ir jos nustatymas	95
8.9. Elektros sąnaudų matavimas.	98
8.10. Apšvietimo intensyvumo matavimas	98
8.11. Pastato atitvarų faktinio šilumos perdavimo koeficiento nustatymas.	100
8.12. Degimo produktų analizė	101
8.13. Išorinių klimatologinių charakteristikų nustatymas	102
Priedai	103
Kontroliniai klausimai	119
Rodyklė	121
Literatūra.	122

PRATARMĖ

Darnaus vystymosi ir mokslo požiūriu energetika suvokiama kaip pirminės energijos transformavimo, tiekimo ir vartojimo sistemų veikimas ir plėtra apsirūpinant energija visuomenei prieinamomis ir priimtinais ilgalaikėmis ekonominėmis, socialinėmis ir aplinkosaugos sąlygomis. Akivaizdu, kad būtent vartojimo poreikiai suformuoja užduotis šioms sistemoms. Mažinti energijos ir medžiagų vartojimą, didinti šio vartojimo efektyvumą ekonomiškai patikimu būdu galima energijos vadybos įgyvendinamais vartotojo organizaciniais, techniniais ir elgsenos veiksmais. Šie veiksmai formuojami visų pirma vadinamojo energijos vartojimo audito pagrindu. Energijos vartojimo arba tiesiog energinis auditas – tai pagal paskirtį veikiančio objekto energijos vartojimo sistemą, nepriklausoma, racionali ir dokumentuota analizė, leidžianti parinkti ekonomiškai ir technologiškai priimtinas priemones išlaidoms už energiją mažinti. Deramai išplėtus analizės ribas toks auditas taikytinas ir kitiems ištekliams.

Atlikto energijos vartojimo audito kokybę liudija kiekvienos įdiegtos taupymo priemonės numatyto ir gauto sutaupyto kiekio atitiktis. Parenkant šias priemones visų pirma būtina patikimai įvertinti jų energijos taupymo galimybes. Netinkamai nustačius taupomos šilumos, energijos kiekį apskritai, įdiegus pasirinktas priemonės gali paaiškėti, kad jos nedavė rezultatų, kurių tikėtasi investuojant lėšas, dažniausiai skolintas. Tai kenkia visų pirma vartotojo interesams, taip pat energijos vartojimo efektyvumo didinimo programų ir energijos audito vykdytojų prestižui, darnaus vystymosi politikos siekiams. Pastatų atnaujinimo rinka ateinančiais dešimtmečiais laikytina pagrindine nekilnojamojo turto plėtros rinka. Šiuo metu, kai vis daugiau projektų skiriama senesniems pastatams ir sistemoms atnaujinti, yra gera proga įdiegti sprendinius, užtikrinančius panašų arba geresnį komfortą naudojant mažiau energijos. Šioje veikloje energinio efektyvumo skaičiavimai turi būti kruopštūs, profesionaliai atlikti ir sąžiningi, kad vartotojai, kiti energijos efektyvumo didinimo proceso dalyviai ilgam laikui liktų patenkinti pastatų atnaujinimu ir kitomis įdiegtomis priemonėmis.

Kita vertus, reikėtų būti ir atsargiems. Energijos, išteklių taupymas yra svarbus pastatui ir jo naudotojams, bet tai nėra pagrindinė pastato funkcinė paskirtis. Nėra geras tas pastatas, kuriame mažėja nuomininkų, nes naudojant šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemas jame netausojama energija. Atrodantis pagirtinai sandarus pastatas dėl nemokšiško vėdinimo ar dėl nevėdinimo taupant šilumą gali sudaryti naudotojui ilgalaikes nepalankias sveikatai sąlygas. Kadangi žmonės yra gana išvermingi, tai bepradedančios drėkti ar pelyti pastato sienos apie tai jiems praneša anksčiau.

Energijos vartojimo auditų kokybei ir jų vykdytojų žinioms ir kompetencijai keliami reikalavimai formuojami remiantis pastato šiluminės fizikos, energetinių inžinerinių sistemų teoriniais ir energijos vartojimo auditų rengimo praktiniais pagrindais. Ne veltui vykdytojams keliami reikalavimai dėl bazinio išsilavinimo ir praktinės veiklos patirties. Energinio audito atlikimo procedūros nuolat tobulėja. Iki 2008 m. Lietuvoje nebuvo teisės aktų, reglamentuojančių pastatų energijos vartojimo auditų atlikimą. Tačiau energijos vartojimo efektyvumo didinimo projektai buvo įgyvendinami, o sprendimai dėl jų finansavimo ir įgyvendinimo priimami remiantis energijos vartojimo auditais. Šiame vadovėlyje pateikiami susisteminti Europos Sąjungos mastu vyraujantys modeliai. Jų skaičius sumažintas, siekiant vykdyti skirtingo sudėtingumo (išsamumo) energijos vartojimo auditus ir atskleisti jų turinį. Panaudoti autorių atlikti ir tarptautiniu mastu publikuoti tiriamieji darbai, patirtis, įgyta energijos vartojimo auditų vykdymo ir vertinimo srityje. Visa pristatoma matavimo įranga naudojama VGTU Pastatų energetikos katedros, Pastato energetikos ir mikroklimato sistemų laboratorijos tyrimų ir mokymo veikloje.

Autoriai dėkoja recenzentams doc. dr. Natalijai Lepkovai (VGTU) ir doc. dr. Remidijui Pikučiui (UAB „Statybos konsultacijų ir projektų biuras“).

SANTRUMPOS IR TERMINAI

- EVA – energijos vartojimo auditas;
- LEKA – Lietuvos energijos konsultantų asociacija;
- PDP – patvirtinta darbinė patirtis;
- SIS – statinio inžinerinės sistemos;
- GDV – grynoji dabartinė vertė;
- VGN – vidinė gražos norma;
- SEK – sutaupytos energijos kaina;
- Monitoringas – energijos ir energijos išteklių efektyvaus naudojimo stebėseną;
- „Motiva“ – konsultacinė energetikos įmonė Suomijoje.

1

PASTATŲ ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITŲ ĮVAIROVĖ

Sąvokas „energijos vartojimo efektyvumo didinimas“ ir „energijos taupymas“ galima vartoti kaip sinonimus, nors tarp jų gali būti esminis skirtumas, nepasireiškiantis sutaupytos energijos kiekiu. Sistemos „energijos vartojimo efektyvumo didinimas“ reiškia mažinti energijos vartojimą, nemažinant tos sistemos veikimo kokybinių rodiklių, o „energijos taupymas“ gali būti taip pat įgyvendintas mažinant sistemos veikimo rezultatų kokybę (pvz., šilumos taupymas pastate atsisakant komforto sąlygų). Atsižvelgiant į šių dviejų sąvokų apibūdinimą, tik energijos vartojimo efektyvumo didinimas yra teisiniu ir praktiniu (pirmiausia – energijos vartotojui) požiūriu priimtinas energijos taupymo būdas. Siekiant nustatyti pastate energijos taupymo potencialą ir priemones, naudojama veiksmų visuma, kuri vadinama pastato energijos vartojimo auditu.

Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2006/32/EB (2006 m. balandžio 5 d. Europos Parlamento... 2006) energijos vartojimo auditas apibūdinamas kaip „sisteminė procedūra, kurios metu gaunama patikimos informacijos apie pastato ar pastatų grupės, pramoninių procesų ir (arba) įrenginių, paslaugų privačiame arba viešajame sektoriuose energijos naudojimo charakteristikas ir kuria nustatomos ir apskaičiuojamos ekonomiškai efektyvios energijos taupymo galimybės bei pranešami rezultatai“. Šioje direktyvoje nurodoma, kad ES šalys turi užtikrinti, jog visiems galutiniams vartotojams būtų prieinamos efektyvios, aukštos kokybės energijos vartojimo audito schemas (modeliai), sukurtos taip, kad identifikuotų potencialias energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones ir būtų įgyvendinamos atskirai. Direktyvoje teigiama, kad sertifikavimas yra lygiavertis energijos vartojimo auditui, o auditai vykdomi pagal schemas, grindžiamas savanoriškais susitarimais tarp suinteresuotų subjektų organizacijų.

Europos Sąjungos šalių patirties energijos vartojimo auditų srityje sklaida apima tris tikslus (*Energy auditing...* 2006). Pirmasis tikslas – pradėti pastatų energijos vartojimo auditų ekspertizių programą; antrasis tikslas – pradėti pasiruošimą vidiniam ES projektui, kuris padėtų šalims narėms įdiegti nuosavus energijos var-

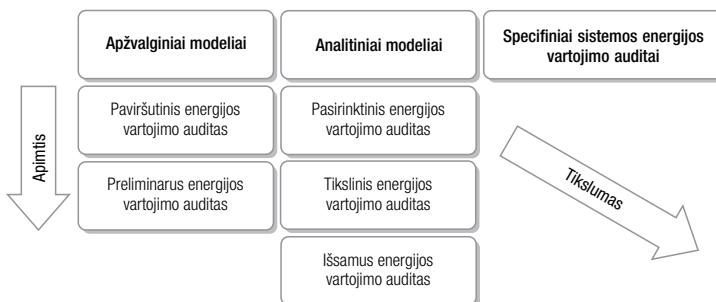
tojų modelių (schemas), reikalaujamus Direktyvoje (*Europos Parlamento... 2006*); trečiasis tikslas – imtis bendradarbiavimo tarp ES šalių narių energijos vartojimo auditų modelių ir metodų tobulinimo srityje.

Energijos vartojimo auditų programų veiklos sritys aiškiai pristatomos ES šalyse, Norvegijoje, Centrinės ir Vidurio Europos šalyse. Nors programų skaičius nenusako darbų apimčių, tačiau vienaip ar kitaip galima teigti, kad tam tikro lygio energijos vartojimo auditai atliekami visose šalyse. ES šalyse ir Norvegijoje (septyniose šalyse) naudojama 13 energijos vartojimo audito programų. Penkiolikoje šalių naudojamos 29 programos, kuriose pateikiami energijos vartojimo audito skaičiavimai. Centrinės ir Vidurio Europos šalyse yra 3 energijos vartojimo audito programos ir 11 kitų programų (SENET studija... 2006).

Energijos vartojimo audito programą sudaro 12 pagrindinių elementų: tikslai, teisinė sistema, paramos sistema, administravimas, auditų modeliai, pagrindiniai vartotojai, monitoringas, mokymai, leidimų išdavimas, kokybės kontrolė, auditorių darbo priemonės, reklama ir rinkodara. Kiekvienam iš šių elementų visų pirma reikia parengti juodraštinį nuostatų planą, vėliau rengiamas detalus įgyvendinimo planas.

Praktika rodo, kad ne visada suvokiama būtinybė skirtingiems tiksliniams sektoriams taikyti skirtingus energijos vartojimo audito modelius. Popieriaus fabrikas ir individualus gyvenamasis namas negali būti tiriami pagal tą patį standartinį modelį, o jeigu jis taikomas abiem atvejais, tokiose gairėse aprašytas modelis yra toks bendras, kad nėra jokio realaus pagrindo vadinti jį energijos vartojimo audito modeliu. Teoriškai energijos vartojimo audito modelis yra arba apžvalginis, arba analitinis (1.1 pav.). Pasirinkimas priklauso nuo tikslų nustatančių principų.

Apžvalginis modelis taikomas tuomet, kai suformuluotas tikslas nustatyti, kuriuose etapuose yra galimybių taupyti energiją. Analitinis modelis taikomas, kai suformuluotas tikslas pasiūlyti ir įvardyti konkrečias taupymo priemones. Labai svarbu suprasti skirtumą tarp modelių, siejamų su nustatytais tikslais.



1.1 pav. Energijos vartojimo auditų modeliai (*Duomenų apie tvarką... 2001*)

Kitoks energijos vartojimo audito modelių skirstymas pateikiamas Australijos ir Naujosios Zelandijos energijos vartojimo auditavimo standarte (AS/NZS... 2000). Jame energijos vartojimo auditai skirstomi į tris lygius:

1 lygis. Išlaidų energijai tyrimas ir palyginimas su panašių objektų kontrolinėmis reikšmėmis (dažniausiai pagal pastatų plotą). Šio tipo auditas nėra brangus, tačiau jis leidžia spręsti, ar pastato energijos sąnaudos nėra pernelyg didelės – jis nenustato taupymo galimybių. Šiuo atveju objekto aplankyti nebūtina, tačiau auditoriaus išvyka į objektą gali būti labai naudinga.

2 lygis. Jis paprastai įvardijamas energijos vartojimo auditu ir apima 1-ojo lygio auditą, be to, išsamią objekto apžiūrą, energijos srautų balanso sudarymą ir taupymo galimybių sąrašo parengimą. Visa tai grindžiama stebėjimais, momentiniais matavimais ir vietinių gyventojų (personalo) apklausa. Išlaidos ir sutaupytos sąnaudos skaičiuojamos remiantis žinomomis prielaidomis. Šis auditų lygis yra pakankamas daugeliui pastatų, nebent reikia detaliau pateisinti investicijas.

3 lygis. Tai detalesnis ir išsamesnis modelis už 2 lygio energijos auditą. Taupymo galybės tiriamos daug detaliau ir grindžiamos matavimais, atliktais per ilgą laikotarpį, todėl rezultatai yra patikimesni. Išlaidos ir taupymai paprastai nustatomi nuo 1–10 % ir dedama daugiau pastangų nustatant ilgalaikius finansinius kiekvieno pasiūlymo aspektus. 3 lygio auditai gali būti atliekami ir specifinių sistemų, ir viso pastato. Paprastai toks auditas atliekamas investiciniais tikslais, pvz., kai finansininkas reikalauja kredito, taip pat techninio ir investicinio projektų rizikos analizės.

JAV autorių (Thumann, William 2008) siūlomi trijų tipų modeliai taip pat skirstomi pagal sudėtingumą ir išsamumą:

Apžvalginis (angl. *The Walk-Through*) **auditas**

Šis audito modelis, kaip rodo jo pavadinimas, yra kiekvienos energijos vartojimo sistemos apžiūra. Dažniausiai jis taip pat apima energijos vartojimo duomenų įvertinimą, nustatant energijos vartojimo apimtį ir lyginant jas su vidutiniais nagrinėjamo tipo objektų rodikliais. Tai pigiausias auditas, tačiau galintis pasiūlyti preliminaras mažai kainuojančias energijos taupymo priemones, susijusias su sistemų valdymu ir priežiūra. Šio lygio auditas taip pat yra pirmoji pakopa renkant informaciją detalesniam auditui atlikti (jei tokio reikėtų).

Standartinis auditas

Šis auditas pagrįstas įrenginių ir sistemų kiekybiniu energijos sąnaudų ir nuostolių įvertinimu atliekant detalesnę jų analizę, kuri taip pat apima kai kuriuos objekto matavimus ir / ar bandymus, siekiant nustatyti energijos suvartojimą ir efektyvumą įvairiose sistemose. Šiuo atveju atliekami standartiniai inžineriniai

skaičiavimai, skirti energijos ir lėšų taupymui nustatyti įdiegus tam tikras priemones. Standartinis auditas taip pat apima atskirų energijos taupymo priemonių ekonominę įvertinimą.

Kompiuterinis modeliavimas

Šio tipo auditas apima detalesnę energijos sąnaudų išskaidymą ir išsamų energijos vartojimo modelio įvertinimą. Tokiam auditui atlikti reikalinga modeliavimo programinė įranga. Auditorius modeliuoja pastato sistemų metinį energijos vartojimą atsižvelgdamas į kintamas klimatinės ir kitas sąlygas. Modeliavimas atliekamas esamai ir numatomiems situacijoms. Šiuo metodu taip pat įvertinama sistemų tarpusavio sąveika, siekiant išvengti pakartotinio sutaupytos energijos įvertinimo. Toks auditas yra sudėtingiausias ir brangiausias, nes jam atlikti reikia labai išsamios informacijos apie įrangą, energijos vartojimą, sudarant kuo tikslesnį kompiuterinį modelį.

Siekiant apibendrinti esamą energijos vartojimo auditų taikymo praktiką ir atskleisti priimtinausius jų modelius, toliau apžvelgiama kai kurių Europos šalių energijos efektyvumo valdymo sistema ir energijos vartojimo auditavimo proceso problematika.

2

PASTATŲ ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITŲ TAIKYMO PRAKTIKA

Suomijoje taikoma savanoriška Energijos vartojimo efektyvumo sutartis, kurios galiojimo terminas yra 2008–2016 metai. Įvairių ūkio sektorių sutarties dalyviai rengia energijos vartojimo auditus kaip vieną iš sutarties reikalavimų. Parengtų auditų ataskaitų pagrindiniai rezultatai: energijos sąnaudos, jų pasiskirstymas, pasiūlymai energijos vartojimo efektyvumui didinti, investicijos ir jų atsiperkamumas. Energijos vartojimo auditams rengti ir jų analizei gali būti skiriama Vyriausybės parama. Ji taip pat gali būti suteikta auditų metu pasiūlytomis priemonėmis įgyvendinti. Tradicinių (standartinių) energijos vartojimo efektyvumo didinimo technologijoms įdiegti paramą gali gauti tik įmonės ir savivaldybės, kurios yra pasirašiusios Energijos vartojimo efektyvumo sutartį. Ypatingo vyriausybės dėmesio sulaukia naujos technologijos – techniniai ir kiti sprendiniai, kurie iki šiol Suomijoje nebuvo įdiegti komerciniu lygmeniu.

Paslaugų, pramonės ir energetikos sektoriai turi savo energijos vartojimo auditų modelius, kurie, taikomi atskiriems objektams, pasižymi specifine metodika. Pastatų energijos vartojimo auditai skirti pastatams su standartinėmis ar patobulintomis sistemomis. Renovuotų pastatų auditai rengiami siekiant optimizuoti energijos sąnaudas atnaujintuose ar naujuose pastatuose, o testiniai auditai – patikrinti energijos taupymo prognozes jau audituotose sistemose. Pramoniniai energijos vartojimo auditai naudojami energijos vartojimo efektyvumui nustatyti pramoniniuose pastatuose ir gamyklų inžinerinėse sistemose. Siekiant plačiau įvertinti tokie auditai papildomi gamybos procesų energetine analize. Energetikos įmonių energijos gamybos efektyvumui įvertinti taikoma jėgainių energetinė analizė, o centralizuoto šilumos tiekimo energijos auditas apima šilumos gamybos, transformacijos ir paskirstymo grandis. Atsinaujinančiosios energijos auditas savivaldybėje padeda regioniniu mastu nustatyti iškastinio kuro keitimo atsinaujinančiais energijos šaltiniais alternatyvas. Atskiri auditų modeliai taip pat taikomi logistikos sektoriuje.

Nuo 1992 m. energijos vartojimo auditai tapo viena iš pagrindinių energijos taupymo priemonių, naudojamų Suomijoje. Suomijoje yra tik viena energijos vartojimo audito programa, kurią vykdo valstybinė įmonė „Motiva“. Prekybos ir pra-

monės ministerijos energetikos departamentas šiuo atveju yra administratorius, atsakingas už visus formalius sprendimus. Daugelis energetikos auditorių dirba konsultacinėse bendrovėse. Užsakovai būna fiziniai ir juridiniai asmenys iš pramonės, paslaugų ir energetikos sektorių. 2005 m. pabaigoje buvo atlikta 6400 energijos vartojimo auditų ir parengtos jų ataskaitos (*SENET studija... 2006*). Energijos vartojimo auditus Suomijoje atlieka tik kvalifikuoti auditoriai. Valstybinė įmonė „Motiva“ rengia mokymo kursus, kurių egzaminus turi išlaikyti visi būsimieji auditoriai. Iki 2011 metų Suomijoje buvo parengta apie 1500 kvalifikuotų energijos vartojimo auditorių (*Energy audits and analysis... 2011*). „Motiva“ taip pat pildo parengtų ir aprobuotų auditų registrą.

Prancūzijos nacionalinė energijos efektyvumo didinimo programa (PNAEE1) yra praktinis energetikos klausimų, nagrinėjamų Prancūzijos klimato kaitos programoje, perkėlimas (*SENET studija... 2006*).

Prancūzijoje nuo 1999 m. vykdoma išsami energijos vartojimo audito programa, vadinama „Aide à la Décision“ (Sprendimų priėmimo paramos sistema (DMSS)). Ši energijos vartojimo audito programa apima sukurtus valdymo mechanizmus, detalias gaires, monitoringo procedūrą, auditorių įstatus. Programą vykde agentūra (ADEME), kuri teikė subsidijas auditams, taikantiems skirtingą procentinį santykį, atsižvelgdama į audito modelį. Ši energijos vartojimo audito programa apima visus tikslinius ūkio sektorius (pastatų, pramonės), išskyrus individualiuosius gyvenamuosius namus, kuriems savaiminio auditavimo priemonės prieinamos per internetą. Energijos vartojimo audito modeliai taip pat buvo taikomi gatvių apšvietimui, laivų transporto priemonėms. ADEME administruoja ir valdo visą sistemą; regioniniams padaliniais paskirta spręsti klausimus regioniniu lygmeniu, o techniniai klausimai nagrinėjami kiekvienos srities techninių skyrių departamentuose. ADEME yra atsakinga už racionalaus energijos vartojimo, atsinaujinančių energijos išteklių ir aplinkosaugos politikos įgyvendinimą. Šiai veiklai vykdyti yra pasirašyta 4 metų (2009–2012) sutartis su Prancūzijos Vyriausybe.

1996 m. gruodžio mėn. patvirtintas Oro kokybės įstatymas priverstai įpareigojo teikti informaciją ateinantiems nuomotojams apie realizuojamos energijos sąnaudas, esant bet kokiam nekilnojamojo turto sandoriui. Ši priemonė taikoma visiems pastatams – tiek gyvenamiesiems ir negyvenamiesiems, tiek esamiems ir naujai statomiems, kuriuos numatoma išnuomoti arba parduoti. Nors šios nuostatos neįpareigojo atlikti energijos vartojimo audito gyvenamojo sektoriaus pastatams, tačiau auditas yra privalomas negyvenamiesiems pastatams. Nuo 2006–2007 metų pastatų energijos vartojimo auditai tapo privalomi visiems, norintiems parduoti, nuomoti ir statyti pastatus.

Nuo 2008 iki 2011 metų Prancūzijoje buvo parengta apie 5200 pastatų energijos vartojimo auditų. Parama šiai veiklai 2010 metais sudarė 37 mln. eurų (*Energy Efficiency Profile: France 2011*).

Vokietijos Federacinė Respublika susideda iš 16 valstijų, kurioms perduotos Konstitucijos patvirtintos savivaldos teisės. Valstijos įgyvendina federalinę valstybinę politiką arba vykdo savo energetikos politiką. Valstijų energetikos politika apima tokias vykdomas programas: atsinaujinančių energijos išteklių, racionalaus energijos naudojimo, aplinkos, ekonominio skatinimo, mokymų, vartotojų informavimo ir t. t.

Kiekvienas didelis miestas ar regionas gali turėti savas energijos taupymo, vartotojų informavimo ir kitas programas. Tai dažniausiai susiję su savivaldybių teritorijose vykdoma energijos valdymo ir energijos paslaugų teikimo veikla. Paprastai šiuose procesuose numatyti ir energijos vartojimo auditai.

1991 m., įgyvendinant nacionalinės politikos CO₂ išmetalų kiekių mažinimo tikslus, Vokietijos Federacinės Respublikos ūkio ministerija inicijavo energijos taupymo skatinimo programą, pavadintą „Vor-Ort-Beratung“ (*SENET studija... 2006*). Programa vis dar tęsiasi ir pripažįstama kaip efektyviai veikianti ypač senų pastatų renovavimo srityje. 1998 m. buvo priimtas nutarimas tęsti programą.

Pagal šią programą subsidijos teikiamos tokioms kvalifikuotų inžinierių atliekamo audito stadijoms: 1 stadija: esama situacija; 2 stadija: dokumentų rengimas ir pasiūlymai energijos efektyvumui gerinti; 3 stadija: individualūs inžinierių patarimai dokumentų perdavimo metu. Kreditavimo institucijos suteikia paskolas su mažomis palūkanomis auditų rekomenduojamoms investicijoms įdiegti. Šiuo atveju tam tikra minėtų audito stadijų apimtis gali būti tapatinama su tam tikru energijos vartojimo audito modeliu.

Įvairiais savivaldybių energijos vartojimo gerinimo programų lygmenimis taikomas energijos vartojimo auditas. Pirmoji standartizuotų energijos vartojimo auditų stadija (esama padėtis) plačiau naudojama siekiant ištirti pastatų, jų techninių sistemų įprastinio patikrinimo, esamo energijos vartojimo realią padėtį. Auditorių paslaugomis galima pasinaudoti ir per vėlesnes stadijas, siekiant nustatyti naujus gerinimo priemonių pasiūlymus ir ištirti, kaip vykdoma objektų priežiūra praktikoje. Projektavimo užduotims, ekonominiams skaičiavimams ir įgyvendinimo planams atlikti užsakomos tų pačių inžinerinių įmonių paslaugos. Komercinių energijos vartojimo auditų atlikimo ir daug išsamesnes energetikos analizes atlieka keletas specializuotų bendrovių, veikiančių šalies teritorijoje.

Danijoje yra net trys energijos vartojimo auditų programos (*SAVE II... August 2002*):

- ELO schema – didelių pastatų energetinis sertifikavimas;
- EM schema – mažų pastatų energetinis sertifikavimas;
- CO₂ schema, skirta pramonei.

Pastatų energetinis sertifikavimas pagrįstas energijos vartojimo auditais. Mažų pastatų sertifikavimas susijęs su jų pardavimu, o didelių pastatų sertifikavimas vyk-

domas kasmet. Danijoje yra ir kitų programų, susijusių su energijos vartojimo auditais – žalieji sertifikatai prekybai ir pramonei, skystojo kuro katilų metinė patikra.

ELO ir EM schemose taikomi apžvalginiai paviršutiniški energijos vartojimo auditai, atliekant kai kuriuos papildomus kompiuterinius skaičiavimus, kurie užtrunka vieną darbo dieną. Kartais tokiems auditams atlikti prireikia papildomų matavimų. Šie auditai yra labiau taikomi pastatų būklei įvertinti, nei energetinio modernizavimo galimybėms ir naudai nustatyti. CO₂ schemeje, skirtoje pramonei, visuomet taikomi analitiniai metodai, kurių sudėtingumas tiesiogiai priklauso nuo vykstančių gamybos procesų.

2002 m. birželio mėn. **Austrijos** Ministrų Taryba patvirtino nacionalinę klimato strategiją, kurioje buvo suformuluoti pasiūlymai diegti papildomas priemones centralizuoto šilumos tiekimo, transporto, pramonės, atliekų tvarkymo, žemės ūkio ir miškininkystės bei energijos tiekimo sektoriuose, kuriuose galėtų būti taikomi energijos vartojimo auditai, ypač pramonės ir statybos sektoriuose (*SENET studija... 2006*).

Šiuo metu Austrijoje nėra energijos vartojimo audito programų, tačiau vykdomos kitos programos, susijusios su energijos vartojimo auditais. Joms galima priskirti pramonės ir prekybos sričių sprendimus, energijos vartojimo auditus pramonės sektoriuje, federalinių pastatų energijos taupymo programą, ECOPROFIT programą, esamų pastatų energijos vartojimo auditus. 2005 m. patvirtinta ilgalaikė Nacionalinė klimato apsaugos programa („klima:aktiv“) apima daugelį ir ne tik energetikos ūkio sričių.

Austrijoje yra daugybė energijos vartojimo auditų tipų, taikomų esamiems pastatams. Esamų pastatų energijos vartojimo auditų programa iš pradžių buvo labiau orientuota į pagalbos teikimą pastatus renovuoti planuojantiems savininkams negu į tam tikros pastatų grupės energijos vartojimo auditų atlikimą.

Olandijos Vyriausybė nustatė tikslus iki 2020 m. pagerinti energijos efektyvumo lygį 33 % pagal bendrą energijos vartojimo struktūrą, lyginant su 1995 m. padėtimi (*SENET studija... 2006*). Olandijos Vyriausybė jau dabar atliko nemažai veiksmų, padedančių stiprinti energijos taupymo ir aplinkosaugos politiką.

EMA (angl. *Energy and Environmental Advice*) programa buvo atskira Energijos vartojimo audito paramos programa. Ji užbaigta 2000 m. EMA taip pat buvo taikoma kaip energijos vartojimo audito modelis sudarant ilgalaikes sutartis. EMA programos tikslas – skatinti visas verslo įmones ir organizacijas, veikiančias Olandijos teritorijoje, atlikti sisteminių ir visapusišką priemonių, suteikiančių galimybę taupyti energiją ir neteršti aplinkos, analizę. Tiriamosios grupės buvo visos smulkiojo ir vidutinio verslo įmonės, vyriausybines ir nevyriausybines organizacijas. Smulkaus ir vidutinio verslo įmonėms buvo skiriamas ypatingas dėmesys, nes joms dažniausiai trūkdavo patirties ir finansinių išteklių. Visos smulkaus ir vidutinio verslo įmonės

savanorišku būdu galėjo teikti paraiškas ir gauti paramą EMA auditams atlikti. Auditą galėjo atlikti išorinis nepriklausomas konsultantas, o maksimalus paramos dydis siekė 50 % visų patirtų išlaidų sumos.

Olandijoje buvo ir yra vykdomos kitos programos, susijusios su energijos vartojimo auditais (ilgalaikės energijos taupymo sutartys, energijos naudingumo konsultacijos), kurios taip pat nukreiptos į energijos išteklių taupymą. Šioms programoms taip pat buvo taikomas EMA auditų modelis. Viena iš ilgalaikių programų yra „Daugiau su mažiau“ (angl. *more with less*) planas, kurį vykdant 2008 m. buvo pasirašytos savanoriškos sutartys tarp pastatų administravimo, energetikos ir statybos sektorių. Sutarties tikslas – iki 2020 metų sumažinti energijos sąnaudas esamuose Olandijos pastatuose 100 PJ.

Lenkijoje nėra atskirų energijos vartojimo audito programų (*SAVE II... November 2002*), tačiau energijos vartojimo efektyvumo ir aplinkos apsaugos programas remia vyriausybė. Viena iš didžiausių programų, susijusių su energijos vartojimo auditais, yra šiluminio modernizavimo programa, taikoma gyvenamiesiems ir visuomeniniams pastatams. 2008 m. nutarime buvo nustatyta, kad pagal minėtą programą už pastato šiluminę modernizaciją galima atgauti iki 20 % investicijų.

Energijos vartojimo auditų metodologija Lenkijoje reguliuojama teisiškai. Vidaus reikalų ir valdymo ministerija 1999 m. patvirtino atitinkamą įstatymą, kurį sudaro trys priedai, skirti energijos vartojimo auditams pagal tris kategorijas: pastatai, šilumos šaltiniai ir šilumos tinklai. Kiekvienos kategorijos auditų metodologija apima techninius ir ekonominius klausimus, tačiau visus šiuos metodus tenka priskirti analitinei energijos vartojimo auditų metodų grupei.

Latvijoje šiuo metu nėra atskirų energijos vartojimo audito programų (*SAVE II... March 2003*), tačiau vykdomi projektai, susiję su energijos vartojimo auditų taikymu. Latvijoje taip pat nėra patvirtintos metodikos, kuria remiantis būtų vykdomi energijos vartojimo auditai, todėl auditoriai priversti remtis kitų šalių, tokių kaip Danija ir Suomija, patirtimi. Pastatų energijos auditų rengimo procesas prasidėjo tik 2005 m., o nauja valstybės programa, skatinanti daugiabučių namų renovaciją, buvo pasirašyta 2007 m. 2009 m. Latvijos Vyriausybė patvirtino tvarką, pagal kurią sertifikuojami pastatai ir nustatomos auditų ir sertifikatų formos.

Nors **Estijoje** vykdoma nemažai projektų, susijusių su energijos vartojimo efektyvumu ir energijos išteklių tausojimu, tačiau atskiros energijos vartojimo auditų programos iki šiol nėra (*SAVE II... December 2002*). Tobulindami energijos vartojimo auditų metodiką valstybės mastu, Estijos auditoriai bendradarbiauja su Danijos specialistais, todėl energijos vartojimo auditų modeliai artimi Danijoje taikomoms schemoms. Šiuo atveju pastatai grupuojami pagal dydį ir paskirti į keturias grupes: dideli gyvenamieji, dideli visuomeniniai, dideli komerciniai ir maži vienbučiai namai. Pagrindinis tokių auditų uždavinys – sertifikuoti pastatus, todėl juos galima

priskirti prie apžvalginių auditų tipo. Daugiabučių namų, pastatytų iki 1990 m., atnaujinimo skatinimas valstybiniu lygiu prasidėjo 2003 m. Nuo 2008 m. Talino technologijos universitetas pradėjo organizuoti kursus energijos vartojimo auditoriams, o 2009 m. pradėti išdavinėti pastatų energinio efektyvumo sertifikatai (*Energy Efficiency Profile: Estonia 2011*).

Lietuvoje, kaip ir kitose Baltijos šalyse, nėra atskiros nacionalinės energijos vartojimo auditų programos. Pagrindinė nacionalinė programa, susijusi su pastatų energijos vartojimo auditų vykdymu, yra Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 metų programa (*Nacionalinė energijos... 2006*), kurioje, be kitų tikslų, numatyta atnaujinti esamus pastatus ir modernizuoti jų energetikos sistemas, užtikrinant efektyvų esamų pastatų naudojimą, atnaujinimą ir modernizavimą. Siekiant šių uždavinių, 2006–2008 m. numatyta parengti būtiniausių energijos išteklių ir energijos taupymo priemonių diegimo pastatuose, išlaikomuose iš Lietuvos Respublikos valstybės biudžeto ir savivaldybių biudžetų, programas, organizuoti ir atlikti energijos vartojimo auditą visuomeniniuose pastatuose.

Pastato energijos vartojimo auditas Lietuvoje nėra privalomas, tačiau auditas yra būtinas siekiant gauti finansinę paramą pastatų renovacijai. Vienas iš paramos gavimą reglamentuojančių dokumentų yra Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa, kuri atnaujinant senos statybos daugiabučius pastatus leidžia pasinaudoti ES struktūrinių fondų ir valstybės lėšomis.

Nuo 2008 m. Lietuvoje įteisinta pirmoji energijos vartojimo audito atlikimo metodika (*Išsamiojo energijos... 2008*), kurios tikslas – išsamiai įvertinti viešojo naudojimo paskirties pastatų atitvarų ir statinių inžinerinių sistemų būklę, nustatyti veiksnius, lemiančius energijos ir šalto vandens sąnaudas, parinkti tinkamas priemones, kurių įgyvendinimas leistų sumažinti ne tik pastatų energijos ir šalto vandens sąnaudas, bet ir pagerinti komforto sąlygas, padidinti pastatų ar atskirų jų dalių gyvavimo trukmę. Tai pirmasis teisinis dokumentas, reglamentuojantis pastatų energijos vartojimo auditų metodinę bazę Lietuvoje.

Nuo 2010 metų Vilniaus Gedimino technikos universitetas pradėjo rengti asmenų, siekiančių įgyti audito atlikimo pastatuose auditoriaus kvalifikaciją, mokymo kursus. Tais pačiais metais buvo išduoti pirmieji Lietuvoje auditorių atestatai.

Apibendrinant pastatų energijos vartojimo auditų modelių, taikomų ES šalyse, apžvalgą, galima daryti išvadas, kad šioje srityje labiausiai pažengusios yra Suomija ir Danija, kurios turi atskiras energijos vartojimo auditų programas bei gerai išplėtotą ir nuolat tobulinamą auditų atlikimo schemą. Šiuo atveju Danijos auditų schemos priklauso pastatų energetinio sertifikavimo sistemai, o Suomijos energijos vartojimo auditų modelis labiau pagrįstas energijos taupymo galimybių nustatymo metodika. Be to, jis yra vienas iš seniausiai taikomų energijos efektyvumo finansavimo schemų.

3

PASTATŲ ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITŲ PAGRINDINIŲ MODELIŲ TAIKYMAS IR ĮTEISINIMAS

3.1. Pagrindiniai energijos vartojimo audito modeliai

Priimant sprendimus dėl energijos vartojimo audito programų, konkrečių projektų, kuriuose numatomi energijos vartojimo auditai, svarbu žinoti, kokie būdingi energijos vartojimo audito modeliai išryškėjo kelių dešimtmečių praktikoje (*Duomenų apie...* 2001) ir kurį iš jų tinka naudoti konkrečiu atveju.

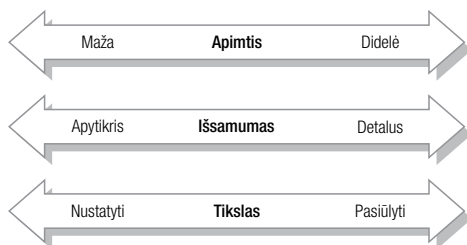
Tokio atsakymo reikia, kad vykdytojas ir užsakovas vienareikšmiškai suprastų energijos vartojimo audito tikslus, atlikimo detalumą, nuoseklumą ir apimtį.

Energijos vartojimo audito apimtis gali būti skirtinga. Mažiausia apimtis paprastai numatoma vienai specifinei sistemai (ar procesui), didžiausia – kai auditas apima visus objekto energijos srautus. Pagal energijos vartojimo tyrimo nuodugnumą auditai gali būti detalūs arba apytikriai. Tai siejama su energijos vartojimo audito modeliu, tikslais, poreikiais, galimybėmis (laikas / pinigai).

Energijos vartojimo audito tikslai gali būti orientuoti tam tikromis kryptimis:

- Nustatyti galimybes taupyti energiją.
- Nustatyti lengvai įgyvendinamas taupymo priemones.
- Detaliai analizuoti atskiras energijos taupymo priemones.
- Pasiūlyti techniškai ir ekonomiškai priimtinius variantus.

Energijos vartojimo audito modelių savybes galima pavaizduoti grafiškai (3.1 pav.).



3.1 pav. EVA modelių savybės

Toliau pateikta medžiaga, parengta remiantis mokslo darbu (*Duomenų apie...* 2001), leidžia sistemaiškai ir struktūriškai suvokti energijos vartojimo audito modelius ir ypatybes. Energijos vartojimo auditas – tai reikalaujantis gana aukštos kvalifikacijos kūrybinis, inovacinis, inžinerinis darbas, todėl šiuo atveju nagrinėti labai detalizuotų struktūrų ir formatų netikslinga. Aukštesnės detalizacijos laipsnis priimtinas konkrečių energijos efektyvumo projektų, specifinių objektų atžvilgiu.

Energijos vartojimo audito modeliai, atsižvelgiant į jų tikslą, skirstomi į dvi klases (1.1 pav.):

1. Apžvalginiai energijos vartojimo audito modeliai:

- neišsamūs energijos vartojimo audita;
- preliminarūs energijos vartojimo audita.

2. Analitiniai energijos vartojimo audito modeliai:

- specifiniai energijos vartojimo audita (horizontalūs);
- pasirinktiniai energijos vartojimo audita;
- tiksliniai energijos vartojimo audita (vertikalūs);
- išsamūs energijos vartojimo audita.

3.1.1. Apžvalginiai energijos vartojimo audito modeliai

Pagrindiniai apžvalginių energijos vartojimo audito modelių tikslai yra šie:

- nustatyti energijos taupymo galimybes;
- pateikti akivaizdžias taupymo priemones, kurių galima pasiekti gerai tvarkančiais (būnant geru šeimininku) ir kurios beveik nieko nekainuoja.

Apžvalginis mažo objekto auditas gali būti atliktas per kelias valandas, o dideliame objekte jis gali būti atliekamas visą savaitę.

3.1.1.1. Neišsamaus energijos vartojimo audito modelis

Taikymo sritis:

- Paslaugų pastatai.
- Pramonės pastatai.
- Pastatai su standartinėmis sistemomis.

Darbo turinys:

- Suteikia informacijos apie objekto energijos suvartojimo apimtį.
- Parodo sutaupytus energijos kiekius.
- Apytiksliai nustato taupymo galimybes.
- Reikalauja nesudėtingų ir glaustų dokumentų.
- Nurodo detalesnio audito atlikimo poreikius.
- Gali būti atlikti nesudėtingi skaičiavimai.
- Gali būti apytikriai nustatytas suvartotos energijos srautų išskaidymas.

Darbo trukmė:

- Nuo kelių valandų iki vienos ar dviejų dienų.

Auditą turėtų atlikti labai patyręs auditorius, jeigu norima pasiekti reikiamą rezultatą.

3.1.1.2. Preliminarus energijos vartojimo auditas

Taikymo sritis:

- Dideli pramoninių procesų objektai.

