



6 modulis

Pastatų šilumos
perdavimas ir energinis
auditas
Parengė: EUROTraining švietimo
organizacija

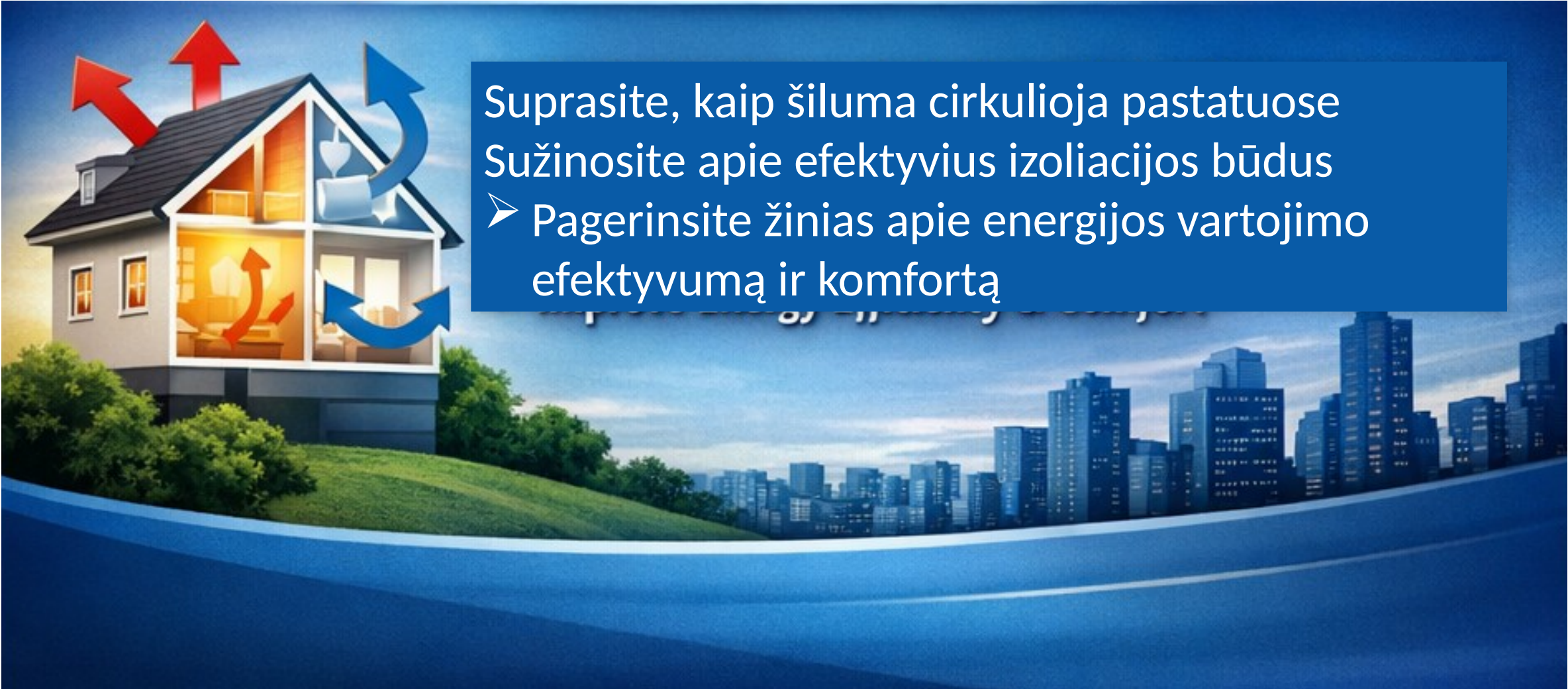


Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.





Suprasite, kaip šiluma cirkulioja pastatuose
Sužinosite apie efektyvius izoliacijos būdus
➤ Pagerinsite žinias apie energijos vartojimo
efektyvumą ir komfortą



Co-funded by
the European Union



6 modulio turinys

39 užsiėmimas	Pastato šilumos nuostolių ir šilumos padidėjimo komponentai		
40 užsiėmimas	Sildymo ir vėsinimo apkrovos		
41 užsiėmimas	Pastatų energinio audito pagrindai		
42 užsiėmimas	Pagrindiniai energijos vartojimo audito įrankiai		
43 užsiėmimas	Pagrindinių duomenų rinkimas		
44 užsiėmimas	Modernizavimo strategijos		



Co-funded by
the European Union



39 UŽSIĖMIMAS

Pastato šilumos nuostolių ir šilumos padidėjimo komponentai



Co-funded by
the European Union



Išvadas

Pastato šilumos nuostoliai ir šilumos padidėjimas yra esminiai veiksniai, lemiantys energijos poreikį šildymui ar vėsinimui pastate. Šiame užsiėmime aptariami reiškiniai, kurių mettu pastatai **praranda šilumą žiemą ir gauna šilumą vasarą**. Šių š/m komponentų supratimas yra būtinas specialistams, projektuojantiems **šilumos siurblių ir ŠVOK (HVAC) sistemas**.

Pagrindiniai šilumos nuostolių ir šilumos padidėjimo komponentai yra:

- Šilumos laidumas per pastato atitvaras (**sienas, stogą, grindis, langus**)
- Saulės šilumos prieaugiai per **stiklines konstrukcijas (langus)**
- Oro infiltracija ir vėdinimas
- Vidiniai šilumos prieaugiai iš **prietaisų, apšvietimo ir žmonių**



Šilumos laidumas per sienas, stogus ir grindis

Laidumas tai šilumos perdavimas per kietas medžiagas, tokias kaip sienos, stogai ir grindys. Šilumos srauto greitis priklauso nuo medžiagos U vertės ir temperatūros skirtumo visoje medžiagoje.

