

A photograph of a modern glass skyscraper at dusk. The building's glass facade reflects the deep blue twilight sky and the internal lights of the building. The structure is composed of a grid of dark frames holding large glass panels. In the foreground, two cylindrical, ribbed ventilation stacks are visible. The overall tone is cool and technological.

Ēku energoefektivitāte klimata maiņas apstākļos



Klimata pārmaiņu mazināšanas informatīvie pasākumi skolās
Līguma Nr. KPFI-8/33

Ēku energoefektivitāte klimata maiņas apstākļos

Mācību palīglīdzeklis

Asoc. Prof., Mag.sc.ing. S.Štrausa (1.; 2. nodaļa)

Asoc. Prof. Dr. arch. Ziemeļniece (3.- 5. nodaļa)

Lektors Mg. Sc.ing. R. Brencis (6.- 7. nodaļa)

Lektors Mg. Sc.ing. A. Vulāns (8.- 10. nodaļa)

Jelgava
2011

Saturs

1.	CO2 ietekme uz klimata izmaiņām.....	5
1.1.	Siltumnīcas efekta veidošanās.....	5
1.2.	Klimata uzlabošanas pasākumi.....	6
2.	Ēku energoefektivitāte Pasaulē kopumā, Eiropā un Latvijā.....	7
2.1.	Ēku energoefektivitātes kritēriji.....	7
2.2.	Pasīvās mājas.....	7
2.3.	Ilgspējība un ilgtspējīga būvniecība.....	11
2.4.	BREEM sistēma.....	12
2.5.	ETAG 004 prasības ēku siltināšanai.....	16
	Literatūras saraksts.....	21
3.	Pilsētībūvnieciskā infrastruktūra energoefektīvas vides radīšanā.....	22
3.1.	Izstāde Model Home 2020 arhitektu ideju ietvaros.....	22
3.2.	Energoefektīvas pilsētvides atjaunošana.....	24
3.3.	Decentralizēti un elastīgi risinājumi arhitektu projektos.....	25
4.	Energoefektivitātes un modernisma sintēzes tendences.....	26
4.1.	Ēku arhitektoniskās formveides valoda.....	26
4.2.	Funkcionalitāte, tehnoloģijas, formu avangards.....	27
4.3.	Stiklotās fasādes un energoresursi.....	29
4.4.	Saules enerģija un stikla inženiertehniskās iespējas.....	31
4.5.	Termosa princips būvniecībā.....	32
4.6.	Stikls kā siltumizolācijas materiāls.....	33
5.	Kultūrvēsturisko ēku energoefektivitātes uzlabošana.....	36
5.1.	Galvenie mērķi.....	36
5.2.	Vispārējās nostādnes.....	37
5.3.	Pamatprasības vēsturisko ēku siltināšanā.....	38
5.4.	Koka arhitektūra un tās elementu izmantošana jaunajās tehnoloģijās.....	41
	Literatūras saraksts.....	42
6.	Ēku energoaudits.....	43
6.1.	Nepieciešamie dati un to iegūšana.....	44
6.2.	Aprēķinā metode.....	44
6.3.	Termogrāfija.....	47
6.4.	Energo sertifikāts.....	50
7.	Sērijvaida dzīvojamās ēkas.....	53
7.1.	103. Sērija dzīvojamās ēkas.....	53
7.2.	316. sērija dzīvojamās ēkas.....	56
7.3.	602. sērija dzīvojamās ēkas.....	60
	Literatūras saraksts.....	64
8.	Ēku energopatēriņa balance.....	65
8.1.	Ēkas siltuma zudumu sadalījums.....	65
8.2.	Ēku siltuma zudumu elementi.....	67
8.2.1.	Norobežojošās konstrukcijas.....	67
8.2.2.	Ventilācija un infiltrācija.....	69
8.3.	Ēkas siltumenerģijas pienesumi.....	70
8.3.1.	Iekšējie siltumenerģijas ieguvumi.....	70
8.3.2.	Saules siltuma ieguvumi.....	73
9.	Ēku energoefektivitātes paaugstināšanas veidi.....	74
9.1.	Norobežojošo konstrukciju siltināšana – paņēmieni un risinājumi.....	75
9.1.1.	Ārsienas siltināšana no ārpuses.....	75

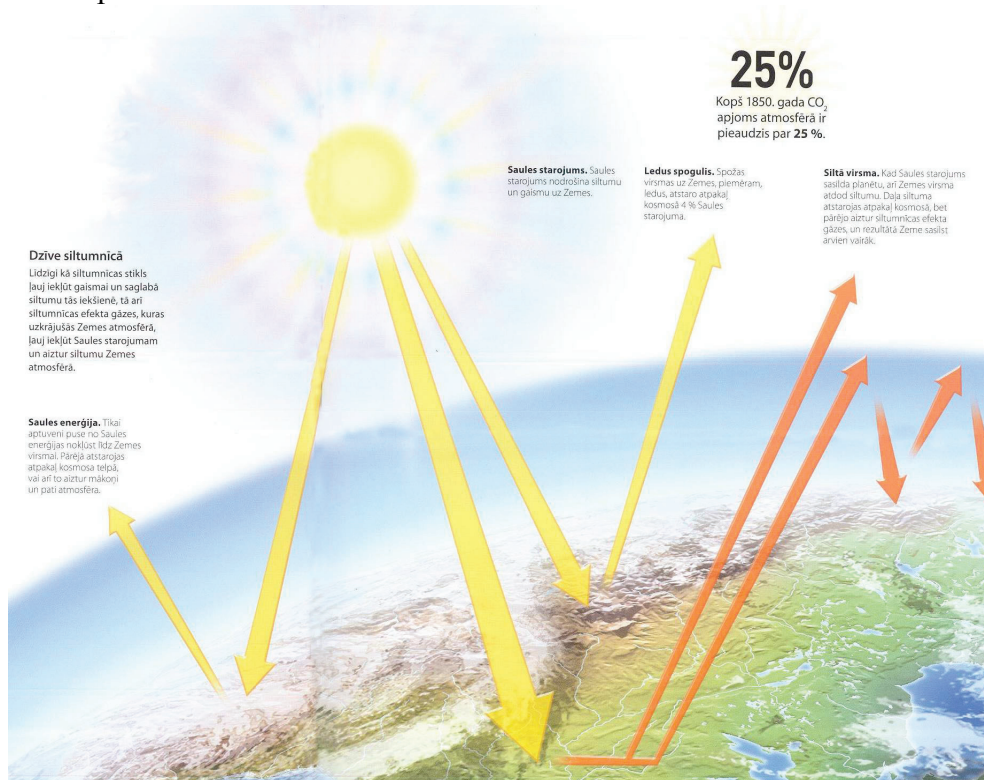
9.1.2.	Ārsienas siltināšana no iekštelpas	75
9.2.	Siltumizolācijas materiāli	76
9.2.1.	Siltumizolācijas materiālu klasifikācija	76
9.2.2.	Siltumizolācijas materiālus raksturojošie lielumi	76
9.3.	Logi.....	83
9.4.	Ventilācija.....	85
9.4.1.	Rotortipa siltummaiņi.....	86
9.4.2.	Šķērsplūsmas siltummaiņi.....	86
9.5.	Ēkas gaiscaurlaidība	87
10.	Veikto darbu efektivitāte.....	89
	Izmantotā literatūra	90

1. CO₂ ietekme uz klimata izmaiņām

1.1. Siltumnīcas efekta veidošanās.

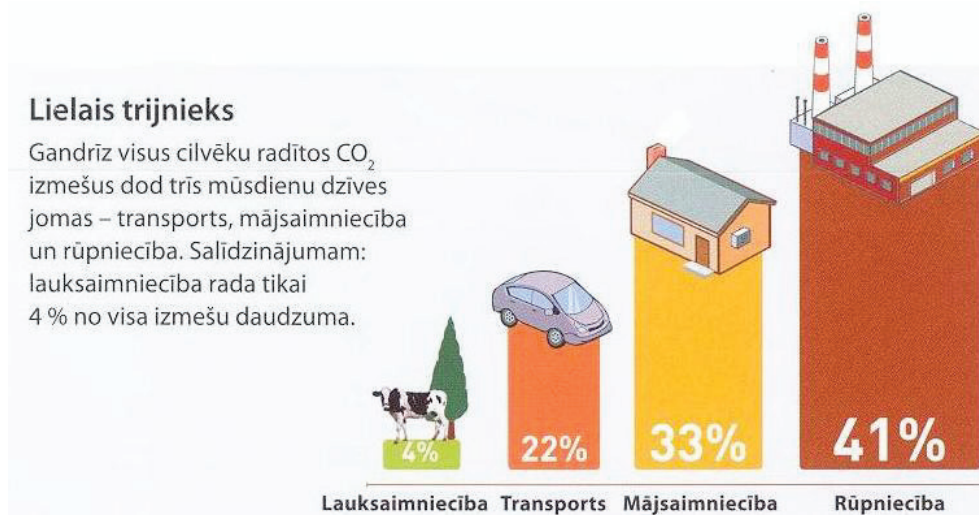
Pēdējos gados pasaules un Latvijas iedzīvotājus aizvien vairāk ietekmē globālās klimata izmaiņas.

Kā norāda lielākā daļa zinātnieku, galvenais cēlonis globālajai sasilšanai un nelabvēlīgajām pasaules klimata izmaiņām ir oglekļa dioksīda (CO₂) izmešu daudzuma palielināšanās atmosfērā. Šīs gāzes aiztur saules siltumu Zemes atmosfērā, kā rezultātā Zeme to neatstaro un notiek atmosfēras sasilšana. Ja siltumnīcas efektu izraisošās gāzes nokļūst atmosfērā, tās tur paliek vairākus gadus. Tā kā pieaug gāzu koncentrācija atmosfērā, pieaug arī planētas temperatūra.



1.1.att. Saules starojuma izplatība.
(Glens Mērfijs Globālā sasilšana, ko vari darīt tu?)

Būtiskākie siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju cēloņi ir naftas produktu, ogļu un dažādu gāzu intensīva izmantošana saimnieciskajā darbībā. Viss šis iepriekš nosauktais kurināmais ir veidojies no seno augu un dzīvnieku atliekām, tām fosilizējoties. Tāpēc to arī sauc par fosilo kurināmo. Sadedzināšanas procesā rodas oglekļa dioksīds un, ņemot vērā, ka pasaulē 70% enerģijas ražo, sadedzinot fosilo kurināmo, CO₂ daudzums ir iespaidīgs.



1.2. att. CO₂ izmešu sadalījums.
(Glens Mērfijs Globālā sasilšana, ko vari darīt tu?)

1.2. Klimata uzlabošanas pasākumi

Lai novērstu šādas globālas klimata izmaiņas, visām pasaules valstīm jāapkopo informācija un jāmeklē risinājumi. 1988. g. ANO sasauca starpvaldību apspriedi par klimata pārmaiņām. 1997. g. ANO valstis tikās Japānā Kioto un radīja nopietnu siltumnīcas efekta gāzu emisijas samazināšanas plānu- Kioto protokolu.

Sākotnējā līguma versija paredzēja, ka rūpnieciski attīstītajām valstīm, salīdzinot ar 1990. gada līmeni, laika posmā no 2008. gada līdz 2012. gadam ir jāsamazina savas siltumnīcefekta gāzu emisijas apjoms vidēji par 5,2%. Papildus oglekļa dioksīdam, protokolā iekļauti arī metāns (CH₄), slāpekļa oksīds (N₂O), kā arī rūpnieciskās gāzes hidrofluorogļūdeņraži (HFC), perfluorogļūdeņraži (PFC) un sēra heksafluorīds (SF₆).

Lai protokols stātos spēkā, tas bija jāratificē pietiekamam skaitam industriāli attīstīto valstu, kuru CO₂ izmešu apjoms sasniedz 55% no kopējā daudzuma. Diemžēl ASV, kuras emisiju apjoms ir 36,1% no kopējā, atteicās protokolu parakstīt un vēlāk vispār izstājās no tālākām sarunām. Tikai 2005. gada 16. februārī Kioto protokols varēja stāties spēkā, jo Krievija, kuras emisijas daļa ir 17,4%, kļuva par 141. valsti, kas parakstīja to.

Lai apturētu klimata izmaiņas Latvijā un Eiropā, kā arī samazinātu energopatēriņus, galvenie veicamie pasākumi ir energoefektivitātes paaugstināšana. Tāpat arī jāievieš labākās pieejamās tehnoloģijas, kurām ir zemas emisijas, jāattīsta atjaunojamie energoresursi, aktīvāk jāiesaistās videi draudzīgās biodeģvijas izmantošanā.

Eiropas un citu valstu pieredze rāda, ka ēku sektors patērē 35% no visa enerģijas gala patēriņa. Attīstot zemas enerģijas (vai pasīva standarta) ēku būvniecību vai esošo ēku renovāciju, paredzams ievērojams siltumenerģijas samazinājums Latvijas un Vācijas vides ministriju sadarbības pilotprojektā “Mājokļu sanācija siltumenerģijas taupīšanai” 2003. – 2006. g. ir septiņi kompleksi renovācijas projekti un to realizācijas rezultātā paredzama vidēji 60 kwh/m² enerģijas ekonomija. Oglekļa dioksīda ietaupījums ēku energoefektivitātes rezultātā Latvijā vidēji ir 264 g CO₂/kWh. Ja ņem vērā būvmateriālu pilno dzīves ciklu, faktiskais ēku energoefektivitātes ietaupījums praktiski ir lielāks.

2. Ēku energoefektivitāte Pasaulē kopumā, Eiropā un Latvijā.

2.1. Ēku energoefektivitātes kritēriji.

Visu energoefektīvās būvniecības ēku galvenais vērtējošais kritērijs ir energoresursu patēriņa līmenis- ēkas siltuma un elektroenerģijas patēriņš uz vienu platības kvadrātmetru gadā. Ne tikai Eiropā, bet arī ASV un Kanādā par energoefektīvu ēku uzskata jebkuru — sabiedrisko, komerciālo vai individuālo ēku, kuras enerģijas patēriņš svārstās no 20 - 30 kWh/m²/gadā. Skandināvijas un Eiropas ziemeļaustrumos, arī Baltijas valstīs par energoefektīvu būtu jāuzskata ēka, kas patērē 30—35 kWh/m²/gadā. Un arī šādi rādītāji, ņemot vērā sezonu temperatūras svārstības un izteikto gadalaiku mainību, nav viegli sasniedzami.

Ēku iedalījums pēc enerģijas patēriņa:

- **Augstas energoefektivitātes mājas** (low-energy buildings) – mazāk kā 50 kWh/m² gadā (parasti – 150-200 kWh);
- **Pasīvās mājas** (izmanto ģeogrāfisko novietojumu, augstas termiskās siltumnoturības materiālus, u.tml.) – vismaz 15 kWh/m² gadā
- **Īpaši energoefektīvas mājas** (zero-energy buildings) – izmanto tikai alternatīvos enerģijas resursus un tiek iedalītas šādi:
 - “Zero net” ēkas– gada laikā piegādā tīklā tikpat daudz enerģijas cik izmanto;
 - “Zero carbon” ēkas– neizmanto enerģiju, kuras rezultāta rodas CO₂ izmeši;
 - “Zero – stand alone” ēkas– nav nepieciešams pieslēgt tīklam, uzkrāj enerģiju naktīm un ziemei;
 - “Plus energy ēkas”– gada laikā saražo vairāk enerģijas nekā patērē

2.2. Pasīvās mājas.

Pasīvā māja ir energoefektīva, ērta, pieejama un tajā pašā laikā ekoloģiska.

Eiropā izstrādātais pasīvo māju standarts paredz virkni parametru, kas ekspluatācijā nosaka, vai patiešām uzbūvētais apjoms atbilst kategorijai „pasīvā māja”. Standarti ir sekojoši:

1. Siltumenerģijas patēriņš gadā drīkst būt 15 kWh/m².
2. Ēkas kopējais enerģijas patēriņš (telpu apsilde, siltā ūdens ražošana, elektrības patēriņš) drīkst būt ne lielāks par 120 kWh/m².
3. Ventilācijas sistēmas siltuma efektivitātei jābūt lielākai par 75 procentiem, turklāt noteikti jāstrādā rekuperācijas režīmā.
4. Mājas ārējo konstrukciju siltuma caurlaidība $U < 0,15 \text{ W(m}^2 \cdot \text{K)}$.
5. Stiklojuma siltuma caurlaidība $U < 0,8 \text{ W(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Kā sasniegt tik augstus enerģijas ekonomijas rādītājus? Eiropā ir definēti vispārējie būvniecības risinājumi:

- Konstrukciju izveidei jāizmanto materiāli ar pēc iespējas augstu siltuma izolācijas koeficientu.

- Ieplūdes/izplūdes ventilācijas sistēma jāaprīko ar rekuperatoriem, kas atdzesē izplūstošo gaisu un atgūto siltumu izmanto ēkas apsildei.
- Jāizmanto konkrētajā reģionā pieejamie alternatīvās enerģijas resursi – saules, vēja, termālie.

Kā apliecinājuši zinātniski teorētiskie aprēķini un praktiskie eksperimenti, siltuma zudumi ēkās mūsu klimatiskajā zonā pirmkārt atkarīgi no siltumizolācijas slāņa biezuma. Izpētīts, ka minimālais slāņa biezums, kas sniedz būtisku efektu, ir vismaz 15 centimetri. Pasīvās mājas būvniecības tehnoloģija paredz efektīvu visu norobežojošo konstrukciju siltināšanu, siltinātas tiek sienas, grīdas, griesti, bēniņi, pagrabs un pamati. Nepieciešams novērst „aukstuma tiltu” izveidi norobežojošās konstrukcijās. Ieplūstošais gaiss ventilācijas sistēmā nonāk nevis „pa tiešo” no āra, bet caur zemē izbūvētu cauruļvadu sistēmu, aprīkotu ar rekuperācijas sistēmu.

Liela nozīme ir logu siltuma izolācijas koeficientam. Vēlamais efekts panākams, izmantojot mūsdienīgos logu rāmjus ar 3 vai 5 kameru profiliem un paketes piepildot ar gāzi, kurai raksturīga ļoti zema siltuma vadītspēja. Logu rāmjū iebūvei izmanto speciālas konstrukcijas. Lielākās stikla plaknes jāizvieto ēkas daļā, kas orientēta pret dienvidiem. Pētījumi apliecina, ka pret dienvidiem orientēti logi vidēji mājā „ienes” vairāk siltuma kā rada siltuma zaudējumus. Ja vēl logu aizsedz no ārpuses nakts laikā ar slēģiem, siltuma zudumi caur logiem tiek samazināti līdz minimumam

Pasīvās ēkas koncepcija:

Pasīvā māja ir ēka, kurā siltuma komfortu (ISO 7730) nodrošina ar pasīviem paņēmieniem (norobežojošo konstrukciju siltumizolāciju, atgūto siltumu, saules enerģijas un iekšējo siltuma izstarotāju pasīvu izmantošanu).

- Siltumizolācija

Ēkai no ārpuses ir jābūt pilnībā siltumizolētai. Labu siltumaizsardzību iespējams panākt gan ar koka, gan mūra un betona nesošām konstrukcijām. Vissvarīgākais nosacījums – pasīvai ēkai jānodrošina, lai aukstā laikā ēka būtu pilnībā siltumaizturoša, bet siltā laikā ēkā neiekļūtu āra gaiss.

- Māja tiek projektēta bez termiskiem tiltiem

Tāpat būtiski jāsamazina termisko tiltu radītie siltuma zudumi. Mājas iekšējās virsmas temperatūrai ir jābūt pietiekoši augstai, lai nevienā vietā nerastos kritisks mitruma daudzums un papildus siltuma zudumi būtu niecīgi.

- Hermētiska konstrukcija

Vissvarīgākais princips ēkām ir jābūt gaisa necaurlaidīgām un hermētiskām. Ikvienai jaunai ēkai jāveic tās hermētiskuma tests.

- Īpaši hermētiski logi

Atšķirībā no jaunajiem standarta logiem pasīvās ēkās logi samazina siltuma zudumus par vairāk kā 50 %. Tas ir jauns logu kvalitātes līmenis, kas rada patīkama ēkas iekšējā

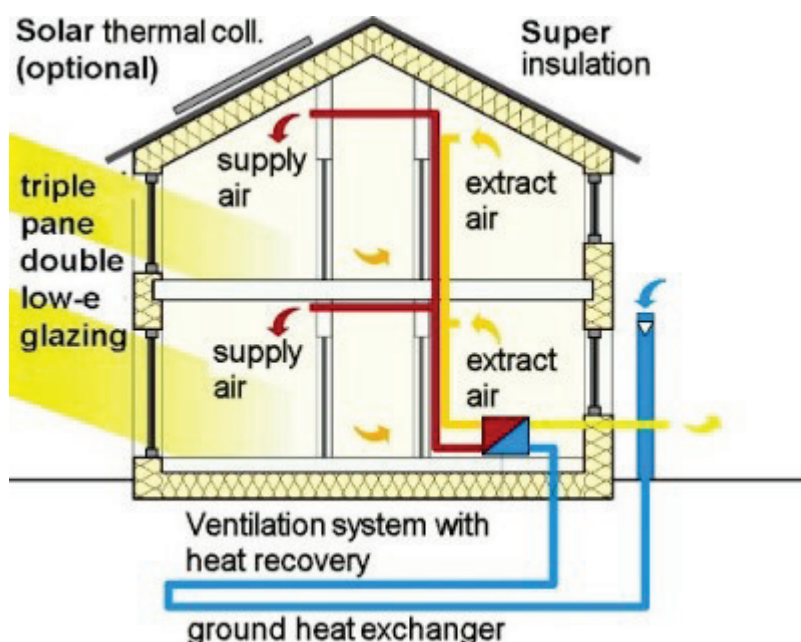
klimata priekšrocības un pozitīvu enerģijas patēriņa bilanci pat visaukstākajos klimata apstākļos, arī ziemas vidū.

- Ventilācija ar siltuma reģenerāciju

Ventilācija labi darbosies tikai tajā gadījumā, ja izmantotais gaiss tiks regulāri izvadīts no virtuves, vannas istabas, tualetes un citām telpām ar augstu piesārņojumu un mitrumu. Tā vietā tiek nodrošināta svaiga, neizmantota ārējā gaisa pieplūde dzīvojamai istabai, guļamistabai un funkcionālajām telpām.

- Saules apkures sistēma

Katra mājāsaimniecība ir spējīga saražot lielu daļu nepieciešamās enerģijas, izmantojot modernu un mūsdienīgu augstas tehnoloģijas saules apkures sistēmu. Tām jābūt viegli uzstādāmām, ar zemām ekspluatācijas izmaksām, ērti lietojamām un ar ilgu mūžu



2.1. att. Pasīvās mājas enerģētiskā shēma. (http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/basics/what_is_a_passive_house)

Pasīvās mājas standartu sasniegšana:

- Nepieciešamais siltumenerģijas patēriņš $\sim 15 \text{ kWh/m}^2$ gadā (desmit reizes mazāk, salīdzinot ar vidējiem Eiropas aprēķiniem, ko nosaka būvniecības normatīvie dokumenti, – $120\text{--}150 \text{ kWh/m}^2$ gadā);
- Mājas ārējo konstrukciju siltumcaurlaidība $U < 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- Hermētiskums (gaisscaurlaidība) $< 0,6 \text{ m}^3 / (\text{m}^2\cdot\text{h})$ stundā pie 50 Pa spiediena;
- Stiklojuma siltumcaurlaidība $U < 0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- Stiklojuma saules starojuma caurlaidība $> 50\%$;
- Ventilācijas sistēmas siltumefektivitāte $> 75\%$;
- Patērētās elektroenerģijas efektivitāte $< 0,45 \text{ Wh/m}^3$ gaisa;
- Siltā ūdens sagatavošanas sistēmai jābūt ar minimāliem siltuma zudumiem;
- Elektroenerģijas lietošanai ir jābūt optimāla.

Pasīvās mājas nodrošina **ilgtspējīgas būvniecības koncepciju**, kas paredz vides pieejamību, būvniecības augstu kvalitāti, kā arī ērtus, veselīgus dzīves apstākļus. Ilgtspējīgas būvniecības pamatprincipi ir sekojoši:

- Nākotnes māju un rekonstrukciju galvenais atslēgas vārds ir **ventilācijas sistēma**. Svaigs gaiss ēkās nav tikai komforta jautājums, bet arī veselīgas dzīves veids. Jaunajās ēkās šuves, plaisas un logu atvērumi nenodrošina svaigā gaisa padevi. Tam nepieciešama piespiedu ventilācija.
- Ieguldījumi pasīvās mājas ventilācijas sistēmas pilnveidošanā dod lielu enerģijas ietaupījumu ēkas ekspluatācijas laikā;
- Ventilācijas sistēmu var arī izmantot ēkas apsildīšanai un tādā gadījumā ēkas ekspluatācijas izmaksu ekonomija ir divkārtīga.
- Ventilācijas sistēmu ēkas apsildīšanai var izmantot tikai ļoti labi izolētās ēkās ar augstu hermētiskumu.
- Ēkas siltumizolācijas biezumu nosaka enerģijas bilance pie attiecīgajiem klimatiskajiem nosacījumiem.

Pasīvās mājas izbūves draudi un problēmas (norāda **Ainis Builevics**, Latvijas Būvniecība Nr.5 2011)

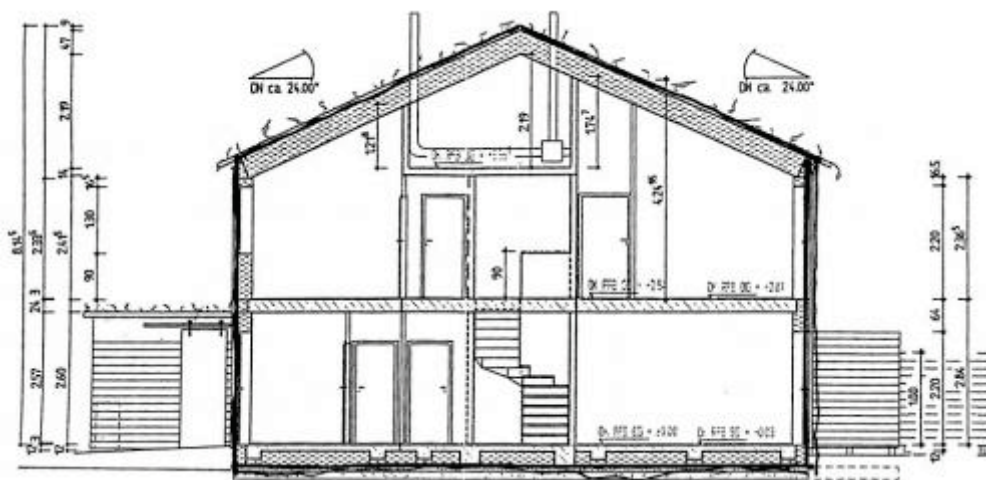
Pasīvā māja mūsu apstākļos ir jauns produkts. Arī atmaksāšanās šādam projektam var būt ļoti dažāda – gan daži gadi, gan varbūt gadu desmiti. Tas katrā gadījumā ir individuāli. Taču runāt par sākotnējo ieguldījumu varam jau šodien. Ir izrēķināts, ka sadārdzinājums, ko veido biezās sienas (siltumizolācijas slānis 70 cm), ir smieklīgs, salīdzinot ar tradicionālu māju (siltumizolācijas slānis 10–20 cm) – tie ir tikai 7–8%. Mājas logi ar paaugstinātām siltumcaurlaidības $U < 0,8 \text{ W(m}^2\text{*K)}$ prasībām atbilstoši izmaksās 20–30% dārgāk par dubultpakešu logiem, kas ir pieejami Latvijas tirgū ($U = 1,1\text{--}2 \text{ W(m}^2\text{*K)}$).

Lai sāktu strādāt šai jomā, sākotnēji jāatbild uz dažiem jautājumiem – vai projektētāji spēs izveidot māju, izvairoties no termiskiem tiltiem? vai ir tik kompetenta autoruzraudzība un būvuzraudzība? vai būvnieki spēs ar milimetra precizitāti tādu ēku uzbūvēt? Un – kad pasīvās mājas definīcija un standarts tiks iekļauts Latvijas būvnormatīvos?