Darbo turinys:

- Atliekama EVA komandos, sudarytos iš mechaninių ir elektrinių sistemų ekspertų.
- Reikalinga stipri kliento organizacijos parama.
- Pateikiamas detalus bendro energijos vartojimo srautų išskaidymas.
- Nurodomos vietos, kuriose būtina pakartotinai atlikti auditą, ir nusakomos tikslinės jo kryptys.
- Nurodomi sutaupytos energijos kiekiai.
- Ataskaita yra išsami energijos srautų išskaidymo požiūriu, bet glausta pagal rekomendacijas.

Darbo trukmė:

- Dažniausiai – nuo 3 iki 6 savaičių.

Preliminariam energijos vartojimo auditui atlikti reikia, kad dalyvautų objekto techninis personalas.

3.1.2. Analitiniai energijos vartojimo audito modeliai

Analitiniai energijos vartojimo audito modeliai atsižvelgiant į apimtį gali būti skirstomi į du poklasius: horizontalūs ir vertikalūs. Specifinis sistemos energijos vartojimo auditas, kaip horizontalus audito modelis, apima tik vieną sistemą, įrenginį ar procesą ir faktiškai ignoruoja visa kita (3.2 pav.). Trys vertikalūs analitiniai energijos vartojimo audito modeliai paprastai apima visą objektą. Analitinis modelis praktikoje pradedamas nuo apžvalginio tipo veiksmų, jeigu prieš tai nebuvo įgyvendintas apžvalginis modelis.

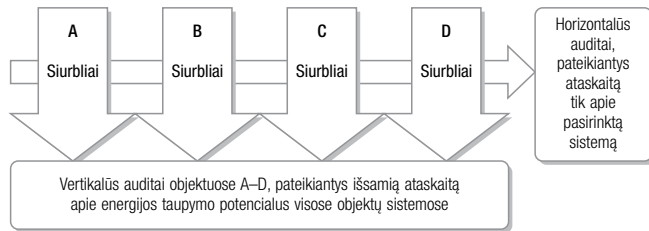
3.1.2.1. Specifinis sistemos energijos vartojimo auditas

Taikymo sritis:

- Nustatyti energijos taupymo potencialą, skirtą vienai specifinei sistemai, įrenginiui, procesui ir kt.

Darbo turinys:

- Atliekama tiriamos sistemos ekspertų.



3.2 pav. Specifinis sistemos energijos vartojimo auditas

- Griežtai koncentruojamasi į pasirinktas sistemas, kitos sistemos ignoruojamos.
- Nekomentuojama bendro energijos vartojimo.
- Pateikiamas detalus sistemos aprašas.
- Rodomos visos pelningos taupymo priemonės (su alternatyvomis).
- Galima pateikti išsamų įrangos būklės įvertinimą.
- Pateikiama detali tų sistemų ir jų energijos efektyvumo ataskaita.

Darbo trukmė:

- Priklauso nuo planavimo.

Auditorius dažniausiai turi specializuotis vienoje iš šių sistemų.

3.1.2.2. Pasirinktinis energijos vartojimo auditas

Taikymo sritis:

- Visi pastatai, visi sektoriai.

Darbo turinys:

- Auditoriui suteikiama laisvė rinktis, kokias technines sistemas ir vietas audituoti (sprendimas priimamas atvykus į objektą).
- Ieškoma, kaip galima sutaupyti didžiausius energijos kiekius, ir nekreipiama dėmesio į mažus kiekius.
- Pažymimos tik akivaizdžiausios taupymo priemonės.
- Kartais ignoruojamos tos taupymo sritys, kurias reikia kruopščiau analizuoti.
- Pateikiama ataskaita, kurioje dažniausiai gana detalai pristatomos energijos taupymo priemonės.

Darbo trukmė:

- Nuo kelių dienų iki 1–2 savaičių.

Pateikiamos tik pagrindinės nuorodos. Auditorius pasirenka sprendimo būdą, atsižvelgia ir į apimtį, ir į tikslumą. Jis turi sprendimų laisvę rinktis audito vietas, todėl rezultatai priklauso nuo auditoriaus patirties ir nuo audito darbų biudžeto.

3.1.2.3. Tikslinis energijos vartojimo auditas

Taikymo sritis:

- Visi standartiniai pastatai.
- Auditoriams specialių reikalavimų nėra.

Darbo turinys:

- Yra detalūs nurodymai.
- Pasirinktinai iš anksto numatoma, kad nebus nagrinėjama kai kurių sričių.
- Energijos vartojimas skaidomas į srautus.
- Pateikiami detalūs santaupų ir investicijų skaičiavimai.
- Parengiama standartinė ataskaita.

Darbo trukmė:

- Iki 10 dienų.

Auditorius šiuo atveju turi detalią audito procedūrų apimtį, todėl modelis ir vadinamas tiksliniu energijos vartojimo auditu.

3.1.2.4. Išsamus energijos vartojimo auditas

Taikymo sritis:

- Vidutinės ir plačios apimties pramonės srityse (įskaitant mechanines ir elektrines sistemas, energinius procesus, tiekimo sistemas ir kt.).

Darbo turinys:

- Apibūdinamos visos nurodytos energijos vartojimo sistemos, neatsižvelgiant į tai, ar randama sutaupyta energijos, ar ne.
- Leidžiama nepaisyti ne tokių svarbių sričių tik nustačius bendrą energijos balansą.
- Parodomi visi pelningi taupymo būdai.
- Atliekami detalūs energijos santaupų ir investicijų skaičiavimai.
- Taikomas diagnostinis kiekvienos energiją naudojančios sistemos įvertinimas.
- Atliekamas detalus vartojimo skaidymas į srautus.
- Aprašomos alternatyvios taupymo priemonės.
- Aprašomas objektas, jo energijos gamyba ir vartojimas, režimai ir balansai.

Darbo trukmė:

- Penkios ir daugiau savaičių.

3.2. Taikytini energijos vartojimo audito modeliai

Aptarti energijos vartojimo audito modeliai ir jų principinė struktūra galėtų būti puikiai taikoma Lietuvoje, rengiant energijos efektyvumo ar energijos vartojimo auditų programas. Pagrindiniai metodiniai elementai – duomenų rinkimo, ataskaitų formato, skaičiavimų metodikų, darbo įrankių (kompiuterinių programų,

specifikacijų ir pan.) apimtys ir struktūra – turėtų būti suderinti su šių energijos vartojimo auditų modelių apimtimi ir struktūra. Rengiant programų veiksmų planą, reikėtų pagal tikslus ir objekto specifiką rekomenduoti atitinkamą energijos vartojimo audito modelį. Konkrečios paskirties objektams šie modeliai gali būti labiau detalizuoti, tokiu būdu mažinant laiko ir finansines sąnaudas. Tokie sprendimai leistų bent apytikriai įvertinti ir prognozuoti auditavimo išlaidas.

3.3. Energijos vartojimo audito modelių įteisinimas Lietuvoje

Lietuvoje yra tik vienas dokumentas, reglamentuojantis energijos vartojimo auditų atlikimą viešojo naudojimo paskirties pastatuose (*Išsamios energijos...* 2008). Dėl šios priežasties sunku numatyti EVA modelių padėtį teisinėje bazėje ir reglamentuoti jų įdiegimą. EVA modelių sąvoka ir nuorodos į šių modelių aprašą turėtų būti pateikti tvarkos apraše, reglamentuojančiame pastatų energijos vartojimo auditų atlikimą.

Energijos vartojimo audito kokybė priklauso nuo bendrų kliento ir energijos auditoriaus pastangų ir kvalifikacijos. Savaime aišku, kad lemiamą yra energijos auditoriaus kvalifikacija. Kvalifikacija – tai žinios ir įgūdžiai, priklausantys nuo išsilavinimo ir patirties. Prie kvalifikacinių rodiklių priskirtinas ir darbo efektyvumas.

Lietuvoje pirmieji žingsniai energijos vartojimo auditorių atrankos link buvo žengti 2009 m. Tuo metu buvo patvirtintas Auditorių rengimo ir atestavimo tvarkos aprašas (*Energijos vartojimo...* 2009), pagal kurį nustatyta energijos vartojimo pastatuose, technologiniuose procesuose ir įrenginiuose audito atlikimo tvarka ir sąlygos ir auditą atliekančių specialistų rengimo bei atestavimo tvarka. Iki šio teisės akto patvirtinimo atskiri projektai ar iniciatyvos rodė tik pradinius žingsnius. Energijos taupymo ir (arba) būsto demonstracinio projekto veikloje nuo 1996 m. buvo suformuotas Lietuvos energijos konsultantų branduolys, kurio pagrindu 2001 m. įkurta Lietuvos energijos konsultantų asociacija LEKA. Deja, formaliai projekte galėjo dalyvauti kiekvienas, išklauses vienos dienos mokymo kursą nesant žinių patikrinimo ir išsilavinimą ir patirtį patvirtinančių reikalavimų. Atliekamų EVA kokybė šiuo metu profesionaliai nekontroliuojama, o specialistų nuomone, daugumos jų kokybė yra nepriimtina. Nepatenkinami yra ir nemaža dalis ES struktūrinių fondų, skirtų paramai (2004–2006 m.) pagal priemonę „Energijos tiekimo stabilumo, prieinamumo ir efektyvumo didinimo užtikrinimas“ pateiktose paraiškose atlikti EVA. Siekdama išsaugoti veiklos profesinį prestižą LEKA inicijavo energijos konsultantų (auditorių) akreditavimo ir atestavimo sistemą, kuri 2002 m. buvo pateikta Ūkio ministerijai ir kiek vėliau Aplinkos ministerijai. Atsižvelgiant į daugumos Europos Sąjungos šalių patirtį Lietuvai buvo pasiūlyta turėti oficialų sąrašą akredituotų energijos konsultantų (auditorių), kuriems būtų leidžiama atlikti atitinkamos kategorijos energijos vartojimo auditus.

Kartais kokybę kontroliuojantys asmenys gali skirti nuobaudas auditoriams – panaikinti jų įgaliojimus dėl prastai atlikto darbo. Pavyzdžiui, Suomijoje visos audito ataskaitos tikrinamos norint atrasti geriausius atvejus ir eliminuoti prastą audito kokybę. Auditorių darbui būdingas grįžtamasis ryšys. Jie gali būti paprašyti pataisyti ataskaitas, jeigu jose nėra įgyvendintos visos nuorodos – jiems neleidžiama pradėti naujų projektų, kol sena ataskaita neištaisyta. Danijoje tikrinama apie 10 % visų ataskaitų, visą šią procedūrą taip pat sudaro ir objektų apžiūros, atliekamos tam tikrų kontrolierių (*Energetinių auditų...* 2002). Apibendrinta Europos Sąjungos patirtis parodė, kad kai auditoriaus darbo kokybė nėra kontroliuojama, jokių rezultatų iš energijos vartojimo audito iniciatyvų negalima tikėtis.

Pagal Lietuvoje galiojančią tvarką (*Energijos vartojimo...* 2009) auditoriai turi atitikti bendruosius ir specialiuosius kvalifikacinius reikalavimus. Bendrieji reikalavimai, keliami auditoriams, yra šie: 1) ne žemesnis kaip aukštasis universitetinis technologijos mokslų studijų srities išsilavinimas (bakaluro arba profesinio bakaluro kvalifikacinis laipsnis) arba jam prilyginamas išsilavinimas; 2) audito atlikimo mokymo kursų baigimo pažymėjimas; 3) auditoriaus atestatas; 4) ne trumpesnė kaip 3 metų asmeninė praktinio darbo patirtis bet kurioje energijos vartojimo efektyvumo veikloje: energijos vartojimo audito atlikimas; energijos vartojimo vadybos vykdymas; pastato energetikos inžinerinių sistemų projektavimas; pastato konstrukcijų projektavimas; pastato energinio naudingumo sertifikavimo eksperto veikla. Auditoriams keliami specialieji reikalavimai: 1) pastatų auditui atlikti reikalingas technologijos mokslų studijų srities statybos inžinerijos ir (arba) energetikos studijų krypties išsilavinimas; 2) technologinių procesų ir įrenginių auditui atlikti būtinas technologijos mokslų studijų srities elektros inžinerijos ir (arba) energetikos ir (arba) pramonės inžinerijos studijų krypties išsilavinimas.

Pagal minėtą tvarką audito atlikimo proceso priežiūrą Lietuvoje atlieka Lietuvos Respublikos energetikos ministro paskirta valstybės institucija. Būtent šios institucijos funkcija yra ir kokybės priežiūra. Auditoriai du kartus per metus teikia paskirtajai institucijai informaciją apie atliktą auditą. Paskirtoji institucija, įvertinusi iš audito užsakovų gautus atsiliepimus apie atlikto audito kokybę ir auditorių pateiktą informaciją apie atliktus auditus, atrenka iš skirtingų auditorių po vieną auditą iš pagal tą pačią audito metodiką atliktų auditų ir patikrina jų kokybę. Kokybė tikrinama įvertinant audito ataskaitoje pateiktos informacijos atitiktį audito atlikimo metodikai, pagal kurią buvo atliekamas auditas, reikalavimams.

4

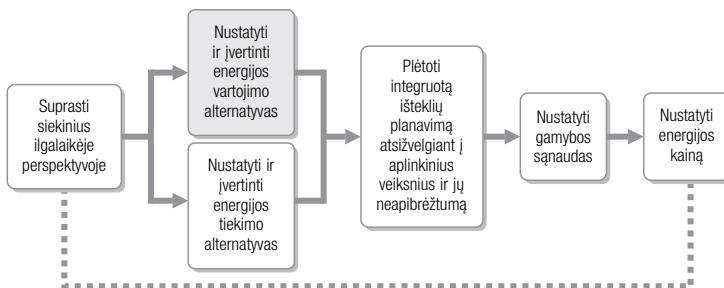
ENERGIJOS POREIKIŲ VADYBOS PAGRINDAI

Terminas „energijos poreikių vadyba“ yra energetinio planavimo procesų pasekmė, kurios pradžia siejama su 1980 metais. Vienas iš dažniausiai naudojamų energijos poreikių vadybos (EPV) apibrėžimų yra toks: „Energijos poreikių vadyba yra energijos vartotojo veiklos poveikio priemonių, skirtų energijos sąnaudoms racionalizuoti, planavimas, įdiegimas ir stebėseną“ (Kreith 2008). Pagal šį apibrėžimą EPV iš dalies dubliuojasi su EVA, tačiau jų bendri elementai visuomet yra būtini, o abiejų metodinių priemonių subalansuotas taikymas yra darnus energijos vartojimo grandinės tvarkymas.

Labai svarbi dalis EPV procese yra energijos vartojimo ir tiekimo alternatyvų įvertinimas. Šis požiūris įvardijamas kaip „integruotas išteklių planavimas“. 4.1 pav. pavaizduota, kaip EPV procesas siejamas su integruoto išteklių planavimo procesu. Norint, kad energijos vartojimo alternatyva būtų perspektyvi, ji turi būti konkurencinga būtent sudarydama derinį su tradicinėmis energijos tiekimo alternatyvomis.

EPV procese išskiriami penki pagrindiniai elementai:

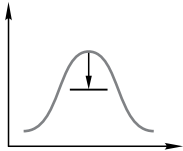
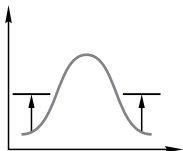
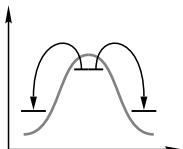
1. Tikslų iškėlimas. Pirmas žingsnis planuojant EPV yra bendrų organizacinių tikslų nustatymas. Šie strateginiai tikslai yra pakankamai platūs ir apima tokius bendrus siekius, kaip energijos poreikių mažinimas, priklausomybės nuo importo mažinimas, atlyginimų didinimas, darbuotojų ir darbdavio santykių gerinimas ir

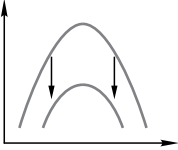
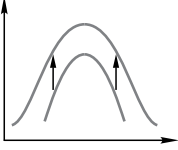
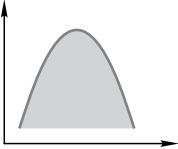


4.1 pav. Energijos poreikių vadybos sąsajos su integruotu išteklių planavimu

pan. Kitas šio proceso etapas yra bendrųjų tikslų naudojimas priimant politinius sprendimus. Tai reiškia, kad šiame etape turi būti išanalizuotos ir įvertintos EPV galimos alternatyvos.

2. Alternatyvų nustatymas. Šis elementas apima tinkamų galutinių vartotojų, kurių maksimalios apkrovos ir energijos sąnaudų charakteristikos atitinka pirmame etape sudarytus energijos poreikių grafikus, nustatymą. Kiekviena energijos vartojimo sistema (pvz.: gyvenamųjų namų šildymo sistema, visuomeninių pastatų apšvietimo sistema) atitinka esamą ir numatomą energijos poreikio modelį. Energijos poreikio modelio pritaikymo sistemai mastas yra pirmasis rodiklis pasirenkant energijos vartojimo sistemas EPV įdiegti. Antrasis rodiklis yra kiekvienai sistemai tinkamos technologijos pasirinkimas. Šis procesas turi užtikrinti technologijos pritaikomumą vartojimo grafikams. Net jei technologija yra tinkama energijos vartojimo sistemai, ji gali neduoti laukiamų rezultatų. Pvz., nors vandens šildytuvo izoliavimas užtikrina energijos taupymą karšto vandens sistemoje, jis neužtikrina ir neleidžia keisti šildytuvo galios. Šiuo atveju alternatyvaus elektrinio vandens šildytuvo tiesioginis galios reguliavimas valdikliu būtų geresnis pasirinkimas. Trečiasis rodiklis apima rinkoje įdiegtų metodų tyrimus.

<p>Pikinių poreikių pašalinimas, arba sistemų maksimalių galių mažinimas, yra viena iš klasikinių apkrovų valdymo formų. Šis būdas įgyvendinamas tiesiogiai reguliuojant galią. Bendruoju atveju tai pasiekama reguliuojant vartotojų sistemų įrenginius. Vartojimo reguliavimas maksimalaus režimo metu skatinamas ekonominėmis priemonėmis – siūlant mažesnes energijos kainas.</p>	
<p>„Slėnių“ užpildymas – tai kita klasikinė galių valdymo forma. Šio metodo metu didinamas energijos vartojimas pastato mažų poreikių intervaluose. Toks variantas gali būti ypač patrauklus, kai šių intervalų ilgalaikė energijos kaina yra mažesnė negu vidutinė. Vienas iš būdų įgyvendinti šį metodą yra susijęs su šilumos akumuliacinių talpyklų naudojimu.</p>	
<p>Apkrovų perskirstymas – taip pat klasikinė galių valdymo forma, ypač tinkanti elektros ir dujų sistemose. Tai apima apkrovų perskirstymą iš maksimalių poreikių intervalų į minimalius. Pagrindinės naudojamos priemonės yra šildymo, karšto vandens sistemų, vėsos akumuliacinės talpyklos.</p>	

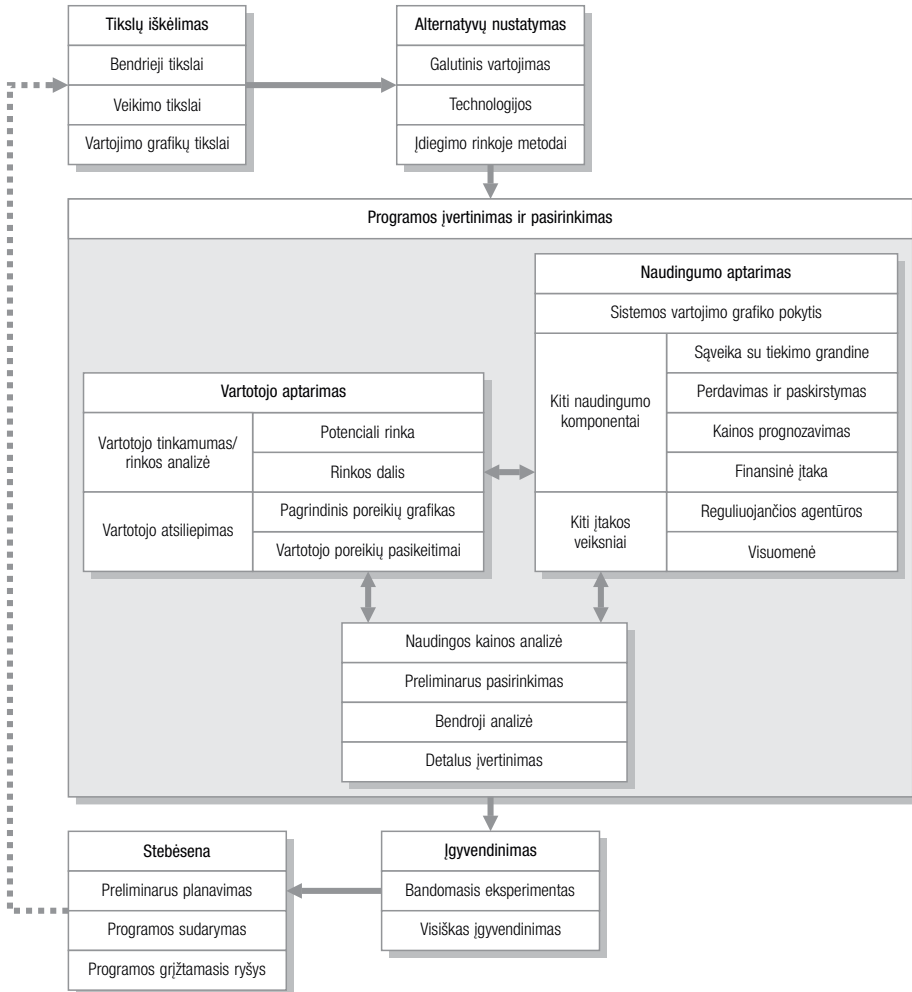
<p>Strateginis taupymas – energijos poreikio grafiko keitimas, nukreiptas į galutinį vartotoją. Tai nestandartinis galios valdymas, mažinant vartojimą ir keičiant jo pobūdį. Kaip pavyzdys gali būti klimatologinis vartojimo reguliavimas ir energijos vartojimo efektyvumo didinimas.</p>	
<p>Strateginis galios didinimas yra energijos poreikio grafiko keitimas, didinant energijos pardavimą. Galios augimas gali būti susijęs su padidėjusia rinkos dalimi, kurios poreikiai tenkinami naudojant konkurencingas kuro rūšis arba esant ekonomikos augimui. Pavyzdžiui, elektros poreikio didėjimas elektromobilių, pramonės ir automatikos sektoriuose gali juose sumažinti iškastinio kuro naudojimą.</p>	
<p>„Lankstus galios modelis“ yra koncepcija, taikoma elektros sistemų patikimumui planuoti. Kai numatytas elektros vartojimo grafikas yra parengtas, tiekėjas analizuoja optimalius tiekimo variantus. Tarp daugybės kriterijų yra ir patikimumas. Vartojimo grafikas gali būti lankstus, jei vartotojas yra susipažinęs su paslaugų skirtingos kokybės galimybėmis. Tai galėtų būti susiję su tiekimo sutrikimais ar galios sumažėjimu tam tikrais intervalais.</p>	

3. Programos (-ų) įvertinimas ir pasirinkimas. Šis žingsnis balansuoja tarp vartotojo interesų, tiekėjo interesų bei kainos ir naudos analizės nustatant priimtinausią vykdyti EPV alternatyvą. Nors vartotojas ir tiekėjas tinkamiausią modelį renkasi nepriklausomai, EPV koncepcija veikia vartotojo / tiekėjo santykius, kurie sukuria abipusiškai naudingus rezultatus.

4. Programos (-ų) įgyvendinimas. Šis etapas, apimantis keturis lygius, skirtas programoms įgyvendinti. Pirmiausia kuriama EPV vykdytojų komanda, kurią turi sudaryti įvairūs atstovai, atsakingi už proceso įdiegimą. Vykdytojai turi parengti aiškius nurodymus projekto darbo grupei, iš jų ir atsakomybės ribas, grupės darbo uždavinius ir laiko grafiką. Jei projekto pradžioje prieinamas tik ribotas informacijos kiekis, programą galima pradėti bandomuoju eksperimentu. Eksperimentas gali būti ribotos apimties, tačiau jei jo rezultatai bus ekonomiškai efektyvūs, vykdytojai gali priimti sprendimą visiškai įgyvendinti projektą.

5. Programos (-ų) stebėseną. Pagrindinis šio etapo tikslas yra nustatyti planuotų rezultatų neatitikimus ir tobulinti esamą ir planuotiną EPV programą. Stebėsenos ir įvertinimo procesai taip pat turi būti kaip pirminis informacijos šaltinis vertinant vartotojo elgseną ir sistemos poveikį, plėtojant išsamesnį EPV planavimą ir jį analizuojant.

Energijos poreikių vadybos planavimo elementų schema pateikta 4.2 pav.



4.2 pav. Energijos poreikių vadybos planavimo elementų schema

5

ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITO ATLIKIMO PASTATUOSE REKOMENDUOJAMI MODELIAI

5.1. Energijos vartojimo audito modelių metodiniai elementai

Energijos vartojimo audito modelių metodinių elementų apimtys ir struktūra turėtų būti suderinta su jau apžvelgtų energijos vartojimo audito modelių apimtimi ir struktūra. Kompleksinis metodinių elementų taikymo tikslas – atsižvelgiant į išmatuotas pastatų energijos sąnaudas ir nustatytas ar pagrįstai patvirtintas jų fizines savybes, pagal įvairių pastato atnaujinimo (energijos taupymo ir fizinės būsenos atstatymo) priemonių derinius nustatyti galimus sutaupytus energijos kiekius ir tam reikalingų investicijų ekonominio priimtimumo rodiklius. 5.1 lentelėje apibūdinti bendrieji energijos vartojimo audito atlikimo pastatuose etapai.

Atsižvelgiant į EVA modelių atliktos apžvalgos rezultatus, rekomenduojami EVA modeliai suskirstyti į dvi grupes: **apžvalginiai** ir **išsamieji** energijos vartojimo auditi. Jų loginė vykdymo schema ir lyginamosios charakteristikos pateiktos 5.1 pav. ir 5.2 lentelėje.

5.1.1. Apžvalginis energijos vartojimo auditas

Atliekant **apžvalginį** EVA, siekiama gauti pagrindinius, bet ne išsamius (detalizuotus) atsakymus dėl galimo energijos vartojimo pastate sumažinimo. Toliau pateiktas apžvalginio EVA atskirų etapų darbų išsamumo aprašas.

5.1.1.1. Duomenų rinkimas

Šiuo atveju **duomenų rinkimo etape** vizito į tiriamąjį objektą poreikis nustatomas atsižvelgiant į esamų dokumentų ir informacijos kiekį. Paprastai fizinių matavimų, siekiant gauti papildomų duomenų, neatliekama. Rekomenduojamos duomenų sisteminimo lentelės pateiktos 1 priede:

- *Pagrindiniai duomenys apie pastatą* kaupiami remiantis esamais brėžiniais ir atsižvelgiant į informaciją, pateiktą pastato inventorizacijos byloje.
- Duomenys apie *pastato atitvaras* renkami iš inventorizacijos bylos, o esant jų trūkumui – pagal 6.5.1 skyriuje nurodytas rekomendacijas.

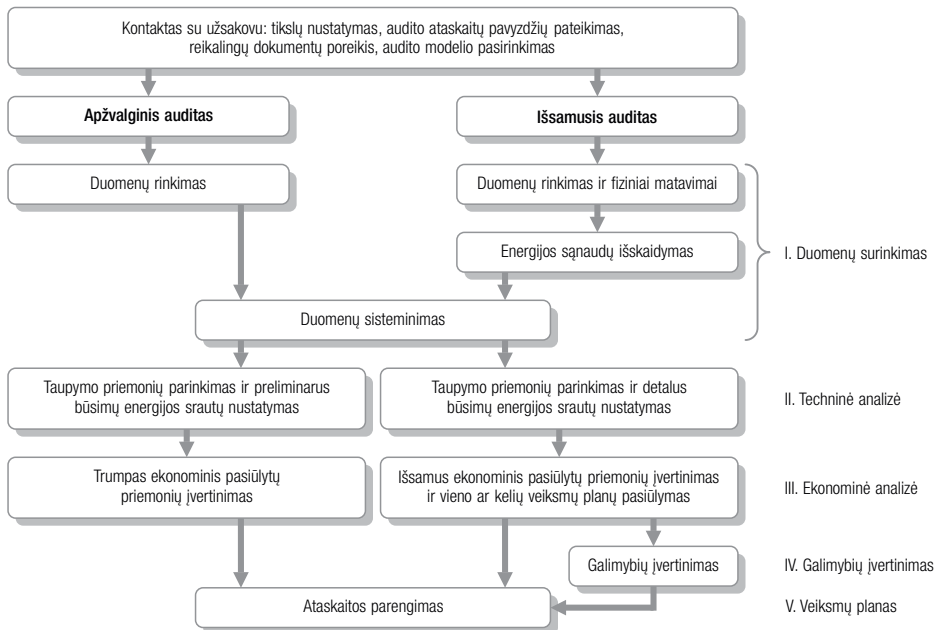
- Informacija apie *pastato inžinerines sistemas* kaupiama remiantis esamais techniniais dokumentais (techninių projektų) ir tikslinama preliminaraus vizito metu.
- Preliminarus vizito metu turi būti nustatyta, ar pastate buvo vykdoma *renovacija*, kokios jos apimtys ir laikas. Atsižvelgiant į šią informaciją tikslinami duomenys apie pastato atitvaras ir inžinerines sistemas.
- Duomenys apie *faktinį šilumos, elektros ir karšto vandens vartojimą* renkami remiantis sukauptais nagrinėjamojo laikotarpio šilumos, elektros ir vandens skaitiklių rodmenimis. Geriausia, jei šis laikotarpis apimtų kalendorinių metų periodą (pateikiant duomenis pamėnesiui) po paskutinės pastato renovacijos arba trumpesnę laiko tarpą, jei renovacija buvo atlikta mažiau nei prieš metus. Nagrinėjant šilumos sąnaudas tik patalpoms šildyti gali būti naudojami tik šildymo sezono vartojimo duomenys. Nesant duomenų apie faktinius suvartotos energijos kiekius, tam tikrais atvejais, kai mokama be išskolinimų, gali būti naudojami įmokų už energiją duomenys, perskaičiuojant juos į energijos kiekius pagal tuo metu galiojusius tarifus.

5.1 lentelė. Energijos vartojimo audito bendrieji etapai

Etapas	Darbai auditoriaus biure	Darbai objekte	Tiriamos įstaigos dalyvavimas
1	2	3	4
I. Duomenų rinkimas	Darbo sutarties, klausimyno duomenų apie objektą ir darbų organizavimo plano parengimas.	Preliminarus vizitas: <ul style="list-style-type: none"> • pirminis susipažinimas; • įmonės tikslų nustatymas; • matavimų planas. Tyrimai objekte: <ul style="list-style-type: none"> • pastato, įrenginio charakteristikos, dokumentai, nuotraukos; • vartojimo ir mokėjimų duomenys; • fiziniai matavimai. 	Duomenų rinkimas, paruošimas, perdavimas, komentavimas, sąlygų tyrimams sudarymas. Objekto naudotojų ir prižiūrėtojų apklausa.
II. Techninė analizė	Esamų energijos srautų išskaidymas – balansavimas, būsenos įvertinimas; techninių taupymo priemonių parinkimas; būsimų energijos srautų nustatymas; naudojimo ir vadybos priemonių parinkimas.	Papildomas vizitas (prireikus).	Diskusijos su objektą naudojančiu ir prižiūrinčiu personalu.

5.1 lentelės pabaiga

1	2	3	4
III. Ekonominė analizė	Plano ir ataskaitos pagrindimas: <ul style="list-style-type: none"> • ekonominis pasiūlytų priemonių įvertinimas; • vieno ar kelių veiksmų planų pasiūlymas; • atitikties įmonės tikslams įvertinimas. 	Pokalbiai su tarnybomis ir direkcija.	Pasiūlymų analizė ir kritika; sprendimas dėl preliminarus veiksmų plano.
IV. Galimybių įvertinimas (prireikus)	Naujų galimybių tyrimas: informacijos analizė, sprendimų optimizavimas; techniniai ekonominiai tyrimai.	Papildomi duomenys, matavimai, pokalbiai.	Specialių techninių, ekonominių, finansinių galimybių pateikimas (fondai, programos ir pan.)
V. Veiksmų planas	Rekomendacijos, galutinis veiksmų planas.	Ataskaitos ir veiksmų plano pristatymas.	Sprendimo priėmimas.



5.1 pav. Energijos vartojimo audito modelių skirtumus atskleidžianti loginė vykdymo schema

5.2 lentelė. Energijos vartojimo audito modelių lyginamosios charakteristikos

Apžvalginis energijos vartojimo auditas: rekomenduojama nenagrinėti (energijos balanse neišskirti) sistemų (procesų), kurioms išlaidos nuo bendrojo energijos vartojimo sudaro <5 %, o jų savitasis prognozuojamas taupymo potencialas – <20 %.	Išsamusis energijos vartojimo auditas: rekomenduojama nenagrinėti (energijos balanse neišskirti) sistemų (procesų), kurioms išlaidos nuo bendrojo energijos vartojimo sudaro <3 %, o jų savitasis prognozuojamas taupymo potencialas – <30 %.
1	2
Objektai, sistemos ir procesai: <ul style="list-style-type: none"> – Visi pastatai. – Statinio inžinerinės sistemos: šildymo ir natūralaus vėdinimo sistemos; mechaninio vėdinimo sistemos; buitinio karšto vandens sistemos; oro kondicionavimo sistemos; dujų sistemos; elektros instaliacija (apšvietimas ir jėgos linijos darbo procesams). – Procesai: šilumos nuostoliai į išorę; šilumos pritekis ir jo naudojimas; patalpų mikroklimato sąlygos. 	
Esama energijos vartojimo vadyba <ul style="list-style-type: none"> – atsakingasis asmuo; – vykdoma energijos vartojimo kontrolė; – iki šiol atlikti (atliekami) energijos vartojimo auditai; – įdiegtos energijos taupymo priemonės; – iki šiol atlikta (atliekama) energijos vartojimo stebėseną (monitoringas). 	
Modelio etapai: <ul style="list-style-type: none"> I. Duomenų surinkimas II. Techninė analizė III. Ekonominė analizė IV. Veiksmų planas Atlikimo trukmė – 1–6 savaitės	Modelio etapai: <ul style="list-style-type: none"> I. Duomenų surinkimas II. Techninė analizė III. Ekonominė analizė IV. Galimybių įvertinimas (prireikus) V. Veiksmų planas Atlikimo trukmė – 1–6 savaitės
Darbų apimtis: I. Duomenų surinkimas <ol style="list-style-type: none"> 1) Darbo sutarties, duomenų apie objektą klausimyno ir darbų organizavimo plano parengimas. 2) Preliminarus vizitas pagal poreikį: <ul style="list-style-type: none"> • pirminis susipažinimas; įmonės veiklos ištyrimas; • tyrimai objekte: pastato, įrenginių charakteristikos, dokumentai, fotonuotraukos; vartojimo ir mokėjimų duomenys. 3) Duomenų surinkimas ir sisteminimas. 	Darbų apimtis: I. Duomenų surinkimas <ol style="list-style-type: none"> 1) Darbo sutarties, duomenų apie objektą klausimyno ir darbų organizavimo plano parengimas. 2) Preliminarus vizitas: <ul style="list-style-type: none"> • pirminis susipažinimas; įmonės veiklos ištyrimas; matavimų planas. • tyrimai objekte: pastato, įrenginių charakteristikos, dokumentai, fotonuotraukos; vartojimo ir mokėjimų duomenys; fiziniai matavimai. 3) Duomenų surinkimas ir sisteminimas.

5.2 lentelės pabaiga

1	2
<p>II. Techninė analizė</p> <p>1) Esamų energijos srautų išskaidymas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • balansavimas; • būsenos įvertinimas; • techninių taupymo priemonių parinkimas; • preliminarus būsimų energijos srautų nustatymas. <p>2) Pasiūlymai atlikti išsamųjį (arba specifinį) energijos auditą (prireikus).</p>	<p>II. Techninė analizė</p> <p>1) Esamų energijos srautų išskaidymas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • balansavimas; • būsenos įvertinimas; • techninių taupymo ir vadybos priemonių parinkimas; • detalus būsimų energijos srautų nustatymas; • naudojimo ir vadybos priemonių parinkimas. <p>2) Papildomas vizitas (prireikus): diskusijos su objektą naudojančiais ir prižiūrinčiais asmenimis.</p>
<p>III. Ekonominė analizė</p> <p>1) Priemonių ir ataskaitos pagrindimas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • trumpas ekonominis pasiūlytų priemonių įvertinimas. 	<p>III. Ekonominė analizė</p> <p>1) Plano ir ataskaitos pagrindimas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • išsamus ekonominis pasiūlytų priemonių įvertinimas; • vieno ar kelių veiksmų planų pasiūlymas; • atitikties įmonės tikslams įvertinimas.
	<p>IV. Galimybių įvertinimas (prireikus)</p> <p>1) Naujų galimybių tyrimas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • informacijos analizė; • sprendimų optimizavimas; • techniniai ekonominiai tyrimai; • papildomi duomenys, matavimai, pokalbiai (prireikus).
<p>IV. Veiksmų planas</p> <p>1) Rekomendacijų, galutinio veiksmų plano ir ataskaitos parengimas.</p>	<p>V. Veiksmų planas</p> <p>1) Rekomendacijų, išsamaus galutinio veiksmų plano parengimas.</p> <p>2) Detalios ataskaitos ir veiksmų plano pristatymas.</p>

5.1.1.2. Techninė analizė

Techninės analizės etape energijos srautus balansuoti (žr. 6 skyrių) būtina, tačiau leistinas minimalus (preliminarus) srautų išskaidymas, kurio duomenimis remiantis būtų galima vertinti tik numatomų techninių taupymo priemonių efektyvumą (pvz., numatant vėdinimo sistemos renovaciją, nebūtina detalčiai išskaidyti šilumos, einančios per atitvaras, srautų).

- Pastato energijos balanso sudarymo metodiniai pagrindai pateikti 6.1 skyriuje. Perskaičiuojant faktines energijos sąnaudas į normines (6.2 skyrius), reika-

lingos faktinės patalpų vidaus temperatūros, kurių nustatymo būdai pateikti 6.5.1 skyrelyje. Apžvalginio audito atveju, nesant patikimų duomenų apie temperatūras (užfiksuotų matuojant), galima taikyti du pirmuosius temperatūros nustatymo būdus. Šilumos suvartojimo pastate duomenis norminėmis sąlygomis rekomenduojama pateikti lentelėje (2 priedas).

- Parenkant *technines energijos taupymo priemones* rekomenduojama remtis potencialių energijos vartojimo mažinimo priemonių pastatuose išplėstiniu sąrašu (3 priedas). Siekiant nustatyti atskirų priemonių naudojimo poreikį, tikslinga vadovautis preliminarus vizito apžiūros, pastato naudotojų apklausos (pageidavimų) ir toliau atliekamos ekonominės analizės rezultatais.
- Būsiami energijos srautai (kiekiai) preliminariai nustatomi įvertinus numatomas taikyti energijos taupymo priemones ir jų derinius (paketus) (6.5.3 skyrius). Šiuo atveju detaliam nustatyti visų pastato energijos srautų (kiekių) nėra būtina.
- Nustačius poreikį (pvz., kai yra didelis faktinių duomenų trūkumas arba didelis energijos balanso nesąryšis $> 10\%$) apžvalginiame audite pateikiami *siūlymai atlikti išsamųjį (arba specifinį) energijos auditą*.

5.1.1.3. Ekonominė analizė

Apžvalginio audito *ekonominė analizė* turėtų atskleisti tik preliminarų ekonominį pasiūlytų priemonių patrauklumą (6.5.2.1 skyrelis), todėl šiuo atveju pakanka nustatyti energijos taupymo priemonių paprastą atsipirkimo laiką (PAL). Atskirų taupymo priemonių efektyvumo rekomenduojamos aprašymo formos pateiktos 2 priede. Be to, šiuo atveju galima apsiriboti tik vieno (suminio) veiksmų plano (priemonių paketo) nagrinėjimu. Jo aprašymo forma taip pat pateikta 2 priede.

5.1.1.4. Veiksmų planas

Veiksmų plano etapo ataskaitoje formuluojamos rekomendacijos gali remtis tik techninės ir ekonominės analizės metu atliktų skaičiavimų rezultatais, nes papildomų tyrimų ir stebėjimų šiuo atveju neatliekama.