Pagrindinė formulė: $Q = U \cdot A \cdot (T_i - T_o)$, čia:

- Q yra šilumos srautas, W
- U yra šilumos perdavimo koeficientas
- A yra paviršiaus plotas
- T_i ir T_o yra atitinkamai vidaus ir lauko temperatūra

Tinkama izoliacija būtina norint sumažinti šilumos nuostolius žiemą ir šilumos padidėjimą vasarą

Šilumos laidumas per langus ir stiklus

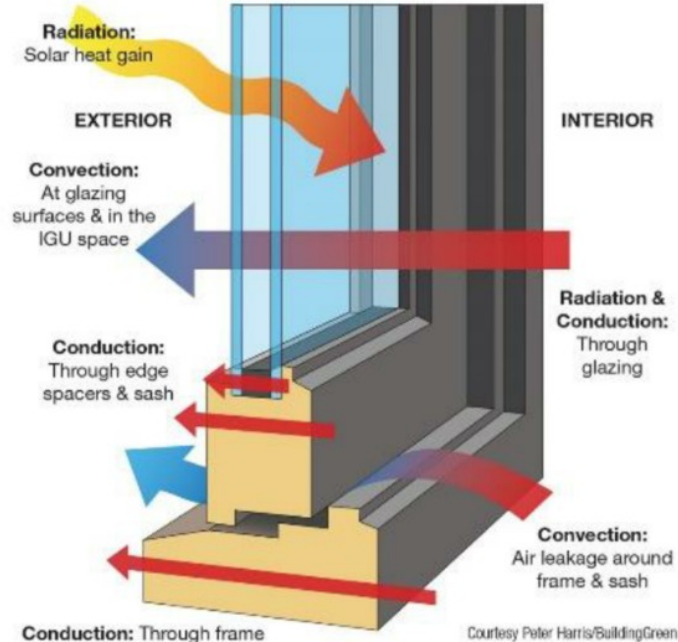
Langai yra silpnosios pastato atitvaro vietos, nes stiklas yra prastas izoliatorius, palyginti su sienomis ar stogu.

Vieno stiklo langų U vertės gali siekti net $5,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Dvigubas stiklas žymiai sumažina šilumos nuostolius, šiuo atveju U vertė yra apie $2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Naudojant trigubą stiklą galima priartėti prie sienos izoliacinių savybių (U).

Šilumos laidumas per langus ir stiklus



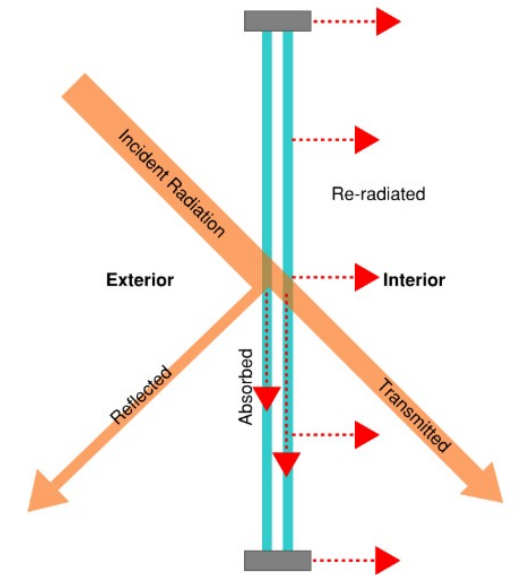
Norint sumažinti šilumos perdavimą, rekomenduojama naudoti mažo emisijos koeficiento stiklo dangas, argoną tarp stiklo paketų arba izoliuotus rėmus. Taip pat labai svarbu užtikrinti tinkamą langų sandarumą, kad būtų išvengta skersvėjų.

Saulės šilumos prieaugis per stiklą (langai)

Saulės spinduliuotė praeina per skaidrias medžiagas (langu stiklas), ir šildo vidinius pastato paviršius. Žiemą saulės energijos padidėjimas gali padėti sumažinti šildymo poreikį, tačiau vasarą tai gali sukelti perkaitimą patalpose, todėl padidėja vėsinimo poreikis.

Projektavimo strategijos apima:

- Tinkama lango orientacija, kad žiemą būtų maksimaliai padidintas saulės energijos kiekis
- Šešėliavimo įrenginių naudojimas saulės blokavimui vasarą
- Mažo SHGC (saulės šilumos prieaugio koeficientas) stiklo arba atspindinčių dangų pasirinkimas, kad sumažinti nepageidaujamą saulės energijos padidėjimą karštose aplinkose.



Oro infiltracija ir vėdinimas

Infiltracija - nepageidaujamas oro nutekėjimas per įtrūkimus ir tarpus pastato atitvare, o ventiliacija - kontroliuojami patalpų oro mainai su šviežiu lauko oru. Abu procesai turi įtakos šildymo ir vėsinimo poreikiams nustatyti.

- Vykstant oro infiltracijai į patalpas patenka nepageidaujamas šaltas arba karštas oras, kurį reikia papildomai šildyti arba vėsinti. Siekiant sumažinti oro infiltraciją, reikia naudoti tinkamus sandarinimo metodus, t.y. plyšių užtepimas hermetiku, ar naudoti langų bei durų sandarinimo juostas.
- Vėdinimo atveju, HRV vėdinimo sistemos (rekuperatorius) gali paimti šilumą iš šalinamo oro, taip sumažinami energijos nuostoliai.

Vidinis šilumos padidėjimas nuo žmonių, prietaisų ir apšvietimo

Vidinė šiluma gaunama iš patalpose esančių žmonių, prietaisų ir naudojamų apšvietimo. Šie šaltiniai gali padėti sumažinti šildymo poreikį žiemą, bet padidinti vėsinimo poreikį vasarą.