Tuvākajos desmit gados dažas no specifiskajām pasīvās mājas būvniecības īpatnībām varētu spēcīgi mainīties. Lielais sienu un jumta biezums varētu «pazust», jo jau tagad ir iespējams siltumizolācijas materiālus aizvietot ar vakuumpaketēm – 50 cm siltumizolācijas slāni aizvieto ar 3–4 cm vakuumpaketi. Pagaidām gan tas nav reāli, jo izmaksas atšķiras apmēram astoņas reizes, bet, kad vakuumpaketes iekaros tirgu, to cena, protams, stipri pazemināsies.

Arī logu platības ierobežojumu varētu nebūt, jo jau pašreiz Japānas zinātnieki ir izstrādājuši logu stikla vakuumpaketes, kuru siltumcaurlaidība ir $U \sim 0,05 \text{ W(m}^2\text{*K)}$, kas ir tuvu minerālvates parametriem.

Arī siltummateriālu stiprināšanai tiek izstrādāti jauni materiāli – stikla naglas, kas pēc stiprības tuvojas metālam ar ļoti zemu siltumcaurlaidību.



2.2. att. Pasīvās mājas šķērsgriezums.
(Ainis Builevics, fiziķis. Latvijas Būvniecība Nr.5 2011)

2.3. Ilgtspējība un ilgtspējīga būvniecība

Ilgtspējības pamatā ir vides, ekonomisko un sociālo jautājumu sabalansēšana, nodrošinot līdzsvarotu attīstību. Vienkāršākiem vārdiem tas ir veids, kā dzīvot videi un veselībai draudzīgāk, neatsakoties no mūsdienās ierastām ērtībām un kvalitātes standartiem, taču vienlaikus domājot arī par savu bērnu un mazbērnu nākotni un tiesībām dzīvot tīrā, resursu nenoplicinātā vidē. Tādēļ domājot par sava mājokļa plānošanu, būvniecību un apsaimniekošanu, svarīgi atbildēt uz trim galvenajiem jautājumiem:

- Vai tas būs videi draudzīgi
- vai mana ģimene šajā vidē jutīsies ērti un veselīgi un vai manas izvēles nav pretrunā ar kopējām sabiedrības interesēm
- vai tas būs ekonomiski izdevīgi.

Ilgtspējīgas būvniecības novērtēšanas un sertificēšanas sistēmas izstrāde Latvijā

Biedrība "Zaļās mājas" 2009. gada maijā uzsākusi projekta "Ilgtspējīgas būvniecības novērtēšanas un sertifikācijas instruments (IBANSI)" realizāciju, kas guvis atbalstu Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta līdzfinansētajā programmā "Vides politikas integrācijas programma Latvijā" un tiek īstenots starpniecībā ar LR Vides ministriju. Projektu atbalsta iniciatīvas grupu: SIA „RE&RE”, SIA „Knauf”, SIA „Jaunrīgas attīstības uzņēmums”, SIA „Ramirent”, SIA „Saint-Gobain Celtniecības Produkti”.

Projekta rezultātā līdz 2010. gada decembrim tika izstrādāta ilgtspējīgas būvniecības un apsaimniekošanas novērtēšanas un sertificēšanas sistēma. Iegūstamais sertifikāts ir kvalitātes apliecinājums ilgtspējīgi būvētām ēkām, kas patērētājiem un projektu attīstītājiem palīdz veidot vienotu izpratni par ilgtspējīgas būvniecības piedāvājumu mājokļu tirgū. Sertifikācija iecerēta kā brīvprātīga, trešās neatkarīgās puses auditēta sistēma, kurai līdzīgas šobrīd darbojas daudzās pasaules valstīs.

Projekts ir turpinājums biedrības "Zaļās mājas" 2007. - 2009. gadu aktivitātēm, kad, apvienojot pārstāvjus no arhitektu, būvnieku, projektu attīstītāju, vides aizsardzības organizācijām, valsts un pašvaldību institūcijām, citu saistītu nozaru uzņēmumiem un asociācijām, tika panākta konceptuāla vienošanās par vietējiem apstākļiem piemērotiem ilgtspējīgas būvniecības pamatprincipiem.

Projekta ietvaros plānots izstrādāt vērtēšanas tehnisko metodiku, pilotstadijā veikt pirmo būvobjektu vērtēšanu un sertificēšanu.

Ilgospējīga būvniecība: ieguvumi

Ekonomiskie ieguvumi

- paaugstināta tirgus vērtība
- zemākas apsaimniekošanas izmaksas
- lielāks pieprasījums
- atbalsts vietējiem ražotājiem
- ieguvumi no paaugstināta strādājošo darba ražīguma

Ekoloģiskie ieguvumi

- samazināti CO₂ izmeši
- samazināts cieta atkritumu daudzums
- gaisa, ūdens un citu dabas resursu saaudzēšana un taupīšana
- ekosistēmu un bioloģiskās daudzveidības saglabāšana

Ieguvumi sabiedrībai

- mazināta slodze infrastruktūrai
- labāka gaisa kvalitāte
- veselīgāki, komfortablāki sadzīves un/ vai darba apstākļi
- augstāka dzīves kvalitāte

Ilgospējīga būvniecība – objektīvi izmērāms un novērtējams lielums.

Pasaulē ir radīta zaļās būvniecības sistēma World Green Building System, kura rūpējas par ilgtspējīgas, videi draudzīgas būvniecības izveidošanu. Tādā sakarā ir radītas ļoti daudzas atsevišķas sistēmas, kas darbojas atsevišķās valstīs, bet kopumā aptver visu pasauli.

2.4. BREEM sistēma.

Lai radītu ilgtspējīgas būvniecības novērtēšanas sistēmu Latvijā, eksperti padziļināti analizēja vairāk par 100 sistēmām dažādās valstīs. Piecas sistēmas tika detalizēti analizētas, izvērtējot:

- atbilstību ilgtspējīgas būvniecības principiem
- pielietojamību un izmaksas
- saturu un juridisko bāzi
- popularitāti, pieredzi, stabilitāti.

Eksperti novērtēja par tuvāku Latvijas interesēm **BREEAM** sistēmu (**Lielbritānija**)
Building Research Establishment Environmental Assessment Method



2.3. att. Ilgtspējīgas būvniecības novērtēšanas sistēmu izvietojums pasaulē.
(BUILDING INDUSTRY AS A CONDITION FOR SUSTAINABILITY
OF ENVIRONMENT Dr. Oec, Asist. Prof. Sandra Gusta)

Mērķis ir izveidot “BREEAM-LV”, ievērojot klimatisko, ekonomisko, ģeogrāfisko, sociālo un kultūrālo kontekstu.

BREEM sistēma ir objektīvi izmērāms, caurskatāms, vispusīgs, neatkarīgs, finansiāli pieejams, lokāli pielāgojams instruments.

BREEAM ir Eiropā un pasaulē atpazīstama kvalitātes zīme, kā arī plaši pielietota:

- adaptēts: BREEAM-NL
- adaptācijas procesā: Latvija, Krievija, Spānija, Francija, Turcija, Zviedrija, Polija.
- pielietots atsevišķām ēkām vairāk kā 15 valstīs, t.sk. ASV
- novērtētas vairāk kā 200 000 ēkas pasaulē

Punkti tiek piešķirti risinājumiem, kas nodrošina pārāku sniegumu salīdzinājumā ar likumdošanā prasīto, piešķirot sertifikātu kategorijās atbilst/ *labi*/ *ļoti labi*/ *teicami*/ *izcili*
BREEM sistēma piedāvā:

- iespēju valsts un privātajam sektoram:

- nodrošināt ēku kvalitāti;
- palielināt to pievienoto vērtību un atpazīstamību;
- realizēt ieguvumus ēkas lietotājiem, valsts ekonomikai, globālajai sabiedrībai un ekoloģijai
- ilgtspējīgas būvniecības novērtēšanas un sertifikācijas instrumenta ieviešanu;

- Latvijai:

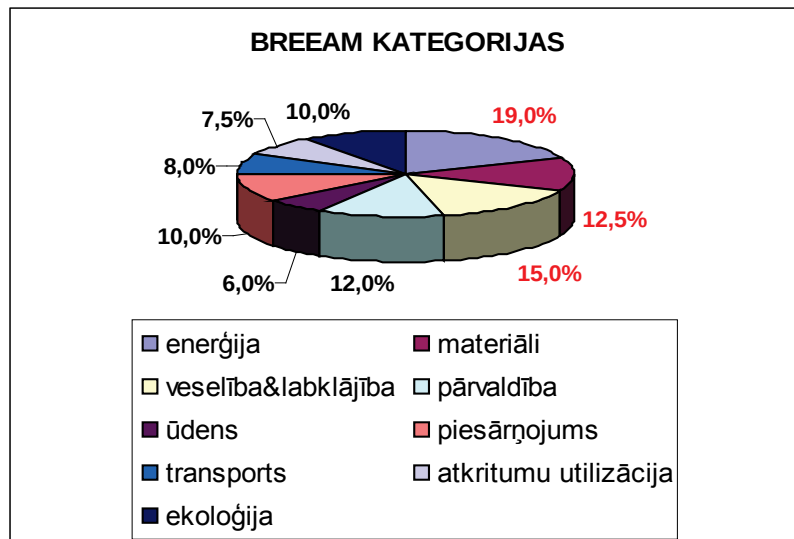
- kopsolis ar būvniecības attīstību Eiropā un pasaulē.

Pirmais no prestižajiem BREEAM sertifikātiem, kas Latvijā pieejams lokalizētā variantā ar nosaukumu BREEAM-LV, dod iespēju pēc BREEAM sistēmas vērtēt un sertificēt:

- jaunas vai rekonstruētas biroju ēkas, tirdzniecības platības vai vieglās rūpniecības ēkas

- pilnībā izbūvēta un aprīkotas ēkas vai tikai ēkas čaulu un pamataprīkojumu (shell&core only), vai tikai tās balto apdari un iekārtojumu (fit-out only)
- ēkas tehniskā projekta un pabeigtas ēkas stadijās

BREEAM vērtēšanas metode ēkām sastāv no deviņām ar ēkas plānošanu, būvniecību, materiālu, tehnoloģiju un sistēmu izvēli cieši saistītām kategorijām: ēkas būvniecība&pārvalde, enerģija, materiāli, veselība&labklājība, ūdens, transports, atkritumi, piesārņojums, zeme&ekoloģija, kuras katra tālāk sadalās skaidros, objektīvi izmēramos kritērijos.



2.4. att. BREEM kategorijas.
(ILGTSPĒJĪGA BŪVNICĪBA UN TĀS NOVĒRTĒŠANAS INSTRUMENTA IZSTRĀDE LATVIJĀ Zane Sauka
biedrība "Zaļās mājas"03.02.2010.)

BREEAM-LV komercēkām apskatītas šādas galvenās tēmas:

Ēkas būvniecība un pārvalde:

- būvlaukuma ietekme uz vidi
- pavadošā informācija par ēkas lietošanu un apsaimniekošanu
- ēkas pieņemšana/ nodošana ekspluatācijā

Veselība un labklājība:

- dabīgais apgaismojums
- termālais komforts
- akustika
- gaisa un ūdens kvalitāte
- apgaismojums

Enerģija:

- CO₂ emisijas
- zemas vai nulles emisiju tehnoloģijas
- enerģijas patēriņa mērīšana
- energoefektīvas ēkas sistēmas

Transports:

- sabiedriskā transporta pieejamība
- infrastruktūra kājāmgājējiem un riteņbraucējiem
- sabiedrisko pakalpojumu pieejamība
- atbilstoša informācija

Ūdens:

- ūdens patēriņš
- noplūdes kontrole
- ūdens atkārtota izmantošana

Atkritumi:

- būvniecības atkritumi
- atkritumu pārstrādes tehnoloģijas

Piesārņojums:

- kaitīgu vielu izmantošana un to noplūde no ēkas sistēmām
- NO_x emisijas
- Ūdensteču piesārņojums
- Gaismas piesārņojums

Materiāli:

- materiālu ietekme uz vidi to dzīves cikla laikā
- materiālu otrreizēja izmantošana
- materiālu piegāde no drošiem, sociāli atbildīgiem avotiem
- materiālu izturība.

BREEAM-LV vērtēšanas sistēma

Kopā, BREEAM-LV komercēkām ieļauti 69 kritēriji. Katra kritērija izpilde tiek vērtēta ar noteiktu punktu skaitu, iegūtos punktus summējot un izsakot kā % no maksimāli iespējamā. Ēkas gala vērtējumu nosaka:

- minimālie nepieciešamie % BREEAM vērtējuma saņemšanai;
- BREEAM 9 kategoriju svērtie koeficienti;
- BREEAM minimālās prasības
- BREEAM punkti par īpaši draudzīgu sniegumu.

BREEAM vērtējumu sliekšņi

VĒRTĒJUMS	%
neatbilst	< 30
atbilst	>=30
labi	>=45
ļoti labi	>=55
teicami	>=70
izcili	>=85

BREEAM kategoriju svērtie koeficienti

KATEGORIJA	%
Ēkas būvniecība un pārvalde	12%
Veselība un labklājība	15
Enerģija	19
Transports	8
Ūdens	6
Materiāli	12.5
Atkritumi	7.5
Ekoloģija	10
Piesārņojums	10

BREEM minimālās prasības.

Atsevišķi BREEAM-LV komercbūvēm kritēriji ir izvirzīti kā īpaši būtiski, bez kuru izpildes ēka uz iecerēto BREEAM vērtējumu nevar pretendēt, neatkarīgi no kopējā iegūto punktu skaita.

BREEAM-LV komercēkām. Vērtēšana un sertificēšana

Ēkas vērtēšanu BREEAM sistēmā veic neatkarīgi, speciāli šajā metodē sertificēti vērtētāji. Sertifikātu par atbilstību BREEAM-LV komercēkām kritērijiem izdod Lielbritānijas pētniecības institūts BREGlobal sadarbībā ar Latvijas Ilgtspējīgas būvniecības padomi. Vairāk informācijas: Latvijas ilgtspējīgas būvniecības padome,

2.5. ETAG 004 prasības ēku siltināšanai.

Būvmateriālu ražošanas asociācija apzinot ēku siltināšanas pieredzi gan Latvijā, gan ārvalstīs, saredz iespēju nepalielinot izmaksas būtiski uzlabot situāciju ēku un būvju siltināšanas kvalitātes nodrošināšanā. Eiropas Savienībā ir izstrādāts normatīvs ETAG 004, kas paredz metodiku siltināšanas sistēmu novērtēšanai un pārbaudei, kā arī izvirza būtiskas prasības sistēmu ražotājiem un izplatītājiem, ne tikai attiecībā uz atsevišķu materiālu īpašībām, bet visai pārbaudāmai sistēmai kopumā. Tiek uzdots sistēmas īpašniekam reglamentēt arī sistēmas instalācijas darbus. Piegādājot materiālus, sertifikāta turētājam ir rakstiskā veidā jāsniedz detalizēta instrukcija materiālu instalācijai, pēc kuras var vadīties gan celtnieks, gan būvuzraugs, gan arī pats pasūtītājs.

Atbilstoši ETAG 004 sertificēta fasāžu siltināšanas sistēma (gan sistēma kopumā, gan atsevišķie tās komponenti) ir testēta, paredzot 25 gadu ekspluatācijas laiku. Materiāliem tiek veiktas visas nepieciešamās pārbaudes: ugunsdrošības, triecienizturības, aizsardzības pret troksni, enerģijas ekonomijas un siltuma saglabāšanas, higiēnas, veselības un vides, drošības lietošanā, kalpošanas ilguma pārbaudes.

Konkursos par fasāžu siltināšanu bieži vien tiek izvirzītas šādas prasības:

1. Visu pielietoto materiālu un iekārtu atbilstības deklarācijas vai sertifikāti.
2. Norobežojošo konstrukciju siltumtehnikas aprēķini, kas raksturo siltuma zudumus pēc renovācijas.
3. Testēšanas pārskats ar rezultātiem vai cits dokuments, kas apliecina siltināšanas konstrukcijā izmantoto materiālu siltumtehnikas īpašības.
4. Siltinājuma tehniskās konstrukcijas risinājuma kopējās siltumcaurlaidības aprēķins.
5. Testēšanas pārskats ar rezultātiem vai cits dokuments, kas apliecina siltināšanas materiāla tvaikcaurlaidību.
6. Testēšanas pārskats ar rezultātiem vai cits dokuments, kas apliecina siltināšanas konstrukcijas ugunsreakcijas klasi – ne zemāka kā B-s1, d0.
7. Testēšanas pārskats ar rezultātiem vai cits dokuments, kas apliecina materiālu un iekārtu kalpošanas ilgumu, iekārtu garantijas laiku.
8. Pielietoto siltināšanas un citu darbu izpildes (tehnoloģijas) apraksti un zīmējumi.

Visas minētās prasības varētu aizstāt ar vienu – ETAG 004 atbilstības sertifikātu. Tas būvniekus neatbrīvotu no atbildības, pat tieši otrādi – liktu iepazīties ar visiem ražotāja tehniskajiem noteikumiem un tos ievērot.

ETA – Eiropas tehniskais apstiprinājums būvizstrādājumiem ir atzinīgs novērtējums par produkta piemērotību paredzētajam lietojumam, vadoties pēc sešām obligātajām

prasībām. ETAG 004 saturu nosaka Eiropas Tehniskā apstiprinājuma organizācija – EOTA (European Organisation for Technical Approval), kas atrodas Briselē.

Eiropas tehnisko apstiprinājumu var piešķirt, ja ir spēkā kāds no šādiem nosacījumiem:

- uz produktu neattiecas neviens harmonizētais standarts;
- Eiropas Komisija nav devusi atļauju šādam standartam;
- Eiropas Komisija uzskata, ka (pagaidām) šādu standartu nav iespējams izstrādāt;
- produkts (jauns produkts) nav kvalificējams pēc pastāvošajiem harmonizētajiem standartiem.

Tehniskais apstiprinājums principā ir pielīdzināms harmonizētam Eiropas standartam. Tas nozīmē – visu cieņu. Atšķirība ir vienīgi tāda: lai iegūtu ETAG 004 atbilstības sertifikātu, produktam vai produktu sistēmai ir jāiziet diezgan dārgs un komplicēts ceļš. ETA komiteja ir izstrādājusi jau vairāk nekā 36 tehniskos apstiprinājumus. ETAG 004 (1.att.) ir Eiropas tehniskā apstiprinājuma pamatnostādne ārējās siltumizolācijas sistēmām ar apmetumu, bet ETAG 034 (2008), piemēram, attiecas uz ventilējamām fasādēm.

Kāda ir būtiskākā ETAG 004 novērtējuma priekšrocība, un kādas ir galvenās pamatnostādnes? Noteikumi, pārbaūžu un novērtēšanas metodes, kas minētas šajā pamatnostādnē, attiecas vismaz uz 25 gadus darbmūžu paredzētajiem mērķiem. Paredzētais mērķis nav šauri definēts kā tikai vienīgi siltumizolācijas prasības.



2.5. att. ETAG 004

Neskatoties uz lielajām izmaksām un ilgo sertificēšanas laiku (apmēram 1 gadu), ETAG 004 ir plaši lietota un ieguvusi akceptu. Tas skaidrojams ar to, ka tiek pārbaudīti gan atsevišķi materiāli, gan darbība, reālajos apstākļos apkopojot tos vienkopus. Ja fasāde, piemēram, tiek siltināta ar polistirolu (kas ir degošs, atbilst ugunsreakcijas klasei EN13501-1 D-E) un klāt likta līmjava un dekoratīvo apmetumu (tas var atbilst krietni augstākai ugunsreakcijas klasei EN13501-1 B (grūti degošs)), tad lietojums ir ievērojami plašāks. Šādu

sistēmu var izmantot daudzstāvu ēku siltināšanai. Svarīgs ir ne tikai rezultāts, bet arī tas, cik tas ir ticams un kādas garantijas sniedz.

Pamatnostādnes kalpošanas laiks jeb darbmūžs ir 25 gadi. „Pieņemtais paredzētais darbmūžs” nozīmē: pēc tam, kad saskaņā ar ETAG noteikumiem ir veikta novērtēšana un darbmūžs ir pagājis, normālos lietošanas apstākļos faktiskais darbmūžs bez būtiskām novirzēm no pamatprasībām varētu būt daudz ilgāks. Norādījumus par darbmūžu nevar interpretēt kā izgatavotāja vai apstiprinātājiestādes sniegtu garantiju. Tie uzskatāmi tikai par līdzekļiem, lai tehnisko specifikāciju sastādītāji varētu izvēlēties ETICS atbilstošos kritērijus būvdarbu paredzētajam, ekonomiski pamatotajam darbmūžam. Atbildību par komplektāciju uzņemas ETAG īpašnieks. Ar komplektāciju ir jāsaprot materiālu pieejamība veikalos un tas, ka būvniekam jālieto ETAG 004 noteiktie materiāli. ETAG 004 sertifikāts parasti ir derīgs 5 gadus.

Celtnieki un namu īpašnieki, kas izvēlējušies siltināt ar ETAG 004 sertificētu sistēmu, var rēķināties ar akreditētās laboratorijās pārbaudītu un atbilstoši novērtētu sistēmu. Taču jāņem vērā, ka būvniecības procesā ir jāievēro atbilstoša materiālu komplektācija, ka pēc brīvas izvēles materiālus nevar mainīt un aizstāt ar lētākiem vai ērtākiem.

Viena no prasībām, lai tiktu piešķirts ETAG 004 sertifikāts, ir nodrošināt apmācību, tāpēc firma «SIA Knauf» organizē seminārus un ir izstrādājusi apmācības programmu arodvidusskolām. Pagājušajā gadā izstādē «Skola. Izglītība 2009» tika sarīkots konkurss visām valsts arodskolām. Viens no pamatuzdevumiem bija fasādes siltināšana ar PS. Pārsteigums bija tas, ka skolnieki līmju+dekoratīvā apmetuma kārtu 3–4 mm biezumā pieņēma par pilnīgi pietiekamu un uzskatīja, ka nevajag ETAG 004 ieteiktos >6 mm. Uz jautājumu, kāpēc tā, atbilde bija vienkārša: tā dara objektos.

Kaut arī ETAG 004 apstiprinājums ir saistīts ar kvalitāti un ilgstspējīgu būvniecību, ir jāsaprot, ka siltumizolācija nav tāds gatavs produkts kā, piemēram, televizors un automašīna. Tā savas īpašības iegūst tikai iebūvētā veidā, ja celtnieks ievēro visas prasības. Iepriekš minēju, ka atbilstoši ETAG 004 vērtējumam siltināšanas sistēma ar polistirolu var tikt klasificēta atbilstoši ugunsrekcijas klasei B. Taču jābūt uzmanīgiem! ETAG 004 definē nosacījumus (materiālu komplektāciju), piemēram, siltumizolācijas slāņa biezumu, apmetuma sastāvu – organisks vai minerāls utt. Ja pasūtītājs neiepazīstas ar nosacījumiem un būvnieks tos neievēro, tad rezultāts, protams, nebūs gaidītais. ETAG 004 ir autoritatīvs, un tas obligāti jāakceptē Eiropas Savienības valstīs. ETAG 004 dod iespēju marķēt atsevišķus būvmateriālus ar CE, pat ja nav harmonizēta ES standarta. ETAG 004 sistēmas, ievērojot 6 būtiskās prasības, dod pamatotu vērtējumu par fasādes energoefektivitāti un darbmūžu >25 gadiem.

Ēku siltināšana atbilstoši ETAG 004 ir pamatota un efektīga prasība, kad tiek slēgti līgumi, rīkoti konkursi un sastādītas tāmes.

Būtiskās sistēmas pārbaudes metodes:

- mehāniskā pretestība un stabilitāte (2.6.att.)



2.6. att. Mehāniskā pretestība un stabilitāte
(Joma Renārs Pētnieciskais darbs ETAG 004 normu ietekme uz siltināšanas kvalitāti. 2011.g.)

- ugunsdrošība (2.7.att.)



2.7. att. Ugunsdrošības pārbaudes
(Joma Renārs Pētnieciskais darbs ETAG 004 normu ietekme uz siltināšanas kvalitāti. 2011.g.)

- higiēna, veselība un vide,
- ūdensnecaurļaidība,
- sasalšanas un atkausēšanas darbība,

- izturība pret stipriem triecieniem; Stiprus triecienus (10 J) izdara ar 1 kg smagu tērauda bumbu no 1,02 m augstuma. Stiprus triecienus (3 J) izdara ar 0,5 kg smagu tērauda bumbu no 0,61 m augstuma (2.8.att.)



2.8. att. Stipru sitienu pārbaude
(Joma Renārs Pētnieciskais darbs ETAG 004 normu ietekme uz siltināšanas kvalitāti. 2011.g.)

- izturība pret perforējumu,
- ūdens tvaiku caurlaidība (2.9.att.)



2.9. att. Ūdens tvaiku caurlaidības pārbaude
(Joma Renārs Pētnieciskais darbs ETAG 004 normu ietekme uz siltināšanas kvalitāti. 2011.g.)

- saistes stiprība
- fiksēšanas stiprība (transversāla nobīde),
- aizsardzība pret troksni,
- enerģijas taupīšana un siltuma saglabāšana,
- stikla šķiedras tīkls – pārraušanas izturība un armatūras auduma pagarinājums.

Visas pārbaudes notiek akreditētās laboratorijās atbilstoši Eiropas standartiem.

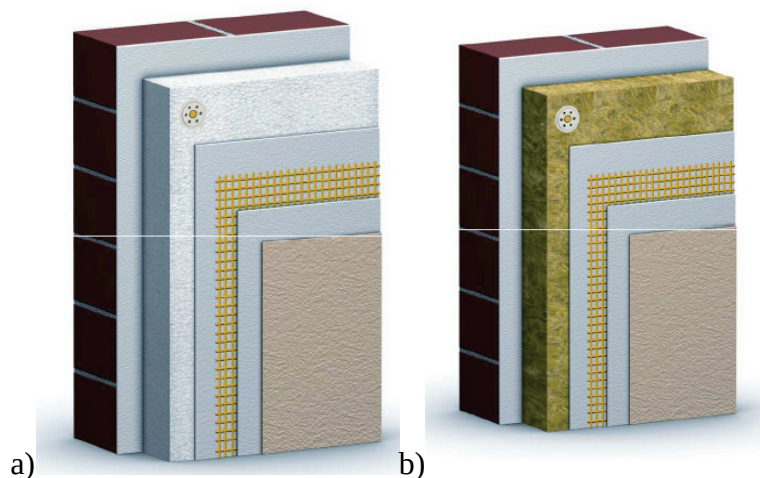
ETAG sertifikāti Latvijā:

Knauf sistēmas 15. septembrī SIA Knauf saņēma - ETA sertifikātu 2 siltināšanas sistēmām:

- sistēmai, kurā kā siltināšanas elements izmantota minerālvate;
- sistēmai, kurā kā siltināšanas elements izmantots polistirols.

Sakret sertifikāti- 2010.gada SIA Sakret saņēma atbilstības sertifikātus uz savu materiālu atbilstību ETAG 004 stingrajam prasībām:

- ETICS SAKRET EPS (siltumizolācijas materiāls putu polistirolu) (2.10.att.a)
- ETICS SAKRET MW (siltumizolācijas materiāls akmens vates) (2.10.att.b)



2.10. att. a)ETICS SAKRET EPS, b)ETICS SAKRET MW
(Joma Renārs Pētnieciskais darbs ETAG 004 normu ietekme uz siltināšanas kvalitāti. 2011.g.)