5.1.1.5. Ataskaitos turinys

Taikant apžvalginį EVA modelį, į galutinę ataskaitą turi įeiti šie pagrindiniai skyriai:

- 1) Įvadas.
- 2) Pagrindiniai bendri ir techniniai pastato duomenys.
- 3) Pastato ir inžinerinių sistemų būklės aprašas.
- 4) Pastato faktinės ir norminės energijos (ir karšto vandens) sąnaudos.
- 5) Pastato energijos ir karšto vandens vartojimo charakteristikos (rodikliai).

- 6) Pastato būklės analizės išvados ir gerinimo rekomendacijos.
- 7) Siūlomų techninių energijos taupymo priemonių ir jų efektyvumo aprašas.
- 8) Siūlomas energijos taupymo priemonių paketas.
- 9) Analizės rezultatai, išvados ir pasiūlymai.
- 10) Naudotos literatūros sąrašas.
- 11) Priedai:
 - Įvesties (pradiniai) duomenys.
 - Brėžiniai, schemas, pastato, siūlomų priemonių eskizai.
 - Detalizuoti skaičiavimai.
 - Apklausių lentelės (pvz., vidaus temperatūros).

5.1.2. Išsamusis energijos vartojimo auditas

Atliekant išsamųjį EVA siekiama gauti detalius ir tikslius atsakymus dėl galimo energijos vartojimo pastate mažinimo, taikant kelis siūlomus priemonių derinius. Toliau pateiktas išsamiojo EVA atskirų etapų darbų išsamumo aprašas.

5.1.2.1. Duomenų rinkimas

Duomenų rinkimo etape, siekiant aukštesnio įvesties duomenų tikslumo arba prireikus papildomų duomenų, numatomi fiziniai matavimai, kuriems atlikti parengiamas išankstinis matavimų planas. Rekomenduojamos duomenų sisteminimo lentelės pateiktos 1 priede:

- *Pagrindiniai duomenys apie pastatą* kaupiami remiantis esamais brėžiniais ir atsižvelgiant į informaciją, pateiktą pastato inventorizacijos byloje.
- Duomenys apie *pastato atitvaras* taip pat renkami iš inventorizacijos bylos, o esant jų trūkumui – pagal 6.5.1 skyriuje nurodytas rekomendacijas. Siekiant didelio tikslumo arba dėl nenumatytų problemų nustatant atitvarų konstrukciją, suderinus su audito užsakovu, atliekant išsamųjį auditą numatoma matuoti atskirų atitvarų faktinius šilumos perdavimo koeficientus (atliekama tik šildymo sezono metu).
- Informacija apie *pastato inžinerines sistemas* kaupiama remiantis esamais techniniais dokumentais (techniniais projektais) ir tikslinama preliminarus ir papildomo (-ų) vizito (-ų) metu.
- Preliminarus vizito metu turi būti nustatyta, ar pastate buvo vykdoma *renovacija*, kokios jos apimtys ir laikas. Atsižvelgiant į šią informaciją patikslinami duomenys apie pastato atitvaras ir inžinerines sistemas. Jau preliminarus vizito metu gali būti atlikti kai kurie (prireikus ir numatytas matavimų planas) momentiniai fiziniai matavimai arba įrengti prietaisai, siekiant nustatyti tam tikro laikotarpio fizinius duomenis (pvz., patalpų temperatūras per parą,

savaite). Techninės priemonės energijos vartojimo audito reikalingiems matavimams atlikti pateiktos 8 skyriuje

- Duomenys apie *faktinį šilumos, elektros ir karšto vandens vartojimą* renkami remiantis sukauptais nagrinėjamo laikotarpio šilumos, elektros ir vandens skaitiklių rodmenimis. Šis laikotarpis turi apimti kalendorinių metų periodą (pateikiant duomenis pamėnesiui) po paskutinės pastato renovacijos arba trumpesnį laiko tarpą, jei renovacija buvo atlikta mažiau nei prieš metus. Nagrinėjant šilumos sąnaudas tik patalpoms šildyti naudojami tik šildymo sezono vartojimo duomenys. Nesant duomenų apie faktines energijos sąnaudas, tam tikrais atvejais gali būti naudojami įmokų už energiją duomenys, perskaičiuojant juos į energijos kiekius pagal tuo metu galiojusius tarifus.

5.1.2.2. Techninė analizė

Techninės analizės etape būtina detalai subalansuoti pastato arba tiriamos sistemos (atliekant specifinį EVA) energijos srautus.

- Pastato energijos balanso sudarymo metodiniai pagrindai pateikti 6.1 skyriuje. Toks balansavimas turi apimti visus energijos srautus nepriklausomai nuo siūlomų taupymo priemonių ir srauto procentinio dydžio balanse. Dėl šios priežasties gali prireikti papildomo vizito į objektą, siekiant apklausti objektą naudojančius ir prižiūrinčius asmenis ir (arba) atlikti papildomus momentinius ir (arba) tęstinius matavimus. Perskaičiuojant faktines energijos sąnaudas į normines (6.2 sk.), reikalingos faktinės patalpų vidaus temperatūros, kurių nustatymo būdai pateikti 6.5.1 skyrelyje. Atliekant išsamųjį auditą, nesant patikimų duomenų apie temperatūras (užfiksuotas matuojant), galima taikyti du antruosius (trečiąjį ir ketvirtąjį) patalpų temperatūros nustatymo būdus. Šilumos sąnaudų pastate duomenis norminėmis sąlygomis rekomenduojama pateikti lentelėje (2 priedas).
- Parenkant *technines energijos taupymo priemones* rekomenduojama remtis potencialių energijos vartojimo mažinimo priemonių pastatuose išplėstiniu sąrašu (3 priedas). Siekiant nustatyti atskirų priemonių taikymo poreikį, tikslinga vadovautis preliminarus vizito apžiūros, pastato naudotojų apklausos (pageidavimų) ir toliau atliekamos ekonominės analizės rezultatais. Be techninių taupymo priemonių, šiuo atveju turi būti parinktos *naudojimo ir vadybos priemonės*, leisiančios tobulinti pastato sistemų veikimą, jų technologijas ir vartotojų įpročius.
- Būsiami energijos srautai (kiekiai) detalai nustatomi įvertinus numatomas taikyti energijos taupymo priemones ir jų derinius (paketus) (6.5.3 sk.). Šiuo atveju būtina detalai sudaryti visus būsimus pastato energijos srautus (kiekius).

5.1.2.3. Ekonominė analizė

Atliekant išsamųjį EVA, siekiant objektyvesnių *ekonominės analizės* rezultatų, būtina nustatyti ne tik paprastą priemonių atsipirkimo laiką, bet ir taikyti fundamentalius ekonominio efektyvumo įvertinimo kriterijus (6.5.2.1 sk.) – grynąją dabartinę vertę (GDV) ir vidinę gražos normą (VGN), o kaip alternatyvą – sutaupytos energijos kainą (SEK). Atskirų taupymo priemonių efektyvumo rekomenduojamos aprašymo formos pateiktos 2 priede. Parinkus technines taupymo priemones turi būti apžvelgti bent keli jų derinių variantai (6.5.3.1 sk.) ir pasiūlytas vienas arba keli veiksmų planai, kurie turėtų atitikti įmonės (pastato naudotojų) tikslus. Energijos taupymo priemonių paketo aprašymo forma pateikta 2 priede. Siekiant visapusiškos ir patikimos ekonominės analizės rezultatų, atliekant išsamųjį auditą siūloma įvertinti atnaujinimo priemonių investicijas (6.5.3.2 sk.).

5.1.2.4. Galimybių įvertinimas

Prireikus (pvz., užsakovo pageidavimu, EVA metu nustačius ypatingas sąlygas) galimas *galimybių įvertinimo etapas*, per kurį atliekama papildoma sukauptos informacijos ir rezultatų analizė. Šio etapo tikslas susijęs su naujų galimybių tyrimais, atskleidžiančiais papildomų priemonių (pvz., naujų technologijų, atsinaujinančių išteklių, papildomų priemonių derinių, procesų ir sistemų integracijos) taikymo efektyvumą.

5.1.2.5. Veiksmų planas

Veiksmų plano etape rengiama detali ataskaita, kurioje formuluojamos rekomendacijos turi remtis ne tik atliktų skaičiavimų, bet ir stebėjimų ir vizitų rezultatais, o atlikus galimybių įvertinimo etapą – ir jo rezultatais. Be to, turi būti pasiūlytas galutinis (suderintas su EVA užsakovu) veiksmų planas, kurį pristačius priimamas galutinis sprendimas. Atliekant išsamųjį auditą, atsižvelgiant į techninės analizės metu nustatytą tiriamojo pastato esamą energijos vadybos būklę, parengiamos rekomendacijos dėl pastato naudojimo ir energijos vadybos priemonių („nieko nekainuojančių“) taikymo. Kai kurios pastato energijos vadybos priemonės pasiūlytos 3 priedo 3 skyriuje.

5.1.2.6. Ataskaitos turinys

Taikant išsamųjį EVA modelį į galutinės ataskaitos turinį (struktūrą) turi įeiti šie pagrindiniai skyriai:

- 1) Įvadas.
- 2) Pagrindiniai bendrieji ir techniniai pastato duomenys.
- 3) Pastato ir inžinerinių sistemų būklės aprašas.
- 4) Matavimo įrangos aprašas ir matavimo metodika.

-
- 5) Pastato faktinės ir norminės energijos bei karšto vandens sąnaudos.
 - 6) Pastato energijos ir karšto vandens vartojimo charakteristikos (rodikliai).
 - 7) Pastato būklės analizės išvados ir pagerinimo rekomendacijos.
 - 8) Siūlomų techninių ir vadybos energijos taupymo priemonių ir jų efektyvumo aprašas.
 - 9) Siūlomų energijos taupymo priemonių paketų variantai.
 - 10) Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimas.
 - 11) Analizės rezultatai, išvados ir pasiūlymai.
 - 12) Naudotos literatūros sąrašas.
 - 13) Priedai:
 - Įvesties (pradiniai) duomenys.
 - Brėžiniai, schemos, pastato, siūlomų priemonių eskizai.
 - Skaičiavimų detalizavimas.
 - Apklausų lentelės (pvz., vidaus temperatūros).
 - Atliktų matavimų aprašas.

6

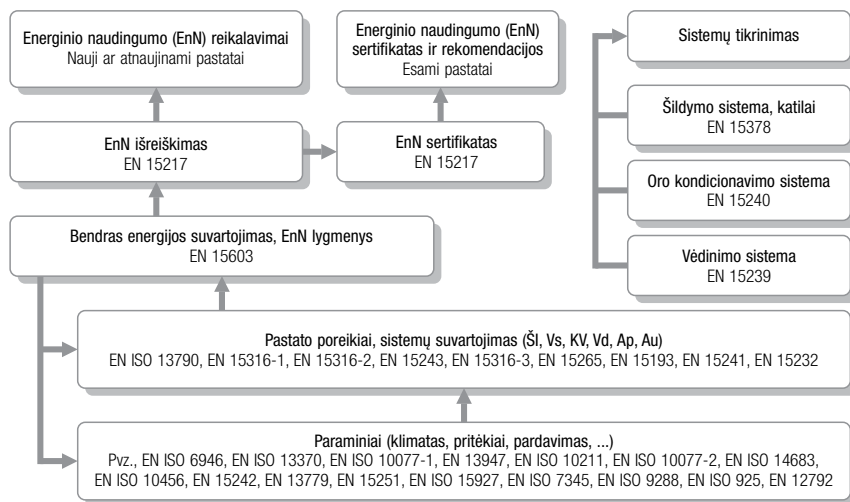
ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITO TECHNINĖS ANALIZĖS METODINIAI PAGRINDAI

Pateikiama EVA techninės analizės metodika taikoma gyvenamiesiems ir visuomeniniams pastatams, kurie EVA požiūriu sudaryti iš atitvarinių konstrukcinių elementų (atitvarų) ir energiją vartojančių statinio inžinerinių sistemų (SIS). Šios dvi mikroklimatą pastate formuojančios posistemės kartais dar vadinamos pasyviosiomis mikroklimato sistemomis (PMkS) ir aktyviosiomis mikroklimato sistemomis (AMkS). Kaip atitvariniai konstrukciniai elementai ar tiesiog pastato apvalkalas yra sienos, stogai, perdangos, langai, durys. Kaip įprasta, nagrinėjamos išorinės atitvaros. Bendrosios, atskirosios ar technologinės statinio inžinerinės sistemos, kurios veikia vartodamos energiją, yra šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo, dujų, elektros ir kitos energiją transformuojančios sistemos kartu su reguliavimo, valdymo, automatizavimo ir signalizacijos sistemomis.

EVA metodika skirta tiek centralizuotu, tiek decentralizuotu būdu energija aprūpinamiems pastatams. Abiem atvejais yra atskirti (autonominiai) šilumos ir / ar elektros generatoriai, naudojantys iškastinį kurą ar atsinaujinančiąją energiją. Tokių generatorių efektyvumas ir jo didinimo galimybės vertinamos remiantis tam skirtomis specialiomis metodikomis. Norint jomis naudotis reikalingos specialios inžinerinės žinios ir gebėjimai. Tam atliekami vadinamieji *specifiniai energetiniai auditai*. Jie šioje metodikoje neaptariami.

Parengta metodika pagal galimybes siejama su Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2010/31/ES (2010 m. gegužės 19 d.) dėl pastatų energinio naudingumo pagrindu parengtais pastatų energinio naudingumo skaičiavimus reglamentuojančiais dokumentais. Šie dokumentai parengti Europos standartų EN forma [<http://www.lsd.lt>]. Šie standartai yra palyginti neseniai sukurti ir nuolat tobulinami. Nors jie tiesiogiai nėra skirti EVA, bet susiję ir šios sąsajos laikui bėgant stiprėja, todėl jie yra gera pagalbinė medžiaga EVA atlikti. Pastato energinio naudingumo standartų struktūra pateikta 6.1 paveiksle.

Energijos auditas – tai racionali objekto energijos vartojimo analizė, leidžianti parinkti ekonomiškai ir technologiškai priimtinas priemones išlaidoms už energiją



6.1 pav. Pastato energinio naudingumo standartų struktūra

mažinti. Parenkant šias priemones visų pirma būtina patikimai įvertinti jų energijos taupymo galimybes. Netinkamai nustatčius taupomos šilumos kiekį, įdiegus pasirinktas priemones gali paaiškėti, kad jos neatsiperka arba atsiperka per ilgesnį laiką, nei tikėtasi į jas investuojant lėšas (dažniausiai skolintas). Tai kenkia visų pirma vartotojo interesams, taip pat energijos vartojimo efektyvumo didinimo programų ir energijos audito vykdytojų prestižui.

Lietuvoje visi elektrą, centralizuotai tiekiamą šilumą (ar dujas šilumai) vartojantys pastatai turi apskaitos prietaisus. Jų rodmenys yra EVA vykdytojams privalomi naudoti objekto duomenys. Taigi energijos auditų vykdytojai ir vartotojai turi galimybę palyginti vartojimo apimtį prieš įdiegiant taupymo priemones ir po to. Šios gana paprastos formuluotės įgyvendinimą lemia visų pirma tai, kad šildyti sunaudotos energijos prieš įdiegiant taupymo priemones ir po to dydžiai turi būti nustatyti tomis pačiomis temperatūros sąlygomis. Realiai vyksta stochastinė šiltų ir šaltų žiemų seka. Pastatai ir jų inžinerines sistemas techniniu ir investiciniu požiūriu yra ilgalaikės. Todėl inžinerinėje praktikoje šilumos poreikiai ir sąnaudos skaičiuojamos vadinamosiomis norminėmis sąlygomis – tokiomis, kai patalpų ir lauko oro temperatūros atitinka normų reikalavimus. Šie reikalavimai nustatyti remiantis ilgalaikiais lauko oro temperatūrų stebėjimais ir higienos normų reikalaujamomis patalpų temperatūromis. Kaip įprasta, faktiniai duomenys – visų pirma disponuojami tiekiamos energijos skaitiklių rodmenys, objektyviai šių sąlygų neatitinka. Dėl to energijos vartojimo rodikliai gali būti skaičiuojami ir patikimai lyginami tik norminėmis sąlygomis. Realiai pastate šilumos apskaitos prietaisais išmatuotų šilumos

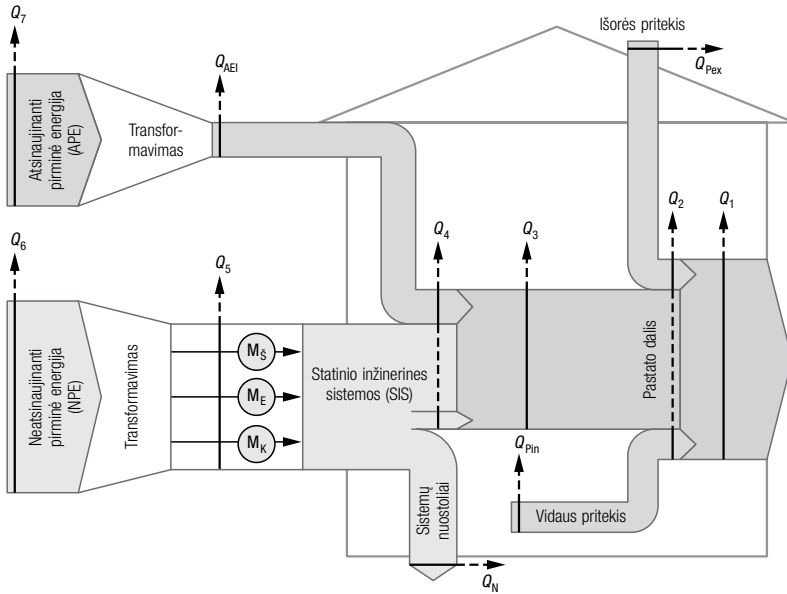
šnaudų perskaičiavimo norminėms šnaudoms procesas vadinamas šilumos ar jai gauti skirtų energijos šnaudų **normalizavimu**.

Taigi, norint teisingai įvertinti energijos taupymo galimybes, reikia žinoti ar kitaip įvertinti pastato energijos šnaudas prieš įdiegiant taupymo priemones ir po to. Vertinant pastatų atnaujinimo galimybes reikia nustatyti energiją (visų pirma šilumą) naudojančių sistemų projektinę galią (kW) prieš ir po renovacijos. Nuo šių rodiklių priklauso statinio inžinerinių sistemų (SIS) renovacijai reikalingų investicijų dydis. Taip pat nustatomos projektinės (norminės) energijos šnaudos (kWh), kurios kartu su energijos kaina lemia išlaidų už energiją dydį, o jų pokytis prieš renovaciją ir po jos sukuria finansinį srautą renovacijos kreditui sugražinti. Tuo tikslu sudaromas pastato esamo (faktinio) energijos vartojimo balansas.

6.1. Pastato energijos balansas

EVA techninės analizės metodinį pagrindą sudaro pastato (ar įrenginio) energijos (galių ir (arba) kiekių) balansai. Esant nusistovėjusiam energijos vartojimo režimui suminiai į pastatą patenkantys ir jį paliekantys energijos kiekiai ir / ar srautai turi būti lygūs. Praktikoje galių balansai (pvz., vadinamieji šilumos nuostoliai) nagrinėjami projektinėmis norminėmis sąlygomis¹. Jie naudingi nustatant statinio inžinerinėms sistemoms reikalingas investicijas, o atliekant EVA – ir investicijas energijos taupymo priemonėms. EVA techninė analizė pagrįsta tam tikro laikotarpio energijos vartojimo duomenimis, todėl šioje metodikoje pastato energijos balanso forma pasirenkama parankesnė tikslui pasiekti. Svarbus yra pasirinkto laikotarpio energijos kiekių (šilumos, elektros, kuro) balansas. Jei į pastatą įeinanti energija gali būti šilumos, elektros ar kuro formos, tai išeinanti energija, kaip įprasta, yra šilumos formos. Pastatų EVA praktikoje sudaromas pastato ar jo dalies šilumos (šiluminės energijos) balansas, o elektros ir kuro kiekių įtaka įvertinama kartu su kitokios prigimties šilumos pritekiais. Jei kurios nors sistemos (pvz., oro kondicionavimo, technologinės, apšvietimo) naudoja ekonomiškai vertintiną ar kitu požiūriu svarbų elektros ar kuro kiekį, reikia atlikti šių sistemų *specifinius energetinius auditus*. Tuomet jų analizės metodinį pagrindą sudarys atskiros sistemos energijos balansas. Priimant sprendimą dėl specifinio EVA atlikimo tikslinga patikrinti, kokią bendro pastato energijos balanso ir išlaidų energijai dalį sudaro elektra. 6.2 paveiksle parodyta principinė pastato energijos kiekių diagrama.

¹ Galimi neatitikimai šiomis sąlygomis turėtų būti traktuojami kaip statybos techninių reglamentų, kitų privalomųjų reikalavimų, norminių aktų nesilaikymas projektuojant, statant pastatą ar įrengiant inžinerines sistemas.



6.2 pav. Principinė pastato energijos kiekių diagrama²

Paveiksle vartojamos santrumpos:

- Q_1 – reikalinga energija (angl. *energy demand*), kuri turėtų būti idealių statinio inžinerinių sistemų visuma (sistemų nuostoliai nevertinami), kad galutiniam vartotojui būtų suteikta reikiama energinė paslauga, t. y. patalpoje pagal poreikius turi būti švarus tinkamos temperatūros oras, atitvaros ir apšvietumas.
- Q_2 – energijos vidaus ir išorės pritekis (angl. *gains* arba *gain*) – energija, patenkanti į patalpas dėl gamtinės aplinkos poveikio (tiesioginė saulės šviesa ir šiluma, pasyvi (išsklaidyta) šiluma ir vėsa, natūralaus vėdinimo šiluma arba vėsa) ir vidinių šilumos židinių (sklindanti nuo patalpų naudotojų, apšvietimo, kitų elektros ir šilumos vartojimo prietaisų, procesų).
- Q_3 – pastate panaudota energija (angl. *building net energy* or *useful energy*), tiekiamą idealiomis statinio inžinerinėmis sistemomis (sistemų nuostoliai nevertinami), norint suteikti reikalingą šildymo, vėsinimo, vėdinimo, buitinio karšto vandens, apšvietimo paslaugą.
- Q_4 – įgauta energija – tai šilumogrąža ir pastato atsinaujinančioji energija. Šilumogrąža (angl. *recovered loss*) – atgauti nuostoliai, sudarantys atgautinų SIS nuostolių iš šildymo, vėsinimo, vėdinimo, buitinio karšto vandens ir apšvietimo sistemų dalį, apibūdinamą nuostolių panaudos rodikliu. Pastato atsinauji-

² Analizuojamą šilumos, energijos kiekį ar srautą paveiksle rodo tik ištisinė jį vaizduojančios rodyklės dalis.

nančioji energija – pastato įrangoje iš atsinaujinančių energijos išteklių gauta energija.

Q_5 – pateikta energija (angl. *delivered energy*), kuri yra pastatui per jo ribą tiekiamą energija, tenkinant šildymo, vėsinimo, vėdinimo, buitinio karšto vandens, apšvietimo poreikius.

Q_6 – pirminė neatsinaujinančioji energija, reikalinga pastatui tiekiamai energijai gauti, ir su tuo siejami CO₂ išmetalai.

Q_7 – pirminė atsinaujinančioji energija, reikalinga pastatui tiekiamai energijai gauti.

Q_N – statinio inžinerinių sistemų energijos nuostoliai.

Q_{Pin} – vidinis šilumos pritekis, atsiradęs dėl patalpos naudotojų ar joje vykstančių su statinio inžinerinėmis sistemomis nesiejamų procesų išskiriama šiluma.

Q_{Pex} – išorinis šilumos pritekis dėl saulės spinduliuotės į pastato atitvaras.

M – pastato vartojamos energijos (Š – šilumos, K – kuro, E – elektros) apskaitos prietaisai.

Pastato analizuojamo laikotarpio energijos kiekių balanso lygtis pagal 6.2 pav. yra tokia:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 - Q_N. \quad (6.1)$$

Toliau apibūdinami šios principinės pastato energijos balanso lygties nariai. Siekiant balanso narių žymėjimus susieti su funkcinė prigimtimi, jų skaitiniai indeksai bus pakeisti raidiniais.

Q_1 pastatui naudoti reikalingos energijos kiekis per laikotarpį z , esant vidutiniam patalpų ir lauko oro temperatūrų skirtumui ($t_{in} - t_{ex}$), priklauso nuo pastato i tipų išorinių atitvarų ploto A_i , jų šilumos perdavimo koeficiento u_i , taip pat nuo pastato j patalpų tūrio V_j oro kaitos n_j :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = (t_{in} - t_{ex})z \left(\sum A_i u_i + c_p \sum V_j n_j \right). \quad (6.2)$$

Šio balanso dešiniąja puse išreikštą energijos poreikį kompensuoja pastate panaudota SIS tiekiamą energija Q_3 ir panaudotas pritekis Q_2 . Pritėkio komponentė pagal pobūdį yra daugialypė. Visų pirma bendras disponuojamas pritekis skirstomas į išorinį ir vidinį: $Q_P = Q_{P,ex} + Q_{P,in}$. Kaip minėta, išorinį energijos pritekį sudaro per langus patenkanti šiluma ir šviesa³, per neskaidrias atitvaras patenkanti šiluma, dėl natūralaus vėdinimo patenkanti šiluma ar vėsa. Pastate vidinis šilumos pritekis susiformuoja nuo patalpų naudotojų (žmonių) ir ne šildymo ar vėdinimo tikslams skirtų energiją vartojančių SIS. Tokios yra apšvietimo, kitos elektros paskirstymo sistemos kartu su ją naudojančiais prietaisais (procesais), karšto vandens

³ Šioje metodikoje architektūrinio projektavimo metu natūralaus ir dirbtinio apšvietimo derinimo energetiniai aspektai nenagrinėjami, o šviesos pritekis energiniame balanse nevertinamas.

paskirstymo, ruošimo sistema (ta karštam vandeniui suteikta šilumos dalis, kuri nepašalinama su nuotekomis). Tuomet vidinio disponuojamo pritekio išraiška

$$Q_{P,in} = \sum Q_{P,k} + Q_{P,\dot{z}m}. \quad (6.3)$$

Šilumos pritekis prisideda prie patalpų šildymo ir mažina šildymo sistemos apkrovą. Tačiau ši papildoma šiluma nėra išnaudojama iki galo. Panaudotas pritekis yra mažesnis negu disponuojamas. Pvz., šiluma nuo karšto vandentiekio vamzdyno šildo pastatą daugiausia vonios patalpose ir vamzdžių šachtose, o jos reikia ir kituose kambariuose. Kai kurie šilumos pritekio į patalpas komponentai paprastai būna trumpalaikiai, todėl šildymo sistema, kaip gana inertiška, nespėja sureaguoti į sumažėjusį tiekiamos šilumos poreikį ir toliau šildo patalpas tuo pačiu intensyvumu.

Laikoma, kad jei išsiskiriant pastate papildomai šilumai šildymo sistemos automatika nesumažina į pastatą tiekiamos šilumos srauto, tai ši papildoma šiluma neišnaudojama, o tik peršildo patalpas ir didina šilumos nuostolius. Naudingai išnaudota disponuojamo pritekio dalis išreiškiama pritekio panaudos koeficientu ψ_P , kurio reikšmė gal būti nuo 0 iki 1. Jis artimesnis vienetui yra aukštą vietinio automatinio valdymo lygį turinčiose šildymo ir vėdinimo sistemose. Šiluma nuo karšto vandentiekio vamzdyno ir kiti šilumos pritekiai yra skirtingo pobūdžio (vamzdyno šiluma beveik nekinta, bet išsiskiria ne vietoje, o šilumos pritekis išsiskiria ten, kur reikia, tačiau per greitai kinta), todėl jiems gali būti taikomi atskiri panaudos koeficientai. Atskiri pritekio panaudos koeficientai gali būti taikomi ir vidiniams bei išoriniams pritekims. Šilumos pritekio panaudos koeficientų reikšmės priklauso nuo nagrinėjamo laikotarpio trukmės (pvz., šildymo sezono, mėnesio). Tuomet panaudotas pritekis energijos balanse:

$$Q_2 = Q_{PP} = \psi_P(Q_{P,ex} + Q_{P,in}). \quad (6.4)$$

Pastate panaudota energija Q_3 – tai statinio inžinerinėmis sistemomis tiekiamą ir dėl pastato sistemų techninio tobulinimo įgaunama energija.

$$Q_3 = Q_5 - Q_N + Q_{AEI}. \quad (6.5)$$

Ši lygtis formaliai išreiškia atvejį, nesant sistemų efektyvumo didinimo technologinių sprendinių. Vienas iš esminių, bet ne vienintelis sprendinys yra vadinamoji šilumograža.

Pastato įgaunamos energijos dalis Q_4 susidaro dėl atsinaujinančiosios energijos naudojimo ir sistemų efektyvumo didinimo technologinių sprendinių įdiegimo. Atsinaujinančioji energija Q_{AEI} – tai pastato įrangoje iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) gauta energija. Šiuolaikinėje EVA praktikoje tai kol kas gana retai pasitaikantis sprendimas, bet jau nagrinėtinas tiek metodinių, tiek galimų siūlyti

priemonių požiūriu. Šios energijos kiekio nustatymas balanso lygtimi gali pareikauti specialių matavimų, jei pastate naudojama įranga neturi gaunamos energijos kiekio ir parametrų registravimo įrangos. Sistemų efektyvumo didinimo technologinių sprendimų rezultatu laikoma toliau aptariama šilumograža $Q_{R,k}$ glaudžiai siejama su pateikta energija Q_5 .

Energijos kiekis Q_5 tiekiamas keliomis SIS, todėl $Q_5 = \sum Q_{SIS,k}$. Kiekviena statinio inžinerinė sistema (SIS) energijos balanso požiūriu apibūdinama tokia lygtimi:

$$Q_{SIS,k} = Q_{F,k} + Q_{R,k} + Q_{N,k}, \quad (6.6)$$

čia $Q_{SIS,k}$ – SIS pateikta energija numatytai funkcijai (paslaugai) atlikti; $Q_{F,k}$ – funkcijai (paslaugai) atlikti k -osios sistemos tiesiogiai panaudota energijos dalis; $Q_{R,k}$ – šilumograža, t. y. panaudota šiluma, gauta iš k -osios sistemos šilumogražos įrenginių (tam skirtų šilumokaičių, šilumos siurblių ar pan.). Ji sudaro atgautinų SIS nuostolių dalį, apibūdinamą nuostolių panaudos šilumogražoje rodikliu $\psi_{R,k} \cdot Q_{NR,k}$. Sistemose nesant šilumogražos $Q_{N,k} = Q_{NN,k} + Q_{NR,k}$. Priklausomai nuo priimamo techninio sprendimo tobulumo, apibūdinamo $\psi_{R,k}$, gaunama šilumograža $Q_{R,k} = \psi_{R,k} Q_{NR,k} \leq Q_{NR,k}$. Neatgautini $Q_{NN,k}$ ir atgautini, bet neatgauti $(1 - \psi_{R,k}) Q_{NR,k}$ nuostoliai (dėl išsiskyrimo vietos ar kitų priežasčių negali būti sugrąžinami toliau naudoti šilumogražos įrenginiais) sudaro faktinius sistemos nuostolius $Q_{Nf,k}$.

Q_5 atliekant EVA yra pagrindinis faktinį pastato naudojimo pagal funkcinę paskirtį režimą atitinkantis, kaip įprasta, skaitikliais išmatuotas energijos kiekis. Pastato naudotojai už šį kiekį moka energijos tiekėjams. EVA tikslas – sumažinti šias išlaidas. Todėl atliekant EVA techninę analizę parankiau taikyti (6.1) lygtį, atitinkančią EVA energijos balanso lygtį:

$$\sum Q_{SV,f} = (t_{in,f} - t_{ex,f}) z_f \left(\sum A_i U_i + c_p \sum V_j n_j \right) - \psi_P (Q_{P,ex} + Q_{P,in}) - Q_{AEI} - \sum \psi_{R,k} Q_{NR,k} + \sum Q_{Nf,k}. \quad (6.7)$$

Šios lygties kairėje esantis narys $\sum Q_{SV,f}$ lygus faktiniam (skaitikliais registruotam) šildymo ir vėdinimo sistemų suvartojamos energijos kiekiui per analizuojamą laikotarpį z_f , esant vidutinių faktinių vidaus ir lauko oro temperatūrų skirtumui tuo laikotarpiu $(t_{in,f} - t_{ex,f})$. Sandauga $(t_{in,f} - t_{ex,f}) z_f$ inžinerinėje praktikoje vadinama dienolaipsniais. Šiuo atveju yra faktiniai dienolaipsniai, z_f išreiškiamas paromis. Jei kitais lygties nariais energija vertinama kWh ar kartotiniu dydžiu, z_f turi būti išreiškiamas valandomis. Be to, rekomenduojama tokias lygtis sudaryti kiekvienam šildymo sezono mėnesiui (arba kitiems laikotarpiams, kurių turimi temperatūrų ir suvartotos energijos duomenys). Universalumu pasižymi pastato

energijos vartojimo efektyvumo charakteristika, leidžianti gana objektyviai lyginti panašios paskirties pastatus:

$$\bar{q}_{DL} = \frac{\sum Q_{šv,f}}{A_{bpl}(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f}, \quad (6.8)$$

čia A_{bpl} – pastato patalpų bendras plotas (gali būti kitas pastatą apibūdinantis plotas).

Formaliai (6.8) lygtis (atskiriems mėnesiams ar visam šildymo sezonui) jau leidžia analizuoti taupymo priemonių efektyvumą esant įvertintoms faktinėms temperatūroms, tačiau metodiškai teisingiau būtų ją perskaičiuoti norminėmis sąlygomis.

Šilumos poreikių analizei paranku naudotis viso pastato savitųjų šilumos sąnaudų šildymui ir vėdinimui charakteristika $H_{Pšv}$ (W/K), kuri parodo pastato šiluminės savybės, nepriklausomai nuo realių temperatūros sąlygų.

$$H_{Pšv} = \frac{\sum Q_{šv,f}}{24(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f}. \quad (6.9)$$

Ji gali būti nustatyta konkrečiam pastatui, o perskaičiuota vienam kvadratiniam metrui bendrojo ar naudingojo ploto, taikoma įvairiems pastatams palyginti.

6.2. Faktinių energijos sąnaudų normalizavimas

Energijos ir šviežio oro poreikius patalpų šiluminiam komfortui ar, kitais žodžiais, kokybiškam šiluminiam mikroklimatui užtikrinti naudojamoms pastatų šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistemoms suformuoja pastato architektūriniai ir technologiniai sprendiniai, vietovės klimatinės sąlygos ir vartotojų elgsena. Jei minėti sprendiniai ir elgsena laikui bėgant yra gana stabilūs (tarp jų ir patalpų vidaus temperatūra), tai kiekvienais metais turime daugiau ar mažiau skirtingas klimatinės sąlygas, visų pirma lauko oro temperatūrą, vėjuotumą. Šildyti sunaudotos šilumos kiekis proporcingas šildymo sezono trukmei ir jos vidutinei lauko oro temperatūrai. Pagal daugiamečius stebėjimus yra sudaryti skaitiniai šių ir kitų rodiklių duomenys. Šie rodikliai ir juos atitinkančios sąlygos šildymo technikoje vadinamos norminėmis sąlygomis, kurios pateikiamos reglamentuojančiuose dokumentuose. Kiekvieną šildymo sezoną šie rodikliai būna daugiau ar mažiau skirtingi, o tame pačiame tų pačių vartotojų pastate skirtingais – šiltais ar šaltais metais – šilumos sąnaudos skiriasi. Todėl projektiniai, inžineriniai skaičiavimai, priimamų sprendimų vertinimai, susiję su pastatų ilgalaikiais šilumos poreikiais, atliekami esant norminėms sąlygoms.

Pastato energijos sąnaudų normalizavimu vadinamas energijos sąnaudų perskaičiavimas norminėmis sąlygomis, kai patalpų ir lauko oro temperatūros yra tokios, kaip nustatyta tai reglamentuojančiuose dokumentuose.

EVA balanso lygtis norminėmis analizuojamo laikotarpio sąlygomis gaunama taikant daugiklį $\frac{(t_{in,n} - t_{ex,n})z_n}{(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f}$, rodantį analizuojamo laikotarpio (mėnesio, šildymo sezono ar kito) norminių ir faktinių dienolaipsnių santykį. Čia $(t_{in,f} - t_{ex,f})$ – faktinių vidaus ir lauko oro temperatūrų skirtumas, o $(t_{in,n} - t_{ex,n})$ – norminių vidaus ir lauko oro temperatūrų skirtumas tuo laikotarpiu. Norminiai dienolaipsniai Lietuvos vietovėms šildymo sezonu nustatomi pagal RSN 156-94 Statybinė klimatologija (1994) arba apskaičiuojami kiekvienam mėnesiui pagal ten pat nurodytas mėnesių lauko oro vidutines temperatūras:

$$\sum Q_{\dot{S}V,n} = \sum Q_{\dot{S}V,f} \frac{(t_{in,n} - t_{ex,n})z_n}{(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f} = (t_{in,n} - t_{ex,n})z_n \left(\sum A_i u_i + c_p \sum V_j n_j \right) - \frac{(t_{in,n} - t_{ex,n})z_n}{(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f} \left[\psi_P (Q_{P,ex} + Q_{P,in}) - Q_{AEI} - \sum \psi_{R,k} Q_{NR,k} + \sum Q_{Nf,k} \right]. \quad (6.10)$$

Ar taikytinas dienolaipsnių daugiklis prieš kiekvieną lygties narį, priklauso nuo to, ar jų reikšmės nustatytos atsižvelgiant į normines ir faktines sąlygas. Jei jas nustatant į tas sąlygas nėra galimybių atsižvelgti, tuomet daugikliai prieš pritėkio, atsinaujinančių energijos išteklių, šilumogrąžos ir nuostolių balanso narius kartu ar kiekvieno atskirai gali būti imami lygūs 1 ar kitai pagrįstai reikšmei. Tuomet EVA balanso lygtis

$$\sum Q_{\dot{S}V,n} = \sum Q_{\dot{S}V,f} \frac{(t_{in,n} - t_{ex,n})z_n}{(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f} = (t_{in,n} - t_{ex,n})z_n \left(\sum A_i u_i + c_p \sum V_j n_j \right) - \left[\psi_P (Q_{P,ex} + Q_{P,in}) - Q_{AEI} - \sum \psi_{R,k} Q_{NR,k} + \sum Q_{Nf,k} \right]. \quad (6.11)$$

6.3. Pastato energijos sąnaudų funkcijos

Pastato energijos sąnaudų analizės metu naudojamos įvairiomis jų priklausomybėmis nuo įtakos toms sąnaudoms turinčių rodiklių. Tai visų pirma lauko ir patalpų temperatūros, iš jų išvestiniai dydžiai – dienolaipsniai, saulės spinduliuotė, taip pat vartotojų skaičius, procesų kontrolės (automatizavimo) lygis ir pan. Tokių funkcinių ryšių nustatymas, grafinis vaizdavimas, interpretavimas, analizė leidžia nustatyti priežastinius ryšius, atskleisti energijos taupymo galimybes ir priemones. Patikimam energijos vartojimo efektyvumui vertinti, analizei pasirenkamoms funkcijoms sudaryti energijos sąnaudos pastate turi būti matuojamos bent ne rečiau nei kas mėnesį. Tokie duomenys reikalingi apie šilumą, kurą ir elektrą. Planuojant

objekto analizę artimiausių metų laikotarpiu tikslinga dažninti tokių duomenų registravimus. Matuojant rankiniu būdu gali būti pereinama prie savaitės ar paros sąnaudų registravimo, automatizuoti matavimai gali būti ir dažnesni. Vidutinė lauko oro temperatūra tuo pačiu laikotarpiu gali būti matuojama specialiai ar gaunama iš artimiausios meteorologinės stoties.