Pavyzdžiai:

- Žmonės išspinduliuoja šilumą, paprastai apie 100 W vienam asmeniui.
- Apšvietimas, ypač neefektyvios lemputės, prideda papildomos šilumos pastatui.
- Tokie prietaisai kaip šaldytuvai ir kompiuteriai irgi išskiria papildomą šilumą.

40 UŽSIĖMIMAS

Šildymo ir vėsinimo apkrovos



Co-funded by
the European Union



Bendras patalpos šiluminės energijos balansas

Kiekvienas pastatas ar kambarys gali būti vertinamas kaip šiluminė zona, į kurią šiluma įteka ar iš kurios išteka

Šiluma *įteka* dėl saulės spinduliuotės, dėl vidinių papildomų prieaugių (gyventojai, prietaisai, apšvietimas) ir dėl šildymo sistemų eksploatavimo.

➤ Šiluma *išteka* per pastato atitvarus: laidumu per sienas, langus, stogą ir grindis, taip pat oro mainai per ventilacines sistemas.

Šiluminės apkrovos samprata (jautrioji ir latentinė)

Šiluminė apkrova tai šiluminė energija, kurią reikia patiekti arba pašalinti iš patalpos, kad būtų užtikrintas komfortas.

Jautri šiluminė apkrova: įtakoja oro temperatūrą, (prietaisai, žmonių kūno šiluma, saulės spinduliuotė).

➤ Latentinė šiluminė apkrova: įtakoja oro drėgmę patalpoje. Tai energija, reikalinga drėgmei išgarinti arba sukondensuoti

Šildymo ir vėsinimo projektavimo sąlygos

Nustatant ŠVOK sistemų dydį, parenkamos tokios projektavimo sąlygos, kurios užtikrintų komfortą patalpoje net ir esant ekstremalioms oro sąlygoms.

Patalpų projektavimo sąlygos įprastai būna 20–22 °C šildymui (žiema) ir 25–26 °C vėsinimui (vasara).

- Lauko projektavimo sąlygos apibrėžia ekstremalias realias temperatūras: šalčiausia šildymui, karščiausia vėsinimui.

Papildomi praktiniai aspektai, susiję su sistemos dydžiu ir pastatų tipais

Sistemos dydžiui įtakos turi ne tik pagrindiniai šilumos apkrovos skaičiavimai, bet ir praktiniai veiksniai. :

Kad įvertinti galimą neapibrėžtumą dažnai pridedamos saugios ribos (apie $\pm 10\%$).

Tačiau per didelis sistemos dydis sumažina jos efektyvumą.

Šiluminė masė (sunki ar lengva konstrukcija) turi įtakos temperatūros pokyčiams, o taip pat ir apskaičiuojant šildymo/vėsinimo apkrovą.

- Sandarumas ir vėdinimo strategijos (pvz., HRV) yra labai aktualu, ypač tokioms sistemoms kaip šilumos siurbliai, kurie remiasi minimaliu infiltracijos lygiu

41 UŽSIĖMIMAS

Pastatų energinio audito pagrindai

Ivadas

Energijos vartojimo auditas – tai sistemingas pastato energijos vartojimo ir efektyvumo vertinimas.

Renovacijos projektuose energijos vartojimo auditas yra labai svarbus siekiant nustatyti neefektyvumą ir pagerinti pastato energinį naudingumą. Audito metu surašomas energijos taupymo atnaujinimo planas, nustatoma dabartinio objekto padėtis, apibrėžiamos tobulintinos sritys.

Pagrindiniai energijos vartojimo audito tikslai ir nauda

Pagrindiniai energijos vartojimo audito tikslai::

- **Neveiksmingumo nustatymas**: Energijos švaistymo šaltiniai, pvz., prastos izoliacijos, pasenusios įrangos ar eksploataavimo problemų, nustatymas.
- **Atnaujinimų prioritetizavimas** : Energijos taupymo priemonių (ECM) reitingavimas, siekiant maksimaliai sutaupyti energiją ir sumažinti išlaidas.
- **Maksimali investicijų grąža ir paskatos**: Išlaidų ir sutaupytų lėšų apskaičiavimas ir vyriausybės paskatų ar finansavimo galimybių nustatymas.
- **Sistemos optimizavimo užtikrinimas**: Akivaizdžių energijos švaistymo šaltinių nustatymas, pvz., netinkamai veikiančios įrangos ar netinkamai sukalibruotų valdiklių.
- **Našumo ir komforto gerinimas**: Pastato eksploatacinių savybių gerinimas, sąskaitų už energiją mažinimas ir poveikio aplinkai mažinimas.



Šilumos siurblių modernizavimas renovuojant pastatus

Modernizuojant šilumos siurblius, pastatų renovacija yra labai svarbi siekiant optimizuoti našumą.

Pagrindiniai sėkmingos integracijos veiksniai:

Šildymo poreikio mažinimas: pagerinus izoliaciją ir sumažinus šilumos nuostolius, šilumos siurblys gali veikti žemesnėje temperatūroje (40–50 °C).

Tiekiamos temperatūros mažinimas: radiatorių keitimas arba grindinio šildymo įrengimas leidžia šilumos siurbliams veikti efektyviai.

- Sistemos optimizavimas: sureguliuojant valdiklius ir sumažinus gedimų skaičių, šilumos siurblys veikia optimaliame temperatūros diapazone, sezoninį COP padidėja

Energijos vartojimo audito tipai

Energijos vartojimo audito dažnumas priklauso nuo projekto tikslų:

Apžiūros auditas (preliminarus auditas): greitas, aukšto lygio energijos suvartojimo patikrinimas apeinant objektą.