Literatūras saraksts

1. Glens Mērfijs Globālā sasilšana, ko vari darīt tu? Zvaigzne ABC, Rīga, 2010., 64 lpp.
2. Klimata pārmaiņas: izaicinājumi Latvijai starptautiskajā vidē, Stratēģiskās analīzes komisija, Apgāds ‘Zinātne’, 2008., 222lpp.
3. Gēme Vija, Klimata pārmaiņas un ilgtspējīga būvniecība, Vides ministrijas Valsts sekretāra vietniece Investīciju departamenta direktore /www.vidm.gov.lv/
4. Gusta Sandra, BUILDING INDUSTRY AS A CONDITION FOR SUSTAINABILITY
OF ENVIRONMENT Dr. Oec, Asist. Prof. Latvian University of Agriculture, Department of Architecture and Building, Latvia/
5. Sauka Zane, ILGTSPĒJĪGA BŪVNICĪBA UN TĀS NOVĒRTĒŠANAS INSTRUMENTA IZSTRĀDE LATVIJĀ , biedrība “Zaļās mājas”03.02.2010.
6. Joma Renārs Pētnieciskais darbs ETAG 004 normu ietekme uz siltināšanas kvalitāti. 2011.g.
7. www.ibp.lv
8. www.building.lv/news/182-pasiva-maja/105790-pasivas-majas-standarti
9. www.activethroughpassive.eu/lv/pasiva-maja
10. http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/basics/what_is_a_passive_house

3. Pilsētbūvnieciskā infrastruktūra energoefektīvas vides radīšanā

3.1. Izstāde Model Home 2020 arhitektu ideju ietvaros

Mūsdienu pašvaldību plānošana ir vērsta uz to, lai jaunu projektu izstrādē tiktu ievērotas klimata pārmaiņas, jo šobrīd strauji kāpjošu enerģijas cenu apstākļos, ir nepieciešama videi draudzīga dzīvošana, kas atrodas netālu no darba. Šāds modelis ekoloģiskas pilsētvides attīstībā ir ļoti nepieciešams. Tomēr īstenošana praksē ir kompleksa un sarežģīta. Tam, kurš ilgstoši vēlas nodrošināt veselīgus dzīves un darba apstākļus, jāsapņo visi būtiskie elementi. Tas nozīmē apvienot energoefektīvu būvniecību ar videi draudzīgiem materiāliem, saudzīgi izmantot ūdeni, sargāt esošo veģētāciju, īstenot apzaļumošanas koncepcijas, izvairīties no atkritumiem un ievērot videi draudzīgas transporta un inženierkomunikāciju plānošanas principus. Tas nav viegls uzdevums, jo šie elementi atrodas savstarpējā mijiedarbībā, tie nosaka un ietekmē cits citu – un dažkārt tie pat ir pretrunā cits citam.

Galu galā šajā koordinātu sistēmā izšķirošu lomu spēlē arī ēku un pilsētas infrastruktūras būvniecības, ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksas. Neatkarīgi no tā, kā apzīmējam- energoefektīvas mājas, pasīvas mājas, aktīvas mājas, zemas enerģijas patēriņa mājas – faktiski, tā ir ārējo piesaistāmo energoresursu patēriņa samazināšana tā, lai optimizētu ēkas funkcijas un tajā pašā laikā maksimāli samazinātu negatīvu ietekmi uz vidi. Šādā kontekstā 2011.gada februārī tika organizēta starptautiska arhitektu projektu izstāde «Model Home 2020», kuras laikā bija radīti seši eksperimentāli būvniecības projekti. Šie projekti kalpo kā paraugs mūsdienīgai arhitektūras plānošanas pieejai, tehniski rūpīgai būvmateriālu izvēlei un ilgtspējīgai būvniecībai.



3.1.att. Energoefektivitātes risinājumu ievērtēšana esošajai LLU kopmītņu ēkai Pumpura ielā, Jelgavā
(A. Ziemeļniece skice)

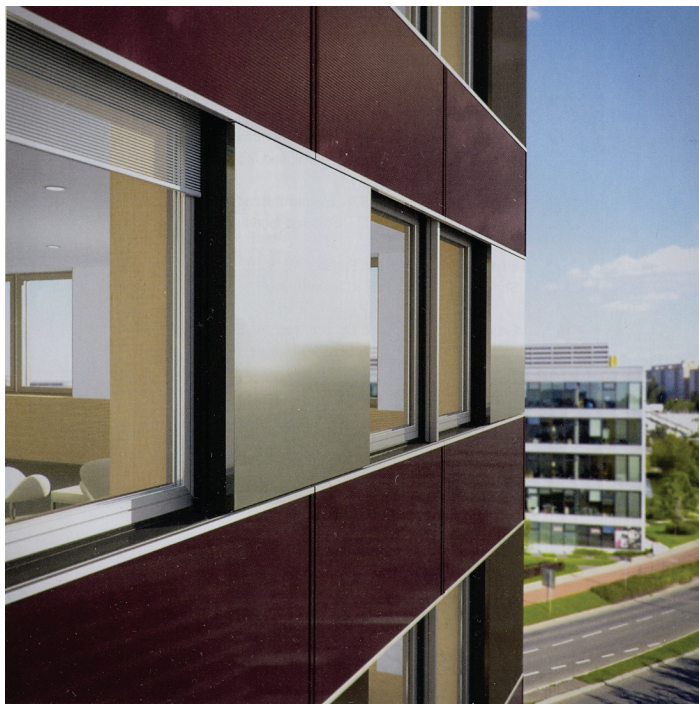
Īstenojot eksperimentālo projektu «Model Home 2020», ir uzbūvētas jaunas un rekonstruētas vecas ēkas, kas nerada oglekļa dioksīda (CO₂) izmešus un ražo enerģiju pašas, izmantojot alternatīvos energoresursus – sauli un zemes siltumu. Starp projektiem bija redzamas gan dzīvojamās mājas, gan sabiedriskās ēkas. Salīdzinot eksperimenta gaitā tapušās ēkas ar sabiedrībā pazīstamo pasīvo māju konceptu, jaunais koncepts tiek dēvēts par aktīvām mājām, un tajās ir pievērsta liela uzmanība gan energoefektivitātei, gan iedzīvotāju komfortam.

Energoefektivitāte šobrīd ir aktuāla tēma gan jaunu mājokļu būvniecības, gan ēku rekonstrukcijas kontekstā, un tā ir būtiska dienaskārtības sastāvdaļa gan valsts ierēdņu līmenī kā instruments ekonomikas sildīšanai un ilgtermiņā izdevumu samazināšanai, gan individuālo privātpersonu līmenī kā ilgtermiņa redzējums par iespēju samazināt apkures un elektrības rēķinus.

Rezultātā arhitekti un būvnieki saskaras ar lieliem izaicinājumiem attiecībā uz nākotnes prasībām celtniecībā: kā liecina Eiropas Savienības dalībvalstu sniegtie dati – 90 % no sava laika mēs pavadām telpās, bet ēku enerģijas patēriņš veido 40 % no visas pasaulē patērējamās enerģijas.

«Model Home 2020» projekti ir īstenoti Austrijā, Vācijā, Dānijā, Lielbritānijā un Francijā. Aktīvo māju celtniecība bija iespējama, sadarbojoties vietējām pašvaldībām, universitātēm un privātajiem uzņēmumiem – inovatīviem arhitektu birojiem un būvmateriālu nozares profesionāļiem: VELUX, Rockwool, Velfac, Window Master u. c.

Patlaban Eiropa pozitīvā nozīmē ir pārņemta ar mājokļu enerģijas efektivitātes uzlabošanas iniciatīvām un eksperimentiem. Ar iniciatīvām klajā nāk gan pašvaldību, gan valsts, gan starptautiskā līmenī. Pateicoties starptautiskai publiskās un



2.att. Ēku ārsienās iemontēti fotovoltāžas paneļi, kas kalpo ne tikai kā siltumizolācija, bet arī kā enerģijas uzkrāšanas elementi. Parasti paneļi ir tumši brūnā vai melnā tonī.
(Schuco risinājums)

privātās partnerības sadarbībai, ir radies aktīvo māju koncepts, kas papildina līdz šim populāro pasīvo māju konceptu. Aktīvo māju koncepts ir energoefektīvu mājokļu plānošanas un būvēšanas vīzija, kas paredz radīt veselīgus un komfortablus darba un dzīvošanas

apstākļus iemītniekiem, vienlaicīgi neradot nelabvēlīgu ietekmi uz vidi. Ilgtermiņā koncepts paredz ambiciozus mērķus mājokļu plānošanā un būvniecībā.

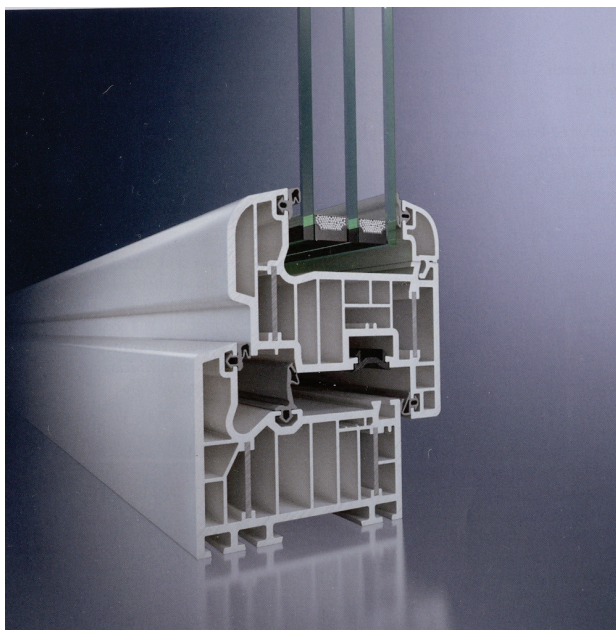
3.2. Energoefektīvas pilsētvides atjaunošana

Aktuālo klimata problēmu dēļ energoefektīva pilsētvides atjaunošana jeb plānošana pašlaik atrodas arhitektu un pilsētplānotāju darba kārtības pašā augšgalā.

Daudzi projekti, kas saistīti ar efektīvu māju siltināšanu, gaisa kondicionēšanu ēkās un tādu alternatīvu enerģijas avotu kā fotovoltaikas un zemes siltuma izmantošanu, tiek pārbaudīti praksē. Tiek būvētas zema enerģijas patēriņa mājas un ciemati, kurus ar enerģiju nodrošina saules baterijas, tiek testētas decentralizētas un bezizmešu enerģijas izmantošanas perspektīvas.

Šajā procesā iesaistītie var izmantot deviņdesmito gadu sākuma pilsētas ekoloģijas pilotprojektu pieredzi. Piemēram, Berlīnes rajonā Hellersdorfā, ņemot vērā ekoloģiskos aspektus, kā paraugs tika modernizēta paneļu māja ar gandrīz 200 dzīvokļiem. Nosiltinātās fasādes un jaunie logi samazināja siltuma patēriņu, pateicoties lietussūknis izmantošanai un ūdens taupīšanas iekārtām, samazinājās ūdens patēriņš. Jauni fasāžu un brīvo laukumu apstādījumi uzlaboja mikroklimatu.

Vācijas Urbānistikas institūta (Difu) vides un satiksmes eksperts Jenss Libe uzsver: „Neskatoties uz komplekso raksturu, ekoloģiski orientētai pilsētattīstībai ir viens



3.att. Pieaugot logu rāmja kameru skaitam jeb blīvumam, samazinās aukstā gaisa ieplūšanas iespējas telpā. Energoefektivitātes kāpinājumu palielina arī 3-kāršās stikla paketes iebūve nesošajā rāmī. (Schuco risinājums)

kopsaucējs, un tas ir – kompaktu infrastruktūru saglabāšana. Tas, kurš veicina pilsētvides attīstību, t.i., iekšpilsētā rūpējas par dažādām lietošanas iespējām un atraktīvu dzīves, darba un brīvā laika infrastruktūru, izvairās no videi kaitīgas satiksmes plūsmas un suburbanizācijas procesiem."

Tā, piemēram, Difu pārrauga programma Refina (Teritorijas izmantojuma samazināšanas un ilgtspējīgas teritoriju pārvaldības izpēte) tiek īstenota kā daļa no Vācijas valdības Nacionālās ilgtspējīgas attīstības stratēģijas.

3.3. Decentralizēti un elastīgi risinājumi arhitektu projektos

Daudzas projektu metodes pēdējo piecu gadu laikā no eksperimenta ir pārtapušas par standartu. Un tomēr ekoloģiskā pilsētelpas attīstībā nav tipveida risinājumu, jo apstākļi dažādos pilsētas rajonos ir pārāk atšķirīgi. Ilgtspējīgas pilsētvides attīstības pamatakmens ir detalizēts darbs uz vietas – apdzīvotajai vietai piemērota enerģijas, ūdens, brīvo laukumu un būvmateriālu izmantošana. Taču šim pamatakmenim jābūt iekļautam pilsētībūvnieciski pārliecinošā koncepcijā un konsekventā vispārējā plānā, kas ievēro ekoloģiskus, sociālus un ekonomiskus mērķus. Jūtāmās klimata pārmaiņu sekas, temperatūras kāpums un ekstremāli laika apstākļi pilsētās un blīvā apbūve ir izveidojusi t.s. "karstuma zonas". Tomēr vācu arhitektam Jensam Libem no Difu viens ir skaidrs: „Šīs pārmaiņas radījuši cilvēki, tāpat cilvēks var ietekmēt arī to sekas.“



3.att. Lai samazinātu siltuma zudumus ēkas ārsienās balkona izbūvē, tā stiprinājumi nav montēti pie ārsienas, bet kā atsevišķa metāla statņu konstrukcija, kas tiek balstīta uz brīvēstāvošiem pamatiem .
(Schuco risinājums)

Ekoloģiskā pilsētplānošana ir process, ko nevajadzētu reducēt tikai uz plānotāju, arhitektu, inženieru un zinātnieku pleciem. Runa ir par starpdisciplināru sadarbību, kurā izšķirošu lomu spēlē arī iedzīvotāju un lietotāju izturēšanās.“ Katram indivīdam ir jāsaprot, ka viņa dzīves stils un tradīcijas ietekmē visa dzīvojamā kvartāla dzīves apstākļus.

Rietumvalstu pilsētībūvnieciskajā pieredzē kā īpaši izceļams ir Zviedrijas pilsētas Malmes dzīvojamais ekoloģiskais komplekss. Tas ir no jauna būvēts vesels pilsētas rajons, kurš veidots iepriekš degradētā pilsētas zonā, ko kādreiz aizņēma industriālā kravas ostas zona, kas ilgu gadu bija pamesta un bezcerīga. Jaunā dzīvojamā rajona ēkas novietotas regulārā tīkla veidā ap iekšējiem pagalmiem, kas pasargāti no caurvēja. Vēja aizturēšanas nolūkos ēkas tika savērstas viena pret otru nelielā leņķī, tādējādi veidojot gan interesantas

skatu līnijas, gan neļaujot vējam „ieskrieties”. Veiksmīgi ir risināts arī ēku novietojums no telpu insolācijas viedokļa.

Savukārt, Austrijas pilsētā Lincā radītā Solārā pilsēta (Solar City Linz) kļuvusi par 21.gadsimta pilsētplānošanas paraugu, pateicoties saules enerģijas daudzpusīgam izmantojumam. Solārās arhitektūras svarīgs elements ir ēku attālumi un augstumi, lai ziemas dienās saule maksimāli iespīdētu arī pirmo stāvu telpās, kas parasti cieš no blakus stāvošo ēku apēnojuma. Iekārtojot saules kolektorus uz visu ēku jumtiem (kopumā 3500 m² platībā), enerģijas patēriņš tika samazināts par 50%, tādēļ vidēji šī eko-ciemata ēkas patērē tikai 36 kWh/m² gadā.

4. Energoefektivitātes un modernisma sintēzes tendences

4.1. Ēku arhitektoniskās formveides valoda

Skatoties no ilgtspējīgas attīstības viedokļa, ēkai ir jābūt pēc iespējas kompaktākai, kā arī jābūt novietotai tuvu darba vietai, sabiedriskajam transportam, skolai u.c. infrastruktūras objektiem. Ēkai ir jākalpo noteiktajai funkcijai un pasūtītāja izvirzītai apbūves programmai. Līdz ar to arhitektiem ir jāmeklē ne tikai jauni ēku formu risinājumi, bet arī funkcionālie risinājumi, kuri lielā mērā ietekmēs cilvēku sociālo uzvedību un ieradumus.

Pašlaik Latvijas būvnormatīvās prasības nosaka parametrus, galvenokārt, tikai ēkas norobežojošajām konstrukcijām, taču noteicošo kritēriju spektrā arhitektiem ir jāievērtē arī pareizs ēkas būvapjoma formas risinājums, kas ir viens no kritērijiem, ar kā palīdzību arhitekts var būtiski ietekmēt energoefektivitātes rādītājus (vējš, nokrišņi, izsauļojums, gruntsūdeņi, virszemes ūdeņi, zemes dziļu enerģija).

Arhitektoniski labā formveides valodā projektēta ēka un tās elementi-jumts, ārsienas, logi, nojumes, ziemas dārzi, lodžijas-dod iespēju lietderīgi izmantot ievērojamu daļu no dabas piedāvātajiem atjaunojamiem energoresursiem, un vienlaicīgi aizsargāt to no enerģijas zudumiem. Arhitekta darbā papildus klasiskajam principam „forma seko funkcijai” būtu jāvirza jauns projektēšanas jēdziens – arhitektoniskā formveides valoda seko enerģijai. Ēku formveides sākums ir pareiza pilsētu plānošana jeb zonējuma izvietojums, atbilstoši enerģijas aspektiem.

Iepazīstoties ar Zviedrijas arhitektu ieceri uzbūvēt 3000 energoefektīvus dzīvokļus Stokholmā un Gēteborgā, pirmajā mirklī rodas asociācijas ar nepārskatāmu mikrorajonu, kas piepildīts ar tipveida daudzdzīvokļu ēku projektiem. Ne uz to pusi, jo arhitektiem izstrādājot projektus - katrā pašvaldības teritorijā tiek ņemti vērā specifiskie būvnoteikumi, iecerētā arhitektūras projekta saderība ar ainavu un pat viena kompleksa ēkas, lai arī tās būtu tikai divas vai trīs, ir ar atšķirīgām iezīmēm, protams, pieturoties pie vienotas stilistikas. Atšķirīgi ir arī vienādu istabu skaita dzīvokļu plānojumi un platība. Protams, arhitektu darbam tas sarežģī situāciju.

Stokholmas dzīvojamo ēku komplekss „Teodoliten” (būvfirma „ByggVesta”) ēkām ir četri stāvi, kur katrai no tām ir ap 600 m² liela dzīvojamā platību. Dzīvojamajos namos tiek izbūvēti 2-3 istabu dzīvokļi ar platību 40-70 m², kuru papildus vērtība ir stiklota terase. Ēku atšķirīgās fasāde ir krāsotas pasteltoņos, bet galvenais arhitektoniskais ritma akcents ir logu ailu un terašu stikloto plakņu kārtojums. Arhitektoniski izteismīgie apjomi mērogos veido labu ainavisko telpu ar esošo koku grupām, kuru galotnes sniedzas pāri plakanajiem savietotajiem ēku jumtiem.

Gēteborgā tiek realizēts cits koncepts. Ēku kompleksu veido pusaplī izvietotas un savstarpēji savienotas 5 sekcijas ar gandrīz 50 dzīvokļiem. Daudzdzīvokļu nami izvietoti paugurā, un to izteismīgumu un dinamiku uzsver 2-slīpju jumti un balkonu konstrukcijas

ritms. Arhitektoniski ēka ir sarežģīta ar daudzveidīgu līmeņu risinājumu, bet tas nekādi neiespaido enerģijas patēriņu – ekspluatācijā tas paredzēts nemainīgi zems.

Būvfirma „ByggVesta” uzsver 3 galvenos aspektos arhitektoniskajā ēkas risinājumā:

- tehniskie ēkas risinājumi ļauj telpās gan ziemā, gan vasarā nodrošināt vismaz +18 grādu temperatūru;
- ēkas enerģijas patēriņš nepārsniedz 25 kWh/m² gadā;
- būvniecība tiek realizēta saskaņā ar ilggājības uzstādījumu.

Rezerves telpu apsildei plānots izmantot atjaunojamos enerģijas resursus-zemes siltumu, tehnoloģiski to iegūstot ar dziļurbuma sūkni, veidojot divus urbumus - pa vienu tiek saņemts zemes siltums, pa otru –aizvadīts atlikums.

Viendabīgu, tīru ēkas fasādi iespējams radīt, vienslāņa konstrukcijas siltinot no ārpuses ar 180mm biezu putupolistirola slāni, zem tā paslēpjot noblīvētas šuves un pēc tam risinot ārējās apdares estētiku ar tonētu minerālapmetuma slāni. Šuvju blīvuma nodrošināšana ir ļoti svarīga lieta, kur blīvēšana tiek veikta ar tik lielu rūpību, lai garantētu absolūtu gaisa necaurlaidību.Pēc nodošanas ekspluatācijā gaisa caurlaidība ēkās tiek pārbaudīta ar pārspiediena testu „Blower Door”. Visās ēkas tiek izmantoti tikai 2-kameru stiklojuma logi (ar trīs stikliem), kur logu konstrukcijas siltuma caurlaidības koeficients ir neiedomājami zems – $U=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Latvijas logu ražotāji jaunākajos objektos vēl izmanto stiklojuma konstrukcijas ar koeficientu $0,7\text{W/m}^2\text{K}$.

Katram dzīvoklim ir nodrošināta gaisa apmaiņas sistēma, rekuperācija un dzesēšana, ko nodrošina mikroklimata sistēma „Voltair System”. Rekuperācijas devums plus siltums, ko izdala telpu iemītnieki un sadzīves tehnika, ir pietiekošs, lai arī aukstākajās ziemas dienās temperatūra nebūtu zemāka par +18 grādiem. Rekuperācijas sistēma ir datorizēta un automātiski uztur paredzēto režīmu katrā telpā.

Zviedrijā būvnieku motivācija ir turēt augstu savu kvalitātes līmeni, un to uzskata par tik pašsaprotamu, ka ne arhitekts, ne citi kontrolieri nav uzskatījuši par vajadzīgu ierasties objektā un kontrolēt būvniecības gaitu, jo jebkurš speciālists ir ar ļoti lielu atbildības sajūtu.

4.2. Funkcionalitāte, tehnoloģijas, formu avangards

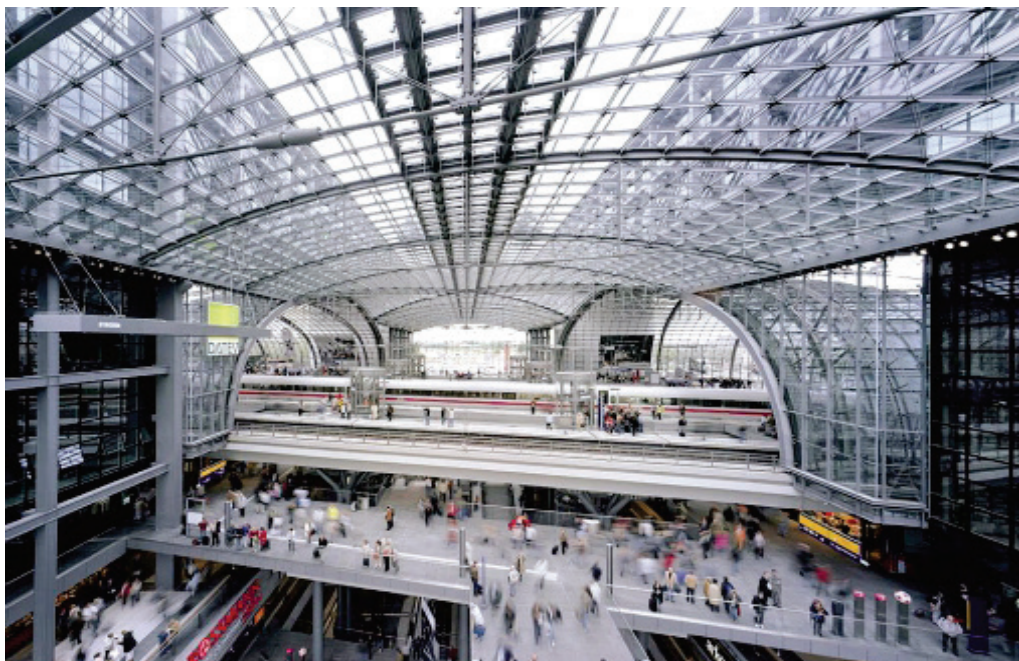
Mūsdienu arhitektiem, strādājot ar modernām datorprogrammām, tiek radīta gudra pasīvā arhitektūra. Risinot projektus Čikāgas arhitektu firmā arhitekts Kolins Francens ir izmantojis parametriskās dizaina programmas un skriptus, radot tādas ēku formas un elementus, kas atbilst dažādiem klimatiskajiem datiem. Piemēram, piedaloties konkursā par bankas ēku Maiami, tika samazināta stikla torņa dzesēšanas noslodze, izveidojot padzesējošu piekārtu sienu. Ar datorprogrammu varēja uzprojektēt ēkas formu, kas bija diezgan plastiski interesanta, un kopējā saules absorbcija samazinājās par 20% , salīdzinot ar parastu kantainas formas torni.

Arhitektūras modernisma formas ir jāmācās integrēt vietējās arhitektūras tradīcijās jeb nacionālajā identitātē, radot savai kultūrai un klimatam specifisku arhitektonisku izteiksmes veidu.

Arhitektu ideju lidojums ēku formveides valodai šobrīd ir ļoti attīstīts, jo talkā nāk datorprogrammu vizualizācijas iespējas. Viena no fantastiskām projekta idejām pieder arhitekta A.Bisenieka biroja izstrādātajam EKOMĀJAS projektam - Bakminstera Fullera kupola konstruktīvajā sistēmā.

Sistēmas izstrādātā projekta atrašanās vieta vēl nav precizēta, bet tā ir piedāvāta Ventspils Jaunrades namam, Alsviķu estrādei, LU Botāniskā dārza palmu mājai un Valkas-Valgas ledus hallei.

T.s. „ekoloģiskās olas” konstrukcijas pamatā ir sfēras astotdaļa vai Bakminstera Fullera kupola ceturtdaļa ar rādiusu 10 m. Sfēriskā daļa ir pašnesoša un balsta konstrukcija tai nav nepieciešama. Starpstāva pārsegums ir iekārts kupola trijstūra savienojuma vietās.



4.1. att. Izmēros iespaidīgākā stikla būve pagājušogad pabeigta Berlīnē. Jaunatklātā centrālā dzelzceļa stacija, kas tapusi pēc Rīgā dzimušā vācieša Meinharda fon Gerkāna komandas zīmējumiem, lepojas ar lielāko stiklā segto jumta laidumu
(<http://aileslogi.lv>)

Konstrukcijai ir izmantoti - vieglmetāls, tērauds, koks. Kupola konstrukciju ēkā ir mazāks enerģijas patēriņš apkurei, ventilācijai, kondicionēšanai. Pārdomāti izvietojot caurspīdīgās logu ailu daļas sfēriskajā virsmā, tiek iegūts arī telpu efektīgāks izgaismojums un elektroenerģijas ietaupījums.

Vislabāk sfēriskās formas arhitektūra ierakstās ainaviskajā telpā, kurai raksturīgs reljefs, koku grupas vai meža ainava. Gludajās fasādēs sfēriskai virsmai ļoti labi spoguļojas koku vainagi. Raugoties tradicionālajā Latvijas ainavā „ekoloģisko olu” –jaunbūvju kupolveida forma būtu mūsdienu brīvdienu māju īpatnība.

Maksimālas saules enerģijas izmantojuma iespējas demonstrē arī vairāki netradicionāli projekti, piem. eksperimentālais projekts „Rotējošā solārā dzīvojamā māja Heliotrop”, Freiburgā. Šī neparastā ēka tika uzcelta 1994.gadā un tās konstrukcija ļauj veikt horizontālu rotāciju līdz saulei. Ēkas īpašnieks un iedzīvotājs ir Vācijas lielākā ekoloģiskā ciemata Freiburgā arhitekts Rolfš Dišs (Rolf Disch). ēkas plāns ir 6-stūra formā, 10,5 m diametrā un augstums 22 m. Pateicoties efektīvajai saules staru izmantošanai, kā arī vērienīgajam atjaunojamo energoresursu papildus aprīkojumam, šī ēka saražo līdz pat 6 reizes vairāk enerģijas nekā pati patērē. Ēkas jumts ir apzaļumots un aprīkots ar iekārtu lietūs ūdens savākšanai, kā arī uz tā izvietotās saules baterijas, kuras dod 10 kW enerģijas.