Kuo daugiau įvairių laikotarpių duomenų užfiksuota, tuo išsamesnė ir informatyvesnė tampa pastato energijos sąnaudų funkcija. Pastato šilumos sąnaudų analizei tinkamiausias laikotarpis būtų savaitė (vienam grafiko taškui). Trumpesnio laikotarpio šilumos sąnaudos gali būti neproporcingos lauko oro temperatūrai esant dideliems šios temperatūros svyravimams. Šiuo atveju gali pasireikšti pastato konstrukcijų šiluminės inercijos įtaka. Ilgesnis laikotarpis gali būti ne toks informatyvus, nes retai lauko oro temperatūra išlieka nepakitusi ilgiau kaip savaitę (ypač aukštesnė ar žemesnė nei vidutinė tuo metų laiku). Be to, kuo ilgesnis laikotarpis, tuo mažesniai laikotarpių skaičiui tokius duomenis galima užfiksuoti, o tada energinio parašo grafike galima pavaizduoti nedaug taškų ir statistinė analizė tampa nelabai patikima. Pavyzdžiui, Lietuvoje šildymo sezonas trunka apie 6 mėnesius – maždaug nuo spalio vidurio iki balandžio vidurio. Fiksuojant energijos sąnaudas kas mėnesį, kaip tai dažniausiai daroma, spalio ir balandžio duomenis teks atmesti, nes pastatas šildomas ne visą mėnesį. Tada vieno šildymo sezono grafike bus tik penki taškai (lapkritis, gruodis, sausis, vasaris, kovas). Registruojant duomenis kas savaitę jau galima turėti 24–28 taškus.

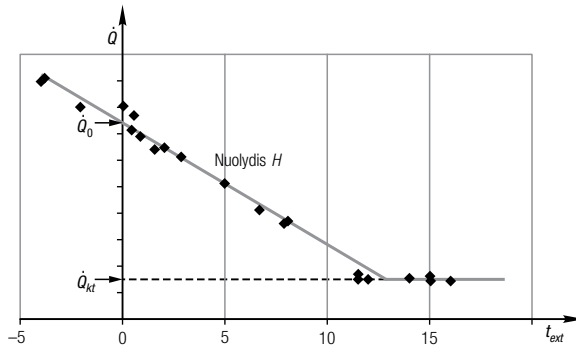
6.3.1. Pastato energinis parašas

Pastato energinio parašo sąvoka pradėta vartoti prieš keletą dešimtmečių. Šiuo metu ji randama jau ir tarptautiniuose standartuose (pvz., LST EN 15603 „Energetinės pastatų charakteristikos. Visuminis energijos suvartojimas ir energetinių parametrų apibrėžtis“). Iš esmės pastato energinis parašas – tai pastate suvartotos energijos kiekio ar galios priklausomybė nuo lauko oro temperatūros. Vidutinė registruoto laikotarpio galia, t. y. energijos sąnaudos, padalintos iš laikotarpio trukmės, ir to laikotarpio vidutinė temperatūra atidedama diagramoje. Šildymo sezono metu turime iš tam tikro skaičiaus laikotarpių sudarytą matavimo duomenų imtį. Galime nubrėžti ją aproksimuojančiąją tiesią liniją, žemėjančią aukštesnių temperatūrų link, kaip parodyta 6.3 paveiksle.

Ši pastato energiniu parašu vadinama linija apibūdinama galia \dot{Q}_0 esant $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir nuolydžiu H . Pastato energinis parašas gali būti pateikiamas tokia formule:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_0 - Ht_{ex}, \quad (6.12)$$

čia t_{ex} yra vertinamojo matavimo laikotarpio vidutinė lauko oro temperatūra ir ją atitinkanti galia \dot{Q} .



6.3 pav. Pastato energinio parašo esmė

Nuolydis H pagal grafiškai pateiktus matavimų duomenis apskaičiuojamas:

$$H = \frac{\dot{Q}_0 - \dot{Q}_{SS}}{t_{SS}} \quad \text{arba} \quad H = \frac{\dot{Q}_{t,ex} - \dot{Q}_{SS}}{t_{SS} - t_{ex}}, \quad (6.13)$$

čia t_{SS} yra šildymo sezono ribos lauko oro temperatūra ir ją atitinkanti galia \dot{Q}_{SS} ; t_{ex} – bet kokia lauko oro temperatūra ir ją atitinkanti galia $\dot{Q}_{t,ex}$. Atskiruoju atveju, kai $t_{ex} = 0$, $\dot{Q}_{t,ex} = \dot{Q}_0$.

Nuolydis H rodo pastato jautrumą lauko oro temperatūrai – kuo didesnis šis H nuolydis, tuo prastesnė yra pastato šiluminė izoliacija.

Supaprastinta pastato šiluminio balanso lygtis taikant žymėjimus (EN ISO 13790, LST EN 15603):

$$\dot{Q} = H'(t_{in} - t_{ex}) + \dot{Q}_{kt} - \psi_P \dot{Q}_{P,ex}, \quad (6.14)$$

čia H' – pastato savitosios šildymo ir vėdinimo šilumos sąnaudos (W/K); t_{in} – pastato patalpų vidutinė temperatūra; \dot{Q}_{kt} – kitiems, nei šildymas ir vėdinimas, tikslams reikalinga šiluma – visų pirma karštam vandeniui ruošti, taip pat tai energijos transformavimo nuostoliai; ψ_P – pritėkių panaudos koeficientas; $\dot{Q}_{P,ex} = \dot{I}_{sol} A_{esol}$ išoriniai šilumos pritėkiai, t. y. dėl saulės, čia \dot{I}_{sol} – saulės apšvita, (W/m²); A_{esol} – efektyvusis saulės pritėkio plotas, m².

Kadangi du paskutiniai lygties nariai nepriklauso nuo išorės temperatūros, tuomet H' yra galios tiesinės priklausomybės nuo išorės temperatūros nuolydis kaip ir H , t. y. $H = H'$. Taigi nustatant pastato energinį parašą pagal energijos matavimo duomenis, nustatomos faktinės pastato savitosios šilumos sąnaudos, žinant, bet dažniausiai net nepaminint, kad tai yra ir šildymo, ir vėdinimo sąnaudos.

Papildomi matavimai (pvz., katilo efektyvumo, katilo ar talpyklų temperatūros palaikymo nuostolių; šilumos, skirtos ne šildyti ir vėdinti) leidžia sužinoti, kiek energijos prarandama jos transformavimo metu. Šis \dot{Q}_{kt} dydis labai patikimai gali būti matuojamas vasaros metu, t. y. kai šildymas neveikia, o vėdinimui šiluma

nereikalinga. Vidutinė vasaros metu reikalinga galia atitinka energijos poreikius karštam vandeniui ruošti ir transformacijos nuostoliams padengti. Tokie vasaros duomenys yra vertingi nustatant visišką faktinį pastato energijos balansą.

Metinis suvartojimas gali būti apskaičiuojamas pagal šių dviejų parametrų \dot{Q}_0 ir H , vidutinės lauko temperatūros $t_{m,ex}$ šildymo sezono metu ir šildymo sezono trukmės z reikšmes. Taip galima gauti pastato apytikrą metinių energijos sąnaudų įvertį ir neprireikia ištisu metų vartojimo duomenų:

$$Q = (\dot{Q}_0 - H t_{ex}) z. \quad (6.15)$$

Tačiau patirtis rodo, kad pasyviai saule šildomuose namuose, esant nesandariems pastatams ar kitais ypatingais atvejais, matavimo taškai neviseškai sutampa su pastato energinio parašo tiese. Taip yra dėl pastato jautrumo saulės spinduliavimui, vėjui ar kitiems poveikiams. Štai saulėtą dieną šildymo reikalinga galia gali būti mažesnė nei kitomis dienomis, esant tokiai pat lauko temperatūrai. Vėjuotą dieną – priešingai.

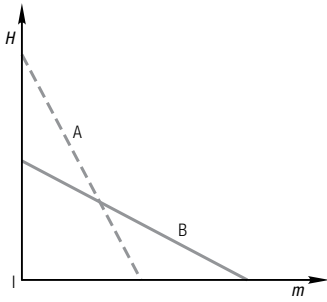
6.3.2. Meteorologinio rodiklio funkcija

Meteorologinio rodiklio funkcija sudaro vadinamojo H-m metodo pagrindą. Nors paties metodo pagrindą sudaro būtent ši funkcija, bet jos taikymo efektyvumas priklauso nuo vertintojo gebėjimų ją interpretuoti.

Ši funkcija ar metodas aktualus pasyviai saule šildomiems pastatams, kurių architektūriniai sprendiniai, nesant specialių saulės energijos transformatorių, sudaro galimybę saulės spinduliuotei juntamai veikti energijos sąnaudas. Tokių pastatų energinio parašo taškų dispersija gali būti didoka, nes šie pastatai gauna reikšmingą šilumos kiekį iš saulės. Taigi vartojimo duomenų funkcija turėtų išreikšti ir saulės spinduliuotės įtaką. Kita vertus, šilumos sąnaudoms turi įtakos vietovėje vyraujančios lauko oro temperatūros. Tokiai funkcijai sudaryti pertvarkoma pastato šilumos balanso (6.14) lygtis:

$$H = \frac{\dot{Q} - \dot{Q}_{kt}}{t_{in} - t_{ex}} - \psi_p A_{esol} \frac{\dot{I}_{sol}}{t_{in} - t_{ex}} \quad \text{arba} \quad H = H_0 - \psi_p A_{esol} m, \quad (6.16)$$

čia m – meteorologinis rodiklis, ordinatė H_0 – pastato tikrieji savitieji šilumos nuostoliai, o nuolydis $\psi_p A_{esol}$ – pritekusių panaudos koeficiento ir efektyviojo saulės pritekio ploto sandauga, rodanti pastato gebėjimą pasinaudoti saulės spinduliavimu. Nereikia pamiršti, kad atliekant vėsos poreikio skaičiavimus, vėsos sąnaudoms šis gebėjimas gali būti žalingas. Naudojant pastato energinį parašą vėsinimo energijos sąnaudoms įvertinti, reikia prisiminti, kad tik mažą pastato vėsos poreikio dalį lemia lauko oro temperatūra, o didžiąją – pastate naudojama įranga ir jame esantys žmonės bei per skaidrias atitvaras į patalpą patenkanti saulės spinduliuotė.



6.4 pav. H-m funkcijos grafinė interpretacija

6.4 paveiksle pavaizduota vadinamojo H-m metodo esmė. Tiesė A būdinga didelio ištiklinimo pastatui, esant gana dideliems šilumos nuostoliams, tačiau nemažam saulės pritekuiui. Tiesė B vaizduoja gerai izoliuotą pastatą, tačiau turintį mažą saulės pritekį. Pasiekus tam tikrą m vertę, pastatas A naudoja mažiau energijos negu B, ir priešingai, jei m yra maža, tai į pastatą patenka mažai saulės spindulių ir yra žemos lauko oro temperatūros. Taigi akivaizdu, kad meteorologinis rodiklis m veikia pastato energijos sąnaudas – jis rodo meteorologines vietovės sąlygas, o pastatas turi būti pritaikytas prie vietovės klimato.

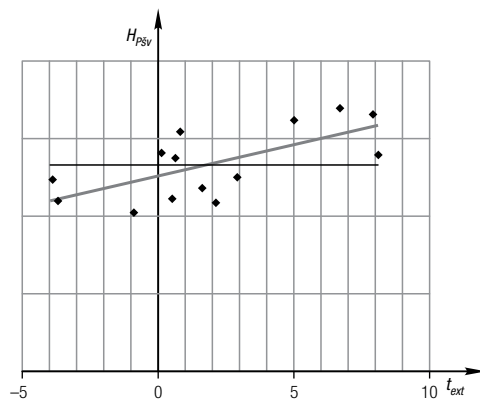
6.3.3. Pastato savitosios šilumos sąnaudos

Atliekant šilumos poreikių analizę paranku taikyti viso pastato savitųjų šilumos sąnaudų šildymui ir vėdinimui charakteristiką $H_{pšv}$ (W/K), rodančią pastato šiluminės savybes, nepriklausomai nuo realių temperatūrų sąlygų. Ji jau buvo minima pateikiant (6.9) lygtį. Kai yra i matavimų $Q_{šv,i}$ sunaudotos energijos (šilumos, kuro) duomenų imtis, kiekviena $z_{f,i}$ parų laikotarpio $Q_{pšv,i}$ reikšmė esant tam tikram faktiniam lauko ir patalpos temperatūrų skirtumui realiame pastate nėra vienoda.

$$H_{pšv,i} = \frac{Q_{šv,i}}{24(t_{in,i} - t_{ex,i})z_{f,i}}. \quad (6.17)$$

Tokios funkcijos pavyzdys pateiktas 6.5 paveiksle.

Įgudęs pastato naudotojas ar energijos vartojimo konsultantas pagal tokią pastato charakteristiką gali išvelgti kai kurias šildymo įrangos ar pastato vartotojų elgsenos problemas. Pavyzdžiui, galima greitai pastebėti akivaizdžias vartojimo



6.5 pav. Pastato savitųjų šilumos sąnaudų charakteristika

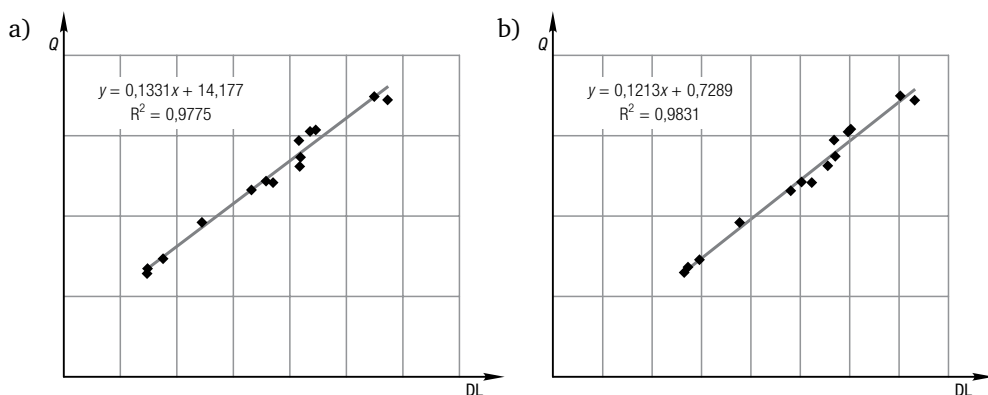
anomalijas ar nerealias atskirų laikotarpių šilumos vartojimo reikšmes, o tai gali reikšti valdymo ar apskaitos įrangos gedimus, neteisingą duomenų registravimą. Labai pasklidę duomenys gali reikšti prastą automatikos darbą ir pan. Štai duomenis aproksimuojančiosios tiesės ir tokių duomenų svorinio vidurkio linijų nesutapimas atkreipia dėmesį į galimus šilumos tiekimo ir vartojimo kontrolės (automatizacijos) sistemos trūkumus, galimybes taupyti energiją tik juos pašalinus. Kita vertus, tokius nesutapimus gali sukelti vėjo ar saulės spinduliuotės įtaka, jei kontrolės sistema gali į šiuos poveikius reaguoti.

6.3.4. Pastato šilumos sąnaudos dienolaipsniui

Atliekant pastato energijos vartojimo analizę ši funkcija gaunama naudojantis *Excel* programos duomenų sklaidos diagrama. Gaunama šių duomenų regresijos linija ir jos lygtis bei koreliacijos įvertis R^2 . Lygties Y atitinka MWh, o X – dienolaipsnius (DL). Daugiklis, esantis prie x (6.6 pav., a yra 0,1331, 6.6 pav., b – 0,1213), yra regresijos linijos nuolydis. Kitas pastovusis lygties narys (6.6 pav., a yra 14,177, o 6.6. pav., b – 0,7289) rodo, kokiai reikšmei esant kertama y ašis. Tai vadinamoji bazinė energijos vartojimo apbrova.

Tokia lygtis leidžia skaičiuoti šilumos poreikius esant bet kokioms dienolaipsnių reikšmėms. Įrašius į lygtį žinomas DK reikšmes galima apskaičiuoti prognozuojamas energijos sąnaudas.

R^2 dydis iš esmės yra koreliacijos kokybės įvertis – kuo jis arčiau 1, tuo geresnė koreliacija. Koreliacija tarp energijos sąnaudų ir vartojimo retai būna gera, todėl R^2 aukštesnis dydis rodo aukštesnę matavimų ir sistemos veikimo kokybę. Deja, kaip kiekvienas iš šių veiksnių prie to prisideda, šis rodiklis neparodo. Ir visgi šios integruotos kokybės požiūriu galima lyginti atskirus pastatus tarpusavyje arba tą patį pastatą prieš modernizavimą ir po jo.



6.6 pav. Pastato šilumos sąnaudos, apskaičiuotos dienolaipsniui:
a – kai nustatyta $t_{in} = 14$ °C; b – kai nustatyta $t_{in} = 19$ °C.

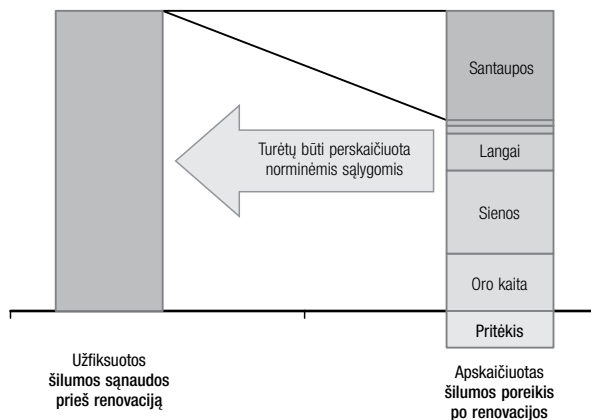
Šio pavidalo funkcija leidžia įvertinti, ar sėkmingai pasirinkta pastato vidaus temperatūra. Ji reikalinga skaičiuojant dienolaispsnius, taigi ir formuojant aptar-tąsias ar ankščiau pateiktas funkcijas. Iš pradžių pasirinkus skaičiuoti, pvz., 16 °C, gaunama R^2 reikšmė, o paskui pasirenkant vis kitas pastato vidaus temperatūras, stebimos R^2 kitimo tendencijos, ir kai R^2 reikšmė yra didžiausia, apsisistojama prie vadinamosios balansinės pastato vidaus temperatūros. Tokio skaičiavimo fragmen-tas parodytas 6.6 pav., a ir b. Geresnius rezultatus iš šių dviejų atvejų rodo b atvejis, bet dviejų skaičiavimų per mažai, norint rasti geriausią R^2 rodiklį. Taip skaičiuojant reikia nepervertinti formaliai gaunamo rezultato ir atsižvelgti į galimą kitų veiks-nių poveikį rodikliui. Naudojant šiuo būdu nustatytą balansinę pastato vidaus tem-peratūrą, esant energijos balansui, pritekiai neturėtų būti įtraukiami į balanso lygtį.

6.4. Energijos santaupų nustatymas

Anksčiau aiškintos ar kitokios formos pastato energijos balanso lygties atskirų komponentų praktiniai skaičiavimai gali skirtis pagal detalumą, turimų faktinių duomenų įvairovę ir kiekį, sudarytojo ar skaičiuotojo kompetenciją, padarytas prielaidas. Tokių skaičiavimų pagrindu apsisprendžiant dėl pastato šilumos tau-pymo priemonių įgyvendinimo labai svarbu teisingai įvertinti šilumos taupymo galimybes. Neteisingai nustačius numatytos taupyti šilumos kiekį, po renovacijos gali paaiškėti, kad įgyvendintos šilumos taupymo priemonės neatsiperka ar atsi-perka per ilgesnį laiką, nei tikėtasi į jas investuojant lėšas. Ši problema tampa ypač skausminga, kai lėšos renovacijai gaunamos imant paskolą.

Norint teisingai įvertinti šilumos taupymo galimybes, reikia žinoti realias pas-tato šilumos sąnaudas prieš įgyvendinant šilumos taupymo priemones ir po to. Praktikoje šilumos taupymo galimybės gana dažnai nėra tinkamai įvertinamos. Kad šiuos dydžius būtų galima palyginti, jie abu turi būti nustatyti tomis pačio-mis sąlygomis. Patogiausia, kai šilumos poreikiai ir sąnaudos normalizuojami, t. y. perskaičiuojami esant norminėms lauko ir vidaus temperatūrų ir šildymo trukmės sąlygoms. Toliau aprašomi trys būdingi, bet ydingi galimo taupymo skaičiavimo būdai ir rekomenduojamas korekcinis sprendimo būdas.

Pirmasis sprendimas – galimų energijos santaupų nustatymas lyginant faktines šilumos sąnaudas su apskaičiuotu šilumos poreikiu. Šiuo atveju prognozuojamas šilumos poreikis po pastato šiluminės renovacijos nustatomas skaičiuojant atitva-rų, oro kaitos ir pritekio šilumos poreikius. Skaičiuojama dažniausiai 6.2 skyriuje aprašytomis norminėmis sąlygomis, nes orientuojamasi į ateitį, o būsimos ilgalai-kės klimatinės sąlygos nustatomos pagal ilgalaikių stebėjimų duomenis. Faktinių šilumos sąnaudų neskaičiuojama, o nustatomos užfiksuotos sąnaudos, t. y. pagal praėjusio laikotarpio turimus pirminius šilumos skaitiklių rodmenis (6.7 pav.). To-kie pirminiai duomenys sudaryti pagal ankstesnių metų konkretų temperatūrinį ir

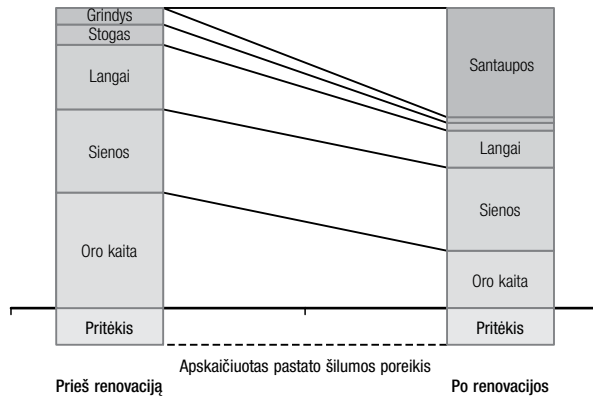


6.7 pav. Galimų energijos santaupų nustatymas lyginant faktines šilumos sąnaudas su apskaičiuotu šilumos poreikiu

kitokį klimatinį režimą. Duomenų tiesioginis lyginimas su apskaičiuotais šilumos poreikiais nėra teisingas, nes jie nėra normalizuoti (žr. 6.2 sk.).

Prieš lyginant šios realaus laikotarpio šilumos sąnaudas dar turi būti perskaičiuojamos norminėmis sąlygomis. Tai padaryti netaikant prielaidų ne visada galima, nes dažniausiai trūksta duomenų. Pavyzdžiui, reikalingo laikotarpio lauko oro temperatūrą galima gana nesunkiai rasti meteorologijos tarnybų tinklalapiuose, bet patalpų vidutinę oro temperatūrą galima nustatyti tik atliekant matavimus arba pagal gyventojų apklausas, o kartais belieka tiesiog padaryti prielaidą. Tačiau net ir sėkmingai normalizavus dar negalima patikimai lyginti esamų sąnaudų su būsimu poreikiu – juk visa tai nustatyta skirtingais metodais. Taigi reikėtų tuo pačiu skaičiavimo metodu, pagal kurį nustatytas šilumos poreikis po renovacijos, nustatyti šilumos poreikį prieš renovaciją ir palyginti jį su realiomis norminėmis šilumos sąnaudomis. Dėl atitvarų esamų šilumos perdavimo koeficientų, oro kaitos ir pritėkių prielaidas reikėtų padaryti dar iki renovacijos. Tačiau tokių metodikos ir prielaidų patikrinamųjų skaičiavimų, kuriuos būtų galima taikyti esamos padėties (iki renovacijos) energijos poreikiams nustatyti ir palyginti su normalizuotais faktiniais poreikiais, neatliekama. Toks lyginimas nėra tinkamai išbaigtas, nes analize siekiama ne tik gauti tapačius sąnaudų ir poreikių rezultatus, bet gana patikimai įvertinti būsimas santaupas.

Antrasis sprendimas – esamo energijos poreikio skaičiavimas nelyginant su realiomis energijos sąnaudomis. Tikėtina, kad šiuo atveju skaičiuotojas supranta šilumos sąnaudų normalizavimo poreikį, į jį atsižvelgia tiek atlikdamas skaičiavimus prieš renovaciją, tiek ir po renovacijos, tačiau nesinaudoja ilgalaikiais faktiniais duomenimis. Tokiu atveju numatomų šilumos santaupų reikšmės taip pat yra nepatikimos (6.8 pav.).



6.8 pav. Galimų energijos santaupų nustatymas lyginant apskaičiuotą šilumos poreikį prieš renovaciją ir po jos

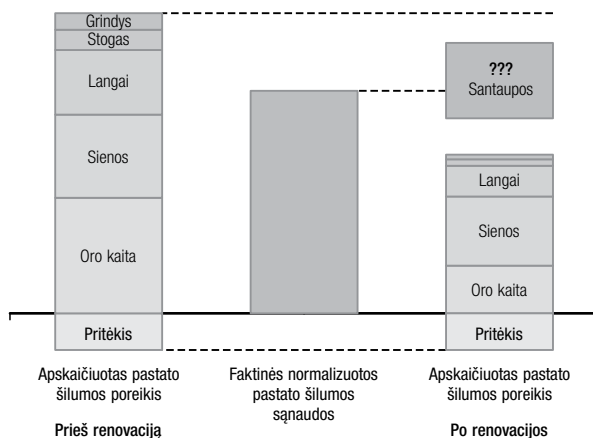
Šis energijos poreikių vertinimo principas pasirinktas Lietuvoje taikomoje metodikoje rengiant ir išduodant pastatų energinio veiksmingumo sertifikatus.

Praktinė energijos vartojimo auditų patirtis rodo, kad norminės šilumos sąnaudos ir apskaičiuotas šilumos poreikis dažniausiai nesutampa, o skirtumas gali siekti 30 % ir daugiau (apskaičiuotas šilumos poreikis, kaip įprasta, yra didesnis). Taip atsitinka dėl daugelio priežasčių. Pastato šilumos mainai su aplinka yra sudėtingas nestacionarus procesas, kurį tiksliai apskaičiuoti – nelengvas uždavinys. Inžinerinėje praktikoje šis procesas skaičiuojamas supaprastintai, remiantis stacionaraus šilumos srauto perdavimo per plokščią sienelę ir šilumos pernešimo su medžiaga lygtimis. Dėl tokio supaprastinimo atsiranda paklaidų, kurias dažnai bandoma mažinti įvairiomis empirinėmis pataisomis. Jų reikšmės dažniausiai yra tik apytikrės, be to, visada esant tam tikrai atsargai. Kai kurie pastato duomenys (parametrai) taip pat žinomi tik apytikriai, todėl (o kartais specialiai) ir jie parenkami su tam tikra atsarga. Tai pasakytina apie atitvarų matmenis, sandarumą ir šilumos perdavimo koeficientus, patalpų temperatūras ir oro apykaitą, šilumos pritėkį nuo saulės, žmonių, buitinių prietaisų ir pan.

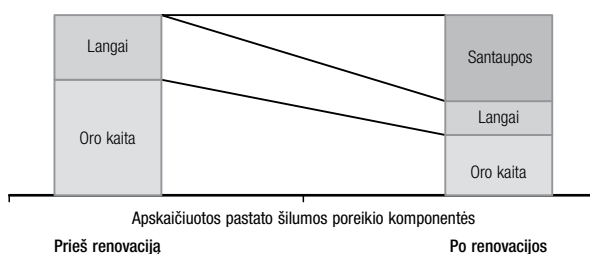
Šių pirmųjų dviejų sprendimų trūkumus iliustruoja 6.9 pav., kuriame akivaizdžiai matoma dilema – nuo kurio dydžio skaičiuoti energijos santaupas – nuo apskaičiuoto, atsižvelgiant į poreikį, ar nuo faktinių sąnaudų?

Pasirinkus vieną ar kitą būdą neišnaudojama racionali galimybė gauti patikimesnę atsakymą dėl taupymo galimybių.

Trečiasis sprendimas – tik su renovuojamais pastato elementais susijusių šilumos nuostolių ir energijos poreikio prieš ir po renovacijos skaičiavimas (6.10 pav.). Šiuo atveju sumažinamas apskaičiuotų ir realių šilumos sąnaudų skirtumas, nes skaičiuojant taikoma mažiau dydžių. Tačiau šis būdas taip pat nėra priimtinas,



6.9 pav. Apskaičiuotų poreikių ir faktinių sąnaudų lyginimo neapibrėžtumas



6.10 pav. Tik su renovuojamais pastato elementais susijusių šilumos nuostolių ir energijos poreikio prieš renovaciją ir po jos skaičiavimas

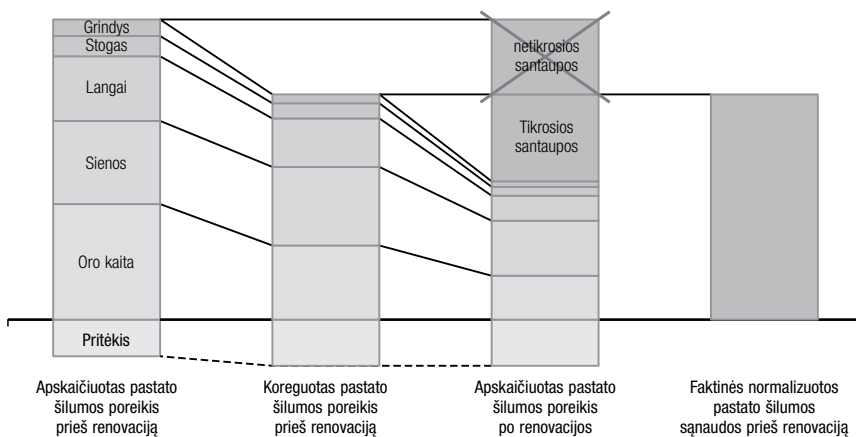
nes neparodo, kokia dalimi sumažės bendras pastato šilumos poreikis, ir dažniausiai pasiekto rezultato neįmanoma vienareikšmiškai priskirti įdiegtoms taupymo priemonėms.

Šių įprastinių sprendimų trūkumai gali būti pašalinti ar bent jau sumažinti, derinant tarpusavyje pirmuosius du sprendimus. Šiuo atveju pastato iki renovacijos pagal pasirinktas esminių komponentų charakteristikas apskaičiuotas šilumos poreikis lyginamas su normalizuotomis realiomis šilumos sąnaudomis ir esant skirtumui koreguojamas taip, kad šis skirtumas išnyktų ar sumažėtų iki priimtinos ribos. Tokiu būdu nustatytos energijos santaupos yra kur kas patikimesnės, nei nustatytos įprastiniais būdais (6.11 pav.).

Atsargos koeficientų taikymas projektuojant yra neišvengiamas – jis būtinas, siekiant, kad projektuojama sistema būtų pajėgi užtikrinti patalpose reikiamas sąlygas esant nepalankiausiam įvairių veiksnių deriniui, tačiau realios pastato eksploatacijos sąlygos retai būna maksimaliai nepalankios.

Todėl, atliekant esamo pastato energijos vartojimo auditą, būtina keisti kai kurių pastato parametrų reikšmes (patalpų temperatūras, oro kaitą, atitvarų šilumos perdavimo koeficientų vertes ir pan.) ir pasiekti, kad pastato šilumos poreikis prieš renovuojant, apskaičiuotas pagal tą pačią metodiką ir tuos pačius parametrus, kaip ir prognozuojamas po renovacijos, būtų kuo artimesnis faktinėms norminėms šilumos sąnaudoms. Tik žinant faktines šilumos sąnaudas ir apskaičiuotus šilumos poreikius (atlikus pastato šilumos balanso sudedamųjų dalių korekciją), galima pagrįstai įvertinti galimą šilumos ir išlaidų jai taupymą, įgyvendinus šilumos taupymo priemones.

Korekcija, nežinant tikslių duomenų reikšmių, formaliai neatrodytų pateisinas būdas. Tačiau praktinėje inžinerinėje veikloje tenka daryti kai kurias prielaidas ir įvertinimus, nes tiesiog trūksta duomenų. Siūlomas metodas nėra absoliučiai patikimas, nes nėra tikslaus rodiklio, kuriuos duomenis ir kaip reikia nustatyti bei kaip juos galima keisti. Jis neabejotinai patikimesnis nei tiesioginis be jokios korekcijos – teorinio šilumos poreikio ar faktinių šilumos sąnaudų taikymas sutaupyti šilumai po šiluminės pastato renovacijos įvertinti. Priklausomai nuo konsultanto kvalifikacijos ir patirties bei nuo disponuojamos neskaitinės informacijos (žmonių apklausa, vizuali objekto apžiūra ir pan.) siūlomu metodu galima pasiekti tikrai patikimų rezultatų, neatliekant detalių ilgai trunkančių ir brangiai kainuojančių matavimų. Išsprendus energijos balanso lygtį (gavus lygybę), t. y. sprendimo metu atlikus korekciją pagal pastato realias šilumos sąnaudas, nustatomas norminis pastato energijos vartojimas iki energijos priemonių įdiegimo. Gautą lygtį išsprendus taikant norimų įdiegti energijos taupymo priemonių naujus ir dažniausiai geresnius rodiklius, gaunamas energijos vartojimas po renovacijos. Gautas pirmojo (iki renovacijos) ir antrojo (po renovacijos) skaičiavimų skirtumas leidžia nustatyti galimus sutaupyti energijos kiekius. Toliau aiškinamos šios santraukos detalės.



6.11 pav. Korekcinis šilumos santaupų nustatymo būdas

Detalios energijos nuostolių, sąnaudų ir sutaupytos energijos skaičiavimo metodikos pateikiamos šiuose norminiuose dokumentuose (*STR 2.05.01:2005; STR 2.09.02:2005; STR 2.05.04:2008; STR 2.01.09:2005; EN 832+AC:2003*). Formaliai jie turėtų būti privalomi ir atliekant EVA skaičiavimus. Kita vertus, vadovaujantis racionalumo principu, turėtų būti priimtini ir supaprastinti skaičiavimo metodai, kuriuos taikant turėtų būti pateikiamos nuorodos arba jie apibūdinami. Atliekant EVA, matyt, galima būtų naudotis ir kitomis pastato ir jo inžinerinių sistemų šiluminių skaičiavimų metodikomis, tačiau sprendimą dėl jų pasirinkimo priimti ir skaičiavimus atlikti gali tik tinkamą inžinerinį išsilavinimą turintys specialistai.

Energijos taupymo priemonių parinkimo ir jų efektyvumo įvertinimo patikimumas siejamas su lygtyje nagrinėjamų balanso sudedamųjų dalių (šilumos kiekių) skaičiumi prieš įdiegiant priemones ir po to. Sudedamųjų dalių, į kurias išskaidoma balanso lygtis, skaičius turėtų būti bent jau ne mažesnis negu numatomų taikyti taupymo priemonių skaičius. Kitaip sakant, pasirinktas balanso lygties detalumas turi leisti parodyti visų nagrinėjamų taupymo priemonių įtaką energijos vartojimui. Balanso sudedamųjų dalių skaičius galėtų būti siejamas ir su EVA modelio detalumu.

Šis faktinių ir EVA skaičiuojamų šilumos poreikių balansavimas, skaidymas ir koregavimas sudaro problemos techninio sprendinio patikimumo metodinį pagrindą. Šios procedūros metu parenkami ir paskui koreguojami šie rodikliai:

- pasirinktų pastato i tipų atitvarų šilumos perdavimo koeficientai;
- j tipų patalpų oro kaita;
- patalpų t_{in} temperatūra;
- šildymo sistemos reguliavimo ir apskaitos ypatybes įvertinantys rodikliai.

Taigi pasirinkto modelio EVA duomenų surinkimo metu gauta informacija apie pastato elementų rodiklius įrašoma į energijos balanso lygtį. Ieškoma sprendinio, kuris atitinka esamus norminius šilumos poreikius šildymui ir vėdinimui $Q_{\dot{S}Ven}$, nustatytus $Q_{\dot{S}Vf}$ kairėje lygties pusėje, žinant faktines šilumos sąnaudas. Dešiniojos lygties pusės rezultatas gaunamas apytikriai žinant visų pastato šilumą perduodančių atitvarų plotą A_i ir patalpų tūrį V_j , faktinę patalpų vidaus temperatūrą $t_{int,f}$, atitvarų šilumos perdavimo koeficientus u_i , oro kaitos kartotinumą n_j , taip pat šilumos pritekio reikšmes ir nuo sistemos valdymo tobulumo priklausantį šilumos priteklių panaudos koeficientą ψ . Taip pat įvertinama pastato sistemomis iš atsinaujinančių išteklių gaunama energija ir SIS nuostoliai. Kaip įprasta, lygybės iš pradžių negaunama. Šiuo metu ypač svarbi energijos konsultanto – auditoriaus kvalifikacija (žinios, gebėjimai, patirtis), nes ja remiantis dešiniojoje lygties pusėje taikomi pastato elementų rodikliai kaitaliojami, tikslinami, kol gaunamas balansas. Faktiškai priimtinas nesąryšis apžvalginiam EVA neturėtų viršyti 10 %, o išsamiajam EVA – 5 %.

Numatomų naudoti ar analizuojamų energijos taupymo priemonių paketo sušalpa šiluma $\Delta Q_{\dot{V}n}$ nustatoma dažniausiai kaip tų priemonių nulemtų ir šiuo atveju aptartų taupymo priemonių ar kitų rodiklių pokyčių rezultatas:

$$\Delta Q_{\dot{V}n} = f(\Delta u_i, \Delta n_j, \Delta \psi, \Delta t_{\text{int}} \text{ ir kt.}). \quad (6.17)$$

Toks energijos sutaupų nustatymas leidžia mažinti investicinę riziką dėl projekto prognozių. Tik po tokio konkretaus pastato faktinių šilumos sąnaudų ir apskaičiuotų šilumos poreikių subalansavimo galima pagrįstai įvertinti galimus sutaupyto šilumos kiekius konkrečiame pastate įgyvendinus energijos taupymo priemones. Kaip jau minėta, tam reikia žinių ir profesinių įgūdžių. Netaikant šios procedūros EVA atlikimą reikėtų laikyti ne tik kad neprofesionaliai argumentuotu spėjimu, bet tiesiog būrimu, nesant patikimumo.

Pastate būtų galima išmatuoti kiekvieną reikalingą skaičiuoti rodiklį, bet tuo atveju pažeidžiamas EVA racionalumo principas, t. y. jo atlikimo kaina (dėl trumės, techninių ir žmogiškųjų išteklių) vargu ar būtų priimtina.

Kita vertus, balansavimui pasirinktų rodiklių reikšmės EVA turi būti argumentuotai pagrįstos (daromos nuorodos į naudotus projektinius, norminius dokumentus, matavimus ar apklausas).

6.4.1. Techninių rodiklių parinkimo rekomendacijos

Kaip patvirtina ir tarptautinė praktika, pastato atitvarų faktinių šilumos perdavimo koeficientų matavimų atliekant energijos auditus, kaip įprasta, nenumatoma, nes tai nepigiai kainuoja ir faktiškai gali būti atliekama tik šildymo sezonu. Vis dėlto šiuos rodiklius tenka taikyti atliekant net ir paprasčiausią šilumos poreikių skaičiavimą. Tai pasakytina ir apie atitvarų matmenis, sandarumą, patalpų oro apykaitą. Pasirenkant logiškame intervale esančias šių koeficientų reikšmes skaičiuojami šilumos poreikiai gali gerokai kisti, rezultatai gali skirtis keliomis dešimtimis procentų. Parenkant pirmines šilumos perdavimo koeficientų reikšmes, bet nesant atitvarų konstrukcijų projektinių duomenų, atitvarų šiluminių charakteristikų dydžiai prieš renovaciją gali būti nustatyti pagal pastato statybos metais galiojusias normas, taip pat įvertinus atitvarų tipą ir sudėtį. Atitvarų šiluminių charakteristikų dydžiai po renovacijos nustatomi pagal šiuo metu galiojančias normas. Grynai techniniai reikalavimai formuluojami pagal pastatą atnaujinant galiojančius statybos techninius reglamentus.

Apžvalginiam EVA (arba jei nėra pagrįstos galimybės išmatuoti ar apskaičiuoti, ir išsamiam EVA) daugelis rekomenduojamų reikšmių gali būtų panaudota iš *DRAFT prEN 15203 (2005)*, kurios pateikiamos 6.1 lentelė. Rodikliai gali būti koreguojami atsižvelgiant į faktinį žmogui tenkantį ir lentelėje nurodytą plotą.