Išsamus auditas (bendras arba detalus): išsamesnė sąskaitų už komunalines paslaugas, sistemos veikimo analizė, matavimai vietoje.

- Investicinis auditas: išsami techninė analizė su kalibruotu energijos modeliu, įskaitant papildomą matavimą ir dinaminį modeliavimą, kad būtų galima tiksliai numatyti energijos sutaupymą.

Pagrindiniai standartai (ISO 50002, EN 16247)

Standartai nustato energijos vartojimo audito eigas, taip užtikrinamas nuoseklumas ir palyginamumas:

EN 16247: Europos energijos vartojimo audito standartas, pateikia pastatų, ŠVOK sistemų ir valdymo strategijų gaires.

ISO 50002: pasaulinis energijos vartojimo audito standartas, suderintas su ISO 50001 energijos vadybos sistemoms.

EPB standartai (EN ISO 52000-1): naudojami bendram pastato energiniam naudingumui apskaičiuoti, jie būtini vertinant renovacijos metu sutaupytą energiją.

- **ISO 50015:** energinio naudingumo stebėjimo, matavimo ir patikros standartas, užtikrina kad būtų pasiektas numatomas energijos sutaupymas



42 UŽSIĖMIMAS

Pagrindiniai energijos vartojimo audito
įrankiai

Įvadas

Siekiant surinkti patikimus duomenis apie pastato energinį naudingumą, atliekant energijos vartojimo auditą labai svarbu turėti specialius tam skirtus įrankius.

Pagrindiniai įrankiai: patalpų aplinkos sąlygų jutikliai, oro srauto matavimo prietaisai, elektros skaitikliai, degimo analizatoriai, šiluminės kameros ir sandarumo testavimo matuokliai.

Šie įrankiai padeda diagnozuoti energijos vartojimo neefektyvumą, apibrėžti tobulinimo galimybes ir fiksuoti tikslius duomenis modernizuojant šilumos siurblius.

Patalpų aplinkos jutikliai (temperatūra, drėgmė, CO₂, oro greitis)

Patalpų aplinkos jutikliai naudojami pagrindiniams komforto ir oro kokybės parametrams matuoti:

Temperatūros jutikliai (termometrai, duomenų kaupikliai): įvertina, kaip gerai šildomos ar vėsinamos patalpos.

Drėgmės jutikliai (higrometrai): išmatuoja drėgmės lygį, kad būtų nustatytas prastas vėdinimas ar ŠVOK valdymo problemos.

CO₂ jutikliai: naudojami patalpų oro kokybei ir vėdinimo efektyvumui stebėti. Didelis CO₂ kiekis rodo nepakankamą gryno oro kiekį.

- Oro greičio jutikliai (anemometrai): išmatuoja oro srauto greitį, kad būtų užtikrintas subalansuotas ŠVOK darbas ir nustato skersvėjus ar stovintį orą.

Šie matavimai užtikrina, kad energiją taupantys nauji sprendiniai nepakenktų vartotojų komfortui ar sveikatai.

Oro ir vandens srauto matavimas ŠVOK sistemose

Srauto matavimas yra gyvybiškai svarbus norint suprasti, kaip skysčiai teka ŠVOK sistemose:

Anemometrai (mentės arba karštos vielos): Išmatuoja oro greitį, padeda įvertinti ortakių ir ventiliacijos angų darbą.

Pitot vamzdžiai: išmatuoja slėgį ortakiuose, padeda apskaičiuoti oro srautą ir aptikti oro srauto disbalansą.

Srauto surinkimo gaubtai: išmatuoja oro srauto tūrį, montuojami virš difuzorių

- Vandens srauto matuokliai (pvz., ultragarsiniai matuokliai): matuoja karšto vandens srautą hidraulinėse šildymo sistemose, kad įvertinti šilumos tiekimą ir sistemos balansą.

Tikslūs srauto matavimai užtikrina, kad ŠVOK sistemos veiktų efektyviai, jie yra būtini modernizuojant šilumos siurblius.



Elektros suvartojimo matuokliai

Elektros suvartojimo matuokliai matuoja, kiek energijos sunaudoja įranga, vertinamas efektyvumas.

Rempliniai matuokliai: išmatuoja srovę, tekančią per laidininkus be tiesioginio kontakto, naudinga tikrinant pagrindinę įrangą, pvz., ŠVOK sistemas.

➤ Galios analizatoriai: išmatuoja įtampą, srovę, galią, energiją ir galios koeficientą. Jie padeda sudaryti apkrovos žemėlapius ir nustatyti neefektyvumą, pvz., per didelius variklius ar neefektyvų apšvietimą.

Šie įrankiai padeda įvertinti ar pastato elektros infrastruktūra gali padėti modernizuoti šilumos siurbį, taip pat padeda apibrėžti taupymo galimybes.

Šildymo sistemų degimo analizatoriai

Degimo analizatoriai naudojami pastatuose, kuriuose įrengtos degios šildymo sistemos (dujomis, nafta, biomase), kad išmatuoti kuro deginimo efektyvumą.

Analizatorius matuoja O_2 , CO, CO_2 , NO_x ir išmetamųjų dujų temperatūrą. Analizatorius parodo duomenis apie degimo efektyvumą, oro perteklių ir saugą (pvz., CO). Ši informacija padeda nustatyti tokias problemas kaip nepilnas degimas arba per didelis energijos švaistymas prieš modifikuojant šilumos siurbį.

Degimo efektyvumo duomenys yra energijos taupymo pagrindas, pagrindžiantis šilumos siurblio įrengimą



Termovizorius

Termovizorius (infraraudonųjų spindulių termografija) naudojamas temperatūros skirtumams ant pastatų paviršių nustatyti.