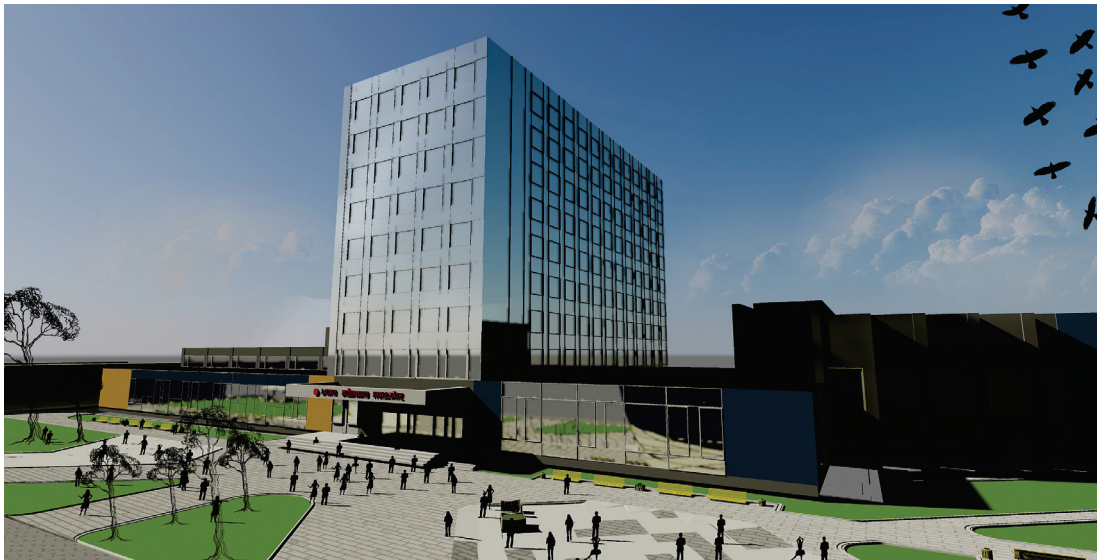
4.2. att. Administratīvā ēka Magdeburgā (Vācija). Formu elegance un ēkas energoefektivitātes augstie rādītāji ir piesaistījuši arhitektu un inženieru uzmanību „Schuco” firmas risinājumiem.
(Schuco risinājums)

4.3. Stiklotās fasādes un energoresursi

Stiklotās ēku fasādes – bez tām šodien grūti iedomāties mūsdienu arhitektūru. Nesošo alumīnija sistēmu un stiklojumu dažādība ļauj piepildīt vai katru arhitektu un pilsētbūvnieku ieceru un domas lidojumu. To vizuālā pievilcība ir gaisīgumā, ko piešķir stiklojuma pielietojums, bet vienlaikus no otras puses – to grandiozajos apjomos, ko nodrošina alumīnija fasāžu sistēmas konstrukcija. Stiklotās fasādes dzīvo līdz ar dienas un laika ritmu, ik brīdi atbildot uz saules un mākoņu ceļiem debesīs - kļūstot gluži neitrālas dienas gaitā, bet vakara saulē iekrāsojoties sarkanos toņos.

Stikloto fasāžu ēkas sniedz gan plašuma un dabas sajūtu, gan uzliek nopietnu pienākumu arhitektam un būvniekam – rūpes par stiklotai ēkai atbilstošu apkures un ventilācijas sistēmu un par pietiekamu svaiga gaisa apgādi stiklotajā ēkā. Stikls ļoti ātri reaģē uz laika apstākļiem un karstā laikā telpas uzsilst ļoti strauji. Tad arī kļūst skaidrs, cik svarīga ir atbilstoša ventilācija, pareiza stiklojuma, apēnojuma un atveramu logu izvēle. Turpretī „pelēkajā” sezonā aiz stiklotas sienas īpaši svarīgs ir izvēlētais apkures veids un sildelementu izvietojums.

Stikls ir lieliska un tāpēc iecienīta atbilde mūsdienu cilvēka prasībai pēc skaidrības, gaišuma, plašuma un vienkāršības.



4.3. att. LLU Lauku inženieru fakultātes ēka Jelgavā. Projektā piedāvātas stiklotās Schucco fasādes, izmantojot fasāžu stiklojuma paneļus ar Saules enerģijas akumulējošo virsmu, un nodrošinot enerģijas patēriņu ne lielāku par 35 kWh/m^2 gadā.
(A. Ziemeļnieces projekts)

Jaunami stikla ražošanas tehnoloģijās tā pielietojuma robežas ļoti paplašinājušas stiklā izgatavojamas gandrīz visas ēku daļas vai detaļas no grīdas līdz jumtam.

Postsociālisma telpa no slēpšanās aiz biežām drapērijām atguvās pamazām un lēnām. Pirmie bija *lielie logi* jeb pārstiklotas kafējnīcu vitrīnas bez spraišļiem. Līdz sēdēšanai skatlogā – baudkāres tradīcijai – bija jāpārbūvē daudzas slikti apmeklētas izklaides vietas. Pašlaik Liepājas 1. rokkafejnīcas vai Ķīpsalas *Fabrikas* restorāna ekrāni tuvējās vides vērošanai iekļaujami peļņas procentos, *Līvu alus* darītavas caurredzamais ražošanas process patērētāju uzrunā bez reklāmas, Ventspils slimnīcas jaunais korpuss – dziedina arhitektoniski, bet biroju komplekss *Baltais vējš* ir īstens stikla mīlestības darbs. Pēc koncertzāļu būvniecības buma arī Latvijas mūzikas saules mirdzēs vienā stiklā – zaļganā, melnā vai dzintara dzeltenā.



4.4. att. LLU Lauku Inženieru fakultātes laboratorijas korpusu siltināšana, izbūvējot jumta zonā saules enerģiju uzkrājošus elementus un fasāžu stiklojuma paneļus ar saules enerģijas akumulējošā stiklojuma apdari.
(A. Ziemeļnieces projekts)

Pašlaik logi un īpaši stikla fasādes ēkām veic ne tikai aiļu aizpildīšanas, telpu izgaismošanas funkcijas un aizsardzību no ārējiem trokšņiem, bet arī pasargā tās no

pārkāršanas saules enerģijas ietekmē un pārmērīgas atdzišanas vēsā laikā. To panāk, stikla pakešu ražošanā pielietojot nu jau ļoti plaši izmantotos speciālos stiklus ar pārklājumiem. Tie dod telpu apsildīšanai paredzētā siltuma ekonomiju, līdz ar to, samazinoties kurināmā patēriņam, samazinās arī NO (slāpekļa oksīds), CO₂ (oglekļa dioksīds) izmešu daudzums atmosfērā.

4.4. Saules enerģija un stikla inženiertehniskās iespējas

Šis faktors ir sevišķi būtisks logu, lielu stiklotu fasāžu, kas vērsti uz D, DA, DR pusi, ziemas dārzu vai virsgaismas lietojumos. Saules īsos viļņu starojumus, kas iziet caur parastu stikla paketi, sakarsē telpu un tajā atrodošos priekšmetus, tādējādi atsevišķās reizēs palielinot nepieciešamību uzturēt optimālu gaisa temperatūru ar kondicionēšanas iekārtu palīdzību. Aizsardzībai pret saules enerģijas starojumu izmanto tonētus stiklus, kur stikls ir tonēts visā stikla masā, vai reflektējošos (atstarojošos), kur reflektējošais pārklājums uzklāts uz tonēta stikla, vai arī stiklus, uz kuriem tonis vai reflektējošā kāra ir uzklāta uz tīra (clear) stikla. Lai arī stiklu laikmetīgajā arhitektūrā nomaina idejām elastīgie, izturīgie sintētiskie produkti – akrils, plastikas plēves vai digitālie paneļi un citi jauninājumi, stikls joprojām dreifēs starp populārākajām izzīņās un apbrīnas tēmām arhitektūras praksē un teorijā.

Viena no perspektīvākajām tēmām stikla rūpniecībā – fotoelementu jeb saules kolektoru iestrāde stiklā un stiklotajās konstrukcijās. Izpēte notiek sadarbībā ar atzītu ražotāju – alumīnija, plastmasas un tērauda, kā arī solāro sistēmu izplatītāju visā pasaulē Schüco International. Līdz ar šo tehnoloģiju ēka vairs nav tikai konstrukcija, tā ir enerģiski efektīvas būvniecības produkts, enerģijas uzkrāšanas veids jeb alternatīvā enerģijas ražošana.



4.5. att. Enerģijas uzkrāšanas fotovoltāžas paneļi uzjumteņu formā – arhitektoniski veiksmīgs dizaina elementu izvietojums ēkas fasādē (Schuco risinājums)

Šādu energosistēmu lietderības koeficients ir 75%. Viena no iespējām, kā izmantot uzkrāto enerģiju, ir, piemēram, izgaismot ēku naktī. Tā ir ieteicama lielās stikla fasādēs, kas vērstas uz dienvidiem, ziemas dārzos vai virsgaismas lietojumā.

Pasaulē arvien mazāk pieprasa ēku kā enerģiju tērējošu objektu, arvien vairāk tiek domāts par to, kā maksimāli taupīt ekspluatācijas, nevis būvniecības izmaksas. Energoresursu cenu pieaugums ir aktuāla problēma arī Latvijā, tāpēc saules enerģija varētu kļūt par labu alternatīvu. Turklāt iekārtas, kā rāda pirmā izpēte, ir piemērotas mūsu klimatam.

4.5. Termosa princips būvniecībā

Cieši ar enerģijas taupīšanas tēmu sasaucas vēl viena novitāte – dubultās fasādes. Tās ļauj ēkas konceptu definēt pavisam citādi nekā pierasts – gan vizuāli, gan kā enerģiju taupošu tehnoloģiju. Ēka it kā tiek iegērbta termosā, kas sastāv no divām stikla kārtām, veidojot siltuma buferzonu. Te var iestrādāt žalūzijas, gaisa vārstus. Šī tehnoloģija piedāvā ļoti augstu drošību, skaņas izolāciju, tās montāža ir diezgan vienkārša. Tā kā šajās fasādēs ir ievērojams stikla virsmas apjoms, iespējams ietaupīt 60–70% enerģijas uz mākslīgā apgaismojuma rēķina. Apkures izmaksas var samazināt par 40–60%. Kombinējot ar kondicionēšanas sistēmu, var ievērojami uzlabot enerģijas taupīšanu un komforta līmeni telpās. Var izmantot materiālus, lai ierobežotu saules starus – piemēram, atstarojošo stiklu. Vasarā naktī atverot iekšējās fasādes logus, atvēsina telpu, vienlaikus pasargājot to ar ārējo fasādi pret ielaušanās draudiem. Savukārt, ziemā gaiss starp fasādēm uzkarst no saules stariem un ļauj taupīt siltumu. Pielietojot stiklu ar selektīvajiem pārklājumiem, siltuma zudumus var samazināt.



4.6. att. Vitrīnas vai loga rāmī iemontētās žalūzijas, kas samazina telpu pārkaršanu saulainās dienās.
(Schuco risinājums)

4.6. Stikls kā siltumizolācijas materiāls

Vienlaicīgi nodrošinot siltuma taupīšanu un aizsardzību pret saules stariem, Arcon firmas stikls ar magnetrono pārklājumu paver plašas perspektīvas fasāžu projektēšanā. Pielietojot stikla paketes ar šādu pārklājumu, var atrisināt jebkuras arhitektu problēmas, projektējot jaunas un rekonstruējot esošas dažāda izmantojuma ēkas. Rietumvalstu pieredze liecina, ka, pateicoties lieliskajām optiski estētiskajām un siltumizolācijas īpašībām, šādus stiklus veiksmīgi izmanto gan aukstajā ziemeļu (Somija, Zviedrija), gan mērenajā centrālajā (Vācija, Šveice, Francija u.c.) Eiropas klimatiskajā zonā. Līdztekus daudzveidīgām saules aizsardzības īpašībām un rūpīgi izsvērtām attiecībām starp gaismas caurlaidību, nokrāsu un atspoguļošanas spēju visi firmas Arcon Sunbelt grupas produkti nodrošina arī pirmšķirīgu siltumizolāciju.

Vienkāršai stikla rūtij siltumcaurlaidības koeficients ($6 \text{ W/m}^2\text{K}$) nav pietiekams, bet koeficients šodienas pakešu logiem (divu stiklu – $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ un trīs stiklu – $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) liecina par sasniegto progresu. Labas siltumizolācijas īpašības rada infrasarkanos starus atstarojošs pārklājums un starptelpas piepildīšana ar cēlgāzēm. Jaunākie pētījumi šajā jomā orientēti uz inteligentu materiālu attīstību.

Ātrija princips

Ātrijs sniedz daudzpusīgu telpas piedāvājumu, ko iespējams dažādos veidos savienot ar apkārt esošajām telpām. Tam kā stiklotai buferzonai nav nepieciešama apkure vai dzesēšana. Ātrija stiklotās virsmas ziemā ir pasīvi funkcionējošs saules enerģijas kolektors, kas būtiski samazina pieguļošo fasāžu siltuma caurlaidību. Iegūto enerģiju iespējams novadīt uz blakus telpām, un līdz ar to tās nepieciešams mazāk apsildīt. Vasarā ātrijā iespējams uzturēt zemāku temperatūru nekā ārā, ko nodrošina ar atveramiem logiem stiklotajā jumta vai stikloto sienu zonā un atbilstīgu gaisa padeves atvērumu skaitu cokola rajonā vai ēkas pagrabā. Gaisa apmaiņa notiek dabiski, jo sasilušais gaiss ceļas augšup, līdz ar to vēsais gaiss pats spēj ieplūst telpā.

Mūsdienās stikla konstrukcijām piemīt ne tikai caurspīdīgums, tām ir arī izcila izolējoša iedarbība, tas spēj regulēt siltuma un enerģijas iekļūšanu ēkā. Tā aizsākumi meklējami augu mājās jeb oranžērijās. Pilnīgi jauna pieeja ir šādas klimatiskas čaulas sasaiste ar augstvērtīgām biroja darba vietām. Klimatiskās čaulas princips funkcionē gan kompaktās, gan terašu struktūru ēkās un atvērtos biroju kompleksos. Tiesa, ja klimatiskā čaula veidota no vienas stikla kārtas, tad ziemas dārzus un ātrijus ziemā var lietot tikai nosacīti. Pēc pakešu principa būvētās un aprīkotās ar mobilām saules aizsargsistēmām iekšējās funkcionālās zonas iespējams noformēt atvērtāk. Sākotnēji radītas kā biosfēra eksotiskiem augiem, šādas stiklotas čaulas konstrukcijas izrādījušās izcils instruments saules enerģijas ieguvei. Turklāt to arhitektoniskās un enerģētiskās iespējas nebūt nav izsmeltas.

Arvien vairāk enerģiju taupoši risinājumi tiek pielietoti arī publisku ēku arhitektūrā. Tie tiek piemēroti praktiski visos ēku tipos, sākot no bērnudārziem, biroju ēkām līdz pat infrastruktūras objektiem un inženierbūvēm, fabrikām u.c. liela apjoma objektiem. Tas atspoguļo ekoloģiskās būvniecības arhitektoniskās un tehniskās attīstības daudzveidību, kāda šodien ir sastopama visur Eiropā. Nākotnes ēkas tiek veidotas kā „enerģijas stacijas” jeb tādas, kuras ne tikai nodrošina iedzīvotāju vajadzības, bet enerģiju rada un apgādā ar to plašā teritorijā ap sevi.



4.7. att. Frankfurtes pie Mainas Prisma biroju ēkas ātrijs. Arhitekti Auer+Weber+Partner, (2002). Pateicoties mērenajam klimatam, no visām pusēm ieskaustais ātrijs kļuvis par daudzpusīgi izmantotu iekštelpu.
(<http://aileslogi.lv>)



4.8. att. Fotovoltāžas paneļi kā dekoratīvi elementi ienes ēkas arhitektoniskajā risinājumā akcentu, uzirdinot fasādes stiklojuma plakni un padarot to interesantāku.
(Schuco risinājums)

Ēku arhitektoniskās formveides valodas meklējumos ir jāatrisina ne vien enerģijas taupīšana, bet viss cilvēkam svarīgais jautājumu loks, tai skaitā ekoloģijas, ekonomikas un inženiertehniskais risinājums, kur kopējais ideju tēls atspoguļojas ēkas formu harmonijā un sabalansētībā. Tomēr tā kā ilgtspējīgas attīstības definīcijā ietvertu jautājumu kopa ir ārkārtīgi plaša, arī ilgtspējīgas arhitektūras jēdziens iegūst grūti definējamu aprisi. Nosacīts vidusceļš starp specifiski definētajām energoefektīvās arhitektūras koncepcijām un plaši interpretējamo ilgtspējīgas arhitektūras jēdzienu ir bioklimatiskās arhitektūras koncepcija. Te arhitektiem ir jāmeklē sintēzes risinājumi ēkas funkcionālajā un kompozicionālajā veidolā.

Tā ir konceptuāla projektēšanas pieeja, kuras mērķis ir radīt dabai un cilvēkam piemērotu arhitektoniski telpisko vidi, maksimāli izmantojot vietējos resursus, dabas un klimata apstākļus, ar arhitektoniski telpiskiem paņēmieniem samazinot vajadzību pēc mākslīgiem mikroklimata regulēšanas veidiem, cik attiecīgajos klimata apstākļos tas iespējams.



4.9. att.Sienas stiklojuma konstrukcija dara ēku vizuāli vieglu un rotaļīgu, kurā spoguļojas ielas pretējās puses apbūve.
(Schuco risinājums)

Bioklimatiskās arhitektūras ideju jeb iedvesmas avoti rodami gan dažādu zinātnes nozaru sintēzē, gan tautas celtniecībā uzkrātajā pieredzē, kas jātransformē laikmetīgā arhitektūras valodā. Praksē tas nozīme ne vien jaunus paņēmienus un tehnoloģijas, bet galvenokārt, projektēšanas metodoloģijas un domāšanas veida maiņu.



4.10. att. Ēku eleganci pasvīturo lineāro un plastisko formu sintēze.
(Schuco risinājums)

5. Kultūrvēsturisko ēku energoefektivitātes uzlabošana

5.1. Galvenie mērķi

Siltināšanas principi vēsturisko ēku energoefektivitātes uzlabošanai izstrādāti, ievērojot aktuālos energoefektivitātes jautājumus, un ir attiecināmi uz vēsturiskām ēkām, kas ir kultūras pieminekļi vai pilsētībūvniecības pieminekļu daļa, un ēkām, kas vecākas par 50 gadiem.

Mērķis:

- dot iespējas uzlabot kultūrvēsturisku ēku energoefektivitāti, tai pašā laikā nemazinot vai iespēju robežās uzlabojot ēkas arhitektoniskā veidola un fasāžu apdares materiālu vizuāli estētisko apdari;
- nodrošināt, lai, ieguldot līdzekļus energoefektivitātes uzlabošanā, netiktu atbalstīta un no publiskajiem finansējuma avotiem finansēta vēsturiskās pilsētvides kvalitātes pazemināšanās;
- panākt, lai atjaunojamo fasāžu apdares un dekora elementi pēc iespējas tiktu veidoti no oriģinālam atbilstošiem materiāliem un izpildīti oriģinālam atbilstošā tehnikā;
- vienlaicīgi ar energoefektivitātes pasākumiem uzlabot mazvērtīgas un utilitāras apbūves fasāžu estētisko un arhitektonisko veidolu pilsētībūvniecības pieminekļu aizsardzības zonās;
- panākt, lai vēsturisko ēku siltināšanas darbi tiktu veikti atbilstoši saskaņotajiem būvprojektiem, kuru sastāvā ir arhitektūras sadaļa (arhitektoniskie uzmērījumi, izpēte,

zondāža, fotofiksācija, dekoratīvās apdares demontāžas risinājumi ar marķēšanas plāniem, mezglu risinājumi siltumizolācijas stiprināšanai utt.);

- panākt, lai koka ēku fasādes apdare (dēļi, dekora elementi) netiktu mainīti, bet siltināšanas darbu procesā saglabāti, attīrīti un izmantoti atkārtoti.

5.2. Vispārējās nostādnes

Siltināšanas apzināšana vairākās Eiropas valstīs rāda, ka vēsturisko ēku kopējais īpatsvars ir relatīvi nenožīmīgs, salīdzinot ar jaunāka laika apbūvi, tāpēc kopējais resursu ietaupījums vēsturiskās apbūves kontekstā šo valstu saimniecībā ir salīdzinoši neliels.

Vēsturisko ēku (celtas līdz 20.gs.vidum) siltināšana ir ievērojami sarežģītāka, salīdzinot ar 20.gs. otrās puses tipveida ēku siltināšanas risinājumiem. Vēsturisko ēku siltināšanā nepieciešams rēķināties ar lielāku grūtāk paredzamo apstākļu un materiālu klātbūtni, piemēram, sliktu vai neesošu hidroizolāciju, koka pārsegumiem, satrupējušu koka dzegļīti, termiskajiem tiltiem.

Ieteikumi ēku apsaimniekotājiem:

- pirms pieņemt lēmumu par vēsturisku ēku fasāžu siltināšanu, nepieciešams veikt citus iespējamās siltumtaupības pasākumus un novērtēt iespējamās mikroklimata izmaiņas ēkā;
- vēsturisko ēku siltuma zudumi cauri sienām, ar nosacījumu, ka tiek izmantotas citas būvtechniskās iespējas siltumtaupības uzlabošanai (logailas, pārsegumi kāpņu vai tehniskās telpas u.c.), neatsver paredzamu un neparedzamu riska faktoru (tehniskie, mājokļa vides kvalitātes un mikroklimata, estētiskie, kultūrvēsturiskie, arhitektoniskās kvalitātes utt.) iespējamās sekas;
- plānojot energoefektivitātes uzlabošanu kultūras pieminekļos, jāvairās no sienu siltināšanas no ārpuses. Pilsētbūvniecības pieminekļos pieļaujama sienu siltināšana no iekštelpas vai zonās, kas nav redzamas no publiskās ārtelpas;
- prakse pierāda, ka siltumizolācijas materiālu iestrāde uz vēsturiskajām ēku fasādēm ir realizējama tikai pēc padziļinātas ēkas būvfizikālo parametru izpētes. Sevišķi bīstama ir siltināšana gadījumos, kad ēkām vai to daļām nav horizontālās sienu izolācijas, jo tas var izraisīt strauju dažāda rakstura bojājumu procesus;
- informācijas avotos par kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanu, vēsturisko ēku fasāžu siltināšana tiek vērtēta ļoti piesardzīgi. Sevišķi problemātiski tas ir teritorijās ar relatīvi augstu vidējo gada atmosfēras mitrumu, biežu +/- temperatūras maiņu sezonas laikā, zemām temperatūrām un augstu mitrumu. Tas viss paaugstina būvtechnisko problēmu veidošanos –īpaši koka konstrukciju ēkām- norobežojošajās plaknēs;
- par iespējamām sekām nepārdomātas, pārsteidzīgas, neprofesionāli veiktas fasāžu siltināšanas rezultātā vēsturiskās apbūves objektos, nepieciešami adekvāti nodrošinājuma līdzekļi –garantijas termiņi, riska uzņemšanās apliecinājumi u.c.



5.1. att. Ģintermuižas slimnīcas korpuss Jelgavā. Ēkas vēsturisko ārsienu siltināšana no telpu iekšpuses, ārpusē veicot kaļķu javas apmetuma remontu un pārkrāsošanu.
(foto A. Ziemeļniece)

5.3. Pamatprasības vēsturisko ēku siltināšanā

Jebkuri kultūras pieminekļa siltināšanas darbi pieļaujami tikai pēc kultūrvēsturiskās un inženiertehniskās izpētes kuru mērķis ir noskaidrot praktiskās iespējas veikt siltumizolācijas pasākumus bez destruktīvu (bojājošu, pasliktinošu, apdraudošu) seku riska tuvākā nākotnē un ilgtermiņā ietekmē uz ēkas, kultūrvēsturisko vērtību un autentiskumu, tehnisko stāvokli, īpašuma vērtību, iedzīvotāju veselību.

Vēsturisko ēku fasāžu siltumizolācija nav pieļaujam, ja konstatēti sekojoši apstākļi:

1. Kultūrvēsturiskie

- ēka ir valsts aizsardzībā esošs kultūras piemineklis;
- bez fasāžu arhitektoniski mākslinieciskās inventarizācijas un autentiskuma izvērtējuma;
- ja ēka nav valsts aizsardzībā, bet atrodas pilsētībūvniecības pieminekļa teritorijā;
- uz fasādes atrodas vērtīgi mākslas darbi;
- fasādes apdarei izmantots dabiskais akmens, metāls;
- ēkas apdarē lietots cēlapmetums, izmantota dekoratīvā plastika (ornamentāli florāli, figurāli veidojumi, dekoratīvi ornamentēti apmetumi utt.).



5.2. att. Grobiņas pamatskola, kurai paredzēts veikt energoefektivitātes projekta izstrādi, un cerībā uz pašvaldības arhitektu sapratni, ka ēka nezaudēs savu vēsturisko ķieģeļu arhitektūras veidolu.
(foto A. Ziemeļniece)

2. Būvtehniskie:

- ja ēkai nav horizontālās hidroizolācijas virs mūra konstrukciju pazemes daļām, pagrabiem;
- ja ēkas konstrukcijās vai telpās konstatēts paaugstināts mitrums;
- ja nav veikta pilnvērtīga apsildes komunikāciju siltumizolācija ārpus apsildāmām telpām;
- ja ēkai nav efektīvas iekštelpu vēdināšanas sistēmas;
- ja apkures sistēma nav aprīkota ar termostatiskās regulēšanas iekārtām;
- ja ēkā nav veikti citi, arī fasāžu pārveidošanu saistīti energoefektivitātes paaugstināšanas darbi.
- fasādēs esošo ailu aizpildījumu remonta, restaurācijas, rekonstrukcijas darbi atbilstoši saņemtajiem norādījumiem;
- nav veikta augšējā apdzīvojumā stāva pārseguma nodrošināšana ar pietiekamu siltumizolāciju;
- nav veikta ēkas neapkurināmo pagraba vai citu neapkurināmo telpu pārseguma un norobežojošo konstrukciju siltināšana.

Veicot vēsturisko **mūra ēku** fasāžu siltināšana ir jāievēro:

- nav pieļaujams izstrādāt siltināšanas projektus ēkas fasādes fragmentam;
- jāatveido fasāžu apdares raksturs, profilējumi, faktūras un to atšķirības, kolorīts;
- jā saglabā logu bloku iedziļinājuma dziļums pret fasādes plakni;
- pretugunsmūru siltināšana jāveic pilnā eksponētā mūra augstumā, dzegu, sānu malu, augšdaļas un apakšdaļas savienojuma vai nobeiguma elementi jāizpilda oriģinālam atbilstošā veidā. Apmetuma apdares faktūrām un kolorītam jāatbilst ēkas apdares raksturam;

- jā saglabā ēkas pamatu un fasādes plakņu nobīdes proporcijas;
- siltinot ēkas, jā nodrošina optimāli gaisa apmaiņas apstākļi gan pārsegumu, gan sienu konstrukcijām.

Veicot vēsturisko koka ēku fasāžu siltināšana ir jā ievēro:

- ēkas , kurām ir saglabājusies oriģinālā apdare ar uz naglotiem dēļiem dekoriem, pieļaujams siltināt, demontējot apdarei un pēc izolācijas iestrādes to montēt atkārtoti.



5.3. att. Paneļu novietojums vēsturisko ēku stiklojumos ienes zināmus sintēzes meklējumus starp veco apbūves raksturu un modernisma tendencēm arhitektūrā un mākslā.
(Schuco risinājums)

Logailu aizpildījumu nomainībai izgatavojami logi koka rāmjos -parasti futerlogi ar abpusēji veramām vārtņēm un vēsturisko šprosejuma ritmu.