6.1 lentelė. Rekomenduojamų įvesties techninių duomenų rodikliai, kai kitu būdu jie nenustatomi

Rodiklis	Pastato paskirtis											Matavimo vienetai	
	Individualus gyvenamieji namai	Daugiabučiai namai	Birurai	Mokslui įstaigos	Ligoninės	Restoranai	Prekybos ir paslaugų paskirties pastatai	Sporto paskirties pastatai	Viešieji pastatai (susitikimams, parodomoms)	Pramonės pastatai	Sandėliai		Plaukimo baseinai
Vidaus oro temperatūra žiemą	20	20	20	20	22	20	20	18	20	18	18	28	°C
Vidaus oro temperatūra vasarą	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	28	°C
Plotas, tenkantis vienam žmogui	60	40	20	10	30	5	10	20	5	20	100	20	m ² /žm.
Vidutinis šilumos srautas, tenkantis žmogui	70	70	80	70	80	100	90	100	80	100	100	60	W/žm.
Su medžiagų apykaita susiję pritekėjimai, tenkantys kondicionuojamų grindų plotui	1,2	1,8	4,0	7,0	2,7	20,0	9,0	5,0	16,0	5,0	1,0	3,0	W/m ²
Buvimo trukmė per dieną (vidutinė mėnesio)	12	12	6	4	16	3	4	6	3	6	6	4	h
Metinis suvartojamos elektros kiekis, tenkantis kondicionuojamam grindų plotui	20	30	20	10	30	30	30	10	20	20	6	60	kWh/m ²
Vidinė sunaudojamos elektros dalis	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	-
Lauko oro srautas, tenkantis kondicionuojamam grindų plotui ¹	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,2	0,7	0,7	1,0	0,7	0,3	0,7	m ³ /(h×m ²)
Lauko oro srautas, tenkantis žmogui	42	28	14	7	30	6	7	14	5	14	30	14	m ³ /(h×žm.)
Šiluma karštam vandeniui, tenkanti kondicionuojamam grindų plotui ¹	10	20	10	10	30	60	10	80	10	10	1,4	80	kWh/m ²

¹ Skaičiavimai atlikti remiantis bendru kondicionuojamų plotu, apskaičiuotu pagal išorinius pastato matmenis

Tokių procesų ir šilumos srautų, kaip šilumos pritekis nuo saulės, žmonių ir buitinių prietaisų, efektyvus naudojimas patalpoms šildyti priklauso nuo šildymo sistemos valdymo lygmens. Kaip įprasta, po energijos audito rekomenduoto atnaujinimo įdiegiama tobulesnė automatinė ar vartotojo reguliuojama valdymo įranga. Tai leidžia sumažinti šilumos sąnaudas, nepriklausomai nuo atitvarų šiluminių varžų. 6.2 lentelėje pateikiami rekomenduojami pritekio panaudos koeficiento dydžiai.

6.2 lentelė. Rekomenduojami pritekio panaudos koeficiento dydžiai

Šildymo sistemos valdymo lygmuo	Pritekio dydis, kWh/(m ² parai)		
	0,12	0,20	0,25
Termostatai kiekviename kambaryje + naktinis temperatūrų žeminimas (NTŽ)	1,00	1,00	1,00
Išorės oro temperatūros ir saulės radiacijos davikliai + NTŽ	1,00	1,00	1,00
Išorės oro temperatūros daviklis + NTŽ	1,00	0,99	0,97
Išorės oro temperatūros daviklis	0,98	0,92	0,86
Išorės oro temperatūros daviklis rajoninėje katilinėje (šilumos punkte), esančioje <i>arti</i> pastato	0,94	0,81	0,73
Išorės oro temperatūros daviklis rajoninėje katilinėje, esančioje <i>toli</i> nuo pastato	0,84	0,65	0,56

Informacijos dėl pritekio panaudos koeficiento skaičiavimo galima rasti *LST EN 832+AC:2003*.

Atliekant pastato energetinį auditą svarbus uždavinys – įvertinti analizuojamo pastato ar jo dalies faktinę patalpų temperatūrą $t_{inf,f}$. Įvertinimo būdas priklauso nuo EA modelio išsamumo. Analizuojamu šildymo periodu temperatūra pasirenkama kaip nuolatinė ir gali būti:

- jei nėra pastato patalpų pasirinkto temperatūrinio režimo palaikymo techninių galimybių:
 - 1) lygi pagal formalius reikalavimus nustatytai pastate vyraujančios paskirties patalpoms (pvz., gyvenamojo namo gyvenamosioms patalpoms);
 - 2) lygi pagal gyventojų (naudotojų, prižiūrėtojų) anketines ar supaprastintas apklausas nustatyta temperatūrai, atsižvelgiant į vyraujančias šios paskirties patalpų temperatūras;
 - 3) lygi pastate pagal paskirtį vyraujančiose patalpose išmatuotų temperatūrų vidurkiui;
 - 4) lygi vienu iš ankstesnių būdų nustatytų temperatūrų visų pastato patalpų svertiniam vidurkiui (pagal patalpų plotą ar tūrį);

– esant pastato patalpų pasirinkto temperatūrinio režimo palaikymo techninėms galimybėms:

- 1) lygi pastato reguliavimo įrenginiais pasirinkto temperatūrinio režimo svertiniam vidurkiui pagal pasirinktų temperatūrų palaikymo trukmę;
- 2) lygi pirmuoju atveju aptartai ir koreguotai pagal gyventojų (naudotojų) anketinėje apklausoje ar kitaip nustatytą patalpų vietinio reguliavimo naudojimo laipsnį;
- 3) lygi pastato pagal paskirtį vyraujančiose patalpose išmatuotų temperatūrų vidurkiui;
- 4) lygi vienu iš pastarųjų dviejų būdų nustatytų temperatūrų visų pastato patalpų svertiniam vidurkiui (pagal patalpų plotą ar tūrį).

Pirmasis atvejis iš abiejų grupių priskirtinas apžvalginiam EVA modeliui.

Duomenys apie normines patalpų oro temperatūras pateikiami *HN 42:2004* ir *HN 69:2003*.

Jei šie du dydžiai pagal pasirinktą tikslumą sutampa, galima tvirtinti, kad taikomo skaičiavimo metodo modelis, duomenys ir pasirinktos prielaidos atitinka tikrovę. Tik tokiu atveju galima pagrįstai teigti, kad šilumos santaupos bus lygios esamo šilumos poreikio ir prognozuojamo šilumos poreikio skirtumui.

7

ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITO EKONOMINĖS ANALIZĖS METODINIAI PAGRINDAI

Sprendimui priimti dėl pastato dalyvavimo energijos taupymo projekte ir taupymo priemonių (tik energijos taupymo priemonių ir bendrų priemonių) naudojimo taikomas energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimas, paremtas metodiškai teisingai atliktu galimų energijos taupymo priemonių techniniu įvertinimu.

Siekiant įvertinti energijos taupymo priemonių ir jų paketų ekonominį efektyvumą, suformuoti rekomenduojamą įgyvendinti energijos taupymo priemonių paketą kaip pagrindinis kriterijus yra sutaupyta energijos kaina (SEK). Kaip pagalbinius rekomenduojama apskaičiuoti tradicinius ekonominius kriterijus:

- paprastąjį atsipirkimo laiką (PAL);
- grynąją dabartinę vertę (GDV);
- vidinę gražos normą (VGN).

7.1. Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo rodikliai

Paprastasis atsipirkimo laikas

Atskiros energijos taupymo priemonės ar jų paketo paprastasis atsipirkimo laikas (PAL) yra lengvai nustatomas ekonominio įvertinimo rodiklis. Paprastasis investicijų atsipirkimo laikas nustatomas kaip metų skaičius, per kuriuos dėl energijos taupymo priemonių ar priemonių paketo sutaupyta lėšos turi padengti pradinės investicijas. Kai metinė sutaupyta suma per projekto laikotarpį išlieka tokia pati, paprastasis atsipirkimo laikas gali būti skaičiuojamas taip:

$$PAL = I/S, \quad (7.1)$$

čia I – investicijos, Lt; S – metinės sutaupyta lėšos, Lt.

PAL yra vienas dažniausiai taikomų ir lengviausiai suprantamų rodiklių. Tačiau pažymėtina, kad atskiros energijos taupymo priemonės ar paprastasis jų paketo atsipirkimo laikas tinka labai paviršutiniškam ekonominio efektyvumo įvertinimui.

Didžiausias jo ribotumas yra tas, kad visiškai neatsižvelgiama į energijos taupymo priemonės gyvavimo laiką. Pvz., langų sandarinimo ir remonto apskaičiuotas vidutinis paprastasis atsipirkimo laikas yra apie 7 metai. Neįsigilinus atrodytų, kad priemonė yra ekonomiškai efektyvi. Tačiau šios priemonės įvertintas gyvavimo laikas yra apie 5 metai, tai reiškia, kad priemonė neatsipirks per savo gyvavimo laiką, todėl ji negali būti laikoma efektyvia. Be to, paprastasis atsipirkimo laikas neleidžia vienareikšmiškai palyginti atskirų energijos taupymo priemonių. Pavyzdžiui, negalima pasakyti, kad priemonės yra vienodai veiksmingos, jei paprastasis atsipirkimo laikas yra vienodas. Gali skirtis jų gyvavimo laikas – dėl vienos priemonės suvartojamos energijos kiekis gali būti mažesnis, o jai atsipirkus kitos priemonės gyvavimo laikas gali sutapti su atsipirkimo laiku. Taigi jei pateikiamas tik paprastasis priemonių atsipirkimo laikas, nepateikus informacijos apie priemonės gyvavimo laiką, gali būti priimtas klaidingas sprendimas.

Kitas paprastojo atsipirkimo laiko ribotumo atvejis yra tas, kad neatsižvelgiama į pinigų skolinimosi kainą. Jis parodo, ar dėl įdiegtos priemonės sutaupyta lėšų pakanka paskolai grąžinti, bet neparodo, ar jų užteks paskolos palūkanoms padengti. Štai paprastasis atsipirkimo laikas – 8 metai, o paskola imama 10 metų. Be paskolos ir palūkanų mokėjimo grafiko ar papildomų ekonominio efektyvumo kriterijų sunku įvertinti, ar priemonę įdiegus gautų energijos santaupų pakaktų palūkanoms ir paskolos išmokoms padengti.

Grynoji dabartinė vertė ir vidinė grąžos norma

Siekiant objektyvesnio įvertinimo labiau tinka taikyti fundamentalius ekonominio efektyvumo įvertinimo kriterijus – grynąją dabartinę vertę (GDV) ir vidinę grąžos normą (VGN). Skirtingai nuo paprastojo atsipirkimo laiko, šie kriterijai apima investicijų nulemtą naudą per tam tikrą laikotarpį. Paprastai, įgyvendinus vieną energijos taupymo priemonę, energijos vartojimo mažėjimo laikotarpis skirsis nuo kitos priemonės, t. y. skirsis priemonių gyvavimo laikas.

Siekiant palyginti atskirų energijos taupymo priemonių ekonominį efektyvumą, būtina pasirinkti vienodą vertinamąjį laikotarpį, o skirtumas tarp atskirų priemonių gyvavimo laiko įvertinamas skaičiavimo metu naudojant reikalingas reinvesticijas ir investicijų likutinę vertę vertinamojo laikotarpio pabaigoje. Dėl to taikant GDV ir VGN kriterijus visiškai išsprendžiama problema, susijusi su priemonių gyvavimo laiku ir jo skirtumais.

Siekiant įvertinti pinigų skolinimosi kainą, GDV ir VGN kriterijai apskaičiuojami, remiantis diskontuotais pinigų srautais, t. y. taikant diskonto normą, kuri paprastai prilyginama rinkos palūkanų normai. Tokiu būdu išsprendžiama ir antroji paprastojo atsipirkimo laiko problema.

Grynoji dabartinė vertė (GDV) apskaičiuojama kaip priemonių ar jų paketo metinių investicijų ir sutaupytos energijos per tam tikrą laikotarpį dabartinių (dis-

kontuotų) verčių suma. Siekiant palyginti kelių energijos taupymo priemonių ar jų paketo ekonominę efektyvumą, turi būti nustatyta vienoda diskonto norma, kuri paprastai nusako pinigų skolinimosi kainą, ir vienodas vertinamasis laikotarpis. Skirtingų energijos taupymo priemonių gyvavimo trukmė skiriasi, todėl skaičiuojant turi būti įvertintos ir diskontuotos į esamą vertę būtinos reinvesticijos ir investicijų likutinė vertė (vertinamojo laikotarpio pabaigoje). Atskiros priemonės ar jų paketas yra ekonomiškai patrauklus tuomet, kai jų GDV vertė yra lygi arba didesnė už nulį. Lyginant kelias priemones ar jų paketus, priimtinausia yra ta priemonė ar priemonių paketas, kurio GDV yra didžiausia. Pradinės investicijos jau išreikštos esama verte, todėl jų nereikia diskontuoti.

Nepasikartojančių piniginių srautų (reinvesticijų, likutinės vertės) dabartinė vertė gali būti apskaičiuota tokia formule:

$$DV_n = PS \times (1 + d)^{-n}, \quad (7.2)$$

čia DV_n – n -ųjų vertinamojo laikotarpio metų piniginių srautų dabartinė vertė, Lt; PS – n -ųjų vertinamojo laikotarpio metų piniginiai srautai, Lt; n – metai, kuriais atsiranda piniginiai srautai.

Jeigu metiniai sutaupytos energijos kiekiai visą priemonės gyvavimo laikotarpį vienodi, jų esama vertė gali būti apskaičiuota taikant tokią formulę:

$$DV_S = S \times \frac{1 - (1 + d)^{-N}}{d}, \quad (7.3)$$

čia DV_S – sutaupytų energijos kiekių piniginių srautų dabartinė vertė per visą vertinamąjį laikotarpį N , Lt; S – metiniai sutaupyti kiekiai per vertinamąjį laikotarpį N , Lt; N – vertinamasis laikotarpis, metais.

Energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo įgyvendinimo GDV apskaičiuojama taip:

$$GDV = DV_S - I - \sum_{i=1}^N DV_n(RI) + DV_N(LV), \quad (7.4)$$

čia I – energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo pradinės investicijos, Lt; $DV_n(RI)$ – energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo reinvesticijų dabartinė vertė, Lt; $DV_N(LV)$ – priemonės ar priemonių paketo likutinės vertės vertinamojo laikotarpio N pabaigoje dabartinė vertė, Lt.

GDV palyginimo taisyklė:

- Jei energijos taupymo priemonės ar jų paketo GDV yra didesnė negu 0, priemonė ar paketas yra ekonomiškai efektyvus.
- Jei energijos taupymo priemonės ar jų paketo GDV yra mažesnė negu 0, priemonė ar paketas yra ekonomiškai neefektyvus.
- Lyginant kelias priemones ar jų paketus, priimtinausia yra ta priemonė ar priemonių paketas, kurio GDV yra didžiausia.

GDV kriterijaus rezultatai neprieštarauja SEK kriterijaus rezultatams. Tačiau, lyginant skirtingus energijos taupymo paketus, GDV taisyklė reikalauja pasirinkti paketą, kurio GDV reikšmė yra didžiausia, o SEK taisyklė leidžia pasirinkti paketą, kurio SEK reikšmė yra ne didesnė nei faktinė šilumos kaina.

Vidinės grąžos normos (VGN) kriterijus parodo investicijų pelningumo normą. VGN yra lygi tokiai diskonto normai, kuriai esant ateityje sutaupytų kiekių (ir reinvesticijų bei likutinės vertės) grynoji dabartinė vertė yra lygi pradinių investicijų vertei. Kitais žodžiais, VGN yra tokia diskonto norma, kuriai esant energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo GDV yra lygi nuliui. Jeigu energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo VGN yra aukštesnė už minimalią reikalaujamą pelningumo normą (paprastai ji prilyginama palūkanų normai, gali būti apytiksliai apskaičiuota iš rinkos palūkanų normos atėmus prognozuojamą bendros infliacijos normą), priemonė ar priemonių paketas yra ekonomiškai efektyvus. Lyginant kelias priemones ar jų paketus, priimtinausia yra ta priemonė ar priemonių paketas, kurio VGN yra didžiausia.

VGN taisyklė:

- Jeigu energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo VGN yra aukštesnė, nei minimali reikalaujama pelningumo norma, priemonė ar priemonių paketas yra ekonomiškai efektyvus.
- Jeigu energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo VGN yra žemesnė, nei minimali reikalaujama pelningumo norma, priemonė ar priemonių paketas yra ekonomiškai neefektyvus.
- Lyginant kelias priemones ar jų paketus, priimtinausia yra ta priemonė ar priemonių paketas, kurio VGN yra didžiausia.

Jeigu VGN ir GDV rezultatai vienas kitam prieštarauja, rekomenduojama vadovautis GDV taisykle.

Su energijos taupymu siejamuose projektuose PAL, GDV ir VGN rekomenduojama apskaičiuoti kaip pagalbinis kriterijus. Vertinant energijos taupymo priemones ir jų paketus, taip pat formuojant optimalų energijos taupymo paketą kaip pagrindinis kriterijus imama sutaupyta energijos kaina (SEK).

Sutaupyta energijos kaina

Energijos taupymo priemonių ekonominiam efektyvumui įvertinti taikytinas vadinamosios sutaupyta energijos kainos kriterijus (SEK). Kaip ir pirmiau apžvelgtų kriterijų atveju, šis kriterijus apima tiek priemonių gyvavimo laiką, tiek pinigų skolinimosi kainą. Sutaupyta energijos kaina apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$SEK = \frac{I}{Q_s} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}}, \quad (7.5)$$

čia I – investicijų į priemonę dydis, piniginiiais vienetais; Q_s – sutaupyta energijos

kiekis per metus, MWh; n – priemonės gyvavimo laikas, metais; d – diskonto norma, vieneto dalimis.

Paprastai, vertinant to paties atnaujinimo priemonių derinio investicijas, SEK naudojimo rezultatai sutampa su GDV ir VGN rezultatais, tačiau šis kriterijus apskaičiuojamas šiek tiek paprasčiau. Jo interpretavimas yra kiek paprastesnis. SEK kriterijus parodo, kas pigiau – taupyti energiją ar ją vartoti. Tarkime, kad energijos taupymo priemonėmis sutaupyta energijos kaina yra 100 Lt/MWh, o šilumos tarifas – 110 Lt/MWh, tuomet aišku, kad taupyti energiją yra pigiau, nei ją vartoti, ir priešingai.

Kitas SEK privalumas tas, kad jos skaitinė reikšmė nepriklauso nuo esamos ar būsimos energijos kainos. Pavyzdžiui, jei priemonės SEK reikšmė gauta aukštesnė nei esama šilumos kaina, bet žemesnė nei prognozuojama ateityje kaina, tuomet galima sakyti, kad priemonę įgyvendinti verta.

Kaip minėta, vertinamo paketo (derinio) SEK reikšmė nepriklauso nuo faktinio šilumos tarifo. Būtent SEK ir faktinio šilumos tarifo palyginimas rodo ekonominį energijos taupymo priemonės priimtinumą. Palyginimo taisyklė:

- Jeigu energijos taupymo priemonės ar jų paketo SEK yra mažesnė nei faktinis šilumos tarifas, tai priemonė ar paketas yra ekonomiškai efektyvus.
- Jeigu energijos taupymo priemonės ar jų paketo SEK yra didesnė už faktinį šilumos tarifą, tai priemonė ar paketas nėra ekonomiškai efektyvus.

SEK gali padėti nustatyti, kokias energijos taupymo priemones reikia įgyvendinti ir kokia tvarka. Sudarant galimus energijos taupymo priemonių paketus rekomenduojama vadovautis SEK reikšmėmis.

Siekiant apskaičiuoti kelių energijos taupymo priemonių SEK reikšmę, reikia atsižvelgti į tai, kad naudojant vieną priemonę sutaupyta energija priklausys nuo prieš tai buvusios šilumos taupymo priemonės (negalima tiesiogiai sumuoti atskirų priemonių naudos). Kelių priemonių (paketo) suminė SEK reikšmė apskaičiuojama taip:

$$SEK_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (SEK_{p_i} \times Q_{SP_i})}{Q_{SP}}, \quad (7.6)$$

čia SEK_p – energijos taupymo priemonių paketo sutaupyta energijos kaina, Lt/MWh; SEK_{p_i} – i -osios energijos taupymo priemonės apskaičiuota SEK reikšmė, Lt/MWh; Q_{SP_i} – i -osios energijos taupymo priemonės sutaupyti metiniai energijos kiekiai, MWh; Q_{SP} – energijos taupymo priemonių (paketo) sutaupyti suminiai metiniai energijos kiekiai, MWh.

7.1.1. Ekonominių skaičiavimų prielaidos

Nustatant tokius ekonominio efektyvumo rodiklius, kaip sutaupytos energijos kaina (SEK), grynoji dabartinė vertė (GDV) ir vidinė grąžos norma (VGN), yra priimtos tam tikros ekonominių skaičiavimų prielaidos, reikalingos šiems rodikliams apskaičiuoti.

Reali diskonto norma

Skaičiuojant tokius energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo rodiklius, kaip sutaupytos energijos kaina (SEK) ir grynoji dabartinė vertė (GDV), taikoma diskonto norma. Reali diskonto norma apskaičiuojama taip:

$$d_{reali} = \frac{i_{rinkos} - e}{1 + e}, \quad (7.7)$$

čia d_{reali} – reali diskonto norma; i_{rinkos} – rinkos palūkanų norma arba nominali diskonto norma; e – numatomas vidutinis metinis šilumos kainų augimas.

Skaičiavimo laikotarpis

Investicijų grynoji dabartinė vertė (GDV) ir vidinė grąžos norma (VGN) skaičiuojamos tam tikram laikotarpiui. Nemažai energijos taupymo priemonių daliai rekomenduojama gyvavimo laiko trukmė yra 30 metų. Todėl atliekant preliminarūs skaičiavimus, galima imti būtent 30 metų skaičiuojamąjį laikotarpį.

Reinvesticijos ir likutinė vertė

Skaičiuojant priemonių grynąją dabartinę vertę (GDV) ir vidinę grąžos normą (VGN) atsižvelgiama į būtinas reinvesticijas ir į investicijų likutinę vertę. Pavyzdžiui, jei pasirinktas 30 metų skaičiavimo laikotarpis, o atskiros energijos taupymo priemonės gyvavimo laikas nustatomas 15 metų, tai po 15 metų turi būti numatytos reinvesticijos. Jei atskiros priemonės gyvavimo laikotarpis yra 35 metai, tai po 30 metų turi būti įvertinta priemonės investicijų likutinė vertė.

Pastato atnaujinimo priemonių gyvavimo trukmė

Skaičiuojant sutaupytos energijos kainos (SEK) reikšmes, imamas atskirų energijos taupymo priemonių gyvavimo laikas. Pastato atnaujinimo priemonių gyvavimo laikas taip pat naudojamas skaičiuojant grynąją dabartinę vertę (GDV) ir vidinę grąžos normą (VGN). 7.1 lentelėje pateikiamos kai kurių pastato atnaujinimo priemonių skaičiuojamosios gyvavimo trukmės reikšmės pagal 2001 m. parengtas Aplinkos ministerijos ir VšĮ „Būsto ir urbanistikos plėtros fondas“ (dabar Centrinė projektų valdymo agentūra) rekomendacijas R 27-01 Rekomendacijos. Statinių ir jų dalių gyvavimo skaičiuojamosios trukmės įvertinimas (2001).

7.1 lentelė. Priimtos pastato atnaujinimo priemonių skaičiuojamosios gyvavimo trukmės reikšmės

Pastato atnaujinimo priemonės	Skaičiuojamoji statinio dalies gyvavimo trukmė, metais
Langų keitimas	50
Stogo remontas ir šiltinimas	30
Išorinių pastato sienų šiltinimas	60
Išorinių durų keitimas	50
Laiptinių remontas	30

7.2. Pastato elementų fizinės būklės skaitinis įvertinimas

Pastatų atnaujinimo energijos taupymo projektų priimtinumui vertinti taikant klasikinį ekonominio vertinimo požiūrį neatsižvelgiama nei į šešis esminius reikalavimus pastatams, nei į darnios plėtros koncepcijas ir principus šiame sektoriuje. Kita vertus, pastatų atnaujinimo priemonių, susijusių ne tik su energijos taupymu, bet ir su pastato elementų būklės pagerinimu, įgyvendinimą neretai sunku pagrįsti ekonominiu efektyvumu, vertinant tik energijos taupymo naudą. Todėl tikėtina, kad energijos konsultantai kai kuriais atvejais sąmoningai stengiasi pateikti pastatų energetiniuose audituose ir pastatų atnaujinimo energijos taupymo investiciniuose projektuose dirbtinai padidintus atskirų energijos taupymo priemonių dydžius, siekdami gauti priimtina bendrą atnaujinimo priemonių paketo ekonominį efektyvumą. Šią problemą spęsti padeda bendros pastato būklės įvertinimas.

Vienas iš pirmųjų žingsnių įtraukiant šiuos aspektus į projektų vertinimą yra pripažinti, kad kai kurių energijos taupymo priemonių, susijusių su dvejoja pastatų atnaujinimo nauda, įgyvendinimas leidžia ne tik taupyti energiją, bet ir atstatyti nusidėvėjusių pastato elementų būklę.

Toliau aptariamas VGTU Pastatų energetikos katedros ir Lietuvos energijos konsultantų asociacijos pasiūlytas metodas. Tai vienas iš galimų būdų, kai, atsižvelgiant tiek į sutaupytus energijos kiekius, tiek į pastato būklės pagerinimą, galima įvertinti pastato elementų atnaujinimo naudą (plačiau žr. Martinaitis *et al.* 2004). Ši netiesiogiai išreikšta nauda atsiranda, kai išvengiama bendros pastato vertės sumažėjimo, atstatant funkcinį ir saugumo požiūriu prarastas elementų technines savybes.

Kitai variant, kai kurių energijos taupymo priemonių įgyvendinimo nauda susijusi ne tik su energijos taupymu, bet ir su pastato elementų būklės pagerinimu ir kartu su pastato ilgaamžiškumu bei jo bendra verte. Kaip pagrindinis rodiklis

pasiūlytas *pastatų elementų būklės atstatymo koeficientas* (PEBAK). Pagal PEBAK pastato atitvarų renovacijos investicijos skirstomos į dvi dalis, t. y. nustatoma, kokia dalis investicijų galėtų būti priskirta pastato elementų būklei pagerinti. Kita dalis priskiriama energijos taupymui. Ekonominis efektyvumas skaičiuojamas tik investicijoms, susijusioms su energijos taupymu. Kita vertus, toks metodinis veiksmas leidžia sujungti energijos sąnaudų ir nekilnojamojo turto vertės pokyčių vertinimą.

Šiuo atveju elemento gyvavimo laikas suprantamas kaip laikas, po kurio elementas turi būti pakeistas arba visiškai atnaujintas. Laikas iki būtinos elemento rekonstrukcijos yra tas laikas, po kurio elementas turi būti iš dalies atnaujintas. Kitas žingsnis – įvertinti, ar esama elementų būklė iš tikrųjų atitinka pastato amžių. Pavyzdžiui, nors pastatas yra pastatytas prieš 10 metų, kai kurių atitvarų būklė gali būti labai bloga. Todėl reikia numatyti atitvarų būklės ekspertinį korekcijos koeficientą. Koeficientas nustatomas pastato apžiūros metu. PEBAK gali būti apskaičiuojamas dvejopai – taikant tiesinę ir netiesinę nusidėvėjimo funkciją.

Taikant tiesinę funkciją, PEBAK lygus:

$$\kappa = t_{amž} / t_{gl}, \quad (7.8)$$

čia t_{gl} – elemento gyvavimo laikas, metais; $t_{amž}$ – elemento faktinis amžius, metais. Elemento gyvavimo laikas suprantamas kaip nuo jo įrengimo praėjęs laikas, po kurio elementas turi būti pakeistas arba visiškai atnaujintas. Šias reikšmes reglamentuoja statybos normatyviniai dokumentai ir nurodo įrangos gamintojai. Nustatant pastato elementų būklės atstatymo koeficientą pagal (7.8) lygtį, skaičiuojamas tiesinis nusidėvėjimas, tačiau skirtingų pastato elementų nusidėvėjimas dažniausiai turi netiesinį pasiskirstymą. Norint jį tai atsižvelgti, κ reikšmei nustatyti gali būti naudojami ir sudėtingesni skaičiavimai (plačiau¹).

Taigi pastato elementų būklės atstatymo koeficientas nurodo, kokia renovacijos priemonės investicijų dalis gali būti skiriama atskiro pastato elemento būklei atstatyti. Tada kita dalis priskiriama energijos taupymui. Pavyzdžiui, jei langams apskaičiuotas 60 % PEBAK, investicijos energijai taupyti sudarys tik 40 % visų investicijų, pvz., langams keisti.

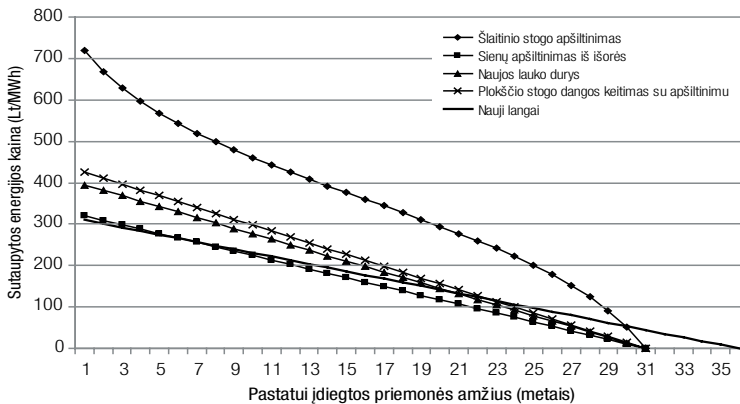
Ekonominis priemonės efektyvumas, taikant sutaupytos energijos kainos kriterijų (pagal (7.5) formulę), vertinamas tik tai investicijų daliai, kuri susijusi su energijos taupymu. Todėl jei atskiro pastato elemento nusidėvėjimo lygis yra aukštas arba net lygus vienetui, visos investicijos bus priskirtos pastato būklei atstatyti, o ekonominis priemonės efektyvumas bus didžiausias, t. y. SEK bus lygi nuliui. Kitaip sakant, kad pastatas toliau galėtų normaliai funkcionuoti, šį elementą būtina pakeisti – to neatlikus į kitus elementus įdiegtos efektyvios energijos taupymo priemonės ribiniu atveju gali būti net sunaikintos.

Galutinė SEK skaičiavimo formulė, įvertinus κ , yra:

$$SEK_P = (1 - \kappa) \times \frac{I}{Q_s} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}}. \quad (7.9)$$

7.1 pav. pateiktas atskirų taupymo priemonių SEK_P reikšmių grafinis vaizdas.

Šlaitinio stogo šiltinimo sutaupytos energijos kainos pasiskirstymas pavaizduotas 7.1. paveiksle, taikant netiesinį PEBAK skaičiavimą, o kitų priemonių SEK – tiesinį PEBAK skaičiavimą.



7.1 pav. Kai kurių energijos taupymo priemonių SEK reikšmės priklausomybė nuo pastato konstrukcijos elemento amžiaus

Žinant naudojamos pastate energijos esamą kainą, iš grafiko galima numatyti laiką, nuo kada, be kitų funkcijų, ir energijos sąnaudoms turintį įtakos pastato elementą būtų tikslinga iš esmės renovuoti ar pakeisti. Tai būtų taškas, kuriame SEK kreivė susikerta su energijos kainą šioje vietovėje atitinkančia horizontale.

7.2.1. Pastato naudojimo ir priežiūros išlaidų įvertinimas

Naudojant pastatą patiriama tam tikrų pastato naudojimo ir priežiūros išlaidų. Pastato naudojimo išlaidas sudaro išlaidos už suvartotą energiją, t. y. elektrą, kurą, šilumą, įskaitant karštą ir šaltą vandenį. Pastato priežiūros išlaidas sudaro prevencinei ir korekciniai priežiūrai skirtos išlaidos. Konkrečiam namui šildymo ir karšto vandens priežiūros tarifai apskaičiuojami priklausomai nuo namo ploto, sistemų amžiaus ir atliekamų darbų.

Visos išvardytos pastato naudojimo ir priežiūros išlaidos turi kiekybinę tarpusavio priklausomybę. Priežiūros veikla įgyvendinamos priemonės, priklausomai nuo jų poveikio tam tikroms pastato fiziniams savybėms, turi mažesnės ar didesnės įtakos išlaidoms energijai. Racionaliai pasirinktos ir panaudotos priežiūros priemonės dažniausiai mažina energijos poreikius. Tačiau jos gali ir neturėti tam įtakos,

o kartais net padidinti energijos poreikius (pvz., saugumo sumetimais padidinus apšvietimą).

Renovacijos priemonių įgyvendinimas darys poveikį renovuoto pastato naudojimo išlaidoms – jos mažės. Galima tikėtis, kad pastato priežiūros išlaidos irgi mažės, nes prižiūrėti atnaujintą pastatą bus paprasčiau, o kartu ir pigiau. Kita vertus, aukštesnės kvalifikacijos specialistų reikalaujanti priežiūra gali būti ir brangesnė. Šia informacija disponuoja pastatų priežiūros įmonės.

7.3. Energijos taupymo priemonės ir jų paketai

Nustačius pagrindinius duomenis apie pastato konstrukcijų šilumines savybes ir būklę, išnagrinėjus veikiančių inžinerinių sistemų energijos sąnaudas, atlikus energijos poreikių balansavimą (šilumos kiekių išskaidymą, rodiklių korekciją), nustatomos pastato suminės norminės šilumos sąnaudos ir numatomos galimos pastato atnaujinimo priemonės.

Pastato atnaujinimo priemonės techniniu požiūriu gali būti skirstomos į tris grupes: konstrukcinės priemonės, energijos taupymo priemonės ir jungtinės priemonės. Visos dviejų pastarųjų grupių priemonės sudaro energijos taupymo priemonių paketą.

Energijos taupymo priemonės dažniausiai apima aktyvių pastato sistemų rekonstravimą. Šių pastato sistemų atnaujinimas sutaupo didelę pastato energijos išlaidų dalį. Prie energijos taupymo priemonių gali būti priskiriamas šilumos punkto keitimas, šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo, karšto vandentiekio sistemų, elektros tiekimo tinklų ir apšvietimo įrangos atnaujinimas.

Konstrukcinės priemonės yra skirtos tik pastato elementų techninei būklei atstatyti: balkonų konstrukcijų remontas, įėjimo į laiptines ir stogelių virš jo remontas, namo cokolio ir nuogrindų remontas, šalto vandens vandentiekio sistemos atnaujinimas ir pan. Konstrukcinių priemonių įgyvendinimo rezultatas – atstatyta prasta tam tikro pastato elemento ar inžinerinės sistemos techninė būklė ir tik labai nedideli sutaupyti energijos kiekiai, kurių procentinė dalis pagal bendrą pastato suvartojamos energijos kiekį yra mažesnė nei 1 %. Taigi jos nelaikomos energijos taupymo priemonėmis. Tiesa, šalto vandens vandentiekio sistemos atnaujinimas leidžia sumažinti vertingo gamtinio išteklių – vandens – vartojimo apimtį.

Dalis pastato atnaujinimo priemonių yra susijusios ir su energijos taupymu, ir su pastato elementų būklės atstatymu. Tokios priemonės vadinamos jungtinėmis atnaujinimo priemonėmis. Jungtinės priemonės yra langų keitimas, stogo remontas ir šiltinimas, išorinių pastato sienų šiltinimas, išorinių durų keitimas ir laiptinių remontas. Įgyvendinus šias priemones labai pakinta pastato elementų šiluminių charakteristikų reikšmės.

Galimas kiekybinis energijos taupymas nustatomas atlikus konkrečius skaičiavimus. Įvertinus išdėstytą metodiką, esamą pastato energijos vartojimo padėtį, nurodant numatomos naudoti atnaujinimo priemonės apimtis (kiekius) ir pagrindines charakteristikas po atnaujinimo, gaunamos numatytos įgyvendinti priemonės santaupų teorinės reikšmės, esant norminiam pastato poreikiui. Skaičiuojant pasyvios priemonės (dažniausiai atitvarų pagerinimo santaupos) įvertinamos šilumos perdavimo koeficiento Δu_i pokyčiu, gaunant santaupas šiluminės energijos vienetais (kW ar pan.). Šios santaupos gali būti įvertintos ir procentais pagal esamą energijos vartojimo apimtį.

Statinio inžinerinėmis sistemomis (kitaip dar vadinamomis aktyviomis sistemomis) pasiektos santaupos nustatomos remiantis turimais skirtingo tipo renovuotų gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų stebėsenos (monitoringų) rezultatais, specialistų rekomendacijomis. Jos dažnai nurodomos procentais nuo esamos energijos vartojimo apimties. Skaičiuojant pastato atnaujinimo priemonių paketo (kurį sudaro tiek energijos taupymo, tiek jungtinės, tiek konstrukcinės priemonės) sutaupymą procentais, bendros santaupos yra mažesnės negu atskirų priemonių procentinių santaupų suma. Bendros šių priemonių paketo santaupos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$Q_{SP} = Q_n \times \left[1 - ((1 - S_{p1}) \times (1 - S_{p2}) \times \dots \times (1 - S_{pn})) \right], \quad (7.10)$$

čia Q_{SP} – bendri energijos taupymo priemonių paketo sutaupyti kiekiai, kWh/metus; $S_{p1}, S_{p2}, \dots, S_{pn}$ – kiekvienos priemonės sutaupyti kiekiai, nuošimčiais; Q_n – norminis šilumos poreikis prieš renovaciją, kWh/metus.

7.3.1. Galimų atnaujinimo priemonių paketų sudarymas

Energijos taupymo priemonių paketai ekonominiu požiūriu skirstytini į tris prioritetines grupes. Preliminariam skirstymui galima taikyti paprastojo atsipirkimo laiko rodiklį. Pirmoji grupė, kai PAL ≤ 2 metai, antroji PAL 2–10 metų, trečioji PAL ≥ 10 metų. Taigi jų prioritetą nusako energijos santaupų ir investicijų santykis.

Sudarant galimus renovacijos priemonių paketus (pagal preliminarų skirstymą – mažų, vidutinių ir didelių investicijų paketai), vadovaujamosi sutaupytos energijos kainos (SEK) rodikliu.

Pagrindinis rodiklis, padedantis įvertinti energijos taupymo priemones, yra SEK, kurios taisyklė tokia: jei energijos taupymo priemonės ar jų paketo SEK yra mažesnė negu esamas šilumos tarifas, tuomet energijos taupymo priemonių ar jų paketas yra ekonomiškai priimtinas; ir atvirkščiai, jei SEK didesnė už esamą šilumos tarifą, tuomet energijos taupymo priemonės ar jų paketas yra ekonomiškai nepatrauklus.

Pirmajame pastato atnaujinimo aukšto prioriteto priemonių pakete (7.2 lentelė) yra tik pačios būtinausios energijos taupymo priemonės, tokios kaip šilumos punkto keitimas, dalinis šildymo sistemos atnaujinimas, dalinis karšto vandentiekio sistemos atnaujinimas, stogo remontas ir šiltinimas, dalinis šalto vandentiekio sistemos atnaujinimas. Tai yra pagrindinės ir būtinos priemonės, kurias naudojant sutaupyta energija leidžia šių priemonių paketui atsipirkti ne ilgiau kaip per 10 metų.

7.2 lentelė. Rekomendacijos preliminariam energijos taupymo priemonių paketui pasirinkti

Energinis taupymo priemonė	Preliminarus energijos taupymo priemonių paketų pasirinkimas					
	aukšto energinio prioriteto priemonės		vidutinio energinio prioriteto priemonės		žemo energinio prioriteto priemonės	
	I		II		III	
	G	VPP	G	VPP	G	VPP
Stogo šiltinimas					*	*
Išorinių sienų šiltinimas					*	*
Langų keitimas			*	*	*	*
Rūsio perdangos šiltinimas					*	
Laiptinių / vestibulių atnaujinimas			*		*	
Lauko durų pakeitimas		*		*		*
Vėdinimo (OK) sistemos atnaujinimas				*		*
Temperatūrinio režimo valdymo įrengimas		*	*	*	*	*
Šildymo sistemos balansavimas	*	*	*	*	*	*
Šilumos punkto pakeitimas / atnaujinimas		*		*		*
Vamzdynų šiluminės izoliacijos pagerinimas	*	*	*	*	*	*
Karšto vandens sistemos atnaujinimas	*	*	*	*	*	*
Elektros instaliacijos keitimas ar pertvarkymas				*	*	*
Apšvietimo sistemos keitimas ar pertvarkymas		*		*	*	*

Antrasis pastato atnaujinimo vidutinio prioriteto priemonių paketas apima didesnių investicijų reikalaujančias energijos taupymo priemones – šilumos punkto keitimą, naujos šildymo sistemos ir telemetrinės apskaitos įrengimą pastate, naujos karšto vandentiekio sistemos įrengimą, elektros tiekimo tinklų ir apšvietimo įrangos dalinių keitimą, langų keitimą, stogo remontą ir šiltinimą, išorinių durų keitimą, laiptinių remontą, vėdinimo sistemų atnaujinimą, naujos šalto vandentiekio sistemos įrengimą.