Identifikuoja spragas izoliacijoje, šiluminius tiltus ir oro nuotėkj. Atskleidžia paslėptas problemas, tokias kaip drėgmės kaupimasis ar izoliacijos stoka.

- Naudinga modernizuojant šilumos siurblius, kad būtų galima tiksliai nustatyti šilumos nuostolių vietas.

Šiluminės nuotraukos parodo, kur šilumos netenkama - per tarpus ar prastai izoliuotas vietas, nustatomi modernizavimo prioritetai.

Oro sandarumo bandymas

Oro sandarumo matavimai dažnai atliekami naudojant „blower door“ metodą, yra labai svarbūs nustatant oro nuotėkį pastato atitvaruose.

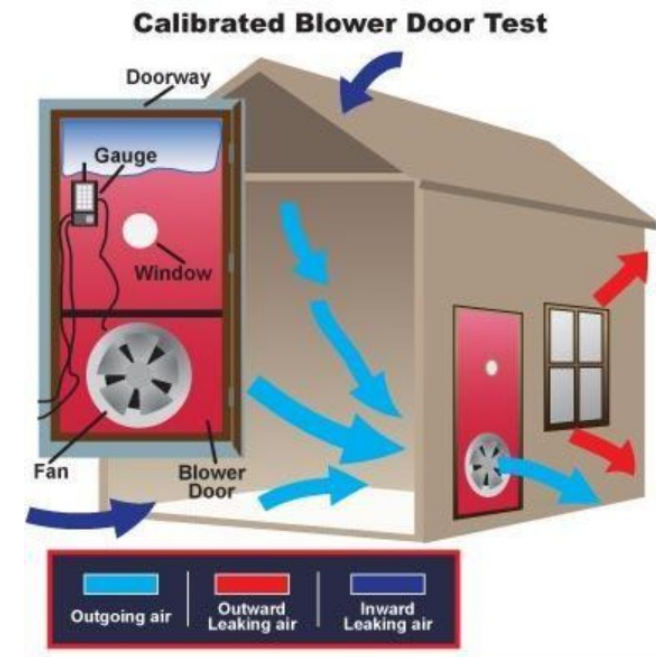
Blower door metodas: padidina arba sumažina slėgį pastate, matuoja oro srautą, reikalingą slėgio skirtumui palaikyti.

Rezultatas išreiškiamas oro tūrio pokyčiais per valandą (ACH_{50}).

Nustačius nuotėkius, atliktas oro plyšių sandarinimas sumažina pastato energijos nuostolius ir pagerina šilumos siurblio efektyvumą.

Oro sandarumo bandymas

Šis sandarumo bandymas užtikrina, kad pastatas būtų tinkamai užsandarintas prieš montuojant šilumos siurbį, taip optimizuojant energijos vartojimo efektyvumą



Prietaiso kalibravimas ir tikslumas

Kalibravimas užtikrina, kad prietaisai pateiktų tikslius ir patikimus duomenis energijos vartojimo audito metu.

Argumentai "už":

Tikslūs matavimai - patikimo energijos vartojimo audito pagrindas.

Kalibravimas užtikrina, kad matavimai atitiktų nacionalinius ar tarptautinius etaloninius standartus.

- Tinkamas kalibravimas pagerina sprendimų priėmimą dėl modernizavimo, įrangos dydžio ir našumo gerinimo.

! Netikslūs prietaisai gali lemti klaidas, nesaugų sistemų aptarnavimą ir netinkamą sistemų (pvz. šilumos siurbliai) dydžio pasirinkimą. !

43 UŽSIĖMIMAS

Pagrindinių duomenų surinkimas

Įvadas

Reikalingų duomenų rinkimas yra būtinas atliekant energijos vartojimo auditą, ypač planuojant sistemų modernizavimą.

Pagrindinės duomenų kategorijos::

Pastato atitvaras (sienos, langai, stogai ir kt.)

Šiluminės zonos (vietovės, kuriose šildymo ir vėsinimo poreikiai panašūs)

Ankstesnės sąskaitos už komunalines paslaugas (energijos suvartojimo modeliai)

Vietinės aplinkos orų duomenys (temperatūra, drėgmė, saulės spinduliuotė)

Informacija apie populiaciją (vartotojų skaičius ir jų elgesys)

- ŠVOK sistemos (įranga ir tiekimo tinklas)

Pastato atitvarai: sienos, langai, šiluminiai tilteliai

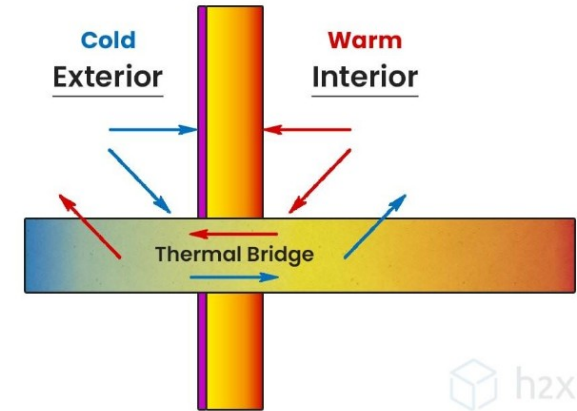
Pastato atitvaras atskiria vidaus ir lauko aplinkas - poveikis energijos suvartojimui.

Pagrindiniai komponentai, kuriuos reikia dokumentuoti:

Sienos: konstrukcija, izoliacijos lygiai, medžiagos tipas.

Langai: tipas (viengubas, dvigubas stiklas) ir orientacija (turi įtakos saulės šilumos prieaugiui).