Energoefektivitātes taupīšanas nolūkā- loga rāmja ārējai vārtnei ir jā iemontē parastais 4mm biezuma stikls, bet koka rāmja iekšpusē var iebūvēt stikla paketi. Logu rāmjiem jāmontē vēsturiska veidola furnitūra.

Pildīņu durvju siltināšanai pildīņu zonā iebūvējams energoefektīvs materiāls, lai neveidotos aukstuma tiltiņš. Savukārt, durvju vēsturiskā stiklojuma zonās ir jāmontē - analogi logiem - ārpusē daļā parastais stikls, bet iekšpusē-stikla pakete .

Gadījumā, ja ēkai 20.gs.otrajā pusē ir veikta apdares nomainīšana, zudušo apdarei ir jāatjauno izmantojot ikonogrāfiskos zīmējumus vai fotomateriālu, tuvākās apkāmes tipveida analogijas vai arī arhitekta izstrādāts individuāls fasāžu dizains, atbilstoši lokālajām vēsturiskās apbūves tradīcijām;

- siltinot koka ēkas no iekšpuses, sienas sabiezinājumu neveidot lielāku par 50 cm.



5.4. .att. Pēc poligrāna apmetuma noņemšanas ir jāatjauno apmetums, bet siltumizolācijas kārtai ir jāatkārto vēsturisko pilastru un stūru rusta raksts.
(foto A. Ziemeļniece)

Protams, ja arī ēkas interjeriem ir mākslinieciska vai vēsturiska vērtība, tad ārsienu siltināšana nebūs iespējama, vai nebūs iespējama tajās telpās, kur interjeriem jāpaliek neskartiem. Taču arī šādos gadījumos zināmu efektivitāti var panākt, siltinot bēniņus, pagrabus, kā arī mainot logus un ventilācijas sistēmas.

5.4. Koka arhitektūra un tās elementu izmantošana jaunajās tehnoloģijās

Guļbūves un to ārējais veidols, neapšaubāmi, ieskicē Latvijas kultūrvēsturē nozīmīgu lappusi, atspoguļojot tautas būvniecības tradīcijas un nacionālās identitātes raksturlīnijas, īpaši lauku ainaviskajā telpā.

Mūsdienās guļbūves pēc uzbūves un struktūras neatbilst energoefektīvas ēkas statusam un tās varētu funkcionēt kā vasaras brīvdienu mājas. Guļbūvju arhitektoniskās formveides valoda mūsdienās ir ļoti veiksmīgi pārnesama ēku ārējā apdarē, izmantojot pusšķelto baļķu butaforisku dekoratīvo apšuvumu.

Guļbaļķu konstrukciju māju būvniecībā ir jāizcērt pamatīgs skaits lietaskoku. Skandināvijā ir sāka bremsēt būvatļauju izsniegšana guļbūvju būvniecībai, pieprasot tā vietā energoekonomiskākus, energoefektīvākus un ekoloģiskākus risinājumu variantus. Ziemeļvalstīs rekomendē izvēlēties koka statņu karkasa ēkas, ko iespējams konstruēt, atbilstoši normatīviem, un kuras ir energotaupīgākas ikdienā.

Arhitektiem „strādājot pie šādu projektu vīzijas attīstīšanas, ir jāizmanto vēsturisko koka ēku atsevišķu detaļu pielietojums. Piemēram – logu slēgi, kādus tagad vairs gandrīz nekur neredz – ir lielisks termoregulēšanas instruments. Telpa nepārkarst, saglabā vienmērīgu

temperatūru – vienkārši un skaisti. Kultūrvēsturiskās tradīcijas būvmākslā Latvijā spilgti ir raksturojis arhitekts Ervins Krauklis: „Brīvdabas muzejs, kurā savāktas tradicionālas koka ēkas no dažādiem Latvijas novadiem, reiz ir tā vieta un lieta, kuru novērtē koka būvnieki no visām pasaules malām. Mūsu, latviešu, ēkām ir ļoti augsta vizuāli estētiskā kvalitāte, turklāt tajās var redzēt veselu rindu tādu konstruktīvo risinājumu, kādu, piemēram, Vācijā vienkārši nav. Taču šādā skatījumā arhitektiem ir jāmeklē sintēzes un harmonijas risinājumi, kur kultūrvēsturiskās tradīcijas un tendences ir jāietērpj energoefektīvā un arhitektoniski labā formu harmonijas valodā.”



5.5. att. Izmantojot vēsturisko logu slēgu formu, tiek nostiprināti siltumenerģijas uzkrāšanas paneļi pie fasādes. (Schuco risinājums)

Literatūras saraksts

1. Blūms P. Siltināšanas principi. Latvijas architektūra. Burtnīca Nr 96, 2011.g., 32.-33.lpp.
2. Lejnieks J. Ekoloģiskā ola. Latvijas architektūra. Burtnīca Nr 96, 2011.g., 48.-49.lpp.
3. Lūse A. Energoefektīvi īres nami Zviedrijā. Latvijas architektūra. Burtnīca Nr 96, 2011.g., 46.-47.lpp.
4. Riekstiņš R. Arhitektūras formveides iespējas ēku energoefektivitātes nodrošināšanā. RTU Zinātniskie raksti. sērija 10, sējums 4, 157.-158.lpp.
5. Cimermanis A. Stikla inženiertehniskās iespējas ir milzīgas. <http://aileslogi.lv>
6. Ķempe I. Stikls pasaules arhitektūrā. <http://aileslogi.lv>

6. Ēku energoaudits

2008.gada 13.martā Latvijā tika pieņemts Ēku energoefektivitātes likums. Tā mērķis ir veicināt energoresursu racionālu izmantošanu un uzlabot ēku energoefektivitāti. Ar likumu tika pārņemtas Eiropas direktīvas par ēku energoefektivitāti prasības un ieviesta ēku energo sertifikācija. Ņemot vērā gan Latvijas, gan arī visas Eiropas Savienības atkarību no importētajiem energoresursiem, to taupīšana un efektīva izmantošana ir ne tikai atsevišķu mājsaimniecību vai uzņēmumu interese, bet arī valstisks jautājums. Ēku sektorā patērēto energoresursu īpatsvars veido ap 40% no kopējā energopatēriņa valstī, kas dod lielas iespējas to taupīt. Šī iemesla dēļ energoresursu taupīšanai ēku sektorā ir jāpievērš liela vērība. Samazinot enerģijas patēriņu, samazināsies ne tikai mājokļa uzturēšanas izmaksas, bet arī oglekļa dioksīda izmešu daudzums. Turklāt ēkas kļūst arvien vairāk, un tas neizbēgami palielina arī kopējo enerģijas patēriņu un līdz ar to arī oglekļa dioksīda izmešu daudzumu.

Latvijā no mājsaimniecībās patērētās enerģijas 85% ir apkurei un karstā ūdens sagatavošanai. Lielais enerģijas patēriņš nozīmē lielus rēķinus patērētājiem, kā arī izraisa negatīvu iedarbību uz apkārtējo vidi. Vecajās ES dalībvalstīs ar enerģijas taupīšanas pasākumiem aktīvi nodarbojas jau vairāk nekā 30 gadu. Dānijā mērķtiecīgas politikas un tās realizācijas rezultātā kopš 1980.gada mājokļu sektorā enerģijas patēriņš uz m² samazinājies par 30% un, neskatoties uz apkurināmās platības palielināšanos, samazinājies kopējais enerģijas patēriņš šajā sektorā.

Ēkas energoefektivitāte ir relatīvs enerģijas daudzums, kas raksturo konkrētās ēkas apkurei, ventilācijai, dzesēšanai, apgaismojumam un karstā ūdens apgādei nepieciešamās enerģijas patēriņu. Ēkas energoefektivitāti izsaka kilovatstundās uz kvadrātmetru gadā (kWh/m² gadā).

Novērtējot ēkas energoefektivitāti energo auditors ne tikai aprēķina kāds ir ēkas enerģijas patēriņš, bet arī dod ieteikumus ēkas energoefektivitātes uzlabošanai. Vairumam pagājušajā gadsimtā uzceltu daudzstāvu dzīvojamo ēku siltumenerģijas patēriņš apkurei un karstā ūdens sagatavošanai ir robežās no 150 līdz 350 kWh/m² gadā. Pēc dažu ekspertu vērtējuma pareizi uzprojektētai un kvalitatīvi uzceltai ēkai iespējams iztikt ar 50 līdz 60 kWh/m² gadā.

Ēkas energoaudits neaprobežojas tikai ar aprēķinu veikšanu, bet tas ir komplicēts pasākumu komplekss, kur energoauditoram ir jāievēro normatīvajos aktos norādītais, bet jābūt arī radošam. Bieži vien visa informācija, kas ir nepieciešama nav iespējams iegūt un ir jāveic dažādi pieņēmumi, kas nedrīkst būtiski iespaidot energoaudita galarezultātu. Ēkas energoauditu veic šādā secībā:

- jāpārbauda aprēķiniem nepieciešamo pamatdatu kvalitāte un jānosaka to
- piemērojamība;
- jāveic mērījumi un to novērtēšana;
- jāaprēķina ēkas energoefektivitātes rādītāji saskaņā ar ēkas energoefektivitātes
- aprēķina metodi;
- jāizdod ēkas energoefektivitātes sertifikāts;
- jā sagatavo ieteikumi ēkas energoefektivitātes uzlabošanai.

6.1. Nepieciešamie dati un to iegūšana

Visus nepieciešamos datus par ēku jānodrošina pasūtītājam, kas vēlas veikt energoauditu, nodrošinot pieeju šādiem dokumentiem un informācijai:

- ēkas projekts vai inventarizācijas plāns,
- ēkas tehnisko sistēmu projekti vai shēmu zīmējumi,
- ēkas tehnisko sistēmu instrukcijas.
- ēkas tehnisko sistēmu ekspluatācijas un apkopes žurnāli vai pārskati,
- faktiskais telpu izmantošanas mērķis un temperatūras,
- komunālo pakalpojumu sniedzēju rēķini par patērētās enerģijas daudzumu ēkā vai
- ēkas tehniskās sistēmās,
- dati par ēkas nodošanu ekspluatācijā,
- dati par ēkas tehnisko sistēmu uzstādīšanu vai nomaiņu ēkas ekspluatācijas laikā,
- enerģijas aprēķini, ja tādi veikti,
- iepriekšējie pārbaudes atzinumi, ja tādi ir;

Energoaudita veikšanas laikā jānodrošina iekļūšana telpās un piekļuve pie ēkas tehniskajām sistēmām.

6.2. Aprēķinā metode

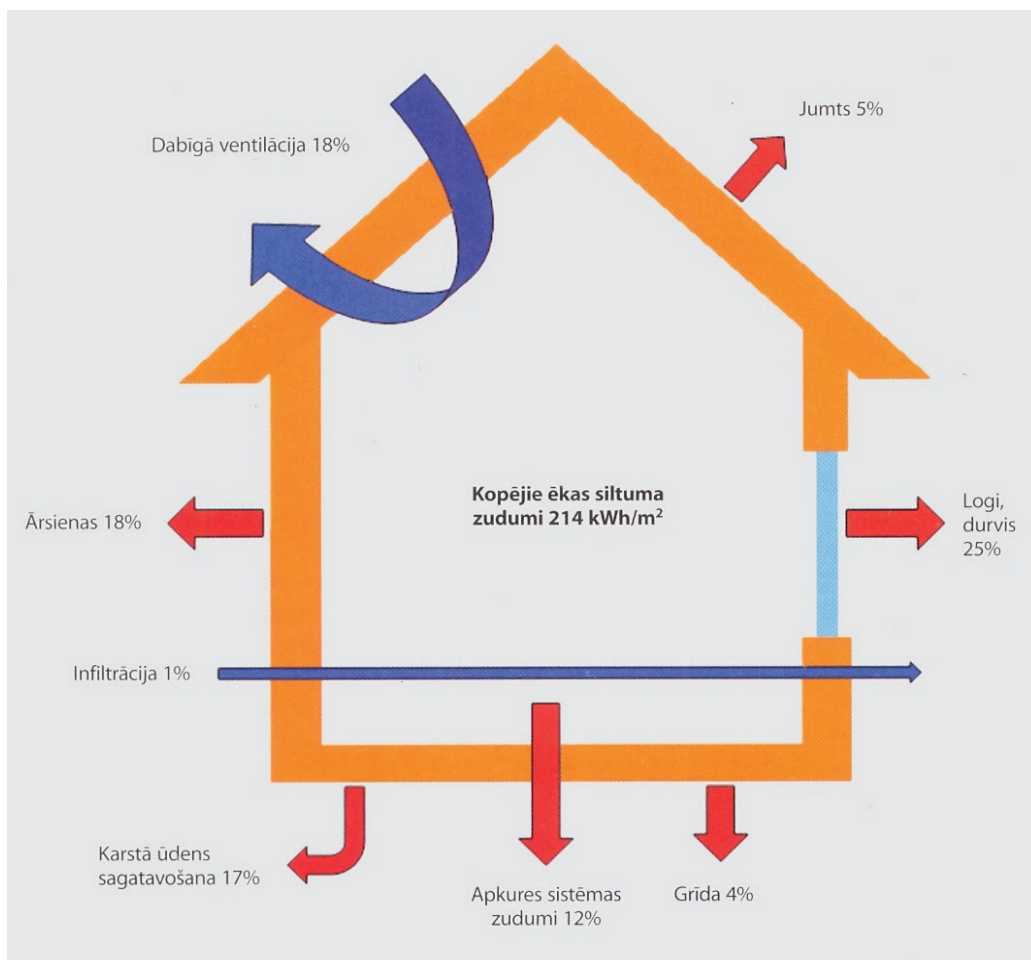
Pirms aprēķina metodikas ieviešanas veids, kādā aprēķināt un novērtēt ēku energoefektivitāti, normatīvajos aktos nebija regulēts. Kompānijas, kas nodarbojās ar ēku energoefektivitātes novērtēšanu, izmantoja dažādas pašu izstrādātas vai citās valstīs aizgūtas metodes. Vienota ēku energoefektivitātes aprēķina metode nepieciešama, lai ēku energoefektivitātes novērtējuma dati būtu savstarpēji salīdzināmi.

Ministru kabineta noteikumi „Ēkas energoefektivitātes aprēķina metode” nosaka:

- ēkas energoefektivitātes novērtējuma robežas,
- novērtējumā iekļaujamās ēkas tehniskās sistēmas,
- izmērītā un aprēķinātā ēkas energoefektivitātes novērtējuma procedūras,
- aprēķinu validēšanu (precizēšanu),
- kopējo ēkas energoefektivitātes rādītāju aprēķināšanu un plānoto energoefektivitātes uzlabošanas pasākumu enerģijas ietaupījumu novērtējumu.

Novērtējuma robežas ne vienmēr sakrīt ar ēkas norobežojošo konstrukciju robežām. Piemēram, ja ēkai ir sava autonoma apkures sistēma un apkures katls atrodas atsevišķi uzceltā ēkā vai piebūvē, tad tas ir jāņem vērā ēkas energoefektivitātes novērtējumā.

Ēkas energoefektivitātes aprēķina metode izstrādāta saskaņā ar Eiropas Standartizācijas organizācijas (CEN) standartiem ēku energoefektivitātes jomā, metodē ietverot standartos noteikto aprēķina modeli un struktūru. Papildus metodē dota atsauce uz 15 citiem standartiem, kuri jāpiemēro ēkas energoefektivitātes novērtēšanā.



6.1. att. Ēkas siltuma zudumu procentuālais sadalījums caur norobežojošām konstrukcijām (www.abc.lv)

Aprēķinātais ēkas energoefektivitātes novērtējums ir energoefektivitātes novērtējums, kuru veic, pamatojoties uz aprēķiniem par enerģijas patēriņu ēkas apkures, dzesēšanas, ventilācijas, karstā ūdens sagatavošanas un apgaismojuma vajadzībām. Aprēķināto ēkas energoefektivitātes novērtējumu var iegūt gan esošām ēkām, gan projektējamām ēkām (jaunbūvēm un rekonstruējamām). Aprēķinos ņem vērā ne tikai ēkas norobežojošo konstrukciju un ēkas tehnisko sistēmu faktorus, bet arī klimatiskos datus, saules ietekmi, telpu ekspluatācijas režīmus, kā arī faktorus, ko rada cilvēki un ēkā izvietotās iekārtas. Aprēķinātajam ēkas energoefektivitātes novērtējumam ir nepieciešami šādi dati:

- siltuma ieguvumi no iekšējiem siltuma resursiem, saules siltuma ieguvuma īpašības;
- klimataloģiskie radītāji;
- ēkas un ēkas komponentu, sistēmu un izmantošanas raksturojums;
- komforta prasības - uzstādītās temperatūras un gaisa apmaiņas radītāji.

Aprēķinātā ēkas energoefektivitātes novērtējuma veikšanai nepieciešamos datus iegūst:

- apsekojot ēku;
- izmantojot normatīvajos aktos un standartos noteiktos raksturlielumus;
- no ēkas tehniskas dokumentācijas (tehniska projekta, inventarizācijas plāna u.c.).

Pēc visu datu apkopošanas veic aprēķinus, kuri sastāv no vairākiem atsevišķiem aprēķina parametriem:

- aprēķina ēkai un tas atsevišķām zonām nepieciešamo enerģijas daudzumu apkurei un enerģijas daudzumu dzesēšanai, par periodu;
- aprēķina siltuma zudumus ar siltuma pārvadi;

- aprēķina siltuma zudumus ar ventilāciju;
- aprēķina iekštelpu siltuma ieguvumus;
- aprēķina saules ieguvumus;
- aprēķina dinamiskos parametru;
- aprēķina apkures un dzesēšanas sezonas ilgumu.

Izmērītais ēkas energoefektivitātes novērtējums ir energoefektivitātes novērtējums, kuru veic, pamatojoties uz piegādātās un eksportētās enerģijas izmērītajiem daudzumiem. Mērījumu rezultātā iegūtos datus koriģē, ņemot vērā laika apstākļus novērtējuma periodā, kas ir pilni gadi. Izmērīto ēkas energoefektivitātes novērtējumu nosaka tikai esošām ēkām. Novērtējuma perioda ilgums ir vesels gadu skaits. Ja novērtējuma periods nav vesels gadu skaits, tad gada enerģijas patēriņš ir jāiegūst ar ekstrapolācijas metodi. Ja novērtējuma perioda ilgums ir mazāks par pieciem gadiem ir jāveic uz laika apstākļiem attiecināta korekcija.

Novērtējuma perioda ēkai nedrīkst būt veiktas izmaiņas, kas ietekmējuša tās energoefektivitāti. Ja tādas izmaiņas veiktas, tad pirms izmaiņu periodā iegūtie dati nav izmantojami ēkas energoefektivitātes novērtēšanai.

Ar skaitītāju uzskaitītiem energonesējiem (elektroenerģijai, gāzei, siltumenerģijai) to patēriņš ir starpība starp skaitītāja diviem rādījumiem, ko nolasa novērtējuma perioda sākumā un beigās. Elektroenerģijas, gāzes, siltumenerģijas piegādātāju vai ēku apsaimniekotāju rēķinus var izmantot, lai novērtētu šo energonesēju patēriņu, ka novērtējuma periodu izmantojot pilnus gadus.

Ja energonesēju izmanto vairākas tehniskas sistēmas un vairākiem mērķiem, energonesēja patēriņu sadala pa tehniskām sistēmām un mērķiem. Gadījumā, ja izmērītais energoefektivitātes novērtējums balstīts uz enerģijas patēriņa datiem, kas iegūti periodā mazākā par pieciem pilniem gadiem, nepieciešama izmērītā enerģijas patēriņa korekcija laika apstākļu dēļ, lai nodrošinātu, ka mērījumu perioda patērētā enerģija ir atbilstoša vidējiem vietējiem laika apstākļiem. Izmērītais enerģijas patēriņš apkurei un dzesēšanai ir jāpielāgo atbilstoši vidējiem laika apstākļiem ēkas atrašanās vietai. Enerģijas patēriņa koriģēšanai laika apstākļu dēļ izmanto Ministru kabineta 2001. gada 23. augusta noteikumu nr.376 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 003 – 01 „Buvklimatoloģija”” apstiprināta Latvijas būvnormatīva LBN 003-01 „Buvklimatoloģija” 7. tabula dotās apkures perioda ilguma un vidējās gaisa temperatūras vērtības.

Aprēķinos ņem vērā visu kondicionētu (apkurinātu vai dzesētu) telpu platības, kā arī nekondicionētu telpu platības, ja gaisa temperatūra tajās ziemā atšķiras no āra gaisa temperatūras vairāk par 4°C. Enerģijas patēriņš visiem energonesējiem ir jānovērtē vienādā laika periodā.

Aprēķina platības noteikšana

Grīdas laukums, kas atrodas ēkas robežās ir ēkas aprēķina platība. Ja ēka ir dalīta zonās, visu zonu aprēķinātai grīdas laukuma summai jābūt vienādai ar aprēķināto grīdas laukumu ēka.

Aprēķina platībā ieskaita:

- visu kondicionēto telpu platības;
- nekondicionēto telpu platības, ja gaisa temperatūra tajās ziemā atšķiras no āra gaisa temperatūras vairāk par 4°C.

Aprēķina platība ietilpst viss iepriekš noteiktais laukums neatkarīgi no tā, vai šis laukums ir vai nav kondicionēts.

Energoaudita mērķis ir noteikt veicamos pasākumus un to efektivitāti, lai ēkas siltuma zudumi būtu mazāki par normatīvajiem siltuma zudumiem. Ēkas aprēķina siltuma zudumu

koeficientu HT vatos uz grādu (W/K), kas norāda enerģijas zudumus (vatos) caur ēkas būvelementiem, ja temperatūras starpība uz to pretējām virsmām ir viens grāds, nosaka saskaņā ar Ministru kabineta 2001.gada 27.novembra noteikumu Nr.495 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-01 „Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”” apstiprināto Latvijas būvnormatīvu LBN 002-01 „Norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”.

Iekšējo siltuma ieguvumu aprēķina procedūra

Iekšējie siltuma ieguvumi ir siltuma ieguvumi no iekšējiem siltuma avotiem (dažādas elektro ierīces un arī cilvēki), ieskaitot negatīvos siltuma ieguvumus (no telpas uz aukstuma avotiem), kuri sastāv no jebkāda siltuma, ko rada iekšējie avoti un ko izmanto telpas apkurei, telpas dzesēšanai vai karsta ūdens sagatavošanai. Iekšējie siltuma ieguvumi ietver:

- metabolisko siltumu no iedzīvotājiem un izkliedēto siltumu no ierīcēm;
- izkliedēto siltumu no apgaismojuma ierīcēm;
- siltumu, kas izkliedēts no, vai ko absorbē karsta ūdens sistēmas;
- siltumu, kas izkliedēts no, vai ko absorbē apkures, gaisa kondicionēšanas un ventilācijas sistēmas;
- siltums no vai uz procesiem un priekšmetiem.

Ēkas aprēķina modes validēšanas izmantošana

Ēkas aprēķina modeļa validāciju (pārbaudi) veic, lai pārlicinātos, ka aprēķinos iegūtie ēkas energoefektivitātes radītāji atbilst faktiski iegūtajiem. Šāds aprēķināto un faktiski iegūto ēkas energoefektivitātes radītāju salīdzinājums ir nepieciešams, lai precīzi novērtētu identificēto energoefektivitātes pasākumu ieguvumus (aprēķinātu plānoto enerģijas patēriņu pēc pasākumu realizēšanas). Validēto ēkas aprēķina modeli izmanto ekspluatācijā esošo ēku energoefektivitātes novērtējumam (sertificēšanai) un, lai aprēķinātu identificēto energoefektivitātes uzlabošanas pasākumu efektivitātes radītājus. Tam izmanto validētu ēkas datu kopu, kas ir ēkas aprēķina modeļa izejas dati, kura viens vai vairāki no izejas datiem ir pielāgoti uz faktisko datu pamata tā, lai aprēķina rezultāti, izmantojot modeli, būtiski neatšķirtos no faktisko mērījumu datiem.

6.3. Termogrāfija

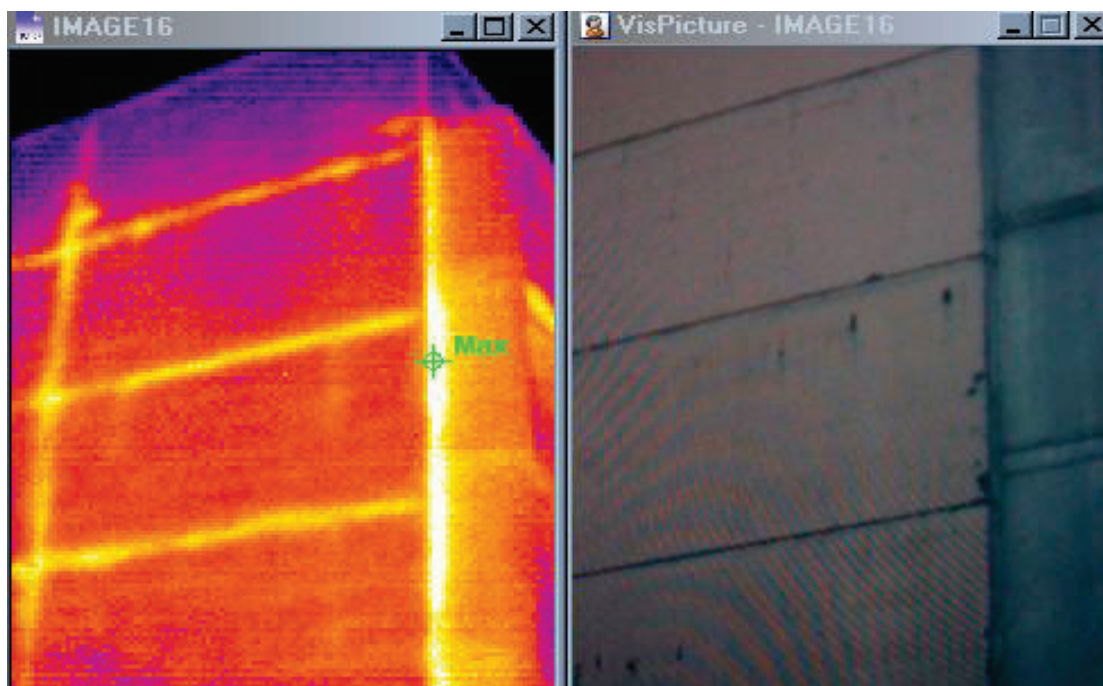
Termogrāfija, siltuma attēlveidošana jeb siltuma video ir infrasarkanā attēla veidošana. Termogrāfiskās ierīces nosaka starojumu elektromagnētiskā spektra robežās (aptuveni 900 -1400 nanometri jeb 0,9 — 14 μm) un dod šī starojuma attēlu. Tā kā infrasarkanā starojuma izraisa visi priekšmeti, kuru pamatā ir to temperatūra, tad saskaņā ar melnā ķermeņa starojuma likumu, termogrāfija ļauj “redzēt” apkārtējo vidi ar vai bez saskatāma apgaismojuma palīdzību. Starojuma apjoms, ko izstaro objekts, palielinās, paaugstinoties temperatūrai, tādēļ termogrāfija ļauj saskatīt temperatūras izmaiņas. Lietojot termogrāfisko ierīci var redzēt cik labi silti priekšmeti izceļas uz vēsāku objektu fona, piemēram, cilvēki un siltasiņu dzīvnieki apkārtnē kļūst viegli saskatāmi gan dienā, gan naktī, bet nekvalitatīvi nosiltinātas ēku fasādes vietas ir radikāli citā krāsā nekā fasāde. Siltumnoplūdes apskate ar infrasarkanā staru kameras (termokameras) palīdzību dod iespēju savlaicīgi konstatēt:

- nekvalitatīvi veiktus būvniecības vai remonta darbus;
- avārijas vietas, kuras radušās dzīvojamo un ražošanas ēku ekspluatācijas gaitā;
- bojājumus siltuma un elektroinstalācijas tīklos; ārsienu uzstādīšanas defektus;
- paviršu siltumizolācijas instalāciju ēku sienām un jumtiem;
- kondensēšanās vietas; elektrisko tīklu defektus;

- bojātas izolatoru savienojuma vietas; elektrisko un siltumtehniko ierīču (transformatoru, elektroģenerātoru, katlu agregātu u.c.) bojājumus;
- oderējuma un siltumizolācijas defektus; saldējamo iekārtu, ražošanas līniju, noliktavu darba analīzi.