Trečias pastato atnaujinimo žemo prioriteto priemonių paketas pats brangiausias ir apima ne tik antrame renovacijos priemonių pakete numatytas priemones, bet ir papildomai įtraukia išorės pastato atnaujinimą, kaip antai: išorinių pastato sienų šiltinimą, balkonų remontą, įėjimo į laiptines ir stogelių remontą bei namo cokolio ir nuogrindų remontą. Šiuo atveju nepateikiama baigtinio galimų taupymo priemonių sąrašo. Priklausomai nuo pastato atnaujinimo uždavinių ir galimybių, auditorių, projektuotojų išradingumo, technologinių naujovių, priemonių paketas gali būti labai įvairus, apimti kitas energijos rūšis (elektrą, kurą), ne tik šilumą.

7.3.2. Atnaujinimo priemonių investicijų vertinimas

Pastatų atnaujinimas formaliai priskirtinas priežiūrai, t. y. plačiaja prasme jis apima remontus ir atnaujinimą (renovaciją). Šiuo atveju sprendimai priimami energijos taupymą laikant svarbiu, bet ne svarbiausiu ar vieninteliu atnaujinimo tikslu. Dėl nemažo vienu metu reikalingų investicijų dydžio, priimant sprendimus, atnaujinimo priemones reikia kruopščiau įvertinti. Šiuo atžvilgiu svarbios yra investicijų dydžio apribojimo sąlygos. Tokią priimtina finansinę riziką garantuojanti riba yra esamo (ENTK) ir naujai statomo (NNTK) nekilnojamojo turto kainų skirtumas atnaujinamam pastatui priskirtinoje vietoje. Investicijų dydis yra ribojamas pastato rinkos vertės po atnaujinimo ir iki atnaujinimo skirtumu. Tam tikri koregavimo daugiskiai gali būti taikomi įvertinant vietovės perspektyvumą šiuo požiūriu.

Atnaujinimo projekto taikomų priemonių investicijų vertinimas vyksta tokia seka:

A. Pastato atnaujinimo varianto investicijų nustatymas:

- suformuojamas naujos statybos techninius reikalavimus ir pastato saviniko poreikius atitinkantis atnaujinimo priemonių paketas, kurio investicijos yra artimos naujai statomo ir esamo nekilnojamojo turto kainų skirtumui.

B. Investicijų suskaidymas į komponentus ir jų grupavimas:

- atskiriamos homogeninių atnaujinimo priemonių investicijos, t. y. vienos susijusios tik su energijos naudojimo sistemomis, o kitos, visiškai nesusijusios su energijos vartojimu, vadinamos konstrukcinės atnaujinimo priemonėmis, gerinančiomis tik techninę ar mechaninę pastato elementų būklę;
- dvigubą naudą duodančių jungtinių atnaujinimo priemonių investicijos yra padalijamos į dvi – energijai taupyti ir konstrukcijai atstatyti – dalis, taikant pastatų atitvarų būklės atstatymo koeficientą PEBAK;
- energijai taupyti priskiriamos investicijos gaunamos sudėjus energijos tau-

pymo priemonių ir jungtinių atnaujinimo priemonių pagal PEBAK koeficientą priskirtos energijai taupyti dalies investicijas;

- konstrukcijai atstatyti priskiriamos investicijos, gaunamos sudėjus konstrukcinių atnaujinimo priemonių ir jungtinių atnaujinimo priemonių pagal PEBAK koeficientą priskirtos konstrukcijai atstatyti dalies investicijas.

C. Investicijų priimtimumo vertinimas:

- energijos taupymo investicijos vertinamos atsižvelgiant į sutaupytos energijos kainos (SEK) kriterijų, todėl energijai taupyti priskirtos investicijos neturėtų viršyti SEK kriterijumi apibrėžtų investicijų;
- netenkinant šių sąlygų, t. y. viršijant šį reikalavimą, nustatomas investicijų perviršis, kuris gali būti nagrinėjamas toliau ieškant investavimo šaltinio, arba peržiūrimos atitinkamos atnaujinimo priemonės, kol sąlyga bus tenkinama;
- vertinama, kokią konstrukciją atstatyti, kad priskirtų investicijų apimtį kompensuotų pastato priežiūrai ir remontui per praėjusį laikotarpį skirtos sukauptos įmokos, įvertinant sutartas jų kaupimo ir naudojimo sąlygas (jei iš viso tokių santaupų yra).

D. Atnaujinimo paketo ir finansavimo šaltinių pasirinkimas:

- likusioms nepadengtoms investicijoms parenkamos galimos naudoti valstybinių atnaujinimo programų, paramos (municipalinės ir tarptautinės) fondų, komercinių bankų kreditų lėšos pagal jų naudojimo reglamentą;
- susiformavęs skirtumas vertinamas nagrinėjamos vietovės nekilnojamojo turto rinkos rizikos požiūriu ir priimamas sprendimas dėl pasirinktų atnaujinimo priemonių paketo priimtimumo ar rekomenduojamų pakeitimų. Numatomi galimi finansavimo šaltiniai.

Toks pastatų atnaujinimo sprendinių vertinimas leidžia suderinti proceso dalyvių interesus ir galimybes, atsižvelgiant tiek į pastatų sektorių veikiančią trumpalaikę rinkos formuojamą aplinką, tiek į ilgalaikę pastatams keliamų techninių reikalavimų aplinką. Pastarąja išreiškiama valdžios politinė valia darnios pastatų plėtros srityje. Konkretesniu atveju šis algoritmas tinkamas parenkant pastatų atnaujinimo tarptautinių, valstybės ar savivaldos investicinių fondų paramos programų, projektų reglamentus, investicijų apimtis. Komerciniai bankai, atsižvelgdami į išskaidytų veiksmų saveiką, galėtų palankiau vertinti savo galimybes dalyvauti pastatų atnaujinimo programose. Šis algoritmas jiems padėtų parengti patikimesnius pasiūlymus pastatų savininkams. Plačiau apie šią investicinio paketo formavimo metodiką rašė V. Martinaitis, E. Kazakevičius, A. Vitkauskas (2007).

Visas pastato atnaujinimo projekte numatytas investicijas sudaro atskirų pastato elementų atnaujinimo priemonių suma. Pagal pirmiau išdėstytą uždavinio sprendimo algoritmą rengiant atnaujinimo projektą ši suma palyginama su esamo ir naujai statomo pastato kainų skirtumu.

8

PASTATŲ FAKTINIŲ SĄLYGŲ FIZINIAI MATAVIMAI

Atliekant energinį auditą ar monitoringą būtina žinoti objekto esamą padėtį (pastato vidaus mikroklimato sąlygas, energijos sąnaudas, sistemų temperatūrinius režimus ir pan.). Tuo tarpu esamų projektinių ir faktinių duomenų ne visuomet pakanka. Atliekamo audito galima apčiuopiama nauda ir pasiūlytų įgyvendinti energijos taupymo priemonių rezultatai tiesiogiai priklauso nuo teisingo ir tinkamo esamos energinių srautų padėties pastate įvertinimo. Auditorius turi sugebėti pasinaudoti pastate jau esančiais energijos sąnaudas fiksuojančiais įrenginiais, jų kaupiama informacija, tačiau siekiant tikslesnių, detalesnių rezultatų, dažnai būtinas papildomas esamos padėties analizavimas, naudojant matavimo ir duomenų kaupimo įrenginius. Ypač šių įrenginių poreikis išryškėja, kai analizuojamas sudėtingas daug energijos srautų turintis objektas, kuriame vyksta įvairūs kintantys laike procesai. Vien projektinių ar ilgo laikotarpio vidutinių rodiklių nepakanka.

Tinkama esamos padėties analizė leidžia tiksliau nustatyti norminius pastato energijos poreikius, lengviau identifikuoti problemines vietas ir pasiūlyti efektyvesnius jų sprendinius.

Pastatuose atliekamą energinių srautų matavimą galima skirstyti pagal du pagrindinius požymius: matavimo vietą; veikimo trukmę.

Pagal matavimo vietą:

- pastato vidaus charakteristikų matavimas;
- išorinių charakteristikų matavimas.

Pagal veikimo trukmę:

- nuolatinis matavimas (prietaisai, įmontuoti esamose energinėse sistemose, nenutrūkstamai fiksuoja energijos sąnaudas);
- momentinis matavimas (momentinis esamos padėties fiksavimas naudojant paprastus ir nebrangius prietaisus);
- laikinas parametrų matavimas ir duomenų kaupimas (audito konsultanto sumontuojama ir paliekama ilgesniam laikotarpiui faktinių rodiklių fiksavimo ir duomenų kaupimo įranga).

Nuolatiniai rodiklių matavimo prietaisai būna jau įrengti esamose pastato inžinerinėse sistemose. Jie dažniausiai naudojami siekiant atsiskaityti su paslaugos

teikėju, todėl faktiškai visuomet įrengiami įvadinėse sistemų vietose ir gana dažnai parodo suminius viso pastato rodiklius. Išskyrus retas išimtis, minėti matavimo prietaisai neturi duomenų kaupimo galimybių, duomenys nurašomi rankiniu būdu ir ne visuomet reguliariai. Dinaminėms pastatų charakteristikoms gauti šių prietaisų pateikiamų duomenų nepakanka.

Momentinius matavimo įrenginius dažniausiai naudoja auditorius, norintis įvertinti faktinę momentinę rodiklių reikšmę. Tokiu būdu greitai gaunama informacija apie esamą pastato patalpų mikroklimato būklę ar veikiančios sistemos momentinius rodiklius. Tokio tipo matavimo įrenginiai būna santykinai pigūs, tikslumas – žemas. Šio matavimo trūkumai: išmatuoti dydžiai apima tik labai trumpą laikotarpį, todėl visiškai neatspindi esamos faktinės padėties per ilgą (pavyzdžiui, šildymo sezoną) laikotarpį. Toks matavimas taip pat neatskleidžia pastato sistemų ir kitų charakteristikų kitimo laike, todėl negalima identifikuoti nei darbo režimo problemų, nei galimų energijos taupymo priemonių.

Siekdamas tikslesnių rezultatų ten, kur nėra nuolatinių rodiklių matavimo įrenginių, auditorius turėtų naudoti **laikinius** parametrų matavimo įrenginius. Tokie prietaisai turi turėti galimybę duomenis kaupti norimu (programuojamu) laiko žingsniu. Atliekant didelio pastato kompleksinį ilgalaikį stebėjimą, duomenų kaupimas ir siuntimas turėtų būti numatytas nuotoliniu būdu. Tokiu atveju pranašumą įgauna tie įrenginiai, kurių gamintojai gali pasiūlyti platų pasirinkimą įvairiausių rodiklių matuojančių jutiklių, kurie jungiami į vieną ar kelis duomenų kaupimo įrenginius. Tokiu atveju išvengiama sinchronizacijos klaidų ir duomenų apdorojimo laikas taip pat gerokai sutrumpėja. Tokie kompleksiniai įrenginiai turi turėti atsarginę energijos maitinimą, jei kartais nutrūktų pagrindinis, bei duomenų išsaugojimo galimybę. Tuo atveju, kai rodiklių matavimo taškai yra plačiai išsibarstę, gali būti naudojami kompaktiški nedideli prietaisai, kurie turi savo energijos šaltinį ir galimybę kaupti duomenis.

8.1. Matuojami dydžiai

Faktinę pastato energinę padėtį nusako kompleksas įvairių rodiklių. Tam, kad būtų įmanoma identifikuoti tikėtiną taupymo priemonių potencialą, būtina sudaryti esamos padėties bendrą vaizdą – reikia įvertinti patalpų mikroklimato sąlygas: kaip jos užtikrinamos, ar atitinka norminius reikalavimus; jei neatitinka, tai kodėl; kokie energijos šaltiniai yra didžiausi; kokia yra to priežastis ir panašūs klausimai turi būti atsakyti, jei auditu norima pasiekti gerų energijos ir finansų taupymo rezultatų. Pagrindiniai ir dažniausiai matuojami dydžiai yra šie: temperatūra, santykinė drėgmė, šilumnešio debitas, oro judrumas, oro kaita, apšvietimo intensyvumas, elektros sąnaudos, CO₂ koncentracija, atitvarų šilumos perdavimo koeficientas ir pan.

8.2. Pastato vidaus charakteristikų matavimas

Siekiant įvertinti objekto esamą padėtį gana dažnai reikia žinoti patalpose palai- komas mikroklimato sąlygas: reikia matuoti temperatūrą, santykinę drėgmę, oro judrumą, apšviestumą, triukšmo lygį ir pan. Vertinant inžinerines sistemas, kurios užtikrina reikiamas pastato mikroklimato sąlygas, tenka vertinti faktinius energijos srautus (šilumos, elektros, vandens, kuro sąnaudas), todėl reikia matuoti įvairių srautų debitus, judėjimo greitį, temperatūrą, slėgį, srovės stiprumo kitimą, energi- jos gamybos įrenginių degimo produktų sudėtį ir pan. Analizuojant pastato techni- nes ir šilumines charakteristikas tenka matuoti esamų atitvarų šilumos perdavimo koeficientą, konstrukcijų stiprumą, vandens įgertį ir pan.

Tolesniuose skyreliuose trumpai apžvelgiami galimų dažniausiai matuojamų ro- diklių matavimo būdai ir technologijos. Trumpai apibūdinamas veikimo principas, matavimo ribos, privalumai ir trūkumai. Nors daugiausia dėmesio skiriama gali- mybei matuoti rodiklius ir šiuos duomenis kaupti, taip pat nepamirštami tradiciniai matavimo prietaisai, kurie gali būti ir dažniausiai jau yra įrengti esamose pastato inžinerinėse sistemose.

8.3. Temperatūros matavimas

Temperatūra yra dažniausiai matuojamas rodiklis. Priklausomai nuo tikslumo ir matavimo laikotarpio, taikomi įvairūs matavimo principai ir įranga. Pagal matavi- mo principą galima išskirti šio tipo temperatūros matavimo įrenginius:

- skysčio termometrai;
- manometriniai termometrai;
- deformaciniai (bimetaliai) termometrai;
- varžos termometrai;
- termoporos;
- termistoriai;
- radiaciniai (pirometrai, termovizoriai).

Dažnai, atsižvelgiant į matavimo prietaisus, matavimo paklaidos priskiriamos tam tikrai tikslumo klasei. Tikslumo klasė – tai redukuotoji santykinė paklaida: absoliutinės paklaidos ir matavimo ribos santykis ($\delta = \Delta x/x_{rib} \cdot 100\%$) būna 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4, o jei nenurodyta, tai $\delta > 4\%$. Kai kurių rodiklių reikiamas matavimo įrenginių tikslumas nurodomas norminiuose dokumentuose.

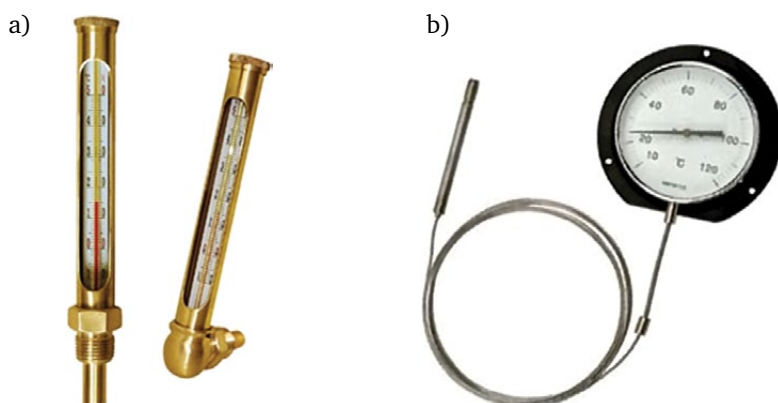
8.3.1. Skysčio termometrai

Skysčio termometrų veikimo principas pagrįstas skysčio tūrio plėtimosi savybe vei- kiant temperatūrai. Tūrio pokyčiai veikiant temperatūrai parodomi linijinėje skalė- je, kuri sugraduota laipsniais. Šių termometrų matavimo ribos, priklausomai nuo

skysčio, kuris naudojamas stikliniame termometro vamzdelyje, yra gana siauros. Trūkumai – mažas tikslumas, inercija, sunku prijungti prie kompiuterizuotos sistemos ir kaupti duomenis. Šie termometrai dažniausiai naudojami momentinėms reikšmėms nustatyti.

8.3.2. Manometriniai termometrai

Manometrinių termometrų (8.1 pav.) veikimo principas pagrįstas skysčio ar dujų, esančių sandarioje termosistemoje, slėgio priklausomybe nuo temperatūros. Šių prietaisų matuojamos temperatūros intervalas yra nuo -150 iki $+1000$ °C (tikslumo klasė nuo 1 iki 2,5). Jie gali būti parodyti ir užrašyti, taip pat juos galima jungti į kompiuterizuotą sistemą. Tokie termometrai dažniausiai naudojami gamybinių procesų parametrams nustatyti ir apsauginėse sistemose. Jų trūkumas – inertiškumas.

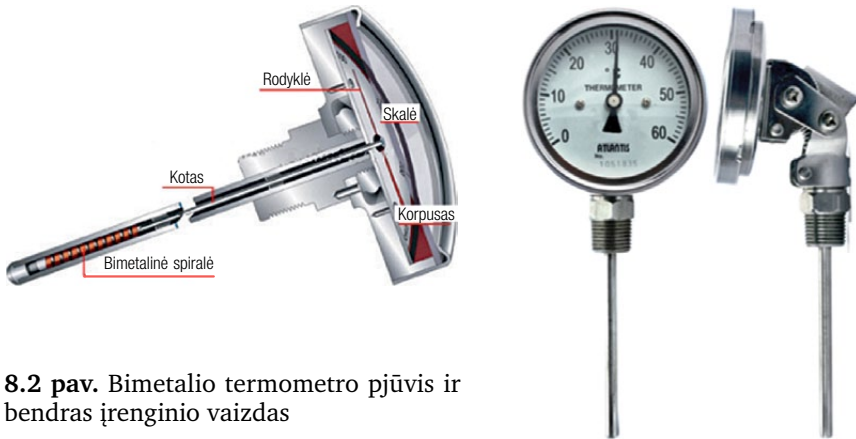


8.1 pav. Skysčio (a) ir manometrinis (b) termometrai

8.3.3. Bimetaliai termometrai

Darbo principas pagrįstas dviejų skirtingų metalų, kurių yra skirtingi linijinio plėtimosi koeficientai, mechaniniu poveikiu veikiant temperatūrai. Iš bimetalinės juostelės gali būti susukta spiralė. Vienas jos galas įtvirtintas atramoje. Keičiantis temperatūrai spiralė daugiau ar mažiau susisuka ir pasuka rodyklę. Bimetaliniais termometrais (8.2 pav.) matuojamos temperatūros svyruoja nuo -60 iki $+70$ °C. Šių prietaisų temperatūrų skalės sugraduotos kas 10 °C, padalos vertė yra 2 °C.

Bimetalinių termometrų paklaidos $\pm(1-3)$ °C. Šių termometrų privalumas – konstrukcijos paprastumas ir patikimumas, trūkumai – didelis inertiškumas (iki 6 min.) ir sunkumas prijungti prie kompiuterizuotos duomenų kaupimo įrangos.



8.2 pav. Bimetaliio termometro pjūvis ir bendras įrenginio vaizdas

8.3.4. Varžos termometrai (RTD)

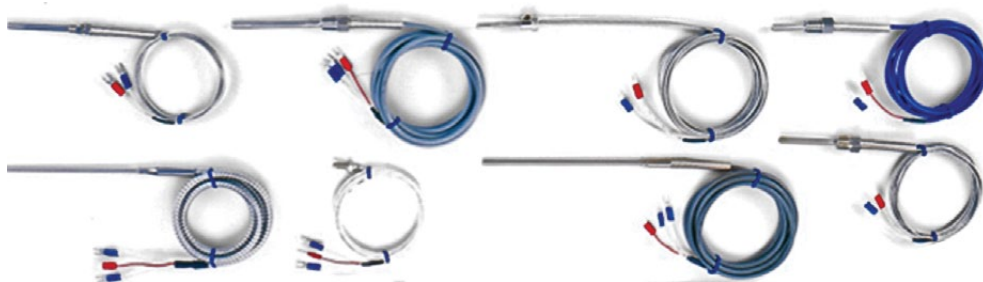
Varžos termometro (8.3 pav.) veikimas pagrįstas kai kurių medžiagų žinoma varžos priklausomybe nuo temperatūros. Jiems naudojami metalai (daugiausia platina) ir puslaidininkiai, esant teigiamiems ir neigiamiems temperatūrinės varžos koeficientams. Jų matuojamos temperatūros intervalas yra nuo -260 iki $+1100$ °C. Matavimo tikslumas siekia net $0,01$ °C. Varžos termometrai plačiai naudojami kompiuterizuotose sistemose. Tai puikus pasirinkimas, kai siekiama temperatūros matavimo tikslumo, greitos reakcijos ir naudojama duomenų kaupimo įranga.



8.3 pav. Varžos termometrai

8.3.5. Termoporos

Termoporos (8.4 pav.) veikia termoelektrinio (Zeebeko) efekto principu: du skirtingi tarpusavyje sujungti laidininkai (dažniausiai metalai) uždaroje elektros grandinėje susikuria elektrovaros jėgą, jeigu dviejų kontaktų temperatūros yra skirtingos. Termoporų atveju egzistuoja įtampos priklausomybė nuo temperatūros. Parinkus termoporas galima matuoti temperatūras gana plačiame intervale – nuo

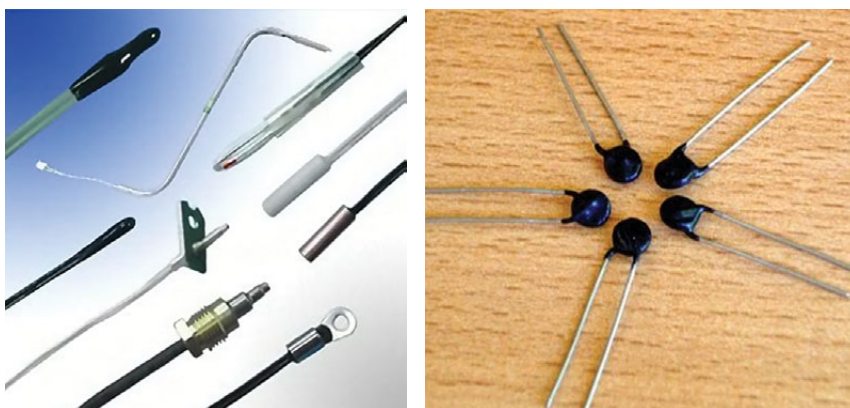


8.4 pav. Termoporos

–200 iki +1200 °C, o jų paklaida 0,1–0,2 °C. Privalumas – termoporos yra pigios, gana patikimos. Trūkumas – nelabai tinka tiksliems siauro diapazono temperatūros matavimams, tikslumui turi įtakos jutiklio ilgis.

8.3.6. Termistoriai (NTC)

Skirtingai nei varžos termometrų, kurių pagrindas yra metalas, termistorių (8.5 pav.) pagrindas – puslaidininkis, sudarytas iš sukepintųjų metalų oksidų (pvz., mangano ir nikelio). Didėjant temperatūrai, jų varža mažėja. Termistoriai naudojami temperatūroms iki 180 °C matuoti. Jie pasižymi dideliu temperatūriniu varžos koeficientu, didele specifine varža, mažu dydžiu. Kadangi termistorių varža didelė, tai jungimo laidų varžos įtaka matavimo rezultatams nedidelė. Priklausomybė tarp jų varžos R ir absoliutinės temperatūros t yra netiesinė. Jų jautrumas apie 10 kartų didesnis nei platininio varžinio termometro. Varža mažėja eksponentiniu dėsniu, kai temperatūra didėja. Tinka tiksliam nedidelio diapazono temperatūrų matavimui, gali būti jungiami prie kompiuterizuotos sistemos.



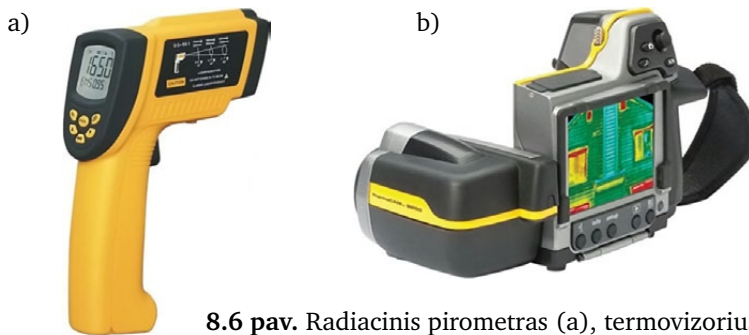
8.5 pav. Termistoriai

8.3.7. Radiacinis pirometras

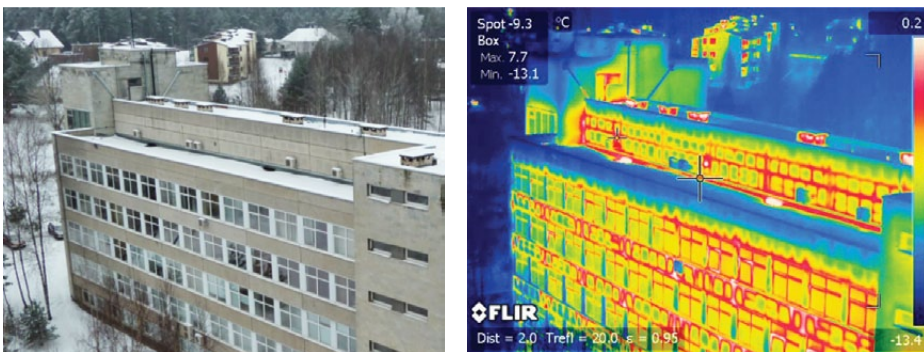
Įkaitę kūnai skleidžia infraraudonojo diapazono elektromagnetines bangas, kurių intensyvumas proporcingas kūno temperatūrai. Taigi, registruojant šio spinduliavimo intensyvumą, galima nustatyti kūnų temperatūrą. Toks temperatūros matavimo principas nereikalauja būtino mechaninio kontakto su objektu, kurio temperatūra yra matuojama. Radiacinio pirometro (8.6 pav., a) privalumas – galima išmatuoti temperatūras be tiesioginio kontakto su objektu. Trūkumas – reikia žinoti matuojamo objekto juodumo laipsnį, nes nuo to priklauso tikslumas. Dažniausiai fiksuojama tik momentinė reikšmė.

Tokiu pačiu principu veikia ir termovizorius (8.6 pav., b), kuris vizualizuoja analizuojamo objekto paviršiaus temperatūrų išsidėstymą. Tokio prietaiso privalumai – vaizdą gretinant su nuotrauka, iškart išryškėja probleminės vietos. Esant brangesniems modeliams galima objektą stebėti ilgesnį laiką, todėl galima dinamiinių pokyčių analizė. Trūkumas – termovizoriai yra labai brangūs.

8.7 paveiksle pateikiama objekto fotonuotrauka ir termonuotrauka. Kuo aukštesnė pastato paviršiaus temperatūra, tuo nuotraukoje būna ryškesnė (raudonesnė) spalva.



8.6 pav. Radiacinis pirometras (a), termovizorius (b)



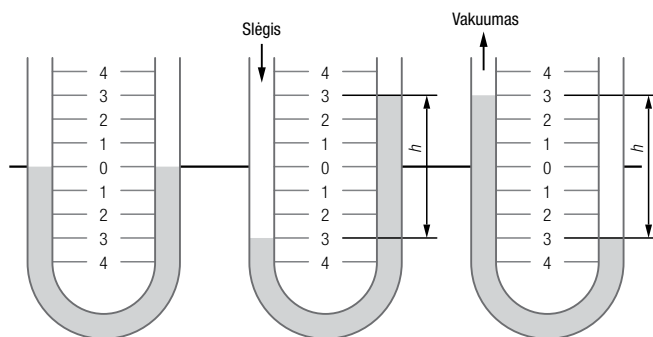
8.7 pav. Pastato fotonuotrauka ir termonuotrauka

8.4. Slėgio matavimas

Slėgiui matuoti naudojami įvairių tipų ir veikimo principų manometrai, kuriuos galima suskirstyti į perteklinio ar absoliutinio slėgio manometrus, traukomačius ir difmanometrus. Pagal veikimo principą manometrus galima suskirstyti į skystinius, spyruoklinius, membraninius ir elektrinius.

8.4.1. Skystiniai slėgio matavimo įrenginiai

Skystinių slėgio matavimo prietaisų veikimas pagrįstas hidrostatiniu principu, kai matuojamas slėgis susilygina su užtveriančio skysčio stulpo slėgiu. Slėgių skirtumas lemia skysčio lygių skirtumą, kurio dydis priklauso nuo skysčio tankio. Dėl paprastumo ir pigumo labiausiai paplitę U formos skystiniai manometrai (8.8 pav.) ir traukomačiai.

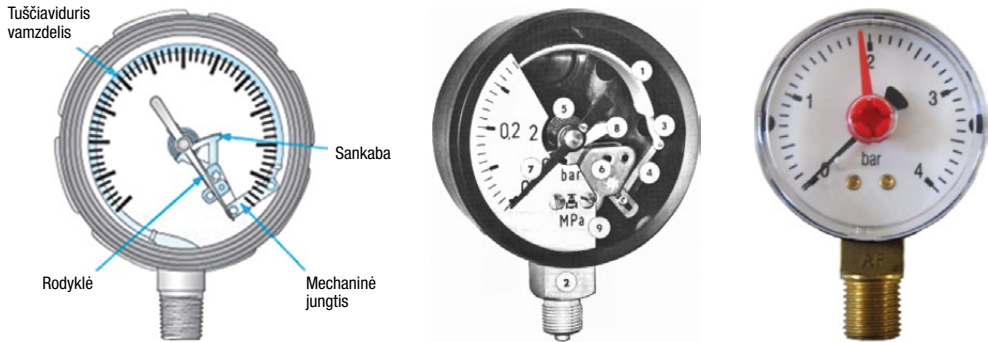


8.8 pav. U formos manometras ir matavimo veržių nustatymas

Maksimalus matuojamas slėgis priklauso nuo skysčio tankio ir paprastai neviršija 200 kPa. Matavimo tikslumas priklauso nuo tankio pokyčio priklausomybės nuo temperatūros ir skysčio stulpo skalės tikslumo, kuris paprastai būna 1 mm (apie 10 Pa). Skystinių manometrų negalima jungti į kompiuterizuotas sistemas

8.4.2. Spyruokliniai manometrai

Spyruoklinių manometrų (8.9 pav.) veikimo principas pagrįstas jautraus elemento tampria deformacija veikiant slėgiui. Jautrus elementas yra tuščiaviduris ovalaus skerspjūvio vamzdelis, susuktas apskritimu, kurio galas sujungtas su rodykle. Šie manometrai matuoja slėgį plačiame intervale – nuo 60 iki 160 MPa. Jų paklaida svyruoja nuo 0,4 iki 4 %. Jie gali parodyti ir užrašyti duomenis. Šie manometrai paprastai naudojami vidutiniams ir dideliems slėgiams matuoti. Jie labai plačiai naudojami dujų ūkyje slėgio kontrolei. Trūkumas – nelabai pritaikyti jungti prie kompiuterizuotos sistemos.



8.9 pav. Spyuokliniai manometrai ir pagrindinės jų dalys

8.4.3. Membraniniai manometrai

Membraniniai manometrai (8.10 pav.) gali būti skirti slėgiui, traukai ar slėgių skirtumui matuoti. Jų jautrusis elementas yra membrana, slėgį pakeičianti mechaniniu membranos poslinkiu, kuris dideliu perdavimo laipsniu pasižyminčiu mechanizmu pasuka rodyklę. Jų matuojamas slėgis neviršija 25 kPa. Šie manometrai plačiai naudojami dujų ūkyje mažiems slėgiams matuoti. Membraniniai manometrai ne itin pritaikyti jungti prie kompiuterizuotų sistemų.



8.10 pav. Membraninis manometras ir jo membranos

8.4.4. Elektriniai manometrai

Elektrinių manometrų veikimas pagrįstas pjezoefektu arba tenzoefektu. Veikiant slėgiui deformuojamas jautrusis elementas, todėl generuojamas elektrinis signalas arba keičiasi jautraus elemento varža. Jie matuoja slėgį nuo 100 iki 200 MPa, o jų paklaida svyruoja nuo 0,025 iki 1 %. Tokie prietaisai idealiai tinka naudoti kompiuterizuotose sistemose – yra galimybė fiksuoti ir kaupti duomenis. Pagrindinis trūkumas – aukšta kaina.

8.5. Skysčio srauto ir dujų kiekio matavimas

Atliekant pastatų energinį vertinimą tenka susidurti su įvairiais skysčių ir dujų kiekio bei srauto matavimo įrenginiais. Šiame skyrelyje aprašomi ir trumpai apibūdinami pagrindiniai matavimo metodai ir galimi prietaisai, nurodomi privalumai ir trūkumai. Matavimo metodus pagal priskiriamą fizikinę reiškinį galima suskirstyti į penkias dideles grupes:

- dinaminiai;
- pastovaus slėgio kritimo;
- tūriniai (kameriniai);
- tiesioginės masės;
- kiti.

8.5.1. Dujų kiekio matavimas

Plačiausiai naudojami dujų skaitikliai pagal veikimo principą skirstomi į dvi grupes: tūrinius (kamerinius) ir dinامينius (srautinius skaitiklius arba debitomačius). Tūriniai skaitikliai turi vieną ar kelis elementus, kuriems judant išstumiamas tam tikras dujų tūris. Jie būna dviejų tipų – membraniniai ir rotaciniai. Srautiniai skaitikliai reaguoja į dujų greitį, pratekanti pro skaitiklio skerspjuvio plotą. Priklausomai nuo skaitiklių paskirties, normuojamos jų paklaidos: buitinių skaitiklių paklaida yra nuo 2 iki 3 %, o pramoninių – nuo 1 iki 2 %. Parenkant skaitiklį įvertinami šie parametrai: maksimalus pralaidumas, matavimo ribos, matavimo paklaida, darbinio slėgio ir temperatūros intervalai, ilgaamžiškumas, paklaidų stabilumas matavimo intervale, inertiškumas, matmenys, svoris ir kaina.

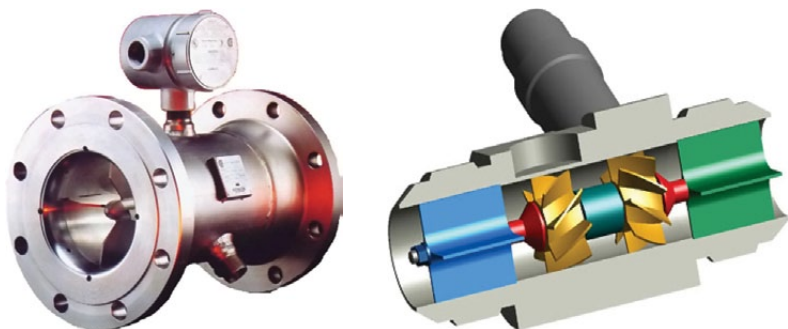
8.5.2. Skysčio srauto matavimas

Atliekant auditą pastatuose skysčių srautui fiksuoti dažniausiai būna skirti nuolatinio veikimo bendri skaitikliai. Jie šildymo sistemoje fiksuoja šalto, karšto vandens ir šilumnešio sąnaudas. Pagrindinės problemos yra tos, kad šių įrenginių fiksuojami duomenys apima gana plataus laikotarpio (mėnesio, metų) sumines faktines sąnaudas, o skaitikliai dažniausiai būna bendri visam pastatui, įrengti ant įvadinių vamzdžių. Šių matavimo prietaisų fiksuotų duomenų nepakanka, kad būtų galima įvertinti atskirų sistemų dinaminį kitimą ir sąnaudas, todėl atsiranda poreikis laikinai įrengti invazinius arba neinvazinius matavimo prietaisus, kurie leistų kaupti matuojamus duomenis numatytu intervalu.

Plačiausiai naudojami dinaminiai (turbininiai, ultragarsiniai srautiniai, sukuriiniai), pastoviojo slėgio skirtumo skaitikliai.

8.5.3. Turbininiai skaitikliai

Tekančios dujos arba skystis suka turbininio skaitiklio (8.11 pav.) turbiną, kurios apsisukimai yra proporcingi dujų / skysčio srauto greičiui. Jis jautrus netolygiam dujų / skysčio srauto greičių pasiskirstymui vamzdyje, todėl prieš jį reikia įrengti nuo 2 iki 5 skaitiklio skersmenų tiesius vamzdžių ruožus. Tokie skaitikliai gaminami esant dujų debitams nuo 6 iki 16 000 m³/h. Dažniausiai jie naudojami, kai debitas yra didesnis kaip 250 m³/h. Jie atlaiko slėgį, didesnį kaip 10 MPa, o jų paklaida 1–2 %. Privalumai: prietaisui sugedus nenutraukiamas dujų / skysčio tiekimas; pasižymi metrologinių charakteristikų stabilumu ir tiesiškumu. Trūkumai: reikalingi tiesūs vamzdžių ruožai prieš skaitiklį ir už jo; jautrus teršalams; inertiški; susidėvinčios mechaninės dalys.

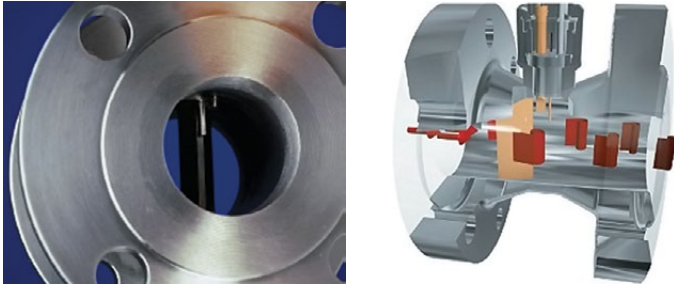


8.11 pav. Turbininis skaitiklis ir jo pjūvis

Tokio tipo skaitikliai gali būti naudojami laikiniems matavimams, tačiau kadangi pratekantis srautas turi tiesiogiai kontaktuoti su turbinos mentėmis, turi būti ardoma esamų vamzdžių konstrukcija. Tačiau jei nėra šio tipo skaitiklių įrengimo galimybės, srauto parametrų nebus galima nustatyti.

8.5.4. Sūkuriniai skaitikliai

Sūkurinių skaitiklių (8.12 pav.) veikimas pagrįstas srauto pulsacijų, kurios atsiranda sūkurių generacijos metu, dažnio matavimu. Dujų / skysčio srautui aptekant specialios formos kūną, už jo formuojasi sūkurių sistema ir srautas pulsuoja. Pulsacijų dažnis yra proporcingas srauto greičiui ir debitui ir paprastai matuojamas pjezoelektriniu davikliu. Tokių dujų skaitiklių pralaidumas yra nuo 25 iki 20 000 m³/h, o maksimalus darbinis slėgis – iki 5 MPa. Pagrindinis trūkumas – ilgi tiesūs ruožai prieš skaitiklį ir už jo (>40 D). Taip pat jie yra neatsparūs nešvarumams, nefiksuoja srauto esant mažiems debitams (mažesniems už minimalius), jautrus slėgio pulsacijoms. Privalumai: neturi judančių dalių, maži, lengvi, nei-nertiški.