- Durys: izoliacija ir sandarinimas.



Šiluminės zonos

Šiluminės zonos grupuoja erdves su panašiais šildymo ir vėsinimo poreikiais.

Rinkdami duomenis, auditoriai:

Nustato, kurie kambariai ar zonos yra kiekvienos zonos dalis.

Dokumentuoja ŠVOK sistemas, aptarnaujančias kiekvieną zoną.

- Atkreipia dėmesį į temperatūros nuostatas, valdymo metodus ir darbo grafikus.

Tai padeda suprasti vidinį šilumos padidėjimą, komforto lygį ir energijos suvartojimą skirtingose pastato dalyse.

Komunaliniai mokesčiai

Komunaliniai mokesčiai suteikia svarbių įžvalgų apie energijos vartojimo elgseną.

Auditoriai analizuoja:

Mėnesio elektros, dujų ir šildymo kuro sąnaudos.

Sezoniniai energijos suvartojimo svyravimai (vėsinimas ir šildymo poreikis).

- Anomalijų, galinčių rodyti neefektyvumą, nustatymas.

Komunalinių paslaugų sąskaitų duomenys padeda nustatyti energijos vartojimo bazę ir apibrėžti tobulinimo galimybes.

Orų duomenys: šaltiniai ir svarba

Orų duomenys yra labai svarbūs normalizuojant energijos suvartojimą ir apskaičiuojant šildymo/vėsinimo apkrovas.

Auditoriai renka:

Vietinės klimato charakteristikos (temperatūra, drėgmė, saulės spinduliuotė).

- Šildymo laipsnių dienos (HDD) ir vėsinimo laipsnių dienos (CDD) pastato vietai.

Orų duomenys padeda palyginti pastatų eksploatacines savybes skirtingais metais ir koreguoti energijos suvartojimą pagal lauko temperatūros svyravimus.



Vartotojų duomenys

Vartotojų duomenys daro įtaką energijos suvartojimui ir komforto lygiui pastate

Pagrindinė informacija, kurią reikia rinkti:

Gyventojų skaičius ir jų darbotvarkės.

Užimtumo modeliai (pvz., savaitgaliais, švenčių dienomis).

- Veikla, kuri generuoja šilumą ar drėgmę (pvz., maisto gaminimas, mankšta).

Užimtumo analizė padeda suderinti ŠVOK darbą ir zonavimo valdiklius - sumažinamos energijos sąnaudos

Šiluminiai įrenginiai ir šilumos gamybos sistemos

Duomenų apie ŠVOK sistemas rinkimas yra būtinas norint suprasti pastatų energinį efektyvumą.

Auditoriai dokumentuoja:

- Šildymo (pvz., dujinis katilas, šilumos siurblys) ir vėsinimo sistemų (pvz., oro kondicionavimas, šaldymo įrenginiai) tipą.
- Specifikacijos: modelių numerius, galingumus, kuro rūšis, efektyvumo įvertinimus.
- Galiniai įrenginiai: radiatoriai, ventiliatoriniai ritiniai arba VAV dėžės.

Ši informacija padeda nustatyti sistemų neefektyvumą ir apibrėžia modernizavimo sprendimus, pvz., įrangos atnaujinimą arba keitimą į šilumos siurblius.

 Co-funded by
the European Union



44 UŽSIĖMIMAS

Atitvarų modifikavimo strategijos

Šilumos poreikio ir šilumos siurblio poveikio mažinimas

Pastato atitvaro modernizavimas, siekiant sumažinti šilumos poreikį, yra labai svarbi efektyvaus šilumos siurblio veikimo strategija.

Pagerinus izoliaciją ir sandarumą, pastatuose gali būti naudojami mažesni šilumos siurbLIAI, todėl sumažėja išlaidos ir energijos sąnaudos.

Tyrimai rodo, kad atnaujinus izoliaciją galima sumažinti šildymo poreikį iki 50 proc., užtikrinant didesnį šilumos siurblio efektyvumą ir ilgesnį jo tarnavimo laiką.

Pastato atitvaro komponentai ir šilumos nuostoliai

Pastato atitvarai, įskaitant sienas, stogą, grindis, langus ir duris, daro didelę įtaką šilumos nuostoliams.

Sienos sudaro 35–40% šilumos nuostolių, stogas 15–25%, o langai dažnai yra silpniausia grandis.

Šiluminių tiltelių įdiegimas ir atitvaro komponentų izoliacijos gerinimas gali žymiai sumažinti bendrus šilumos nuostolius.

Bendri esamų pastatų atitvarų trūkumai

Senesni pastatai dažnai kenčia nuo nepakankamos izoliacijos, pasenusių langų, didelio oro nuotėkio ir šilumos tiltelių.

Dėl šių trūkumų padidėja energijos sąnaudos ir sumažėja komfortas. Šių problemų sprendimas, pvz., izoliacijos atnaujinimas, tarpų sandarinimas ir senų langų keitimas, yra labai svarbus siekiant pagerinti energijos vartojimo efektyvumą.

Modernizavimo poreikių įvertinimas: patikrinimai ir diagnostikos metodai

Efektyvus modernizavimo planavimas prasideda nuo išsamaus įvertinimo, naudojant diagnostikos priemones, tokias kaip infraraudonųjų spindulių termografija (termovizorius) ir „blow door“ bandymai.

Termografija nustato šilumos nuostolius per izoliacijos tarpus ir šiluminius tiltelius, o ventiliatoriaus durų bandymai matuoja sandarumą ir nustato oro nuotėkio vietas.