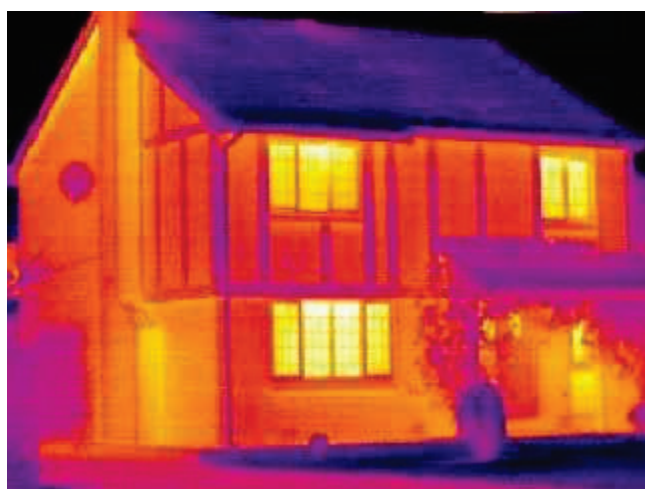
6.2. att. Termogramma elektro sadales skapī
(<http://www.ohiothermalinspection.com/>)



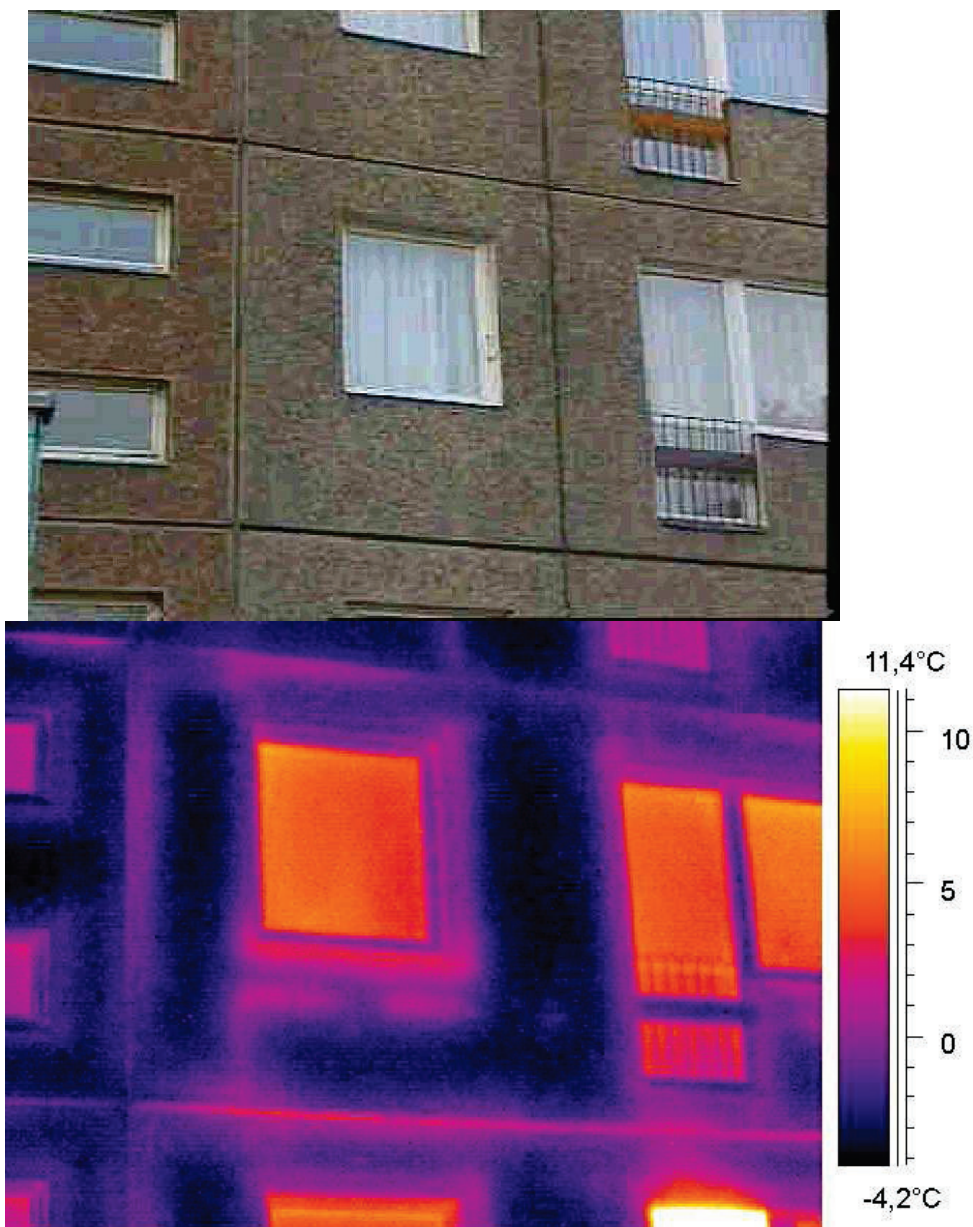
6.3. att. Siltuma zudumi caur vieglbetona pašnesošo paneļu saduršuvēm
(SIA JNĪP arhīvs)



6.4. att. Siltuma zudumi caur logiem.
(SIA JNTP arhīvs)



6.5. att. Siltuma zudumi caur dažādas siltumpretestības norobežojošo konstrukciju apgabaliem
(<http://njmoldinspection.com/thermal%20imaging.html>)



6.6. att. Siltuma zudumi caur sadur šuvēm un logu ailēm
(SIA JNīP arhīvs)

6.4. Energo sertifikāts

Ēku energo sertificēšana ir process, kurā nosaka ēkas energoefektivitāti un izsniedz ēkas energo sertifikātu. Ēku energo sertifikācija ir instruments, kas potenciālajam ēkas pircējam vai īrniekam dod iespēju uzzināt kāds ir piedāvātās ēkas enerģijas patēriņš ekspluatācijas laikā. Tāpat ēkas energoefektivitātes novērtējums var būt noderīgs pašiem ēku īpašniekiem vai pārvaldītājiem.

Latvijā ēku energo sertificēšana ieviesta ar Ēku energoefektivitātes likumu. Likums nosaka, ka ēkas energoefektivitātes sertifikāts nepieciešams, ēku pārdodot, izīrējot vai iznomājot. Ēkām, kas nodotas ekspluatācijā līdz 2008.gada 31.decembrim, šo prasību var nepiemērot, ja puses par to savstarpēji vienojas. Pārdodot vai izīrējot atsevišķu dzīvokli vai nedzīvojamo daļu ēkas energoefektivitātes sertifikāts nav nepieciešams. Tai pat laikā, ja kas

Īpašnieks vēlas novērtēt tās energoefektivitāti, to var darīt arī gadījumos, kad likums to nenosaka. Nav izslēgta arī iespēja novērtēt atsevišķu dzīvokli, taču tam var būt praktiska nozīme tikai tajā gadījumā, ja dzīvoklim ir sava autonoma apkures sistēma.

Likuma prasības neattiecas uz ēkām:

- kuras ir kultūras pieminekļi;
- ko izmanto dievkalpojumiem un citām reliģiskām darbībām;
- kurās nav paredzēta vai nav ierīkota apkures sistēma;
- kuru kopējā apkurināmā platība ir mazāka par 50 kvadrātmetriem.

Ēkas energoefektivitātes sertifikāts un pagaidu sertifikāts

Ēkas energoefektivitātes novērtējuma rezultāts ir ēkas energoefektivitātes sertifikāts. Latvijā energoauditors ir tiesīgs izdot divu veidu sertifikātus:

- **ēkas energoefektivitātes sertifikāts** (esošām ēkām), kas būs derīgs 10 gadus;
- **ēkas energoefektivitātes pagaidu sertifikāts** (jaunbūvēm un rekonstruējamām ēkām), kas būs derīgs 2 gadus.

Pēc ēkas energo sertifikātā vai pagaidu energo sertifikātā ietvertajiem rādītājiem ēkas īpašnieks, apsaimniekotājs vai pircējs varēs salīdzināt konkrētās ēkas energoefektivitātes rādītājus ar citām ēkām. Tāpat varēs lemt par iespējām realizēt energoauditora ieteikumus ēkas energoefektivitātes uzlabošanai (piemēram, siltināt ēku). Ēkas energoefektivitāti izsaka ar kopējiem gada rādītājiem:

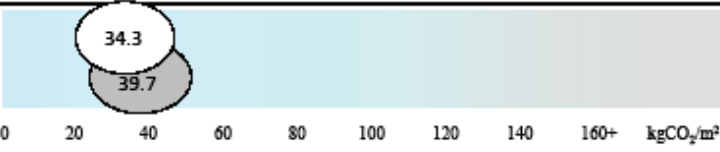
- enerģijas patēriņam kilovatstundās uz kvadrātmetru gadā (kWh/m^2 gadā);
- oglekļa dioksīda emisijas novērtējumam kilogrami oglekļa dioksīda uz kvadrātmetru gadā (kgCO_2/m^2 gadā).

Oglekļa dioksīds (CO_2) rodas fosilā kurināmā degšanas procesā enerģijas ražošanai, t.sk. ēkas apkurei, dzesēšanai, kastā ūdens sagatavošanai un elektroenerģijai. Ēkām ar vienādu enerģijas patēriņu var būt atšķirīgs oglekļa dioksīda emisijas daudzums. Piemēram, pie vienāda enerģijas patēriņa ēkai, kas tiek kurināta ar akmeņoglēm ir vairāk kā par 30% lielāks oglekļa dioksīda emisijas faktors nekā ēkai, kurai kā kurināmo izmanto dabasgāzi.

Ēkas energoefektivitātes sertifikātam vai pagaidu sertifikātam jāpievieno pielikums, kurā uzrāda aprēķinos izmantotās ievaddatu vērtības, norādot datu iegūšanas veidu un datu avotu: telpu platības, aprēķina temperatūras, norobežojošo konstrukciju laukumus, termisko tiltu garumus, siltuma zudumu koeficientus, uzskaitītās enerģijas un energonesēju patēriņu, aprēķinos pieņemtās vērtības, aprēķinu precizēšanai izmantotos koeficientus.

Ēkas energoefektivitātes sertifikātam jāpievieno apkures katla un gaisa kondicionēšanas sistēmu pārbaudes akti (noteikumu Nr.40 4. un 5. pielikums), kā arī ieteikumi ēkas energoefektivitātes uzlabošanai atbilstoši (noteikumu Nr.40 3.pielikums). Ēkas energo sertifikātu vai pagaidu energo sertifikātu varēs izsniegt:

- papīra dokumenta formā;
- elektroniska dokumenta formā.

ĒKAS ENERGOEFEKTIVITĀTES SERTIFIKĀTS			
Derīgs 10 gadus			
ĒKAS KLASIFICĒJUMS	Daudzdzīvokļu ēka		
ĒKAS ADRESE	Kastaņu 7, Ozolnieki, Ozolnieku nov, Jelgavas raj.		
ĒKAS KADARSTA NUMURS	54660010726		
ĒKAS DAĻA			
ĒKAS RAKSTUROJUMS			
EKSPLOATĀCIJĀ PIEŅĒMŠANAS GADS	1977	REKONSTRUKCIJAS GADS	
STĀVU SKAITU	4	☒ pagrabs	☐ mansards vai jumta stāvs
PLATĪBA, m ²	1213		
ĒKAS ENERGOSERTIFICĒŠANAS NOLŪKS ☐ pārdošana ☐ izīrēšana ☒ brīvprātīgi			
ĒKAS ENERGOEFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS			
ļoti labi			ļoti slikti
	0 20 40 60 80 100 120 140 160+ kgCO ₂ /m ² gadā		
	0 50 100 150 200 250 300 350 400+ kWh/m ² gadā		
			
ĒKAS ENERGOSERTIFIKĀTA IZDEVĒJS			
ENERGOAUDITORS	Raitis Brencis		
SERTIFIKĀTS	EA2-0042		
FIRMA	SIA ASPECTUS		
Datums	20.10.2010	Paraksts	

6.7. att. Ēkas Energo sertifikāts

7. Sērijvaida dzīvojamās ēkas

7.1. 103. Sērija dzīvojamās ēkas

Šie piecstāvu dzīvojamie nami Latvijā celti pēc Latvijas PSR Celtniecības lietu komitejas projektu institūtā “Pilsētprojekts” izstrādāta tipveida projekta. Projekta dokumentācija tā realizācijas laikā ir vairākkārt pārstrādāta un tajā ieviešot korekcijas, bet nesošās konstrukcijas tām būtiski neatšķiras. Sākot no 1976. gadā izstrādātā ēkas projekta modifikācijas realizācijas, ēkās tika iebūvēti atkritumu vadi, starplogu aiļu ieliktni veidoti no nedegoša materiāla, izmantotas rūpnīcā izgatavotas sanitāri tehniskās kabīnes. Sākot no 1976. gada, pirmā stāvā kāpņu telpā ieeja paredzēta no ēkas abām pusēm. Pie kāpņu telpas, pirmajā stāvā, paredzēta telpa bērnu ratiņu novietošanai.



7.1. att. 103. Sērijas daudzdzīvokļu dzīvojamais nams
(foto R. Brencis)

Ēkas tipveida projektā izstrādātas piecstāvu bloku sekcijas, kuras kopīgajā ēkas risinājumā bija paredzētas novietot ēkas kreisajā vai labajā galā un ēkas vidusdaļā. Atkarībā no ēkas sekciju skaita uzceltas ēkas ar dažādu kopīgo sekciju skaitu un plāna izvietojumu. Izmantojot tikai ēkas vidējās sekcijas un tās novietojot ar nepieciešamo nobīdi, varēja izveidot ēkas ar lauzītu risinājumu plānā. Tas deva iespēju šā tipa ēkas piemērot konkrētai esošajai apbūvei un apvidum.

Atbilstoši 1976.gadā spēkā esošajām normām ārējā gaisa temperatūra pieņemta -20°C un $+27^{\circ}\text{C}$.

Latvijas Republikas reģionālās attīstības ministrs ar 1994. gada 20.decembrī rīkojumu Nr.105 nosaka LBN 401 precizējumu par dzīvojamām mājām: “Masveida apbūves lielpaneļu ēkām, kas celtas pēc tipveida projektiem 103, 104, I-464, I-467A, I-602, 602P vidējais kalpošanas laiks – 60 gadi.

Ēkas konstruktīvā shēma – bezkarkasa ēka ar šķērsvirziena nesošām ķieģeļu sienām. Garenvirziena ārējās sienas paredzēts izveidot no pašnesošiem gāzbetona vai keramzītbetona

sienu paneļiem. Sekciju stingums ēkas garenvirziena tiek panākts ar atsevišķiem ēkas vidējā daļā pie kāpņu telpām iebūvētiem ķieģeļu sienu posmiem un stingiem starpstāvu pārsegumu diskām, kas saistīti ar garenvirziena un šķērsvirziena ķieģeļu mūra sienām.

Pamati. Tipveida pamatu risinājumu var pielietot mālainās gruntīs, kur e.1. Ēkas pamatu iebūves dziļums -1,9 m. Gruntsūdens līmenim jābūt 0,5 m zem pagraba grīdas līmeņa. Ja gruntsūdeņi ir augstāk, tad ap ēku jābūt izbūvētai drenāžas sistēmai. Pamatu hidroizolācija tiek izveidota divos līmeņos. Uz atzīmes 2,45 m zem ēkas sienām tiek veidota hidroizolācija no cementa smilšu javas sastāva attiecībā 1:2 20 mm biezumā, bet uz atzīmes 0,62 - no trīs kārtām ruberoīda, kas piestiprināts ar bituma mastiku. Ēkas pamati paredzēts izveidot no 1.116-1sērijas pamatu blokiem, kas sastiprināti ar M25 cementa javu. Pamata virszemes ārsienas jāapmet ar cementa javu, bet iekšpusē jāizlīdzina šuves starp blokiem. Garenvirziena ārsienas pamati tiek veidoti no ribotiem cokola paneļiem, kuru augstums -1,75 m. Virs cokola stāva paneļiem tiek novietoti ārsienas gāzbetona vai keramzītbetona paneļi. Atsevišķi pagraba sienu iecirkņi veidoti no M100 markas māla pilnķieģeļiem. Pagrabā virs durvju ailēm uzstādītas B tipa dzelzsbetona pārsedzes.



7.2. att. Nesošo sienu pamati un pamati zem pašnesošajiem paneļiem
(foto R. Brencis)

Sienas. Ēkas galu ārējās šķērsnesošās sienas tiek mūrētas no presētiem plastiskas masas māla ķieģeļiem, kuru salizturību ne mazāka kā 25. No šādiem ķieģeļiem pēc projekta jāveido arī visas pagraba ķieģeļu mūra sienas 0,5 m augstumā no pamatu virsmas. Ārējo sienu biezums atkarībā no ēkas būves vietas 51 – 64 cm.

Pārsegumi. Ēku starpstāvu pārsegumi veidoti no dobtajām saliekamā dzelzsbetona pārseguma plātnēm, kuru platumi attiecīgi ir 2390 mm, 1190 mm un 790 mm. Plātņu gali novietoti uz M75 markas cementa javas slāņa. Plātnes galu iedziļinājums ķieģeļu sienas mūrī -12 cm. Plātnes savā starpā un ar ķieģeļu mūra sienām savienotas ar tērauda saitēm. Šuves starp plātnēm aizlietas ar smalkgraudaina pildījuma betonu kā marka ne zemāka par M100. Durvju aiļu pārsedzes ķieģeļu sienās veidotas no saliekamā dzelzsbetona sijām, kas novietotas

uz M50 markas cementa javas slāņa. Sienu iekšējā apdare tiek veidota no 10 mm bieza slapjā apmetuma slāņa vai vienas kārtas regipsa loksnes. Ēkas starpsienas paredzēts izveidot no 8 cm bieziem ģipšbetona velmētiem paneļiem.

Jumta konstrukcija. Jumts tiek veidots no ribotām dzelzsbetona plātnēm un dzelzsbetona silēm. Šāds jumta risinājums izslēdz nepieciešamību jumtu ieklāt ar ruberoīda segumu. Zem jumta izveido auksto tehnisko bēniņu telpu. Jumta slīpums virzienā uz tā vidusdaļu - 5%. Atmosfēras ūdens novadīšana no jumta - iekšējā. Vertikālie ūdens noteces cauruļvadi novietoti kāpņu telpas zonā. Bēniņi siltināti ar divām kārtām fibrolīta 150 mm biezumā. Daļā projektu tehniskā stāva augstums ir tikai daži desmiti centimetru un ribotie jumta paneļi ir pārklāti ar ruberoīdu.



7.3. att. Auksto bēniņu telpa vienā no 103. Sērijas variantiem
(foto R. Brencis)



7.4. att. Jumta paneļi bez ruberoīda seguma
(foto R. Brencis)

7.2. 316. sērija dzīvojamās ēkas

Tā saukto Hruščova māju celtniecība sākās 1959.gadā un turpinājās līdz 1985.gadam. Sākotnēji ēkas tika celtas no ķieģeļiem, bet no 60.gadu sākuma ekonomijas nolūkos – no gataviem bloku paneļiem. Lai arī šo māju kalpošanas ilgums tika paredzēts līdz 30 gadiem. Padomju Savienībā šajā laikā tika uzbūvēti apmēram 10% no kopējā dzīvojamā fonda. Hruščova mājās parasti ir vienas vai divstabu dzīvokļi, lielākoties ar caurstaigājamām istabām, ar kopējo sanmezglu, griestu augstums - 2,5m. Ēku augstums svārstās no diviem līdz pieciem stāviem, taču nav paredzēti lifti. Atsevišķu ķieģeļu māju sēriju projektos zem virtuves loga tika iebūvēts specifisks kambara tipa skapis, kas bija paredzēts produktu glabāšanai. Ārējās sienas biezums šajā skapī parasti bija pusķieģeļa platumā, bet dažās mājās ārsienā pat paredzēts pastāvīgs atvērums. Hruščova mājokļu tipam raksturīgi vairāki nopietni trūkumi: maza dzīvojamā platība, slikta sienu skaņas un siltumizolācija, liftu un atkritumu vada neesamība. Pēcstāvu ēkām nav arī bēniņu telpas – pēdējā stāva dzīvokļu „siltinātie” griesti ir apvienoti ar mājas jumtu. Šo mājokļu plānotais kalpošanas ilgums bija 25-30 gadi, taču vecākām mājām nu jau drīz būs 50. Mūsdienās šo māju komunikācijas faktiski ir savu mūžu nokalpojušas un morāli novecojušas. Apkures sistēmas tajās ir ļoti neracionālas – nav iespējams regulēt siltumu, turklāt jāpatērē liels siltuma daudzums, lai nodrošinātu komfortablus dzīves apstākļus telpās. Tāpat ūdens un kanalizācijas cauruļvadi būvēti no ļoti zemas kvalitātes materiāliem un jau tagad daudzviet ir nomainīti.



7.5. att. 316. sērijas dzīvojamā ēka (foto R. Brencis)

Ēkas konstruktīvā shēma – nesošās sienas mūrētas no ķieģeļu mūra pa ēkas perimetru un uz ēkas vidusass tās garenvirzienā. Pāseguma paneļi novietoti perpendikulāri ēkas garenasij nobalstot tos uz ārsienām un nesošās iekšsienas.

Pamati. Ēkas pamati veidoti no betona blokiem, kas sākotnēji izveidoti no dēļu veidņiem, bet vēlāk jau izgatavoti rūpnieciski. Pamatu izvietoējums salīdzinoši vienkāršs šīs sērijas mājām. Lentveida pamati pa ēkas perimetru un ēkas vidū visas ēkas garenvirzienā. Pamatu bloki sastiprināti ar cementa javu un no ēkas ārpuses apmesti.

Sienas. Ārsienu materiāls - silikātķieģeļi senāk būvētām mājām, vēlāk - paneļu bloki. Silikāta ķieģeļu sienās galvenokārt tikai to ārējā daļā. Pārējā siena būvēta no māla ķieģeļiem. Sienas ar biezumu 51 cm, bet iekšējā nesoša siena ar biezumu 38 cm. Mājas ir ar balkoniem un arī bez tiem. Fasāžu dekoratīvo elementu izmantošana arī tika atmesta kā nevajadzīga, lai gan dažām ēkām vērojama divu veidu ķieģeļu izmantošana fasāžu apdarē, starp logu ailēm izmantojot māla ķieģeļus.



7.6. att. 316. Sērijas dzīvojamās ēkas pamati (foto R. Brencis)



7.7. att. 316. Sērijas dzīvojamās ēkas pamati (foto R. Brencis)

Jumta konstrukcijas. Jumta konstrukcijas ar laiku ir mainījušās. Latvijā esošās ēkas sastopamas ar dzelzsbetona siju konstrukcijām, kā arī ar koka nesošajām jumta konstrukcijām. Dzelzsbetona siju izmantošana ļāva palielināt siju soli. Koka konstrukciju

krēsls balstīts uz pārsegumu, kas galvenokārt ir no betona dobajiem paneļiem, bet lokāliem projektiem sastopams arī no koka sijām. Dzelzsbetona sijas balstītas uz kores balķi, ko tur māla ķieģeļu stabiņi, kas nobalstīti uz ēkas vidus ass esošās nesošās sienas. Pārsegums parasti siltināts ar divām kārtām fibrolīta plāksnēm ar kopējo biezumu 150 mm.



7.8. att. 316. Sērijas dzīvojamās ēkas nesošās koka jumta konstrukcijas (foto R. Brencis)



7.9. att. 316. Sērijas dzīvojamās ēkas nesošās dzelzsbetona jumta konstrukcijas (foto R. Brencis)

7.3. 602. sērija dzīvojamās ēkas

Lokalizēto 602. sērijas tipveida projektu 1973. gadā izstrādājuši projektēšanas institūta "Латги-прогострой" speciālisti, par bāzi ņemot 1967. gadā toreizējā Ļeņingradas institūtā "ЛенЗНИИЭП" sagatavoto pamatprojektu. Parasti uz konstrukcijām tika atstāti marķējumi, kuros iekļauts attiecīgais to izgatavošanas gadskaitlis (patlaban to var atsevišķos gadījumos fiksēt vai nu pagriba līmenī, vai arī bēniņos tehniskajā stāvā).

Latvijā šīs apskatāmās sērijas nami būvēti kā lielpaneļu vairāku bloksekciju veidoti kopēji lineāri būvapjomi. Atsevišķos gadījumos konkrētajai ēkai ir tikai viena atsevišķa sekcija. Pavisam kopā adekvāti sekciju skaitam ir tikpat daudz noeju kāpņu pagrabā, bet ēku virszemes apjomos — tāds pat kāpņu telpu kopskaits. Daļai namu kāpņu moduļu zonā 1. stāva līmenī izbūvētas izolētas vai arī caurstaigājamas koplietošanas telpas (ar izeju nama pretējā pusē) — šīs telpas sākotnēji bijušas paredzētas pastkastīšu izvietošanai, bērnu ratiņu uzglabāšanai u.tml. funkcijām. Minēto zonu reāli vairs neizmanto kā koplietošanas telpu — tur pēdējos gados vai nu ir iekārtoti tirdzniecības punkti, frizētavas u.tml., vai arī šī telpa pievienota vienam no blakus dzīvokļiem.

2002.gada 29.janvārī pieņemtajos Ministru kabineta noteikumos Nr. 45 uzrādīts, ka 602. sērijas dzīvojamo ēku vidējais normatīvais kalpošanas ilgums ir 60 gadi, bet vecākie šīs sērijas nami kalpo apmēram no 70.gadu sākuma, 35 gadus vai pat nedaudz ilgāk, ir jārēķinās, ka no normatīvu norāžu viedokļa jau tuvākajā nākotnē konkrēto ēku droša ekspluatācija bez kādu papildu pasākumu veikšanas būvstruktūru nostiprināšanai un tehniskā stāvokļa uzlabošanai būs diskutabla.



7.10. att. 602 sērijas Daudzīvokļu dzīvojamā ēka (foto R. Brenčis)

602. sērijas saliekamo lielpaneļu daudzstāvu dzīvojamās mājām ir gan pagraba līmenis, gan atšķirīga augstuma virszemes apjomi (5 ... 9 ordinārie jeb dzīvojamie stāvi ar dzīvokļiem, to vairumā gadījumu papildinot ar vēl vienu augšējo, t.i., bēniņu jeb tehniskais stāvu), dažāds ir sekciju kopskaits. Tur, kur virs augstākā dzīvojamā stāva atrodas tehniskais jeb bēniņu stāvs, iekārtotas iekšējās uz jumta nokļuvušā nokrišņu ūdens savākšanas un aizvadīšanas sistēmas komunikācijas, kā arī atsevišķi — lifta šahtu tehniskās telpas. Papildizbūves ir vējtvēri galveno ieeju pusē (t.sk. ar durvīm uz atkritumu šahtas apakštelpu un noeju pagrabā), nojumes ar vienkāršām kāpnēm papildu izeju jeb pretējās pusēs.

Pamati. Vai nu gruntī iegremdētu dzelzsbetona pāļu lauks (galvenokārt bez masīva režģoga), kas atrodas zem visas daudzstāvu ēkas (cokola zonā jeb pagraba stāvā iz-mantoti saliekamā dzelzsbetona bloki), vai zem mazāka stāvu skaita ēkām — lentveidā uz iepriekš sagatavojamas (blīvētas) pamatnes guldīti (krauti) cementbetona bloki. Virs cokola blokiem horizontālā hidroizolācija — ruberoīds 1 ... 3 kārtās uz bitumena mastikas (gan ārējām, gan iekšsienām). Savulaik fasāžu pusē līdz grunts apbēruma virsas līmenim vertikālās virsmas segtas ar bitumena otējumu (hidroizolēšanai).