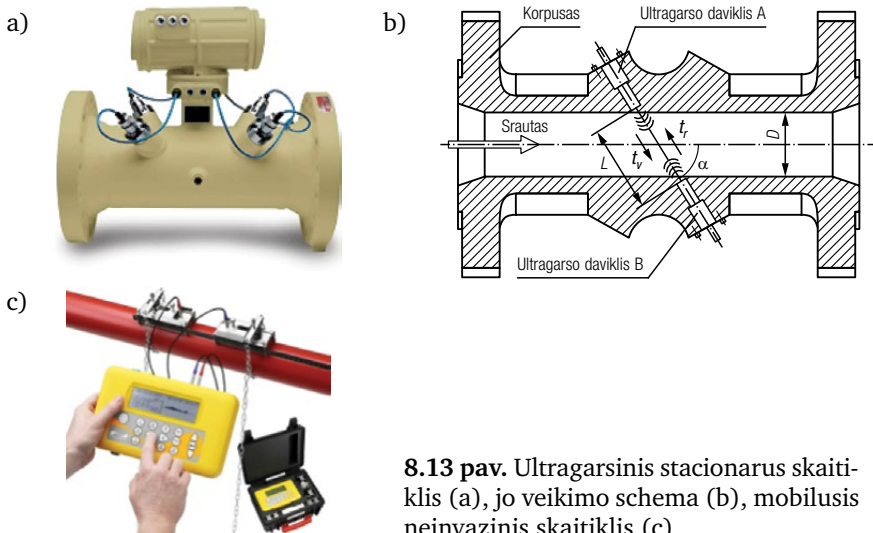


8.12 pav. Sūkurinių skaitiklių bendras vaizdas, pjūvis ir veikimo principas

Tokio tipo skaitikliai gali būti naudojami laikinam rodiklių matavimui ir duomenų kaupimui, tačiau skaitiklio įrengimas yra invazinis, ardant esamą vamzdynų struktūrą.

8.5.5. Ultragarsiniai skaitikliai

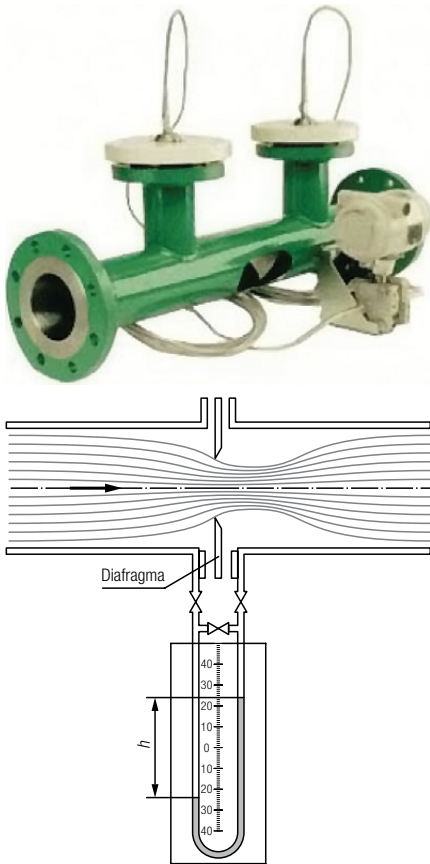
Ultragarsiniai skaitikliai (8.13 pav.) veikia akustinio efekto, gaunamo ultragarsiniams virpesiams sklindant dujų / skysčio srautu, principu. Ultragarsas sklinda prieš ir pagal srauto kryptį, todėl susidaro ultragarso sklidimo laiko, dažnių ar fazių skirtumai, proporcingi srauto greičiui ir dujų / skysčio debitui. Šių skaitiklių matavimo paklaida svyruoja nuo 0,5 iki 3 %. Jie įrengiami ant 20–400 mm skersmens vamzdžių. Privalumai: platus matavimo diapazonas, nėra judančių dalių, maži slėgio nuostoliai, mažas jautrumas teršalams, neįvertinti, gedimas nenutraukia dujų tiekimo, debito viršijimas nesugadina skaitiklio. Trūkumai: reikalingi tiesūs ruožai prieš ir už skaitiklio, yra brangūs.



8.13 pav. Ultragarsinis stacionarus skaitiklis (a), jo veikimo schema (b), mobilusis neinvazinis skaitiklis (c)

Tokio tipo nešiojamieji skaitikliai gali būti naudojami laikinam skysčio srauto debito dinaminiam pokyčiui fiksuoti. Jų privalumas tas, kad nereikia daryti jokios invazijos į vamzdynus – jutikliai tiesiog pritvirtinami prie vamzdžio; trūkumai – tokie įrenginiai brangūs, o jų tikslumas priklauso nuo įvairių veiksnių.

8.5.6. Diafragminiai debitomačiai



8.14 pav. Diafragminis debitomatis ir jo veikimo principas

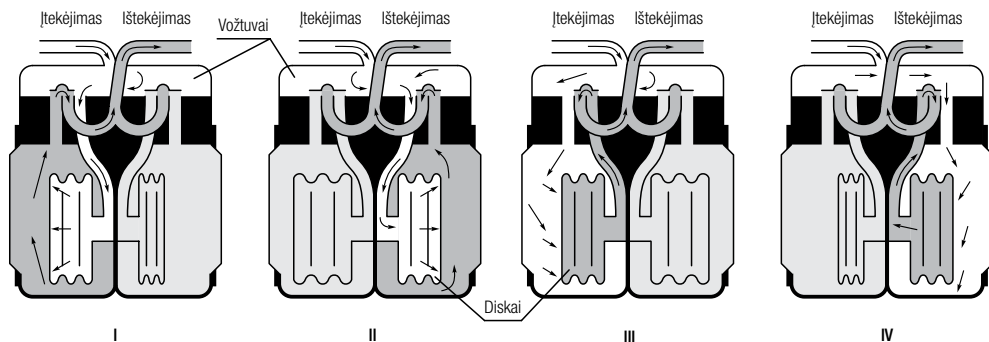
Diafragminiai dujų / skysčio debitomačiai (8.14 pav.) susideda iš diafragmos, diferencialinio manometro, matuojančio slėgių skirtumą, slėgio matavimo angų ir impulsinių vamzdelių slėgiui perduoti į manometrą. Veikimo principas pagrįstas diafragmos sukuriama slėgių skirtumo vamzdyje priklausomybe nuo debito. Maksimalus matuojamas dujų debitas yra daugiau kaip $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$. Jų privalumai: maža kaina, nėra judančių dalių, gedimas nenutraukia dujų tiekimo, geros dydžio ir svorio charakteristikos, pigi eksploatacija, montazo, apžiūros ir remonto patogumas. Trūkumai: siauras matavimo diapazonas, reikalingi ilgi tiesūs ruožai prieš ir už diafragmos, netolygūs greičiai ir slėgio pulsacijos labai veikia tikslumą, didelė teršalų įtaka, staigūs debito svyravimai sukelia paklaidas.

Tokio tipo skaitikliai gali būti naudojami nuolatiniam ir laikinam duomenų kaupimui, tačiau kaip ir dauguma ankstesnių prietaisų yra invaziniai, t. y. reikia įmontuoti į jau esamą vamzdynų sistemą.

8.5.7. Membraniniai skaitikliai

Tūriniai matavimo prietaisai, kuriuose matuojama terpė suskaidoma tam tikro tūrio porcijomis ir skaičiuojamas prabėgusių porcijų skaičius per laiko vienetą. Jie gali būti skirstomi į tris grupes:

- be judančiojo skiriamąjo elemento;
- su tampriomis kamerų sienelėmis;
- su standžiuoju judriu skiriamuoju elementu.



8.15 pav. Membraninio dujų skaitiklio veikimo principas

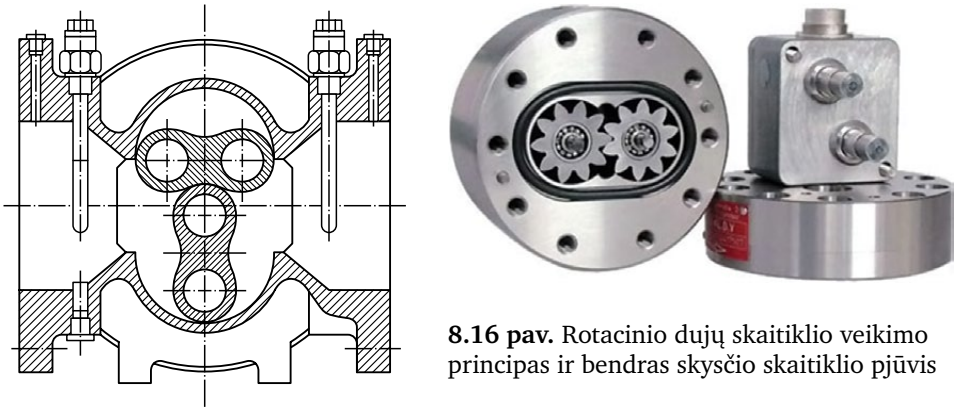
Membraniniuose dujų skaitikliuose (8.15 pav.) dujų tūris iš kamerų išstumiamas judančiais elementais, kuriuos verčia judėti susidaręs slėgių skirtumas. Skaitiklio matavimo paklaida $< 3\%$, maksimalus debitas nuo 2,5 iki 400 m³/h, maksimalus darbinis slėgis nuo 10 iki 50 kPa. Jei skaitikliai įrengiami nešildomose patalpose, juose turi būti temperatūros korektoriai (sumažėjus temperatūrai nuo 3 iki 20 °C atsiranda apie 1 % paklaida).

Dažniausiai šio tipo skaitikliai turi bimetalinį temperatūros korektorių. Membraninių skaitiklių privalumai: konstrukcijos paprastumas, lengvumas, pigumas, nereikia tiesių vamzdžių ruožų prieš ir už skaitiklio apribojimų, nejautrūs greičių kaitai, slėgio pulsacijoms, neinertiški. Trūkumai: vožtuvų mechanizmas jautrus teršalams, o pertvara – karščiui ir šalčiui, dideli matmenys, sudėtinga prijungti prie kompiuterizuotos duomenų kaupimo įrangos.

8.5.8. Rotaciniai skaitikliai

Rotacinių skaitiklių (8.16 pav.) veikimo principas pagrįstas matavimo tūrio suformavimu tarp dviejų krumpliaratinio tipo rotorių (stūmoklių), besisukančių apie savo ašį. Kiekvienam rotoriumi apsisukus vieną kartą, iš matavimo kameros, kurios tūris žinomas, išstumiamas keturgubas dujų tūris. Šių skaitiklių nominalus pralaidumas būna nuo 16 iki 2500 m³/h, darbo slėgis – 0,1–10 MPa, matavimo paklaidos – 1–2 %. Jų privalumai: nereikalingi tiesūs vamzdžių ruožai prieš ir už skaitiklio, debito svyravimai faktiškai nedaro įtakos matavimo tikslumui. Jų trūkumai: teršalų įtaka tikslumui (būtinai filtrai), stiprios slėgio pulsacijos (> 35 kPa/s) gali sugadinti skaitiklį, užstrigęs skaitiklis nutraukia dujų tiekimą.

Panašiu principu veikia ir skystiniai tūriniai rotaciniai skaitikliai. Jų naudojimas yra specifinis (dažniausiai klampiams nedidelio debito skysčiams matuoti). Skaitikliai nėra tikslūs, vangūs gūsiams. Matuojamoje sistemoje sukelia slėgio nuostolius, juos sudėtinga prijungti prie kompiuterizuotos sistemos.



8.16 pav. Rotacinio dujų skaitiklio veikimo principas ir bendras skysčio skaitiklio pjūvis

Šio tipo skaitikliai nelabai tinka laikiniams matavimams, nes yra invazinio tipo. Jie dažniau naudojami kaip nuolatiniai prietaisai.

8.5.9. Kiti rečiau naudojami skaitikliai

Kiti rečiau naudojami dinaminiai skaitikliai yra elektromagnetiniai skaitikliai (8.17 pav., a) ir integruojami Pito (8.17 pav., b) vamzdeliai. Tiesioginių masės matuoklių grupei priskiriami Koriolio (8.17 pav., c) skaitikliai.

a)



b)



c)



8.17 pav. Elektromagnetinis skaitiklis (a), Pito vamzdelis (b), Koriolio skaitiklis (c)

Elektromagnetinio skaitiklio principas pagrįstas elektromagnetinių bangų sklaidimu per matuojamąją skystį. Pito vamzdelis, panardintas į matuojamą skystį, fiksuoja skysčio dinaminio slėgio pokytį. Koriolio srauto skaitiklis fiksuoja matuojamo srauto, tekančio per skaitiklio konstrukciją, sukuriamas pulsacijas.

8.6. Santykinės drėgmės matavimas

Santykinė drėgmė dujose (ore) φ išreiškiama vandens garų dalinio slėgio p ir sočiųjų garų dalinio slėgio p_{sot} santykiu (procentais), esant tai pačiai temperatūrai T :

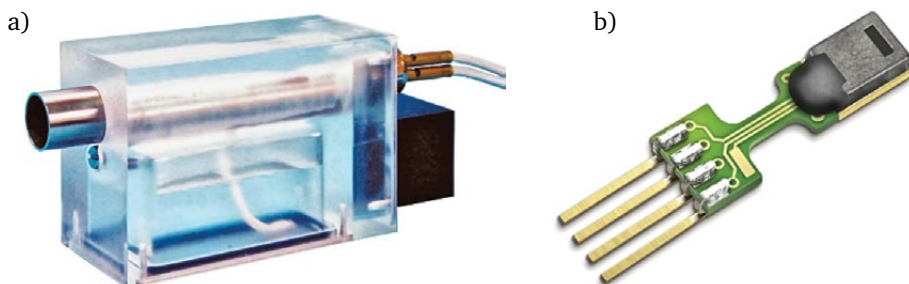
$$\varphi = \frac{p}{p_{sot}} = \frac{F}{F_{sot}}, \quad (8.1)$$

čia F_{sot} – sočiųjų vandens garų kiekis dujose esant temperatūrai T .

Tradiciskai santykinė oro drėgmė nustatoma **psichrometru** (8.18 pav., a). Jį sudaro du termometrai: sausas ir drėkinamas. Sausas termometras rodo oro temperatūrą. Drėkinamo termometro rezervuaras apvyniotas drobinio audinio atraiža, kurios vienas galas įmerkta į vandenį. Drėkinamas termometras rodo žemesnę temperatūrą negu sausas, nes, vandeniui garuojant, aušta. Sauso ir drėkinamo termometrų rodmenų skirtumas priklauso nuo oro santykinio drėgumo. Žinant šį skirtumą, psichrometrinėje lentelėje randama atitinkama santykinio oro drėgumo vertė. Privalumas – gana aiški, paprasta ir pigi konstrukcija. Trūkumai – vieną iš termometrų reikia nuolat vilgyti vandeniui, gana sudėtinga kaupti kompiuterizuotus duomenis.

Varžos psichrometrų veikimo principas panašus į paprastų psichometrų. Jie sudaryti iš trijų varžos termometrų. Turi dvi pagrindines dalis. Vienoje iš jų yra du termorezistoriai: vienas vilgomas, kitas sausas. Šioje dalyje fiksuojamas varžos skirtumas, proporcingas psichrometriniam temperatūrų skirtumui. Kitoje dalyje yra vienas termorezistorius, kurio varžos pokytis proporcingas temperatūros pokyčiui. Pagal abiejų dalių rodmenų reikšmes galima nustatyti drėgumo charakteristikas.

Talpiniai drėgmės jutikliai (8.18 pav., b). Juos naudojant išnaudojama palyginti labai didelė vandens elektrinė skverbtis, ji kartais net 8 kartus didesnė nei kitų medžiagų. Taigi, jei į kondensatoriaus dialektriką patenka vandens, kondensatoriaus talpa gerokai pasikeičia. Šis pokytis yra proporcingas drėgmės kiekiui.



8.18 pav. Psichrometras (a), kuris gali būti sukomplektuotas su duomenų kaupimo įrenginiu, ir talpinis drėgmės jutiklis (b)

Tokio tipo santykinės drėgmės jutikliai gaminami įvairių konstrukcijų, kartu būna ir temperatūros jutikliai, todėl gali būti fiksuojami ir pateikiami abu rodikliai. Šio tipo jutiklių privalumas – paprasta konstrukcija ir nedidelė kaina. Trūkumai – nedidelis matavimo tikslumas, taip pat netiesinė charakteristika.

Auditorių dažniausiai naudojami talpiniu principu veikiantys santykinės drėgmės matavimo įrenginiai. Jie yra kompaktiški, gana pigūs (priklauso nuo tikslumo) ir yra galimybė juos prijungti prie kompiuterizuotos duomenų kaupimo įrangos.

8.7. Oro judėjimo greičio nustatymas

Oro judėjimo greičiui nustatyti ir fiksuoti gali būti naudojami šie prietaisai:

- termoanemometrai (šildomas puslaidininkis);
- mechaniniai (rotaciniai) anemometrai;
- Pito vamzdeliai (dinaminio slėgio matavimas).

Mechaniniai anemometrai ir Pito vamzdeliai dažnai naudojami vėdinimo ir vėsinimo sistemose, o jautrūs anemometrai dažniau pritaikomi patalpų vidaus mikroklimato rodikliams matuoti.

8.7.1. Termoanemometrai

Termoanemometrų veikimo (8.19 pav., a) principas pagrįstas tuo, kad nuo temperatūros kitimo priklausantis jautrus elementas (dažniausiai NTC puslaidininkis) yra nuolat kaitinamas elektros srove. Šis elementas yra apipučiamas matuojamo oro srautu ir proporcingai vėsta, priklausomai nuo oro srauto greičio. Privalumai – prietaisas gali fiksuoti labai nedidelį oro srauto greitį; galimi prietaisai, kurie fiksuoja oro judėjimą nepriklausomai nuo jo krypties (tai svarbu atliekant patalpos mikroklimato parametrų matavimus). Trūkumas – matavimo jutikliai labai jautrūs mechaniniam poveikiui, pasižymi santykinai dideliu energijos poreikiu matuojant (ilgesniu matavimo laikotarpiu būtinas nuolatinis išorinis energijos šaltinis), ribota aplinkos temperatūrų amplitudė, esant mažesniems oro srauto judėjimo greičiams būna mažesnis tikslumas.

8.7.2. Mechaniniai anemometrai (rotaciniai)

Mechaninių (rotacinių) (8.19 pav., b) anemometrų oro srauto matavimo greičio principas pagrįstas tuo, kad jutiklio vaidmenį atlieka besisukančios mentės, kurios turi būti nukreiptos statmenai oro srauto judėjimo krypčiai. Tekantis oras suka mentes, sukimosi judesys perduodamas mikrokontroleriui, kuris apskaičiuoja apsisukimų skaičių. Žinant apsisukimų skaičiaus ir greičio sąryšį nustatomas oro srauto greitis. Privalumai: didelis tikslumas esant vidutiniam oro srauto greičiui ir vidutinei oro temperatūrai, prietaisai nejautrūs oro turbulencijai. Trūkumai: jutikliai yra



8.19 pav. Termoanemometras (a), rotacinis anemometras (b), Pito vamzdelis (c)

jautrūs mechaniniam poveikiui, priklauso nuo matavimo krypties, t. y. gali fiksuoti duomenis, kai oro srautas juda viena kryptimi. Prietaisus galima jungti prie kompiuterizuotos duomenų kaupimo įrangos.

8.7.3. Pito vamzdeliai

Pito vamzdeliu (8.19 pav., c) oro greitis apskaičiuojamas nustatant dinaminę ir statinę slėgį, prietaisą įrengus matuojamame oro sraute. Bendras oro slėgis perduodamas į viršutinę vamzdelio dalį, toliau vamzdelis atsišakoja ir ten jau matuojamas statinis ir išskaičiuojamas dinaminis oro srauto slėgis. Toliau, įvertinus temperatūrą, vamzdelio charakteristikas ir žinant dinaminę slėgį, nustatomas oro judėjimo greitis. Privalumai – galima fiksuoti didelius oro srauto greičius esant sudėtingoms (aukštos temperatūros) sąlygoms, lengvai valomi. Trūkumai – tikslumas labai priklauso nuo oro srauto judėjimo krypties, negali būti išmatuotas mažas oro srauto greitis, rezultatai priklauso nuo temperatūros, ribotas tikslumas ir jautrumas turbulencijai.

Visi minėti prietaisai gali būti lengvai pritaikomi laikinai sistemų parametrų matuoti ir duomenims kaupti. Juos plačiau naudoja auditoriai tirdami patalpų mikroklimato sąlygas ir analizuodami esamą vėdinimo ir vėsinimo sistemų padėtį.

8.8. Oro infiltracija pastatuose ir jos nustatymas

Oro infiltracijos pastate tyrimo metodai gali būti skirstomi į:

- analitinius;
- eksperimentinius;
- natūrinius matavimus:
 - viršslėgio sudarymo metodai pastato sandarumui nustatyti;

- indikatorinių dujų metodai.
- skaitmeninį modeliavimą;
- supaprastintus skaičiavimo metodus.

Toliau bus plačiau aptariami natūriniai matavimo būdai, matavimo prietaisai ir metodika.

8.8.1. Patalpos sandarumo, oro kaitos (infiltracijos) nustatymas viršslėgio sudarymo būdu

Patalpos sandarumo testas atliekamas tokiu būdu: išjungiamo (jei tokia yra) mechaninė vėdinimo sistema, užsandarinamos visos mechaninio oro tiekimo ir ištraukimo angos, uždaromi langai ir užsandarinamos durys; pagrindinis uždavinys yra užtikrinti, kad oras į patalpą arba iš jos galėtų patekti tik per konstrukcinius plyšius, šitaip bus įvertintas tik natūralus oro patekimas. Patalpos pagrindinio įėjimo duryse įmontuojamos vadinamosios „pučiančios durys“, kurias sudaro sandarus rėmas ir kintamojo debito ventiliatorius, prijungtas prie valdymo ir slėgio matavimo priedo ir kompiuterio. Visos įrangos valdymas galimas tiesiogiai per priedą arba kompiuteryje instaliuotą programą. 8.20 paveiksle pateikta patalpos sandarumo testui naudojama įranga. Patalpos sandarumas matuojamas pagal metodiką, aprašytą norminiame dokumente. Įjungiamas pučiančių durų ventiliatorius, kuris siurbia arba pučia orą iš matuojamos patalpos ir į ją. Programa leidžia nustatyti iš patalpos ištraukiamo oro debitą, šie dydžiai fiksuojami ir kaupiami. Oro debito kitimas fiksuojamas esant įvairioms patalpos ir išorės slėgio skirtumo reikšmėms. Tačiau turi būti bent vienas taškas, kurio metu slėgių skirtumas būtų ne mažesnis kaip 50 Pa. Šis slėgių skirtumas apibrėžiamas jau minėtame standarte. Pasiekus šį skirtumą sumažinama išorinių ir vidinių veiksmų įtaka rezultatams.

Keičiant slėgių skirtumą fiksuojamas pučiančių durų ventiliatoriaus ištraukiamo oro kiekis (debitas), nustatoma debito priklausomybė nuo slėgio skirtumo. Logaritminėje skalėje pateikiami rezultatai, kuriais remiantis nustatomas eksponentės rodiklis, taikomas toliau oro kaitos dydžiui skaičiuoti esant 50 Pa skirtumui. Yra norminiai reikalavimai, keliami standartinio pastatų sandarumo testo rezultatams pagal standartinį 50 Pa skirtumą. Šie norminiai dydžiai turi būti lyginami su gautais faktiniais rodikliais. Pagal įvairias metodikas oro kaita, atitinkanti natūralią, yra esant 4 Pa arba 10 Pa (priklausomai nuo metodikos) slėgio skirtumui.

Privalumai – galima gana tiksliai įvertinti pastato sandarumą. Papildoma analizė naudojant termovizorių arba dūmų generatorių leidžia nustatyti pagrindinius ir didžiausius patalpos nesandarumus; gana paprasta ir aiški matavimo eiga. Trūkumai – sudėtinga atlikti sandarumo bandymus didesnėse patalpose, nes tai reikalauja ilgo ir kruopštaus pasiruošimo, galingesnių ventiliatorių. Tai nėra pats tiksliausias natūralios oro kaitos nustatymo būdas.



8.20 pav. Pagrindinė patalpos sandarumo testo metu naudojama įranga: pučiančios durys, duomenų apdorojimo prietaisai

8.8.2. Oro kaitos (infiltracijos) nustatymas (indikatorinių dujų metodu)

Yra keli infiltracijos matavimo indikatorinėmis dujomis metodai:

- Indikatorinių dujų mažėjančios koncentracijos. Į analizuojamą zoną įleidžiama indikatorinių dujų, kurių koncentracijai pasiekus prietaisais gerai fiksuojamas reikšmes, dujų tiekimas išjungiamas. Duomenų kaupimo įranga fiksuoja koncentracijos kitimo (mažėjimo) greitį, nes švarus oras infiltruojasi ir mažina koncentraciją. Tokiu būdu nustatomas infiltracijos dydis.
- Pastovaus indikatorinių dujų kiekio. Indikatorinės dujos į matuojamą zoną leidžiamos vienodu debitu, ir kai nusistovi indikatorinių dujų koncentracija, nustatoma oro infiltracija.

8.8.3. Oro užterštumo analizė

Patalpose esantys žmonės iškvėpdami į aplinką išskiria CO₂ dujas. Priklausomai nuo patalpų paskirties, egzistuoja tam tikros CO₂ koncentracijos ribos; jos dažniausiai apibrėžiamos norminiuose dokumentuose. Momentinis ir nuolatinis šių dujų koncentracijos kitimo duomenų kaupimas leidžia įvertinti vėdinimo sistemos darbą. Be to, tas pats prietaisas (tik šiek tiek praplėtus matavimo ribas) gali būti naudojamas oro kaitai (oro infiltracijai) patalpoje nustatyti indikatorinių dujų metodu.

Vienas iš CO₂ koncentracijos matavimo prietaisų veikimo principų remiasi infraraudonųjų spindulių optika. Jutiklis (8.21 pav.) fiksuoja CO₂ dujų šviesos sugertį siauro bangų ruožo infraraudonųjų spindulių spektre. Ryšys tarp



8.21 pav. CO₂ koncentracijos jutiklis

CO₂ koncentracijos ir išėjimo signalo nustatomas pagal Lamberto šviesos sugerties dėsnį, tačiau šiuo atveju šis ryšys dėl įvairaus poveikio nėra paprasto logaritminio pobūdžio.

Tokie CO₂ matavimo įrenginiai gali būti prijungiami prie kompiuterizuotos duomenų kaupimo įrangos.

8.9. Elektros sąnaudų matavimas

Pastate dažniausiai elektros sąnaudas fiksuoja elektros skaitikliai, tačiau jie parodo tik bendrus suminius viso pastato ar didelių patalpų / įrenginių grupių rodiklius. Sukaupti duomenys įprastai apima vidutinius kasmėnesinius suminius elektros suvartojimo kiekius. Norint identifikuoti didžiausius elektros vartotojus ar įvertinti paros / valandos elektros vartojimo grafiką, reikia įrengti prietaisus, kurie sugebėtų tokius duomenis kaupti. Pageidautina, kad šie prietaisai nepažeistų esamos sistemos ir nereikalautų papildomų prietaisų prijungimo investicijų.

Pagrindinius elektros parametrus fiksuoja ampermetras (srovės stiprį), voltmetras (įtampą) ir vatmetras (galia). Iš esmės vatmetras yra ampermetro ir voltmetro junginys. Dažniausiai įtampos svyravimai grandinėje nelabai kinta pagal jos apkrovimą, todėl pakanka fiksuoti srovės stiprio kitimą, o žinant jo ryšį su elektros galia, galima nustatyti suvartotą elektros kiekį per pageidaujamą laikotarpį.

Elektros srovės stipris ir jo kitimas gali būti fiksuojamas žnypliniu transformatoriumi (8.22 pav.). Jo privalumas tas, kad reikiami duomenys kaupiami bekontaktiškai



8.22 pav. Žnyplinis transformatoriaus zondas

būdu. Žnyplėse, kurios tiesiog apgaubia matuojamą elektros laidą, kaip ir transformatoriaus vijose, generuojama elektros srovė, tiesiogiai priklausanti nuo elektros laidu tekančios elektros srovės stiprio. Toks žnyplinis transformatorius gali būti jungiamas prie duomenų kaupimo įrangos ir duomenys gali būti fiksuojami pageidaujamu intervalu ir reikiamą laikotarpį.

8.10. Apšvietimo intensyvumo matavimas

Viešosios paskirties patalpose būtina užtikrinti tam tikrus darbo vietos apšvietimui keliamus reikalavimus. Juos dažniausiai apibrėžia norminiai dokumentai. Be to, elektros sąnaudos apšvietimui sudaro nemažą dalį pastato elektros sąnaudų, todėl čia slypi gana nemažos energijos taupymo galimybės. Vienas iš rodiklių, apibūdinančių tinkamas darbo vietos apšvietimo sąlygas, yra apšvieta. Ji nusakoma, kaip kuriame nors paviršiaus taške į paviršiaus elementą krintantis šviesos srautas yra

padalintas iš to elemento ploto. Matavimo vienetas yra liuksas (lx arba lm/m^2). Prietaisas, kuriuo galima išmatuoti darbo patalpų apšvietimą, vadinamas liuksmetru. Šis įrenginys gali matuoti apšvietimą tiek momentiniu, tiek duomenų kaupimo būdu.

Daugelis **liuksmetrų** (8.23 pav., a) veikia tokiu principu: juose naudojama viena šviesai jautri celė, kurios jautrumas matomai šviesai yra kitoks nei žmogaus akių, todėl gauti duomenys, kuriuos fiksuoja ši celė, negali būti išreikšti liuksmetrais. Ši problema gali būti sprendžiama tokiais būdais:

- Pigiausi liuksmetrai turi korekcijos faktorių, kuris celės išmatuotus dydžius koreguoja į tokius, kurie būtų, jei būtų naudojama žmogaus akis. Tai veikia gerai, tačiau kiekvienam šviesos spektrui reikia vis kito korekcijos faktoriaus ir gali atsirasti gana didelių klaidų, kai matuojama šviesa, kurią sudaro skirtingas šviesos spektras.
- Daug brangesni vienos celės liuksmetrai yra optimizuojami naudojant optinius filtrus ir linzes, kurios leidžia celės jautrumą šviesai pritaikyti taip, kaip tai jaučia žmogaus akis. Labai brangūs liuksmetrai pasiekia tik 1,5 % nukrypimą nuo žmogaus akies jautrumo kreivės.

Spektroradijometru (8.23 pav., b) galima matuoti visą matomos šviesos spektrą. Jis tai atlieka fiksuodamas matuojamą šviesą ir išskaidydamas ją į atskirus šviesos spektro komponentus, kurių kiekvienas bangos ilgių ribų ruožas apima apie 5 nm, ir matuoja kiekvieną mažą ruožą atskiru šviesai jautriu jutikliu. Tokiu būdu 380–780 nm bangų ruožui yra 81 šviesai jautri celė, kuri matuoja šviesos parametrus siaurame 5 nm bangos ruože. Šviesa yra išskaidoma 81 šviesai jautrios celės, todėl matavimas užtrunka šiek tiek ilgiau (daugiau kaip 10 s). Šie įrenginiai yra labai brangūs, tačiau jie leidžia įvertinti, kaip žmogaus akis vertins vieną ar kitą tiriamą dirbtinio apšvietimo šaltinį.

a)



b)



8.23 pav. Liuksmetras (a) ir spektroradijometras (b)

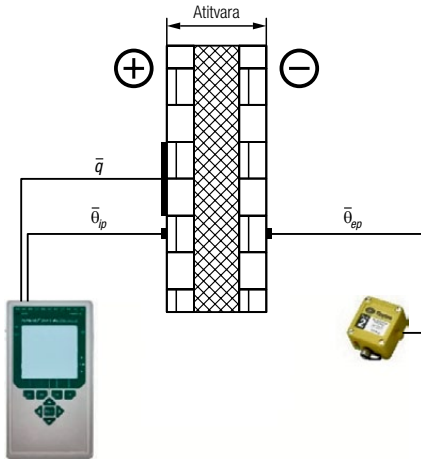
8.11. Pastato atitvarų faktinio šilumos perdavimo koeficiento nustatymas

Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientas nustatomas pagal tam tikrą metodiką ir naudojant komplektą matavimo ir duomenų kaupimo įrenginių. Matavimo komplektą sudaro paviršiaus ir oro temperatūrą matuojantys zondai ir šilumos srauto tankį fiksuojanti plokštelė.

Paviršių temperatūros ir šilumos srauto tankio matavimo zondų išdėstymo schema ir šilumos perdavimo koeficiento metu matuojami dydžiai pateikiami 8.24 paveiksle.

Šiame paveiksle pliuso ženklas apibūdina matuojamos patalpos vidaus, o minuso ženklas – lauko išorės parametrus. Matuojamos patalpos ar pastato viduje įrengta atitvaros šilumos srauto tankio fiksavimo plokštelė \bar{q} ir vidaus paviršiaus temperatūros $\bar{\theta}_{ip}$ matavimo zondas. Išorinėje atitvaros paviršiaus dalyje sumontuotas temperatūros $\bar{\theta}_{ep}$ matavimo zondas. Duomenys kaupiami duomenų kaupimo įranga.

Kiekvieno taško matavimo duomenys, išorės ir vidaus paviršių temperatūros, taip pat šilumos srauto tankis turi būti kaupiami tam tikru intervalu. Kaupimo intervalas priklauso nuo matavimo trukmės – gali svyruoti nuo 15 iki 30 minučių. Kiekvieno taško matavimo intervalas apima ne mažiau kaip vieną parą. Temperatūrų skirtumas tarp išorės ir vidaus aplinkų turi būti ne mažesnis kaip 20 °C, ypač didelis temperatūrų skirtumas turi būti tuo atveju, jei matuojama pagal naujus norminius reikalavimus įrengta siena. Kiekvieno matavimo duomenys analizuojami



8.24 pav. Zondų išdėstymo vieta ir matuojamieji kintamieji dydžiai. Duomenų kaupimo įranga

mi grafiškai, išskiriant nakties didžiausio patikimumo matavimų intervalą, kuriame stebimi mažiausi fiksuotų reikšmių svyravimai, nes vidiniai ir išoriniai šilumos pritekiai turi didelę įtaką šilumos srauto kitimui, ypač tai juntama dienos metu, kai atitvarą šildo saulė. Todėl tiksliausi atitvaros šilumos perdavimo koeficiento matavimo rezultatai pasiekiami tamsiuoju paros metu, kai išoriniai ir vidiniai pritekiai turi mažiausią įtaką rezultatams. Išanalizavus ir apdorojus gautus faktinius matavimų rezultatus apskaičiuojamas faktinis atitvarų šilumos perdavimo koeficientas.

Privalumai – neardant atitvaros konstrukcijos galima nustatyti faktinį šilumos

perdavimo koeficientą. Trūkumai – matavimą galima atlikti tik šaltuoju metų laiku, kai yra nemažas temperatūrų skirtumas tarp vidaus ir išorės aplinkų; matavimas trunka ne mažiau kaip parą laiko; gana didelė paklaidos tikimybė, ypač jei matavimo metu vyksta temperatūriniai svyravimai arba kinta šilumos pritekų intensyvumas; matavimas yra taškinis, t. y. nustatytas šilumos perdavimo koeficientas gali apimti nedidelio ploto charakteristikas.

8.12. Degimo produktų analizė

Jei audito metu analizuojamo objekto energija (šiluma, elektra) gaminama vietiniame šaltinyje (katile, kogeneratoriuje), atsiranda poreikis analizuojant esamą padėtį nustatyti šio įrenginio faktinius rodiklius (efektyvumą, degimo produktų sudėtį ir pan.). Dėl įvairių eksploataavimo sąlygų kitimo faktinis efektyvumas gali gerokai skirtis nuo techniniame pase nurodytų dydžių. Pagerinus įrenginio efektyvumą galima labai sumažinti kuro poreikį gaminant tą patį kiekį energijos. Matavimo prietaisus pagal matuojamų rodiklių kiekį ir sudėtingumą galima suskirstyti į dujų analizatorius („Osrat“ dujų analizatorius) ir degimo produktų analizatorius.

8.12.1. „Osrat“ dujų analizatorius

Tai prietaisas, kuris leidžia nustatyti dujų mėginyje esančių O_2 , CO ir CO_2 kieki. Šio prietaiso veikimo principas pagrįstas tuo, kad standartinio tūrio analizuojamų dujų mišinys leidžiamas per tam tikrus tirpalus, kurie atskirai absorbuoja O_2 , CO, CO_2 ir pagal absorbuotą šių dujų kiekį nustatoma buvusi jų koncentracija mėginyje. Privalumai – santykinai pigus ir paprastas analizės metodas. Trūkumai – prietaisas netikslus, gana ilgai reikia laukti rezultato. Tiriamojo objekto nuolatiniams su trumpais laiko intervalais monitoringui atlikti jis nelabai tinkamas. Nėra galimybės duomenų kaupti kompiuterine duomenų kaupimo sistema.

8.12.2. Degimo produktų analizatorius

Šiuolaikinis degimo produktų analizatorius (8.25 pav.) yra daug sudėtingesnis matavimo įrenginys nei „Osrat“ dujų analizatorius, jis matuoja O_2 , CO, CO_2 , NO_x , SO_2 , degimo produktų temperatūrą, tiekiamo oro temperatūrą, oro pertekliaus koeficientą, trauką. Šiame įrenginyje vakuuminiu siurbliu paimto degimo produktų mėginio dujų



8.25 pav. Degimo produktų analizatorius

sudėtis analizuojama elektrocheminiais davikliais, termoporomis matuojama temperatūra, o slėgio rele nustatoma degimo produktų trauka. Išmatuoti rodikliai yra greitai apdorojami įrenginio procesoriumi, ir rezultatai gali būti greitai pateikiami elektronine forma. Tokiais pat įrenginiais, sumontuotais stacionariai, galima nuolat stebėti energijos gamybos įrenginių darbą. Privalumai – lengvai ir greitai nustatomi reikiami parametrai ir gaunamas rezultatas, yra galimybė matavimus atlikti ir kaupti atmintyje. Trūkumai – prietaisai yra brangūs, dujų davikliai naudojami ribotą laiką, todėl juos periodiškai reikia keisti, kiekvienas gamintojas turi skirtingas daviklių konstrukcijas.

8.13. Išorinių klimatologinių charakteristikų nustatymas

Pastato energinio audito metu analizuojant faktines patalpų vidaus mikroklimato sąlygas, energijos, vandens sąnaudas, nepakanka vien minėtų dydžių matavimo duomenų. Juos reikia gretinti su lauko išorės klimato duomenimis. Ne visuomet standartiniai rodikliai, kuriuos pateikia oficialios įstaigos, atitinka matavimo poreikius. Ypač šis poreikis išryškėja, kai analizuojamos atsinaujinančių išteklių įrengimo galimybės. Išorinėms klimatologinėms charakteristikoms fiksuoti gali būti naudojamos sukomplektuotos distancinės automatinės meteorologinės stotys.



8.26 pav. Distancinė automatinė meteorologinė stotis

Šios stotys yra visiškai automatizuoti ir gana kompaktiški prietaisų kompleksai, galintys nenutrūkstamai matuoti ir operatyviai perduoti jutiklių fiksuojamą informaciją arba kaupti ją savo atmintyje. Tokias stotis galima komplektuoti pagal numatomus matuoti parametrus (8.26 pav.). Svarbiausi parametrai gali būti:

- aplinkos temperatūra;
- santykinis oro drėgnumas;
- saulės spinduliavimo intensyvumas;
- vėjo greitis ir kryptis;
- kritulių kiekis;
- slėgis ir kt.

Privalumai – atsiranda galimybė kartu su pastato viduje esančiais matavimo įrenginiais fiksuoti konkrečios vietovės lauko išorės parametrus, tokiu būdu užtikrinant duomenų tikslumą; analizuojant atsinaujinančių išteklių įrengimo galimybes galima tiksliau įvertinti esamą potencialą.

PRIEDAI

ENERGIJOS VARTOJIMO AUDITO ĮVESTIES DUOMENYS

Pagrindiniai duomenys apie pastatą

Pastato paskirtis	
Adresas	
Pastato administratorius / telefonas	
Aukštų skaičius	
Laiptinių skaičius	
Butų / gyventojų (darbuotojų) skaičius	
Pastatymo metai *	
Esamos kitos patalpos (parduotuvės, įstaigos ir pan.)	
Nešildomos patalpos (rūsiai, pastogė, garažai ir pan.)	
Geometriniai matmenys (ilgis×plotis×aukštis virš žemės)**	
Patalpų aukštis nuo grindų iki lubų **	
Aukšto aukštis (nuo grindų iki kito aukšto grindų)**	
Vidutinis rūšio ir cokolio aukštis. Ar jame yra langų **	
Laiptinės, atskirtos nuo koridoriaus / aikštelės? Ar jos šildomos?	