Modernizavimo sprendimai (oro sandarinimas, stiklo atnaujinimas, drėgmės kontrolė)

Pagrindiniai modernizavimo sprendimai apima:

- izoliacijos gerinimą,
- stiklų atnaujinimą,
- oro nuotėkio sandarinimą
- drėgmės valdymą.

Išorinių ir vidinių sienų izoliacija ir ertmių sienose izoliacija yra įprasti metodai.

Atnaujinus langus, pvz keičiant į dvigubą stiklą, sumažėja šilumos nuostoliai, o drėgmės kontrolė apsaugo nuo kondensato susidarymo ir pelėsio.

Izoliacinių medžiagų tipai

Naudojamos skirtingos izoliacinės medžiagos: mineralinė vata, putplasčio izoliacija, tokia kaip EPS ir PIR, natūralūs pluoštai, tokie kaip celiuliozė ir kanapės, ir pažangios medžiagos, tokios kaip aerogeliai.

Kiekviena iš jų turi savo privalumų ir tinkamų pritaikymų, pavyzdžiui, mineralinė vata atsparumui ugniai ir celiuliozė ekologiškiems, kvėpuojantiems sprendimams.

Bendrieji montavimo būdai

Izoliacija gali būti montuojama išorėje, viduje arba ertmėse, kurių kiekviena turi specifinių privalumų.

Išorinių sienų izoliacija (EWI) užtikrina nuolatinę šiluminę apsaugą, nesumažindama vidaus erdvės, o vidinė sienų izoliacija (IWI) išsaugo išorės estetiką.

Ertmės sienų izoliacija (CWI) yra ekonomiškai 20 amžiaus vidurio namams.

Drėgmės kontrolės principai

Drėgmės kontrolė yra labai svarbi modifikuojant atitvarus.

Tai apima didelio kiekio vandens nepatekimo į pastatą, nuolatinę izoliacijos ir hermetiškumo užtikrinimą, tinkamų garų kontrolės strategijų taikymą ir vėdinimo įrengimą drėgmei išsklaidyti.

Subalansuotas požiūris užtikrina energijos vartojimo efektyvumą ir kartu apsaugo nuo kondensacijos viduje bei pelėsio.

Svarbiausios išvados

Galite nustatyti pagrindinius šilumos nuostolių/prieaugio mechanizmus (laidumą, saulės energijos padidėjimą, infiltraciją / vėdinimą, vidinį padidėjimą) ir paaiškinti, kaip jie formuoja pastato elgseną.

Šilumos **srautus galite paversti apkrovomis**, naudodami šiluminės zonos energijos balansą ir atskirdami jautrias ir latentines apkrovas.

Suprantate, kodėl renovacijos srityje energijos **vartojimo auditas yra svarbiausias**: galite nustatyti atskaitos tašką, didžiausius nuostolius, priemonių prioritetus ir pagrįsti investicinius sprendimus.

Galite pasirinkti ir interpretuoti pagrindinius **audito įrankius ir duomenis** (patalpų jutiklius, oro / vandens srautą, elektros matavimą, termografiją, „blower door“ sandarumo testą) ir paaiškinti, kodėl kalibravimas užtikrina audito patikimumą.

- ✓ Galite taikyti **statinys pirmiausia modifikavimo logiką**: sumažinti paklausą, pagerinti sandarumą, valdyti drėgmę ir įgalinti šilumos tiekimą žemoje temperatūroje, kad pagerintumėte šilumos siurblio sezoninį veikimą.

Bibliografija

- Alhawari, A., & Mukhopadhyaya, P. (2018). Thermal bridges in building envelopes—An overview of impacts and solutions. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(1), 31-40.
- Theodosiou, T., Tsikaloudaki, K., Kontoleon, K., & Giarma, C. (2021). Assessing the accuracy of predictive thermal bridge heat flow methodologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110437. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110437>
- Liu, X., Zhang, T., Liu, X., & Jiang, Y. (2021). Outdoor air supply in winter for large-space airport terminals: Air infiltration vs. mechanical ventilation. *Building and Environment*, 190, 107545. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107545>
- Lyu, Y., Zheng, S., Zhuo, K., Su, H., Li, J., & Liu, C. (2022). Experimental and numerical performance investigation of a water-flow window with vacuum-glazing insulation. *Solar Energy*, 233, 259-270. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.034>
- Marino, B. M., Muñoz, N., & Thomas, L. P. (2017). Estimation of the surface thermal resistances and heat loss by conduction using thermography. *Applied Thermal Engineering*, 114, 1213-1221.
- Mathur, U., & Damle, R. (2021). Impact of air infiltration rate on the thermal transmittance value of building envelope. *Journal of Building Engineering*, 40, 102302. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102302>
- Saber, H. H. (2013). Practical correlations for the thermal resistance of vertical enclosed airspaces for building applications. *Building and environment*, 59, 379-396.
- Barone, G., Buonomano, A., Forzano, C., Giuzio, G. F., Palombo, A., & Russo, G. (2023). A new thermal comfort model based on physiological parameters for the smart design and efficient HVAC systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173, 113015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113015>
- Gilbert, H. (2015). Energy Balance. In: Vial, J.C., Engvold, O. (eds) *Solar Prominences*. Astrophysics and Space Science Library, vol 415. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10416-4_7
- González, V.G., Bandera, C.F. A building energy models calibration methodology based on inverse modelling approach. *Build. Simul.* **15**, 1883–1898 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12273-022-0900-5>
- McQuiston, F. C., Parker, J. D., Spitler, J. D., & Taherian, H. (2023). *Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design*. John Wiley & Sons.
- Oke, T. R. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 12(4), 471-508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401> (Original work published 1988)