7.11. att. 602 sērijas Daudzīvokļu dzīvojamā ēkas pamati (foto R. Brencis)

Sienas. Kā galvenās kalpo dzelzsbetona garensienas, kā arī šķērssienas, kuras funkcionāli kvalificējas kā nesošas. Lielai daļai biezums ir 14 cm, kaut atsevišķos iecirkņos ir arī 22 cm biezas sienas. Virtuvju un santehniko mezglu zonā speciāli sabiezinātie sienu paneļi ar vertikālajiem vēdināšanas kanāliem un konsolizvirzījumiem pārseguma plātņu atbalstam. Minētās iekšsienas nodrošina ēkas telpisko noturību un stingumu.. Ārsienas — pie iekšsienām ar piemetinātu stieņu vai josliņu starpniecību piejūgti vienkārtas keramzītbetona paneļi (ar siltumizolējošām funkcijām, bet neapdarināti), šo paneļu pilnais biezums — ap 30

cm. Dzelzsbetona sienas dzīvokļus norobežo no kāpņu moduļiem. Daļā sienu paneļu izveidotas gatavas durvju ailes (tāpat kā logiem ārsienās).



7.12. att. 602 sērijas Daudzīvokļu dzīvojamā ēkas ārējās sienas (foto R. Brencis)

Pārsegumi. Nesošie elementi — vienlaidu bezdobumu dzelzsbetona (stiegotas) plātnes, kuru sānmalas jeb gali pa kontūru balstās uz zemāk esošā stāva sienu paneļiem. Arī pārsegumu konstrukcijas kalpo būves kopējā stinguma sekmēšanai. Plātnes izgatavotas rūpnieciski, ar gludu virsmu. Konstrukcijas savstarpēji sajūgtas ar attiecīgām tērauda detaļām, savienojumus sametinot. Mezglu vietas aizdarinātas ar cementa javu. Inženierkomunikāciju izvadīšanas vietās atstāti speciāli caurumi. Bēniņos siltumizolējošais nosegums — fibrolīts, keramzītbetons, gāzbetona bloki.

Jumta konstrukcijas. Pārsegumam izmantotas vai nu pilnšķērsriezuma apgrieztas ribotās dzelzsbetona plātnes (kopā ar pa būvapjoma garenasi orientētajām siles jeb U-veida vidus-joslas dzelzsbetona konstrukcijām, kurās tiek savākti uz jumta nokļuvušie nokrišņu ūdeņi), to salaidumus nosedzot ar dzelzsbetona joslām (ar II-veida šķērsriezumu), vai arī plakanās plātnes.

Jumta šķērskritums atbilstīgi nokrišņu savākšanas un aizvadīšanas principam: — vērsts uz vidu, lēzens (ar nokrišņu ūdens t.s. iekšējo novadi pa ēkas kanālos ievietotajiem kanalizācijas stāvvadiem, kuri izvietoti uz ēku vidusgarenass). Jumta pārseguma siltumizolējošais slānis — keramzītbetona pabērums, fibrolīts, gāzbetons u.tml.; virsū — izlīdzinošā kārtā no cementbetona, kas pārsegta ar hidroizolāciju.



7.13. att. 602 sērijas Daudzīvokļu dzīvojamā ēkas Jumta konstrukcija (foto R. Brencis)



8.14. att. 602 sērijas Daudzīvokļu dzīvojamā ēkas nesošās jumta konstrukcijas (foto R. Brencis)

Literatūras saraksts

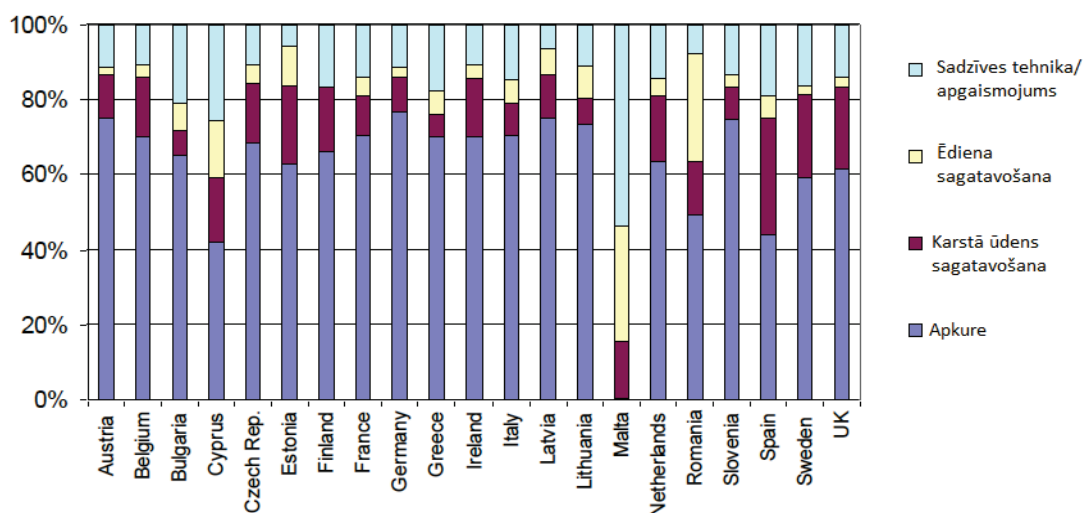
1. MK Noteikumi Nr.495 no 27.11.2001. par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika"
2. MK Noteikumi Nr.376 no 23.08.2001. par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-01 "Būvklimatoloģija"
3. MK Noteikumi Nr.39 no 13.01.2009. Ēkas energoefektivitātes aprēķina metode
4. „Ēku energoefektivitāte” - <http://www.em.gov.lv/em/2nd/?cat=30271>- resurss skatīts 01.10.2011.
5. SIA Arho „Dzīvojamo rajonu apzināšana un inventarizācija Rīgas pilsētā dzīvojamo rajonu atdzīvināšanas (revitalizācijas) projekta ietvaros”, 2006, Rīga

8. Ēku energopatēriņa bilance

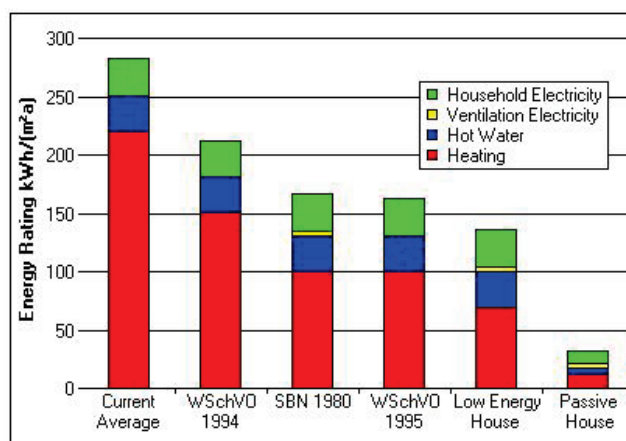
8.1. Ēkas siltuma zudumu sadalījums

Galvenā siltuma enerģijas daļa, ko pievada ēkai, ir nepieciešama siltuma zudumu caur norobežojošajām konstrukcijām, iekštelpu gaisa sasildīšanai, kondicionēšanai un siltā ūdens sagatavošanai. Siltums ēkās tiek piegādāts caur dažādiem siltumnesējiem – apkures sistēmu un arī kā brīvais siltums no saules, cilvēkiem un procesiem.

Atkarībā no ēkas energoefektivitātes līmeņa caur apkures sistēmu pievadītā siltuma daudzums var būtiski atšķirties. Izmantojot pēc iespējas energoefektīvākus risinājumus, ir iespējams panākt būtisku siltumenerģijas patēriņa samazinājumu. Dotie pasākumi ir nozīmīgi no energoefektivitātes aspekta, jo Eiropas Savienībā 80% no kopējā mājokļu siltumenerģijas patēriņa veido ēkas ar platību līdz 1000 m².



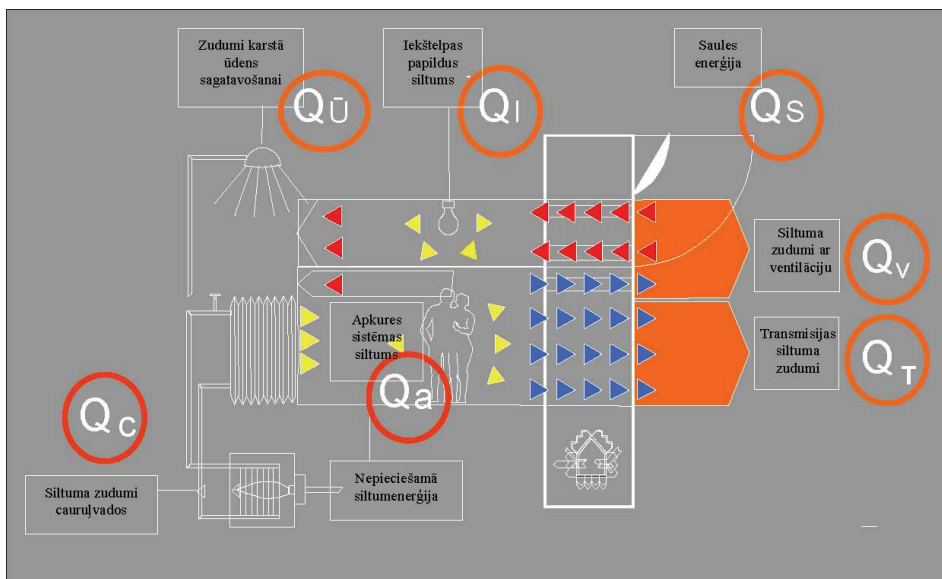
8.1. att. Mājokļu energopatēriņa bilance Eiropas Savienības valstīs (2005)
(Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27)



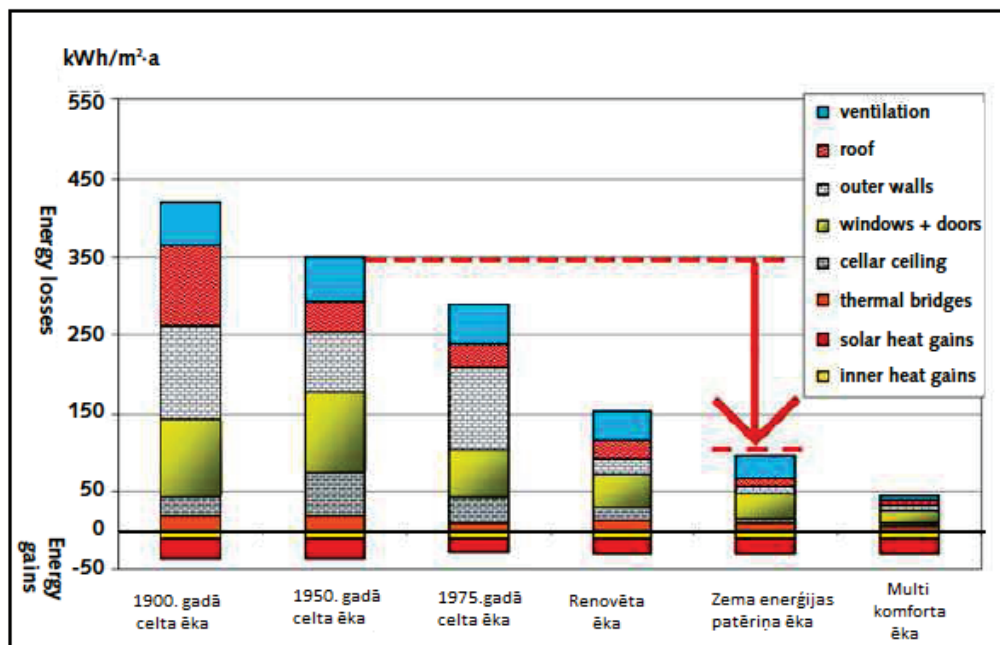
8.2. att. Mājokļu energopatēriņa dinamika
(WSchVO – Vācijas Siltuma aizsardzības noteikumi, SBN – Zviedrijas Būvniecības Standarts)

Latvijā viens no noteicošajiem normatīvajiem dokumentiem šajā kontekstā ir LBN 002-01, kas nosaka norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības koeficientu (U-vērtība,

$W/m^2 \cdot K$) vērtības. Ievērojot dotās **LBN 002-01 prasības**, ir iespējams panākt, ka ēkas gada siltumenerģijas patēriņš apkurei uz $1m^2$ apkurināmās platības būs robežās starp **100 -150 kWh/m²**. Savukārt, ja ēkas ir būvētas, ievērojot zemās enerģijas vai pasīvās mājas principus, tad gada siltumenerģijas patēriņš apkurei uz $1m^2$ apkurināmās platības **pasīvai mājai ir ne vairāk kā 15 kWh/m²**, bet **zemas enerģijas mājai ne vairāk kā 40 kWh/m²** vai vidēji **par 50 % zemāks** salīdzinājumā ar konkrētajā valstī spēkā esošajām normatīvu prasībām.



8.3. att. Mājokļa siltumenerģijas bilances sadalījums
(<http://www.air2energy.com.au/faqs17.html>)



8.4. att. Mājokļa siltumenerģijas bilances sadalījums
(<http://www.air2energy.com.au/faqs17.html>)

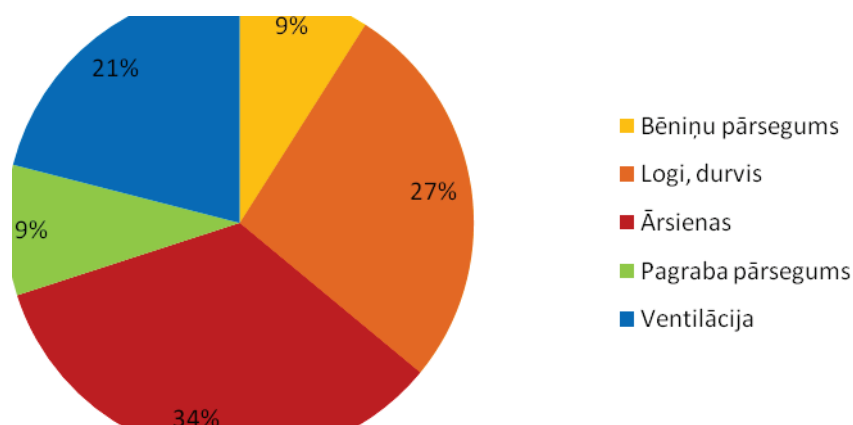
8.2. Ēku siltuma zudumu elementi

Ēku siltuma zudumu daļā ietilps siltuma zudumi caur norobežojošajām konstrukcijām un siltuma izplūde ar ventilāciju un citām gaisa noplūdēm, kā arī kanalizācijas ūdens satur siltumu.

8.2.1. Norobežojošās konstrukcijas

Siltuma daudzums, kas izplūst caur norobežojošām konstrukcijām (piem., jumtu, ārsienām, logiem, grīdu, ārdurvīm), ir atkarīgs no šo konstrukciju siltumcaurlaidības koeficienta (U -vērtība, $W/m^2 K$), termisko tiltu lieluma konstrukcija un temperatūru starpības starp norobežojošās konstrukcijas abām pusēm.

Atkarībā no ēkas formas, stāvu skaita, atrašanās vietas, orientācijas pret debespusēm un citiem faktoriem siltuma zudumu proporcionālais sadalījums var būt atšķirīgs. Taču kopējās tendences vairumā gadījumos ir līdzīgas.

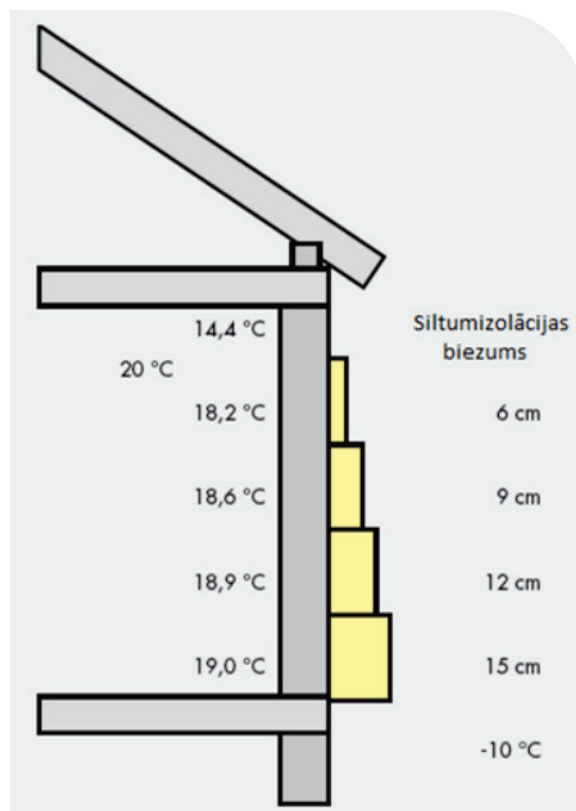


8.5. att. Daudzdzīvokļu mājas siltuma zudumu sadalījums
(Isover - Higher quality of life – lower heating costs)

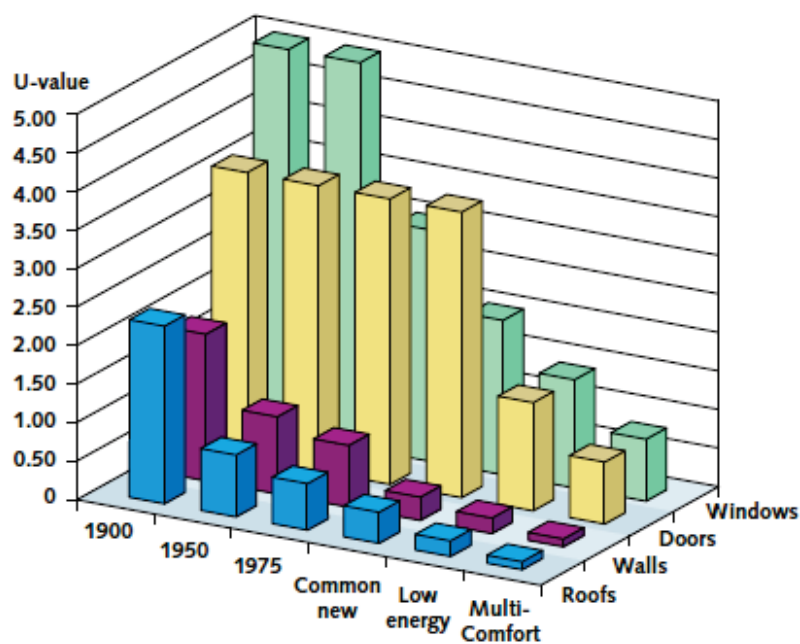
Jo mazāka ir norobežojošās konstrukcijas U vērtība, jo mazāki siltuma zudumi ir caur konstrukciju.

Konstrukcijas siltumcaurlaidības koeficienta vērtību nosaka siltumizolācijas materiāla biezums un siltumvadītspējas koeficienta lielums.

Normatīvas prasības par norobežojošo konstrukciju energoefektivitāti laika gaitā ir mainījušās. Nepieciešamību paaugstināt norobežojošo konstrukciju energoefektivitāti galvenokārt nosaka arvien pieaugošās siltumenerģijas cenas un iedzīvotāju prasības pēc augstāka komforta līmeņa telpā.



8.6. att. Ārsienu virsmas temperatūra atkarībā no siltumizolācijas biezuma
(Knauf Insulation – Fachgerecht dichten und dämmen)



8.7. att. Norobežozo konstrukciju siltuma caurlaidības koeficienta izmaiņu dinamika

Termiskie tilti ir vājās vietas ēkas konstrukcijā, kur noteiktās vietās ierobežotā laukumā siltuma plūsma ir daudz lielāka nekā viscaur konstrukcijai.

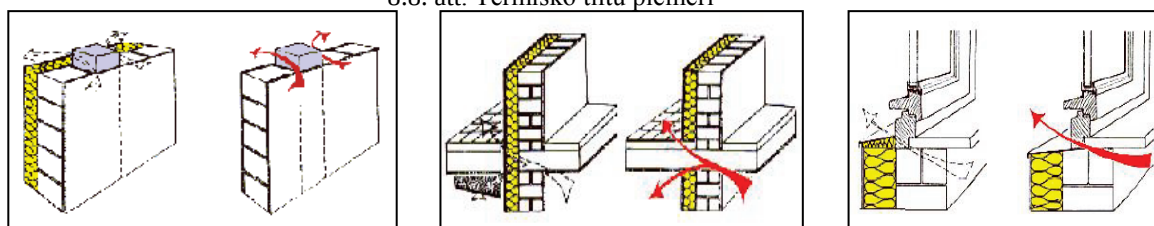
Termiskais tilts ir ēkas daļa, kur viendabīgo norobežojošo konstrukciju termisko pretestību jūtami izmaina sekojoši faktori:

- norobežojošo konstrukciju vai to daļu šķērso materiāli ar atšķirīgu siltumvadītspēju;
- izmaiņās materiāla biezums;
- ir starpība starp būvelementa ārējiem un iekšējiem izmēriem, kā tas ir, piemēram, sienu/griestu/grīdas savienojuma vietās.

Termiskais tilts ir vieta, kur viendimensiju siltuma plūsma pārveidojas divdimensiju vai trīsdimensiju siltuma plūsmā.

Visbiežāk šādu termisko tiltu rašanās cēloņi ir kļūdas, kas pieļautas celtniecības procesā, īpaši konstrukciju savienojuma vietās, nenodrošinot šo vietu pietiekamu siltumizolāciju. Bieži vien problemātiski ir arī konstruktīva un ģeometriskā rakstura cēloņi, piemēram, izvirzītas balkonu konstrukcijas, ēku stūri u.c.

8.8. att. Termisko tiltu piemēri



(Isover – Higher quality of life – lower heating costs)

8.2.2. Ventilācija un infiltrācija

Svaigā gaisa nodrošināšanai telpās ir vitāla nozīme. Galvenais ventilācijas uzdevums ir nodrošināt telpās sanitāri higiēniskajām normām atbilstošu gaisa kvalitāti un atbilstošu komforta līmeni. Līdz ar to siltumenerģijas patēriņš pieplūstošā gaisa uzsildīšanai būs vajadzīgs vienmēr. Taču energoefektīvās ēkās izmanto dažādus tehniskos risinājumus, lai doto apjomu pēc iespējas samazinātu, nesamazinot cilvēku komforta līmeni.

Pasīvās vai zemās enerģijas mājās, salīdzinājumā ar Latvijas būvnormatīvos LBN 211-08 un LBN 231-03. definētajiem gaisa apjomiem, ir zināmas atšķirības. Piemēram, pasīvās mājās nepieciešamo svaigā gaisa daudzumu aprēķina, izejot no vienam cilvēkam nepieciešamā daudzuma jeb **20-30 m³/h**, pie nosacījuma, ka gaisa apmaiņa stundā ir vismaz ar kārtu 0,3 un griestu augstums 2,5 m. Telpu apdzīvotības līmenis vidēji tiek pieņemts 35 m². Pēc Latvijas būvnormatīviem nepieciešamais apjoms tiek rēķināts atkarībā no telpu tipa un sastāda vismaz **3 m³/h uz 1m² grīdas laukuma**. Absolūtais minimums ir **15m³/h svaiga gaisa uz vienu cilvēku**.

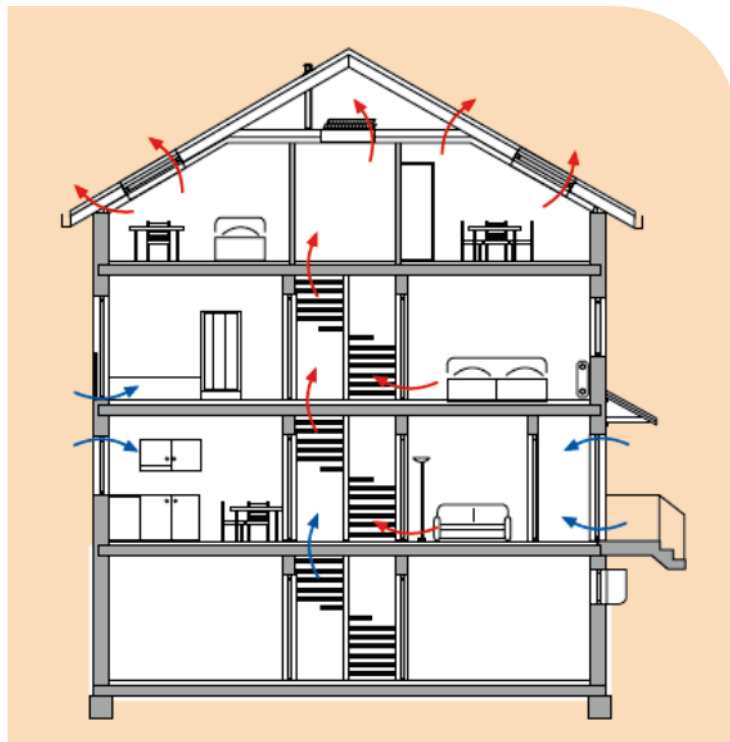
Savukārt neblīva ēka nozīmē nekontrolējamu aukstā āra gaisa ieplūdi iekštelpās un siltā gaisa noplūdi caur dažāda veida neblīvumiem konstrukcijās. Līdz ar to pieplūstošā aukstā gaisa uzsildīšanai telpā nepārtraukti ir jāpievada papildu siltums. Caur dažādiem neblīvumiem ieplūstošā gaisa sasildīšana var sastādīt pat 40 % no kopējiem siltuma zudumiem. Liela nekontrolēta gaisa plūsma rada arī caurvēju, mitruma bojājumus konstrukcijās un telpu pārkaršanu vasarā.

Piemēram, caur 1 m garu, 2 mm platu un 10 cm dziļu spraugu vienā stundā pie 6 Pa spiedienu starpības telpā var ieplūst 15 m³/h.

Ēkas neblīvumi un svaigais gaiss nav viens un tas pats. Ņemot vērā, ka gaisa apmaiņas intensitāti caur dažādiem neblīvumiem ietekmē gan vēja stiprums, gan vides temperatūru starpība, kā arī ēkas augstums, tad caur neblīvumiem nav iespējams pilnvērtīgi nodrošināt nepieciešamo svaigā gaisa padevi iekštelpās. Vienīgi, ja ēka ir ļoti neblīva, tad svaigā gaisa

padeve var būt pietiekama, bet tādā gadījumā ēku nekādā gadījumā nevar dēvēt par energoefektīvu un cerēt uz maziem apkures rēķiniem.

Ir ļoti svarīgi saprast to, ka zema ēkas konstrukciju gaiscaurlaidība nav saistīta ar „konstrukciju elpošanu” un/vai telpu ventilāciju, bet gan ar konstruktīviem neblīvumiem, kas galvenokārt var veidoties norobežojošo konstrukciju salaidumu vietās.



8.9. att. Konstrukciju neblīvumu tipiskākās plūsmas vietas
(Knauf Insulation - - Fachgerecht dichten und dämmen)

8.3. Ēkas siltumenerģijas pienesumi

Jo ēka ir energoefektīvāka, jo siltuma pienesumu izmantošana ir ar lielāku lietderību. Pie ēkas siltuma pienesumiem pieskaita:

- *Iekšējie siltumenerģijas zudumi un ieguvumi* – siltumenerģija, ko ēkā rada ēkas iemītnieki (metaboliskais siltums) un ierīces, piemēram, apgaismojuma, mājsaimniecības ierīces, biroja iekārtas.
- *Saules siltuma ieguvumi* – siltumenerģija, ko dod Saules starojums, ieplūstot ēkā caur logiem tieši vai netieši (pēc absorbēšanas ēkas elementos), caur necaurspīdīgām sienām un jumtiem vai pasīvām saules izmantošanas izbūvēm (piemēram, ziemas dārzi, caurspīdīga izolācija).