Plotai (m^2)

Bendrasis plotas (viso) *	
Bendrasis pagrindinis plotas *	
iš to skaičiaus pagalbinis rūšyje ar pusrūšyje *	
Papildomų patalpų (parduotuvės, įstaigos ir pan.; aukštas, apytikriai užimamas plotas, %) ***/**	
Šildomas *	
Garažų (atskirai šildomų ir nešildomų) ***	
Rūsio *	
Pastogės ***	
Vienos laiptinės (tik ne pagal pirmąjį aukštą) **	

Tūriai (m^3)

Pastato *	
Rūsio *	

*iš inventorizacijos bylos; **iš brėžinių arba natūroje; ***jei toks skaičius yra inventori-
zacijos byloje;

Turimi brėžiniai (pateikti papildomai pridėtoje informacijoje)

Pastato statybinė dalis; Šildymo sistema; ŠP schema; Kiti (nurodyti)

Pastato atitvaros

Laikančiosios konstrukcijos (pvz., plytų mūras arba g/b plokštės)	
Pertvaros (pvz., plytų mūras arba g/b plokštės)	
Išorinės sienos (pvz., iš 30 cm g/b plokščių, neapšiltintos, tinkuotos iš vidaus)	
Rūsio perdanga (pvz., 30 cm g/b plokštė, medinės grindys ant gulekšnių, apšiltintos 5 cm mineralinės vatos sluoksniu)	
Aukšto perdanga (pvz., 30 cm g/b plokštė, medinės grindys ant gulekšnių, neapšiltintos, tarpas – 8 cm)	
Stogas (pvz., plokščiasis, neapšiltintas arba šlaitinis, su šilta pastoge, šlaite – 15 cm mineralinės vatos)	
Langai (pvz., mediniai atskiri rėmai, dvigubai įstiklinti, su orlaidėmis, 50 % balkonų įstiklinta, dalis langų užsandarinta)	

Fasadų plotai (m^2)

Fasadas	F1	F2	F3	F4	kitas (jei yra)
Orientacija (pvz., šiaurė / rytai / pietryčiai ir t. t.)					
Sienos (be langų ir durų)					
Pagrindiniai langai					
Laiptinių langai					
Lauko durys					
Fasado atitvarų plotų suma					

Stogo plotas (m^2)

Stoglangių (jei yra, nurodyti plotą)	
Bendras stogo plotas ***/**	

Langų ir durų matmenys (mm)

Pagrindiniai langai	
Laiptinių langai	
Lauko durys	

Inžinerinės sistemos

Vėdinimo sistema

Tipas (pvz., natūrali kanalinė):
Ar gerai veikia, jei ne, išvardinti požymius ir apytikrų vietų skaičių, kuriuose jie jaučiami (pvz., nėra traukos, rasoja sienos, ilgai laikosi kvapai, slogus oras, jaučiasi kitų patalpų kvapai ir pan.)

Karšto vandentiekio sistema

Karšto vandens (KV) ruošimas (pastate ar grupinėje boilerinėje)	
KV šilumokaitis (nežinomas / vamzdelinis (pvz., 2 sekcijos po 2 m) / plokštelinis – koks/...)	
Ar KV vamzdynai (atskirai magistralės ir stovai) izoliuoti šilumos izoliacija?	mag.: st.:
Ar KV sistema cirkuliacinė, jei taip, ar yra cirkuliacija (jei atsukus KV čiaupą ilgai bėga šaltas vanduo, cirkuliacija bloga arba jos nėra)?	
Ar KV temperatūra normali (jei įmanoma, nurodyti kokia)?	
Rankšluosčių džiovintuvai prijungti prie KV sistemos (yra / nėra)	

Šildymo sistema (ŠS)

Šilumos šaltinis (šilumos punktas (ŠP) ar vietinė katilinė (VK))	
Paskirstymas viršutinis ar apatinis (pagal magistralių vietą)	
Magistralės izoliuotos ar ne (izoliuota dalis, %)	
Šildymo sistemos prijungimas (priklausomas / nepriklausomas (pastato šildymo sistemos vanduo atskirtas nuo termofikacinio)	
Šilumos punkto tipas (elevatorinis / su šilumokaičiu / jei kitoks, nurodyti)	
Vyraujantys šildymo prietaisai (sekciniai ketiniai / plokšti plieniniai / ...)	

ŠS reguliavimas ir šiluminis komfortas

Ar ŠS nuolat rankiniu būdu reguliuojama (jei taip, kas kiek laiko)?	
Vidutinė šildymo sezono patalpų vidaus temperatūra (apytikriai)	
Ar yra patalpų, kuriose yra gerokai šalčiau ar šilčiau?	
Ar kas nors keitė radiatorius atskirose patalpose ir ar tai turėjo įtakos kitoms patalpoms?	

Šilumos suvartojimo rodikliai

Suvargota šilumos pastatui šildyti		MWh / metai
Suvargota šilumos bendro šildomo ploto 1 m ² šildyti		kWh / m ² / metus
Suvargota šilumos bendro šildomo tūrio 1 m ³ šildyti		kWh / m ³ / metus
Suvargota šilumos, dienolaipsniui		kWh / DL
Suvargota šilumos bendro šildomo ploto 1 m ² šildyti, dienolaipsniui		Wh / m ² DL
Suvargota šilumos bendro šildomo tūrio 1 m ³ šildyti, dienolaipsniui		Wh / m ³ DL
Savitieji šilumos nuostoliai		W / K
Suvargota šilumos buitinio karšto vandens sistemos nuostoliams (pagal vidaus temperatūrą)		MWh / metai

Karšto vandens suvartojimo rodikliai

Suvargota šilumos buitiniam karštam vandeniui paruošti per metus		MWh / metai
Suvargototo karšto vandens kiekis per metus		m ³ / metai
Suvargota šilumos karštam vandeniui vienam asmeniui per metus		kWh / asmuo / metai
Suvargota šilumos karštam vandeniui 1 m ² bendro šildomo ploto per metus		kWh / m ² / metai
Suvargota karšto vandens 1 m ² bendro šildomo ploto per metus		litrai / m ² / metai
Suvargota karšto vandens 1 m ² bendro šildomo ploto per dieną		litrai / m ² / diena
Suvargototo karšto vandens kiekis asmeniui per metus		m ³ / asmuo / metai
Suvargototo karšto vandens kiekis asmeniui per mėnesį		m ³ / asmuo / mėnuo

Elektros suvartojimo rodikliai

Suvargota elektros per metus		MWh / metai
Suvargota elektros vienam asmeniui per metus		kWh / asmuo / metai
Suvargota elektros 1 m ² bendro šildomo ploto per metus		kWh / m ² / metai
Suvargota elektros 1 m ² bendro šildomo ploto per dieną		litrai / m ² / diena
Suvargota elektros vienam asmeniui per mėnesį		m ³ / asmuo / mėnuo

Detalus siūlomų energijos taupymo priemonių, jų efektyvumo ir investicijų aprašas

1. Šilumos punkto renovacija

1.	Detalus aprašymas	Nauji šilumokaičiai: šildymui, buitinio karšto vandens sistemai, cirkuliacinis siurblys, automatika ir t. t.
2.	Šilumokaičių galingumas, kW	šildymui, kW karšto vandens sistemai, kW
3.	Galimas energijos sutaupymas, %	%
4.	Vieneto kaina, Lt	Lt
5.	Priemonių skaičius	
6.	Išlaidos visam pastatui, Lt	Lt
7.	Išlaidos 1 m ² bendro šildomo ploto, Lt	
8.	Suvargota energijos visam pastatui per metus, MWh	
9.	Suvargota energijos visam pastatui per metus, Lt	
10.	Sutaupyta priežiūrai visam pastatui per metus, Lt	
11.	Sutaupytos bendros išlaidos visam pastatui per metus, Lt	
12.	Sutaupytos bendros išlaidos 1 m ² bendrojo šildomo ploto per metus, Lt	
13.	Paprastas atsipirkimo laikas	

2. Individuali temperatūros kontrolė ir šilumos kiekio dalikliai

1.	Detalus aprašymas	Termostatiniai ventiliai, šilumos kiekio dalikliai
2.	Radiatorių skaičius	vnt.
3.	Galima sutaupyta energija, %	%
4.	Vieneto kaina, Lt	Lt
5.	Priemonių skaičius	vnt.
6.	Išlaidos visam pastatui, Lt	Lt
7.	Išlaidos 1 m ² bendrojo šildomo ploto, Lt	
8.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, MWh	
9.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, Lt	
10.	Sutaupyta viso pastato priežiūrai per metus, Lt	
11.	Sutaupyta bendrų išlaidų visam pastatui per metus, Lt	
12.	Sutaupyta bendrų išlaidų 1 m ² bendrojo šildomo ploto per metus, Lt	
13.	Paprastas atsipirkimo laikas	

3. Buitinio karšto vandens sistemos renovacija:

1.	Detalus aprašymas	Karšto vandens stovų ir maišytuvų atšakų apšiltinimas
2.	Butų skaičius	butai
3.	Galimi sutaupytos energijos kiekiai, %	%
4.	Išlaidos vienam butui, Lt	Lt
5.	Priemonių skaičius	vienetai
6.	Išlaidos visam pastatui, Lt	Lt
7.	Išlaidos 1 m ² bendrojo šildomo ploto, Lt	
8.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, MWh	
9.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, Lt	
10.	Sutaupyta viso pastato priežiūrai per metus, Lt	
11.	Sutaupyta bendrų viso pastato išlaidų per metus, Lt	
12.	Sutaupyta bendrų išlaidų 1 m ² bendrojo šildomo ploto per metus, Lt	
13.	Paprastasis atsipirkimo laikas	

4. Langų sandarinimas

1.	Detalus aprašymas	Termoizoliacinės juostelės
2.	Senasis oro kaitos koeficientas, h^{-1}	h^{-1}
3.	Naujasis oro kaitos koeficientas, h^{-1}	h^{-1}
4.	Išlaidos m ² , Lt	Lt
5.	Priemonių skaičius / bendras plotas, m ²	m ²
6.	Išlaidos visam pastatui, Lt	Lt
7.	Išlaidos 1 m ² bendrojo šildomo ploto, Lt	
8.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, MWh	
9.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, Lt	
10.	Sutaupyta viso pastato priežiūrai per metus, Lt	
11.	Sutaupyta bendrų viso pastato išlaidų per metus, Lt	
12.	Sutaupyta bendrų išlaidų 1 m ² bendro šildomo ploto per metus, Lt	
13.	Paprastas atsipirkimo laikas	

5. Langų pakeitimas

1.	Detalus aprašas:	Nauji langai: mediniai rėmai, dvigubo stiklo paketai
2.	Senas šilumos perdavimo koeficientas, W/m^2K	W/m^2K
3.	Naujas šilumos perdavimo koeficientas, W/m^2K	W/m^2K
4.	Senas oro kaitos koeficientas, h^{-1}	h^{-1}
5.	Naujas oro kaitos koeficientas, h^1	h^{-1}
6.	Išlaidos $1 m^2$, Lt	Lt
7.	Priemonių skaičius / bendras plotas, m^2	m^2
8.	Išlaidos visam pastatui, Lt	Lt
9.	Išlaidos $1 m^2$ bendro šildomo ploto, Lt	
10.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, MWh	
11.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, Lt	
12.	Sutaupyta viso pastato priežiūrai per metus, Lt	
13.	Sutaupyta bendrų viso pastato išlaidų per metus, Lt	
14.	Sutaupyta bendrų išlaidų $1 m^2$ bendro šildomo ploto per metus, Lt	
15.	Paprastasis atsipirkimo laikas	

6. Stogo renovacija

1.	Detalus aprašas	Izoliacinis šiluminis sluoksnis, stogo danga
2.	Senas šilumos perdavimo koeficientas, W/m^2K	W/m^2K
3.	Naujas šilumos perdavimo koeficientas, W/m^2K	W/m^2K
4.	Išlaidos $1 m^2$, Lt:	Lt
5.	Priemonių suma / bendras plotas, m^2	m^2
6.	Išlaidos visam pastatui, Lt	Lt
7.	Išlaidos $1 m^2$ bendrojo šildomo ploto, Lt	
8.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, MWh	
9.	Sutaupyta energijos visam pastatui per metus, Lt	
10.	Sutaupyta viso pastato priežiūrai per metus, Lt	
11.	Sutaupyta bendrų viso pastato išlaidų per metus, Lt	
12.	Sutaupyta bendrų išlaidų $1 m^2$ bendrojo šildomo ploto per metus, Lt	
13.	Paprastasis atsipirkimo laikas	

Siūlomos energijos taupymo priemonių paketas

Skaičiavimai, atlikti visam pastatui

Energijos taupymo priemonės	Investicijų dydis visam pastatui, Lt	Sutaupyta energijos visam pastatui, MWh/metai	Sutaupyta energijos ir išlaidų visam pastatui, Lt/metus			Atsipirkimas, metai
			energija	priežiūra	iš viso	
Iš viso:						

Skaičiavimai, atlikti 1 m² bendrojo šildomo ploto

Energijos taupymo priemonės	Investicijų dydis 1 m ² bendrojo šildomo ploto, Lt	Sutaupyta energijos 1 m ² bendrojo šildomo ploto, kWh/metai	Energijos ir išlaidų sutaupymai 1 m ² bendrojo šildomo ploto, Lt/metus			Atsipirkimas, metai
			energija	priežiūra	iš viso	
Iš viso:						

POTENCIALIŲ ENERGIJOS VARTOJIMO MAŽINIMO PRIEMONIŲ PASTATUOSE IŠPLĖSTINIS SĄRAŠAS

1. Bendrybės

Atnaujinimo priemonės priklauso nuo pastato tipo, jo konstrukcijos, vietinių įpročių ir t. t. Priemonių sąrašas, pateiktas šiame priede, yra pavyzdinis ir neišsamus.

2. Įspėjimai

Prieš diegiant bet kokias energijos taupymą gerinančias priemones, reikia atsižvelgti į galimą sąveiką tarp jų.

Keli pavyzdžiai:

- a) pastato atitvarų oro sandarumo gerinimas gali lemti papildomų vėdinimo angų poreikį;
- b) šilumos poreikių sumažinimas gali lemti ir šildymo katilinės galios mažinimą, kitu atveju katilinės efektyvumas gali smarkiai sumažėti;
- c) vieno stiklo langų pakeitimas kelių stiklų langais slopina kondensaciją ant langų paviršių, bet didina vidaus oro drėgnumą, tokiu būdu gali išaugti pelėsių augimo rizika ant prastai apšiltintų pastato atitvarų elementų ir ilginių šiluminių tiltelių;
- d) papildoma šilumos izoliacija iš vidaus gali padidinti vidinės kondensacijos ir pelėsių augimo riziką.

Tad rekomenduojama planuoti suderinamų ir tarpusavyje susijusių energijos taupymo priemonių paketus. Energijos taupymo priemonių paketų sudarymas priklauso nuo sąlygų, priklausančių nuo konkretaus pastato, jo specifikos, naudojimo paskirties ir išorinės klimatologijos.

Toliau pateikiamos individualios priemonės ir rekomenduojami priemonių paketai.

3. Pastato vadyba

- Patikrinti nustatytas temperatūras. Nurodyti jų vertes kuo artimesnes išorinėms temperatūrų vertėms, parinkti tinkamą temperatūrą kiekvienai patalpai.
- Patikrinti šildymo ir vėsinimo sistemų valdymo nustatymus, kad šios sistemos neveiktų vienu metu.
- Įdiegti naktinį temperatūrinį režimą.
- Kontroliuoti vėdinimą: nevėdinti per daug ar per mažai.
- Žiemą uždaryti langines ar žaliuzes naktimis, vasarą naudoti apsaugą nuo saulės dienos metu.
- Vasarą intensyvesnis naktinis vėdinimas atvėsina pastato konstrukcijas, tokiu būdu palaikoma žemesnė vidaus klimato temperatūra, ypač jei saulės šilumos pritekėjimas ir vėdinimas buvo sumažinti dieną.

- Taupyti vandenį: sutaisyti lašančius čiaupus, įmontuoti ekonomišką dušų galvutes ir t. t.
- Nutraukti šildymą (ar vėsinimą) tose patalpose, kurių nereikia šildyti (ar vėsinti).
- Reguliariai tvarkyti katilinės (šilumos punkto) patalpas.
- Įgyvendinti visų įrenginių (degiklių, katilų, ŠVOK dalių ir t. t.) priežiūros grafiką.
- Reguliariai stebėti energijos vartojimą, registruoti suvartoto kuro kiekius. Savaitinio vidutinio šildymo ir vėsinimo galios pagal vidutinę išorinę temperatūrą kreivė padeda atrasti sistemų veikimo sutrikimus.
- Reguliariai informuoti pastato gyventojus apie energijos vartojimo režimą ir galimas įdiegti energijos taupymo priemones.

4. Pastato atitvaros

- Patikrinti esamą šilumos izoliaciją. Pakeisti drėgnas izoliacines medžiagas, jei būtina, įrengti izoliacijos sluoksnių apsaugą.

4.1. Išorinės sienos

- **Išorinis šiltinimas.** Sienų apdailai naudoti tik šviesias spalvas. Kartą įrengta išorinė šiluminė izoliacija neturėtų būti ardoma. Naudoti tik patikrintus ir išbandytus produktus ir metodus.
- **Vėdinamas fasadas.** Sandūros ir angos turi būti sutvarkytos prieš įrengiant izoliaciją. Naudoti tik nedegias medžiagas.
- **Šiluminės izoliacijos apdaila.** Įsitikinti, kad esamas apdailos sluoksnis yra pakankamai tvirtas naujiems sluoksniams apsaugoti.
- **Šiluminės izoliacijos sluoksnio įpurškimas į sienos oro tarpą.** Pasirūpinti galimomis vidaus kondensacijos problemomis. Kai kurios putos (PUR) besiplėsdamos gali pakenkti sienos konstrukcijai, jei izoliacija įpurškiama netinkamai.
- **Vidinis apšiltinimas.** Atsižvelgti į galimas kondensacijos problemas ir ilginius šiluminius tiltelius. Įrengti šilumos izoliaciją sienose tarp kondicionuojamų ir nekondicionuojamų patalpų, geriau ant šaltosios sienų pusės.
- Apšiltinti sienas, esančias rūsiuose, geriau iš išorinės pusės (tarp sienos ir grunto); apšiltinimą įrengti mažiausiai 1 m giliau. Šiuo atveju apšiltinamos dalies apačioje reikia drenuoti gruntą.
- Įrengti šiluminės izoliacijos sluoksnį už šildytuvų, jei sienos šilumos izoliacija nėra pakankama.
- Įrengti keičiamos padėties išorinę apsaugą nuo saulės, kur ji neįrengta.

4.2. Stogas

- Patikrinti stogo oro sandarumą, jei jis yra virš kondicionuojamos patalpos. Užsandarinti konstrukciją sandūras.
- Jei reikia, atnaujinti stogo dangą ar hidroizoliacijos sluoksnius, įrengti išorinį apšiltinimą po stogo dangą. Jei negalima, įrengti šilumos izoliaciją tarp gegnių ar po jomis. Šiuo atveju reikia atsižvelgti į galimas kondensacijos problemas ir šiluminius tiltelius.
- Esant plokščiojo stogo konstrukcijai, atvirkštinė izoliacija (išstumtas polistirenas) gali būti lengvai įrengta, jei tik hidroizoliacijos sluoksnis yra geros būklės. Kitu atveju, atnaujinus hidroizoliacijos sluoksnį, reikia padidinti šiluminės izoliacijos storį.

4.3. Grindys

- Įrengti šilumos izoliaciją ant nešildomų palėpių grindų.
- Įrengti šilumos izoliaciją po grindimis, kurios įrengtos virš išorinių ar nekondicionuojamų erdvių.

4.4. Išorinės angos (durys, langai ir t. t.)

- Patikrinti oro sandarumą. Sutaisyti nesandarias sandūras ir pakeisti išdaužtus stiklus. Suremontuoti duris ir langus, kurie negali būti tinkamai uždaryti.
- Jei pastato atitvaros yra sandarios (rekomenduojama užtikrinti atitinkamą vėdinimo reguliavimo režimą), patikrinti, kad yra būdas išvėdinti vidines patalpas (vėdinimo angos, vėdinimo sistema).
- Pakeisti senus langų rėmus naujais rėmais, pasižyminčiais geresnėmis šilumos izoliavimo savybėmis (mediniai, metaliniai su šiluminiais intarpais, plastikiniai).
- Pakeisti įstiklintus plotus į plotus, pasižyminčius geresnėmis šilumos izoliavimo savybėmis (pvz., dvigubas įstiklinimas su žemo pralaidumo danga ir dujų užpildu). Alternatyva – įdėti antrą stiklą į esamą rėmą.
- Esant šaltam ar vėjuotam klimatui, įrengti tambūrą prie įėjimo durų.
- Įrengti išorinę keičiamos padėties apsaugą nuo saulės.

4.5. Šildymo sistema

- Pagerinti valdymo sistemą, įrengti termostatus ar termostatus, ypač tose patalpose, kuriose šildoma iš kitų šaltinių, o ne iš šildymo sistemos.
- Subalansuoti šilumos paskirstymo sistemą.
- Patikrinti, ar cirkuliaciniai siurbliai yra tinkamo dydžio. Jei per dideli, pakeisti juos į reikiamo dydžio.
- Pagerinti radiatorių efektyvumą, pašalinti užuolaidas ar dėžes, esančias prie jų.

- Periodiškai išleisti orą ir išvalyti purvą, kuris susikaupia radiatoriuose.
- Įrengti šilumos izoliaciją aplink šilumos paskirstymo sistemos kanalą.
- Pakeisti per mažo dydžio radiatorius, dėl to sumažės vandens šildymo temperatūra.
- Išjungti cirkuliacinius siurblius, kai šiluma nereikalinga.
- Naudoti atsinaujinančiosios energijos išteklius. Daugumos Europos šalių klimatui tinka saulės energija šildomi vandens šildytuvai, pasižymintys sąnaudų efektyvumu.
- Suskirstyti pastatą į sektorius pagal šildymo ir vėdinimo poreikius, atskiriant sektorius, kurių reikmės skirtingos, ir sujungiant patalpas, kurių reikmės vienodos (pvz., pastato dalis, atsukta į saulę, ir kita dalis).

4.6. Katilinės

- Užtikrinti sezoninius degiklių, kūryklų, katilų ir kaminų priežiūros darbus. Periodiškai tikrinti kuro ir oro mišinį, užtikrinant optimalų efektyvumą.
- Kiek galima daugiau sumažinti nustatytą vandens temperatūrą katile. Žemiausia galima temperatūra priklauso nuo šildymo poreikių ir nuo medžiagų, naudojamų katilui (korozija).
- Išjungti katilą, kai jis nenaudojamas (pvz., vasarą, jei jis nenaudojamas karštam vandeniui ruošti).
- Patikrinti dūmų temperatūrą. Ji turėtų būti kuo žemesnė, bet gana aukšta, norint išvengti korozijos. Žemiausia galima temperatūra priklauso nuo medžiagų, naudojamų kūrykloms ir kaminams.
- Patikrinti, ar degiklis tinka kūryklai. Jei netinka, pakeisti tinkamu.
- Palyginti degiklio ir katilo galią su faktiškai reikalinga galia esant projektinei išorės temperatūrai. Jei galia yra per didelė, sumažinti ją, pakeičiant degiklio (naujo purkštuko) galią arba visą degiklio ir kūryklos įrangą.
- Katilo konstrukcijai įrengti šilumos izoliaciją.
- Sureguliuoti oro įvadą į katilinės patalpą iki minimaliai būtino (apie 60 cm²/kW degiklio galios).
- Dūmtakio skersmenį pritaikyti pagal katilo galią. Jei būtina, viduje įrengti nerūdijančiojo plieno kanalą.

4.7. Vėsinimo sistemos

- Užtikrinti sezoninius vėsintuvo priežiūros darbus.
- Kiek galima daugiau padidinti nustatytą vėsinimo vandens temperatūrą
- Palyginti vėsintuvo galią su faktiškai reikalinga, atsižvelgiant į poreikius esant projektinei išorės temperatūrai. Jei galia yra per didelė, sumažinti ją, pakeičiant įrangą.

- Išjungti cirkuliacinius siurblius, kai šaltis nereikalingas.
- Subalansuoti vėsinimo vandens paskirstymo sistemą.
- Patikrinti, ar cirkuliaciniai siurbLIAI yra tinkamo dydžio. Jei jie per dideli, pakeisti juos į tinkamo dydžio.
- Apšiltinti šilumine izoliacija paskirstymo kanalus ir vožtuvus.
- Pakeisti per didelių matmenų šilumokaičius naujais, tokiu būdu pagerinant šilumokaitos efektyvumą.

4.8. Oro valdymo įranga

- Išjungti įrangą, kai ji nenaudojama. Sumažinti oro debitą iki reikiamo lygio. Jei oro debitas turi kisti pagal laiką, įmontuoti laikrodį ar vėdinimo sistemos reguliavimą pagal paklausą.
- Patikrinti oro kanalų sandarumą. Užsandarinti oro proveržius.
- Sumontuoti skirtingų greičių ventiliatorius.
- Suskirstyti pastatą į sektorius pagal vėdinimo poreikius, atskiriant sektorius, kurių reikmės skirtingos, sujungti patalpas, kurių reikmės vienodos.
- Užtikrinti priežiūros darbų periodiškumą.
- Kur tik įmanoma, sumontuoti rekuperacinę (šilumogražos) sistemą.
- Atjungti (ar nemontuoti) oro drėkinimo sistemą, kai tik galima.
- Jei tik įmanoma, nenaudoti oro šilumai transportuoti. Patalpoms šildyti naudoti vandens radiatorius, patalpoms šildyti ir vėsinti – spinduliavimo energiją skleidžiančias plokštes.
- Mažinti slėgio kritimą oro paskirstymo sistemoje (platesni ir trumpesni kanalai, tinkami kanalų matmenys, siekiant išvengti slopinimo, pritaikytos grotelės ir t. t.).

4.9. Buitinis karštas vanduo

- Patikrinti karšto vandens temperatūrą. Jis turėtų būti nuo 55 iki 60 °C. 50 °C yra gana aukšta temperatūra daugumai naudojimo paskirčių, tačiau jame gali veistis *legionella* bakterijos.
- Sustabdyti karšto vandens cirkuliaciją, kai karštas vanduo nėra būtinas.
- Patikrinti cirkuliacinio siurblio našumą, pakeisti siurbli, jei jo našumas per didelis.
- Atjungti nenaudojamus karšto vandens čiaupus ir išardyti link jų nutiestą vamzdyną.
- Apšiltinti karšto vandens vamzdžius šilumos izoliacija, ypač tuos vamzdžius, kurie yra visada karšti.
- Nustatyti ir užsandarinti visus protėkius ir lašančius čiaupus.
- Reguliariai šalinti karšto vandens katilo nuoviras arba įrengti vandens minkštinimo įrangą, jei vanduo yra kietas.

- Vasarą nenaudoti šildymo katilo, skirto patalpoms ir vandeniui šildyti.
- Įrengti saulės energija šildomą vandens katilą.
- Pakeisti atskirus šalto ir karšto vandens čiaupus maišytuvais.
- Pakeisti arba atnaujinti senus maišytuvus.
- Daugiabučiuose namuose turi būti įrengti individualūs karšto vandens skaitikliai.

4.10. Apšvietimas

- Vidiniam dažymui ir apdailai naudoti šviesias spalvas, geriau – baltą.
- Pakeisti spalvotus ar šviesą atspindinčius stiklus baltais stiklais ir keičiamos padėties išorinėmis apsaugomis nuo saulės.
- Pakeisti kaitrines lemputes fluorescencinėmis arba kitomis efektyvesnėmis lemputėmis.
- Verčiau naudoti tiesioginį apšvietimą vietoj netiesioginio.
- Pakeisti senus šviestuvus (kurie dažnai uždengia šviesos šaltinį) didelio efektyvumo šviestuvais (kurie siunčia šviesą iš šaltinio reikalingos apšviesti vietos link).
- Įrengti judesį fiksuojančius daviklius koridoriuose, laiptinėse ir kitose vietose, kuriose žmonės dažnai tik praeina.
- Įrengti protingą apšvietimo valdymo sistemą biuruose, derinant dirbtinio apšvietimo lygį prie dienos šviesos ir darbuotojų poreikių.

KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Kuo skiriasi energijos vartojimo efektyvumo didinimas ir energijos taupymas? Kuri iš šių dviejų sąvokų vartotojui turėtų būti priimtinesnė ir kodėl?
2. Kam yra skirti renovuotų pastatų energijos vartojimo auditai?
3. Kokiais atvejais ir kokiems pastatams Lietuvoje yra privalomi energijos vartojimo auditai?
4. Kokie yra pagrindiniai apžvalginių energijos vartojimo audito modelių tikslai?
5. Kokių dviejų tipų analitiniai energijos vartojimo audito modeliai yra žinomi? Kokie jų principiniai skirtumai?
6. Kaip energijos poreikių vadyba yra susijusi su energijos vartojimo auditais?
7. Išvardinkite penkis bendruosius energijos vartojimo audito atlikimo etapus. Kuris iš jų yra imliausias laiko požiūriu?
8. Kokie yra pagrindiniai apžvalginio ir išsamiojo energijos vartojimo auditų skirtumai?
9. Kas atliekama energijos vartojimo audito veiksmų plano etape?
10. Kuo fizine prasme skiriasi pastate panaudota ir pastatui pateikta energija? Kokios to skirtumo priežastys ir pasekmės?
11. Kokių atveju normalizuotos šilumos sąnaudos yra didesnės ar mažesnės negu faktinės ir kodėl?
12. Ką bendro turi pritėkių ir inžinerinių sistemų tobulinimo dėmenys energinio audito balanso lygtyje?
13. Kas lemia pritėkių naudojimo mažinant perkamos ar gaminamos šilumos galimybes? Kokia didžiausia pritėkių panaudojimo koeficiento reikšmė?
14. Kokių energinio audito balanso lygties dėmenų rodiklių reikšmės turėtų būti keičiamos nustatant galimas taupymo priemones? Koks turėtų būti dėmenų skaičius tokioje balanso lygtyje?
15. Ką pastato energiniam parašui parodo to pastato savitieji šilumos nuotoliai?
16. Kas, be saulės pritėkių, dar turi įtakos pasyvios saulės technologijos pastatams aktualaus vadinamojo meteorologinio kintamojo dydžiui?
17. Kaip įvertinti analizuojamo pastato ar jo dalies faktines buvusias patalpų temperatūras, kai jos nebuvo matuotos?
18. Kokiais kriterijais vertinamas energijos taupymo priemonių ar jų paketų ekonominis efektyvumas? Kuris iš jų rekomenduojamas kaip pagrindinis?
19. Kaip galima įvertinti pastato elementų atnaujinimo naudą atsižvelgiant tiek į sutaupytus energijos kiekius, tiek į pastato būklės pagerinimą?
20. Paaiškinkite sąvokos „dviguba nauda“ esmę.
21. Kaip skaičiuojamos pastato bendros energijos santaupos žinant atskirų atnaujinimo priemonių taupymą pakete procentais?

22. Kaip dažniausiai pasikeičia neatnaujintos katilinės efektyvumas, kai gerokai sumažėja pastato šilumos poreikiai?
23. Įrengus langą, kurio šilumos perdavimo koeficientas yra mažesnis, sumažėja per jį perduodamos šilumos nuostoliai. Kokioms energijos sąnaudoms dar turi įtakos toks pakeitimas?
24. Apibūdinkite prietaisus pagal jų veikimo trukmę. Kokie jų privalumai ir trūkumai lyginant tarpusavyje?
25. Kokie rodikliai matuojami dažniausiai vertinant pastato patalpų vidaus mikroklimatą?
26. Kokie yra pagrindiniai temperatūros matavimo principai? Pateikite tiksliausią ir tinkamiausią duomenims kaupti elektroniniu būdu temperatūros matavimo įrenginį.
27. Į kokias grupes pagal matavimo metodus galima suskirstyti skysčio srauto ir dujų matavimo prietaisus, kurie labiausiai tiktų elektroniniam duomenų kaupimui?
28. Kokie matavimo prietaisai naudojami vėdinimo sistemose matuojant oro greitį ortakiuose? Paaiškinkite šių įrenginių veikimo principą.
29. Kokie metodai taikomi norint nustatyti patalpų oro infiltraciją? Nurodykite šių metodų privalumus, trūkumus ir patikimumo ribas.
30. Paaiškinkite šilumos perdavimo koeficiento matavimo principą. Kokie prietaisai naudojami šiuo atveju?

RODYKLĖ

A

Analitinis audito modelis 10
Apžvalginis auditas 10, 11, 20, 30, 33
Ataskaitos turinys 35, 38
Atsinaujinančioji energija 43, 44
Auditorius 12, 22, 23, 78

D

Diskonto norma 66, 67, 68, 69
Duomenų surinkimas 30, 31, 33, 36

E

Ekonominė analizė 32, 33, 34, 35, 38
Energijos nuostoliai 44
Energijos poreikių vadyba 26
Energijos sąnaudų funkcijos 48
Energijos sąnaudų normalizavimas 42, 47, 48
Energijos santaupų nustatymas 54, 55, 56, 60
Energijos taupymas 9, 119
Energijos taupymo priemonių paketas 64, 73
Energijos vartojimo auditas 8, 9, 15, 18, 21, 22, 23, 30, 33, 36

G

Grynoji dabartinė vertė 64

I

Ilgauta energija 43
Investicijų vertinimas 76
Išsamusis auditas 33, 36

L

Lietuvos energijos konsultantų asociacija 8, 24

M

Matavimo metodai 87
Meteorologinis rodiklis 51, 52

N

Neatsinaujinančioji energija 44
Norminės sąlygos 41, 47, 48, 54, 55

O

Oro infiltracija 95

P

Panaudota energija 43, 45
Paprastasis atsipirkimo laikas 35, 64
Pastato būklės įvertinimas 70
Pastato energijos balansas 42
Pastato energijos balanso lygtis 44, 48, 50, 51, 59
Pastato energijos kiekių diagrama 42, 43
Pastato energinis parašas 49
Pastato savitosios šilumos sąnaudos 47, 52
Pateikta energija 44, 46, 119
Pritėkis 42
Pritėkio panaudos koeficientas 45, 62

R

Reikalinga energija 43

S

Skaitikliai 87, 88, 89, 90, 91, 92, 98
Sutaupytos energijos kaina 38, 64

Š

Šilumograža 43, 45, 46

T

Techninė analizė 31, 33, 34, 37
Techninių duomenų rodikliai 61

V

Veiksmų planas 32, 33, 34, 35, 38
Vidinė gražos norma 38, 64, 65, 69

LITERATŪRA

- AS/NZS 3598:2000. *Australian/New Zealand Standard. Energy audits*. Published on 6 November 2000.
- DRAFT prEN 15203 (March 2005) *Energy performance of buildings – Assessment of energy use and definition of ratings*.
- Duomenų apie tvarką ir patirtį vykdant energetinius auditus ir monitoringus užsienio šalyse surinkimas ir analizė, bei pasiūlymų tokiai tvarkai nustatyti mūsų šalyje parengimas. Mokslo darbo ataskaita. 2001. Užsakovas: Lietuvos Respublikos ūkio ministerija. Vadovas: V. Martinaitis. VGTU.
- Energetinių auditų ir monitoringų pastatuose, įmonėse, transporte ir kituose ūkio objektuose atlikimo tvarkos parengimas ir įteisinimas. Mokslo darbo ataskaita. 2002. Užsakovas: Lietuvos Respublikos ūkio ministerija. Vadovas: V. Martinaitis. VGTU.
- Energijos vartojimo pastatuose, technologiniuose procesuose ir įrenginiuose audito atlikimo tvarkos ir sąlygų ir energijos vartojimo pastatuose, technologiniuose procesuose ir įrenginiuose auditą atliekančių specialistų rengimo ir atestavimo tvarkos aprašas, patvirtintas Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2009 m. gegužės 26 d. įsakymu Nr. 1-75. 2009, *Žin.*, Nr. 64-2576.
- Energy auditing activities in key role in combating climate change 2006 [interaktyvus]. [žiūrėta 2007 m. spalio 3 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.audit06.fi/news/press-releases/2006-09-13-001.html>>.
- Energy audits and analysis. Towards more economical energy use. Motiva OY, 2011 [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.motiva.fi/en/publications/energy_auditing>.
- Energy Efficiency Profile: Estonia. 2011 [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.odyssee-indicators.org/publications/country_profiles.php>.
- Energy Efficiency Profile: France. 2011 [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.odyssee-indicators.org/publications/country_profiles.php>.
- Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2002/91/EB dėl pastatų energinio naudingumo. 2002 m. gruodžio 16 d.
- Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2006/32/EB dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų, panaikinti Tarybos direktyvą 93/76/EEB. 2006 m. balandžio 5 d.
- HN 42:2004 „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“. 2004, *Žin.*, Nr. 105-3911.
- HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“. 2004, *Žin.*, Nr. 45-1485.
- Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodika, patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 m. balandžio 29 d. įsakymu Nr. 4-184. 2008, *Žin.*, Nr. 55-2097.
- Kreith, F.; Goswami Y. 2008. *Energy management and conservation handbook*. CRC Press. 440 p.
- LST EN 13829 Šiluminės statinių charakteristikos. Pastato pralaidumo orui nustatymas. Slėgio skirtumų metodas (modifikuotas ISO 9972:1996). Vilnius, 1996.

- LST EN 832+AC:2003. Šiluminės pastatų savybės. Energijos poreikio šildymui apskaičiavimas. Gyvenamieji pastatai.* Vilnius, 2003.
- Martinaitis, V.; Kazakevičius, E.; Vitkauskas, A. 2007. A two-factor method for appraising building renovation and energy efficiency improvement projects, *Energy Policy* 35(1): 192–201.
- Martinaitis, V.; Rogoža, A; Bikmaniene, I. 2004. Criterion to evaluate the “Twofold benefit” of the renovation of buildings and their elements, *Energy and Buildings* 36: 3–8.
- Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 metų programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2006 m. gegužės 11 d. nutarimu Nr. 443. 2006, *Žin.*, Nr. 54-1956.
- R 27-01 „Rekomendacijos. Statinių ir jų dalių gyvavimo skaičiuojamosios trukmės įvertinimas“, patvirtintos Aplinkos ministro 2001 m. vasario 28 d. įsakymu Nr. 122. *Informaciniai pranešimai* Nr. 20-136.
- Rekomendacijos energijos vartojimo audito ataskaitos turiniui.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2007 m. spalio 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lvpa.lt/uploads/1089200183_Reikalavimai_energijos_vartojimo_audito_turiniui_04_07_05.pdf>.
- RSN 156-94. Statybinė klimatologija. 1994, *Žin.*, 24-394.
- SAVE II Project AUDIT II. Country Report Denmark.* August, 2002.
- SAVE II Project AUDIT II. Country Report Estonia.* December, 2002.
- SAVE II Project AUDIT II. Country Report Latvia.* March, 2003.
- SAVE II Project AUDIT II. Country Report Poland.* November, 2002.
- SAVE-Project Final Report. Energy Audit Management Procedures.* 2000. 348 p.
- SENET studija: energijos taupymo priemonių skatinimo ir kontrolės būdai.* 2006 [interaktyvus]. (SENET study: Means of Promoting and Monitoring Energy Conservation Measures). Motiva Publications. 2006 [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. vasario 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lsta.lt/files/projects/4_SENET_studija_Motiva_LT.doc>.
- STR 2.01.09:2005 Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas.* Vilnius, 2005.
- STR 2.05.01:2005 Pastatų atitvarų šiluminė technika.* Vilnius, 2005.
- STR 2.09.02:2005 Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas.* Vilnius, 2005.
- STR 2.09.04:2008 Pastato šildymo sistemos galia. Energijos sąnaudos šildymui.* Vilnius, 2008.
- Thumann, A.; William J. Younger. 2008. *Handbook of energy audits. 7th edition.* The Fairmont Press, Inc. 467 p.

Leidinyi parengtas ir išleistas už Europos socialinio fondo lėšas vykdamas projektą „Transporto ir civilinės inžinerijos sektorių mokslo, verslo ir studijų integralumo didinimas (TRANCIV)“, VP1-2.2-ŠMM-09-V-01-008

Vytautas MARTINAITIS
Artur ROGOŽA
Giedrius ŠIUPŠINSKAS

ENERGIJOS VARTOJIMO PASTATUOSE AUDITAS

Vadovėlis

Redaktorė *Nijolė Žuvininkaitė*
Viršelio dizaineris *Rokas Gelažius*
Maketuotojas *Gintautas Bancevičius*

2012 05 22. 6,96 aut. l. Tiražas 100 egz.
El. versija pagal leidinio identifikatorių doi:10.3846/1299-S
Vilniaus Gedimino technikos universiteto
leidykla „Technika“, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius
<http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „Ciklonas“,
J. Jasinskio g. 15, 01111 Vilnius
<http://spaudoscentras.lt>