Bibliografija

- Beermann, C. (2022). Comparison of International and European Standards in the Field of Energy Management. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7.
- Davatgaran, V., Saniei, M., & Mortazavi, S. S. (2019). Smart distribution system management considering electrical and thermal demand response of energy hubs. *Energy*, 169, 38-49.
- Glavaš, H., Zovko-Ribić, F., Dorić, D., & Talapko, D. (2018, October). Development of energy management standards. In *2018 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)* (pp. 185-189). IEEE.
- Kamran, M., Turzyński, M., & Shams, H. (2026). Strategic energy audit and system assessment. In *Innovative Energy Management* (pp. 37-83). Elsevier.
- Kumar, L. A. (2022). Fundamentals of Energy Management and Energy Conservation. In *Energy Audit and Management* (pp. 1-42). CRC Press.
- Li, Y., Rezgui, Y., & Zhu, H. (2017). District heating and cooling optimization and enhancement—Towards integration of renewables, storage and smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 281-294.
- Thumann, A., Niehus, T., & Younger, W. J. (2020). *Energy Auditing Basics. Handbook of Energy Audits, Ninth Edition*, 1-17.
- Chen, B. T., & John, W. A. L. T. E. R. (2001). Instrument calibration.
- Cuenca Sánchez, A., & Llumiquinga Eras, P. (2025). DESIGN OF A EDUCATIONAL ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION METER FOR RESIDENTIAL USE. *Ingenius, Revista Ciencia y Tecnología*, (33).
- Díez, L. I., Cortés, C., Arauzo, I., & Valero, A. (2001). Combustion and heat transfer monitoring in large utility boilers. *International journal of thermal sciences*, 40(5), 489-496.
- Hsu, Y. S., Zheng, X., Cooper, E., Gillott, M., & Wood, C. J. (2021). Evaluation of the indoor pressure distribution during building airtightness tests using the pulse and blower door methods. *Building and Environment*, 195, 107742.
- Kumar, L. A. (2022). Fundamentals of Energy Management and Energy Conservation. In *Energy Audit and Management* (pp. 1-42). CRC Press.
- Mylonas, A., Kazanci, O. B., Andersen, R. K., & Olesen, B. W. (2019). Capabilities and limitations of wireless CO₂, temperature and relative humidity sensors. *Building and Environment*, 154, 362-374.
- Rausser, G., Strielkowski, W., & Štreimikienė, D. (2018). Smart meters and household electricity consumption: A case study in Ireland. *Energy & Environment*, 29(1), 131-146.
- Sfakianaki, A., Pavlou, K., Santamouris, M., Livada, I., Assimakopoulos, M. N., Mantas, P., & Christakopoulos, A. (2008). Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece. *Building and Environment*, 43(4), 398-405.
- Sherman, M. (1995). The Use of Blower-Door Data 1. *Indoor Air*, 5(3), 215-224.



Co-funded by
the European Union



Bibliografija

- Alvur, E., Cuce, P. M., Cuce, E., Bouabidi, A., & Soudagar, M. E. M. (2025). Thermal bridging in windows: A critical review on mitigation strategies for enhanced building energy efficiency. *Sustainable and Clean Buildings*, 176-193.
- Berggren, B., & Wall, M. (2013). Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes–Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings*, 65, 331-339.
- Biyik, E., & Kahraman, A. (2019). A predictive control strategy for optimal management of peak load, thermal comfort, energy storage and renewables in multi-zone buildings. *Journal of building engineering*, 25, 100826.
- Capozzoli, A., Gorrino, A., & Corrado, V. (2013). A building thermal bridges sensitivity analysis. *Applied Energy*, 107, 229-243.
- Khan, K. H., Ryan, C., & Abebe, E. (2017). Optimizing HVAC energy usage in industrial processes by scheduling based on weather data. *IEEE Access*, 5, 11228-11235.
- Park, J. S., Lee, S. J., Kim, K. H., Kwon, K. W., & Jeong, J. W. (2016). Estimating thermal performance and energy saving potential of residential buildings using utility bills. *Energy and buildings*, 110, 23-30.
- Ray, A., Wang, R., Nguyen, D., Martinez, J., Taylor, N., & Searcy, J. K. (2019). Household energy costs and the housing choice voucher program: Do utility allowances pay the bills?. *Housing Policy Debate*, 29(4), 607-626.
- Shin, M., & Haberl, J. S. (2019). Thermal zoning for building HVAC design and energy simulation: A literature review. *Energy and Buildings*, 203, 109429.
- Antonopoulos, K. A., & Koronaki, E. P. (2000). Thermal parameter components of building envelope. *Applied Thermal Engineering*, 20(13), 1193-1211.
- Baeten, B., Rogiers, F., & Helsen, L. (2017). Reduction of heat pump induced peak electricity use and required generation capacity through thermal energy storage and demand response. *Applied Energy*, 195, 184-195.
- El-Darwish, I., & Gomaa, M. (2017). Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. *Alexandria engineering journal*, 56(4), 579-589.
- IAQ, I. A. Q. (2013). Moisture control guidance for building design, construction and maintenance. EPA 402-F-13053.
- Liu, C., Fan, Y., Zhang, Q., & Lin, G. (2025). Preliminary diagnostic assessment process and case studies for existing residential regeneration. *City and Built Environment*, 3(1), 4.
- Roberts, S., & Stephenson, R. (2010). Guidelines for Measures & Strategies-Wall Air Sealing & Insulation Methods in Existing Homes.
- Rodrigues, C., & Freire, F. (2017). Environmental impact trade-offs in building envelope retrofit strategies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(4), 557-570.
- Wilson, A. G., & Solvason, K. R. (1962). Performance of sealed double-glazing units. *Journal of the Canadian Ceramic Society*, (31), 62-68.