8.3.1. Iekšējie siltumenerģijas ieguvumi

Lai klasificētu cilvēku aktivitātes izdalīto siltuma daudzumu, ir ieviesta vienība «met». 1 Met vienāds ar $58,15 \text{ W/m}^2$ ķermeņa laukuma. Izmantojot doto vienību, var spriest par dažādu fizisku aktivitāšu radīto siltuma daudzumu.

8.1 tabula. Dažādu aktivitāšu metaboliskā siltuma daudzums

Aktivitāte	Siltuma daudzums	
	W	met
Gulēšana	75	0,7
Pussēdus, pusguļus	85	0,8
Sēdēšana, relaksējoša	105	1,0
Stāvēšana, relaksējoša	125	1,2
Mašīnrakstīšana	125-145	1,2-1,4
Ēst gatavošana	170-210	1,6-2,0
Mājas tīrīšana	210-350	2,0-3,4
Pastaiga (3-6 km/h)	210-400	2,0-3,8
Dejošana, vingrošana	250-460	2,4-4,4
Darbs ar mehāniskiem instrumentiem	370-470	3,5-4,5
Kaplēt un rakt	420-500	4,0-4,8



8.10. att. Metaboliskās aktivitātes piemēri (INNOVA)

Kad cilvēks, piemēram, strādā sēžot un apkārtējais gaiss ir nekustīgs, apgērba novirze par vienu clo var tikt kompensēta ar apkārtējās vides temperatūras izmaiņu apmēram par 7°C . Vējā (vai cilvēkam darot smagāku darbu) šis efekts izpaužas vēl krasāk.

Pastāv rinda nekvalificējamu subjektīvu faktoru, kuri iespaido individuālo izvēli attiecībā uz siltuma komfortu. Tie izmaina metabolisma intensitāti vai iedarbojas uz mehānismiem, kas regulē siltuma izkliedi. Šādi faktori ir aklimatizācija, vecums un dzimums, ķermeņa forma, zemādas tauku kārtiņas biezums, veselības stāvoklis, profesija, lietoto pārtikas produktu atšķirības.

8.2 tabula. Iekšējie siltuma ieguvumi –
siltuma plūsmas daļa no iedzīvotājiem un ierīcēm dzīvojamās ēkās

Nr. p.k.	Nedēļas dienas	Diennakts stundas	Dzīvojamā istaba + virtuve (W/m ²)	Citas kondicionētās platības (piemēram, guļamistaba) (W/m ²)
1.	Pirmdiena–piektdiena	07.00–17.00	8,0	1,0
		17.00–23.00	20,0	1,0
		23.00–07.00	2,0	6,0
		Vidēji	9,0	2,67
2.	Sestdiena un svētdiena	07.00–17.00	8,0	2,0
		17.00–23.00	20,0	4,0
		23.00–07.00	2,0	6,0
		Vidēji	9,0	3,83
3.	Vidēji	-	9,0	3,0

8.3 tabula. Iekšējie siltuma ieguvumi –
siltuma plūsmas daļa no iedzīvotājiem un ierīcēm biroja ēkās

Nr. p.k.	Nedēļas dienas	Diennakts stundas	Biroja telpas (60 % no lietderīgās grīdas platības) (W/m ²)	Citas telpas (piemēram, foajē, vestibils, koridori) (40 % no lietderīgās grīdas platības) (W/m ²)
1.	Pirmdiena–piektdiena	07.00–17.00	20,0	8,0
		17.00–23.00	2,0	1,0
		23.00–07.00	2,0	1,0
		Vidēji	9,50	3,92
2.	Sestdiena un svētdiena	07.00–17.00	2,0	1,0
		17.00–23.00	2,0	1,0
		23.00–07.00	2,0	1,0
		Vidēji	2,0	1,0
3.	Vidēji	-	7,4	3,1

8.4 tabula. Siltuma plūsmas daļa no iedzīvotājiem nedzīvojamās ēkās

Nr. p.k.	Lietderīgā platība uz personu (m²)	Citas telpas (piemēram, foajē, vestibils, koridori) (40 % no grīdas lietderīgās platības (W/m ²))
1.	1,0	15
2.	2,5	10
3.	5,5	5
4.	14	3
5.	20	2

8.5 tabula. Siltuma plūsmas daļa no ierīcēm nedzīvojamās ēkās

Nr. p.k.	Ēkas izmantošanas veids	Saražotais siltums iekārtas darbības laikā (W/m²)	Darbības laika daļa fiek	Vidējā siltuma plūsma no iekārtas (W/m²)
1.	Birojs	15	0,20	3
2.	Mācību iestāde	5	0,15	1
3.	Veselības aprūpes iestāde (stacionāra)	8	0,50	4
4.	Veselības aprūpes iestāde (ambulatora)	15	0,20	3
5.	Sabiedriskās ēdināšanas telpa	10	0,25	3
6.	Tirdzniecības telpa	10	0,25	3
7.	Publisku pasākumu telpa	5	0,20	1
8.	Viesnīca	4	0,50	2
9.	Labošanas iestāde	4	0,50	2
10.	Sporta iestāde	4	0,25	1

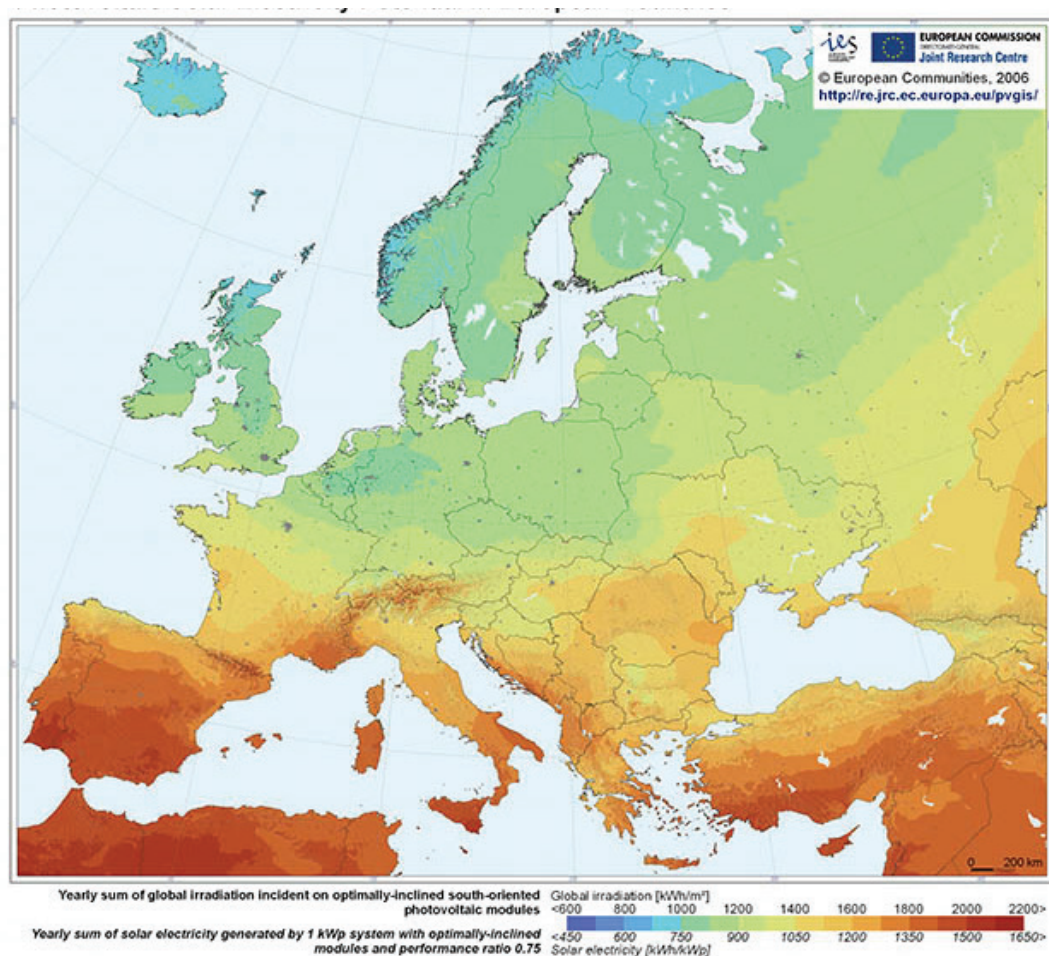
8.3.2. Saules siltuma ieguvumi

Latvijā Saules starojumam ir samērā zema intensitāte (1109 kWh/m²). Visvairāk Saule spīd Baltijas jūras piekrastē, mazāk - Vidzemes augstienē. Tās gaismu visefektīvāk var izmantot no aprīļa beigām līdz septembra sākumam.

Decembrī Saules augstums virs horizonta Latvijā ir 9 - 10° un saules radiācijas daudzums, nepilna 1 kcal/cm² mēnesī, bet jūnijā Saule paceļas virs horizonta 57° un saules radiācijas daudzums sasniedz 15 kcal/cm² mēnesī. Latvijā dienas garums decembrī ir 6 - 7 stundas, bet jūnijā 17 - 18 stundas.

Mākoņainība ir viens no faktoriem, kas ietekmē pieplūstošās saules radiācijas izmaiņas Latvijā gada un teritoriālā griezumā. Tā decembrī, pateicoties biežajiem cikloniem, kas saistās ar augstu mākoņainību, pieplūstošā saules radiācija sastāda aptuveni tika 5 % no iespējamās, bet piekrastē jūnijā, kad mākoņu ir maz – vairāk par 60 %. Gadā katrs virsas

kvadrātcentimetrs saņem tikai ap 346 kJ, tas ir, trešo daļu no saules radiācijas siltuma pieplūduma.



8.11. att. Eiropas saules starojuma intensitātes karte (kWh/m²)

Neskatoties uz to, ka Latvijā Saules starojumam ir samērā zema intensitāte, un tas ir nepietiekams, lai, piemēram, to izmantotu karstā ūdens sagatavošanai visa gada griezumā. Tas ir pietiekams, lai nodrošinātu vērā ņemamu mājokļu siltumenerģijas daudzumu. Un, jo ēka ir energoefektīvāka un arī pareizi orientēta pret debesspusēm, jo Saules enerģijas īpatsvars mājas siltuma bilanci būs lielāks.

9. Ēku energoefektivitātes paaugstināšanas veidi

Lai iegūtu konstrukciju ar zemu siltuma caurlaidības koeficienta vērtību, plaši izmanto siltumizolācijas materiālus ar lielu nekustīga gaisa vai gāzes saturu. Tomēr saturēt par daudz gaisa arī nav labi, jo tad pieaug poru izmēri un līdz ar to arī siltuma zudumi starojuma un gaisa kustības dēļ.

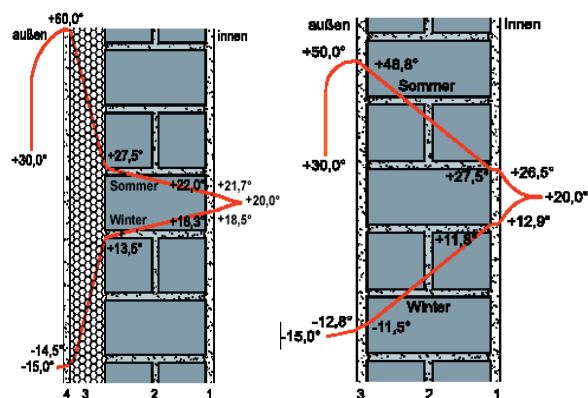
9.1. Norobežojošo konstrukciju siltināšana – paņēmieni un risinājumi

9.1.1. Ārsienas siltināšana no ārpuses

No siltumtehniskā viedokļa dotais siltināšanas paņēmiens ir visefektīvākais.

Priekšrocības: Veidojas nepārtraukts siltumizolācijas slānis bez starpsienu, starpstāvu pārsegumu un citu konstrukciju radītajiem aukstuma tiltiem. Masīvās sienas atrodas iekšpusē – siltajā zonā – un, tā kā tām ir liela siltuma inerce, uzkrāto siltumu tās saglabā ilgi, bet telpām atdod lēnām. Sienas nesošais materiāls (kieģeļi, gāzbetons u.c.) atrodas siltajā zonā un nav pakļauts sasalšanas – atkuššanas ciklu iedarbībai, t.i., nav svarīgi, kāda ir sienu materiāla salizturība.

Ārsienu siltināšanai izmanto divus galvenos risinājumus: konstrukcijas ar ventilējamu gaisa šķirkārtu un konstrukcijas bez ventilējamas gaisa šķirkārtas (ar apmetumu).



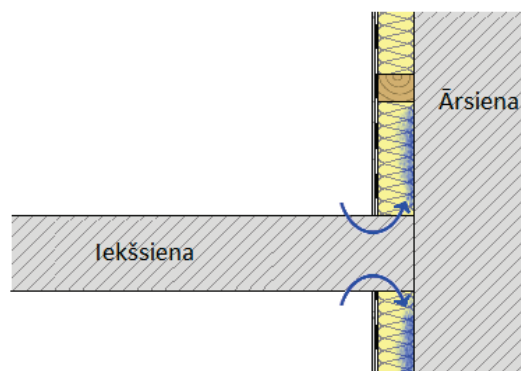
9.1. att. Siltinātas un nesiltinātas sienas temperatūras svārstības gada laikā

9.1.2. Ārsienas siltināšana no iekštelpas

Metodi galvenokārt ieteicams lietot tikai vecu ēku siltināšanai, kad fasāde jāsaglabā tās oriģinālajā izskatā, ēkām, kuras izmanto periodiski un, kad jāsiltina tikai kāda no ārsienas daļām.

Galvenie metodes trūkumi: Starpsienu, starpstāvu pārsegumu un citu konstrukciju savienojuma vietās ar ārsienām veidojas aukstuma tilti; ārsienu konstrukciju temperatūra kļūst zemāka nekā bija līdz siltināšanai. Ārsienas pakļautas ilgākai sala iedarbībai. Pastāv liels risks konstrukcijā veidoties kondensātam. Kondensātam samitrinot sienas materiālu, pasliktinās sienas siltumtehniskās īpašības. Lai no tā izvairītos, no telpas iekšpuses ārsienai jāierīko tvaika izolācijas kārtā. Grūtības ir uzstādīt siltumizolāciju aiz cauruļvadiem, radiatoriem. Jāpārvieta elektroinstalācija.

Tvaika izolācijas materiālam jābūt rūpīgi iestrādātam, savienojuma šuvēm jābūt kvalitatīvi nolīmētām.



9.2.att. No iekštelpas siltinātas ārsienas problēmsituācija

9.2. Siltumizolācijas materiāli

Lai samazinātu siltuma zudumus caur ēkas norobežojošām konstrukcijām, nepieciešams pielietot siltumtehnikiski efektīvus siltumizolācijas materiālus. Šobrīd dažādu siltumizolācijas materiālu piedāvājums ir ļoti plašs un ir iespējams atrast konkrētajam pielietojumam visatbilstošāko. Galvenais ir jāiegaumē, ka siltumizolācijas materiālam, kurš paredzēts pagraba sienu siltināšanai, var būt izvirzītas citas prasības, kas nav tik būtiskas, piemēram, pie ārsienu siltināšanas.

Ir būtiski siltumizolācijas materiālu izvērtēt vismaz pēc sekojošiem kritērijiem:

- materiāla siltumvadītspēja;
- mehāniskā izturība;
- mehāniskā stingrība;
- pretestība pret ūdens un tvaiku pānesi;
- izmēru dimensiju stabilitāte;
- nav bīstams veselībai.

9.2.1. Siltumizolācijas materiālu klasifikācija

Siltumizolācijas materiālu klasifikāciju pēc to darbības principa var iedalīt trīs lielās grupās:

- **Konvektīvie siltumizolācijas materiāli** – galvenokārt ir poraini ar minimālu siltuma konvekcijas rādītāju.
- **Atstarojošie jeb reflektīvie siltumizolācijas materiāli** – galvenokārt ir ar augstu virsmas atstarošanas pakāpi;
- **Vakuuma siltumizolācija** pamatojas uz “bezgaisa” principu – nenotiek siltuma vadīšana ar konvekciju

Savukārt **pēc ķīmiskās izcelsmes** siltumizolācijas materiālus iedala divās grupās – organiskās un neorganiskās izcelsmes materiāli.

9.2.2. Siltumizolācijas materiālus raksturojošie lielumi

Siltumvadītspēja (λ – W/m K)

Siltumizolācijas materiāla galvenā funkcija ir samazināt siltuma plūsmu caur konstrukciju. Doto īpašību raksturo materiāla siltumvadītspējas koeficients λ W/(m·K). Lambda vērtība raksturo katra būvmateriāla spēju aizturēt siltumu, t.i., samazināt siltuma zudumus caur norobežojošām konstrukcijām. Jo zemāka ir materiāla lambda vērtība, jo labāka ir tā siltumizolējošā spēja. Plašāk pielietotie siltumizolācijas materiāli ir minerālvate (MW) (akmens vate un stikla vate), priekšputotais putu polistirols (EPS), poliuretāns (PUR). Šo materiālu siltumvadītspējas koeficients ir 0,032 – 0,045 W/(m K).

Tilpums ρ (kg/m³) –

Fizikāls lielums, ko nosaka materiāla masas attiecība pret visu tās aizņemto tilpumu, kurā ietvertas arī poras un tukšumi. Katru siltumizolācijas materiālu raksturo tā optimālā tilpums. Konvektīviem siltumizolācijas materiāliem jo mazāka tilpums, jo tas ir siltumtehnikiski efektīvāks. Taču katram materiālam ir sava kritiskā zemākā tilpummasa

robeža, zem kuras materiāla parametri sāk pasliktināties nevis uzlaboties. Piemēram, akmens vatei tas ir aptuveni zem 20 kg/m³, bet priekšputotajam putu polistirolam, zem 12 kg/m³.

Siltuma caurlaidības koeficients (U-vērtība W/m²K)

Konstrukcijas siltuma caurlaidības koeficienta (U) vērtību nosaka izolācijas materiāla biezums un siltumvadītspējas koeficienta lielums. Siltuma caurlaidības koeficients (U) norāda, kāds siltuma daudzums laika vienībā izplūst caur konstrukcijas vienu kvadrātmetru lielu laukumu, ja temperatūru starpība starp norobežojošās konstrukcijas abām pusēm ir viens grāds. Jo mazāka ir norobežojošās konstrukcijas U vērtība, jo mazāki siltuma zudumi ir caur konstrukciju.

Ūdens tvaika caurlaidība

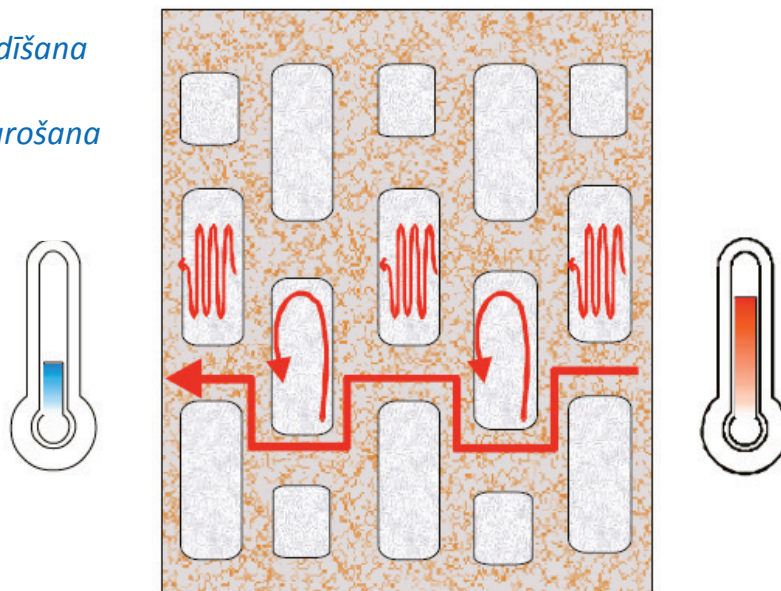
Siltumizolācijas materiāla ūdens tvaika caurlaidību raksturo ūdens tvaika pretestības faktors μ (mī), kas atspoguļo cik reizes dota materiāla tvaika caurlaidības koeficients ir mazāks par nekustīgā gaisa tvaika caurlaidības koeficientu. Siltumizolācijas materiāliem dotais rādītājs svārstās robežās no 1 līdz 100.

Lai nodrošinātu norobežojošās konstrukcijas pareizu funkcionēšanu, telpas gaisa ūdens tvaikiem ir netraucēti jāizkļūst no konstrukcijas uz ārpusi. Pareizi ierīkotā konstrukcijā materiāli ar lielāku μ faktoru ir jāizvieto telpas siltajā pusē. Nedrīkst ēku ārējās apdares slāņus (neventilējamās fasādēs) veidot no ūdens tvaikus necaurlaidīgiem materiāliem. Piemēram, ārsienas krāsot ar ūdensnecaurlaidīgām krāsām, ieklāt tvaikus necaurlaidīgus materiālus (ruberoīds, PE plēve).

Līdz šim vissplāšāko pielietojumu ir guvuši siltumizolācijas materiāli, kuru pamatdarbības princips balstās uz siltuma plūsmas samazināšanu galvenokārt konvektīvā veidā, t.i., materiālā atrodas nekustīga gaisa vai gāzveida vielas slānis.

Mūsdienas arvien lielāku pielietojumu gūst arī tādi siltumizolācijas materiāli kā “atstarojošā siltumizolācija” un “vakuumizolācija”.

*Siltuma vadīšana
Konvekcija
Siltuma starošana*

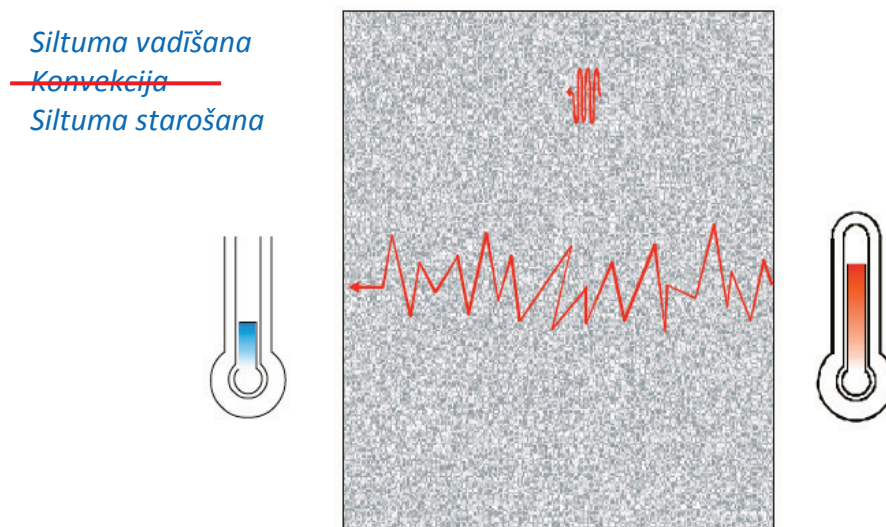


9.3. att. Konvektīvo siltumizolācijas materiālu siltuma pārnese process

Vakuuma siltumizolācija (VIP)

Vakuuma siltumizolācijas gadījumā, lai sasniegtu siltumizolācijas materiāla biezuma samazinājumu, pie nemainīgas siltuma aizsardzības, gaiss no izolācijas slāņa tiek nosūkts (evakuēts). Šis princips jau sen ir pazīstams un to pielieto termosos, bet pašreiz to sekmīgi pielieto arī siltumizolācijas materiālu ražošanā.

Izvēloties šāda tipa siltumizolācijas materiālus, ir jāievēro zināma piesardzība, jo bieži vien to ierīkošanai nepieciešams augsti kvalificēts darbspēks, lai nodrošinātu siltumizolācijas materiāla efektīvu ekspluatāciju. Pirms izmantot šos materiālus jānoskaidro to tehniskie parametri. To neievērošana var novest pie ierīkošanas un ekspluatācijas kļūdām, kuru novēršana var būt pat neiespējama.

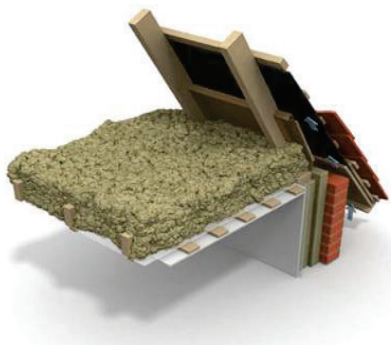


9.4. att. Vakuuma siltumizolācijas materiālu siltuma pārnese process

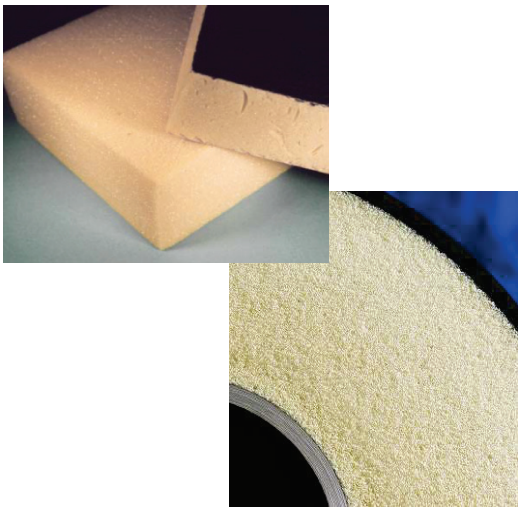
„Atstarojošā” siltumizolācija

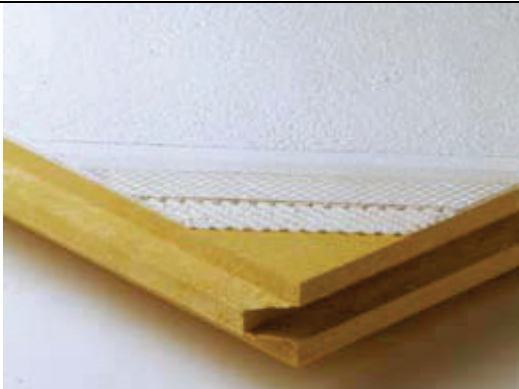
Doto materiālu siltumtehnikā atšķirība ir virsmas pārklājums ar augstu atstarošanas pakāpi (virs 90 %) un zemu emisivitāti (parasti 0,1 vai zemāk). Vislabāk šīm prasībām atbilst alumīnija folija. Atstarojošie siltuma izolācijas materiāli atstaro atpakaļ telpā siltumu, kas tiek pārnests starošanas veidā. Līdz ar to, izmantojot minētos materiālus, ir jānodrošina, lai gar materiāla virsmu ir gaisa šķirkārta.

9.1 tabula. Siltumizolācijas materiālu veidi un to parametri

Siltumizolācijas materiāls	Tehniskie dati	Produktu attēli
Minerālvate (akmens un stikla vate) <i>Neorganiskās izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Stikla vati izgatavo no kvarca smiltīm, kaļķakmens un stikla otrreizējas pārstrādes. Akmensvati ražo no bazalta akmens, kaļķakmens, dolomīta, vulkāniskiem iežiem. Materiālu iegūst izejvielu kausējot augstās temperatūrās un vēlāk to sajaucot ar gaisu. Materiāls ir elastīgs, UV staru noturīgs, izturīgs pret puvi un pelējumu.	Tilpummasa: 15 – 200 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,035 – 0,045 W/m K Ugundrošības klase: A2 – nedegošs (stikla vate) A1 – nedegošs (akmens vate). Izstrādājumu forma: Ruļļi, plāksnes, brīvi berams. Pielietojuma vietas: Ārsienu siltināšana ar apmetuma apdari / ventilējamas fasādes, jumtiem, grīdu siltināšanai.	 
Putu stikls <i>Neorganiskās izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Izgatavo no smalki samaltu stikla lausku un gāzradītājielās (samalta kaļķakmens) maisījuma. Karsēšanas procesā pie 900°C temperatūras stikla daļiņas sakūst un gāze, kas izdalās dotajā procesā stikla masu uzpūš. Tādā veidā atdziestot veidojas cieta un poraina struktūra.	Tilpummasa: 115 – 220 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,04 – 0,06 W/m K Ugundrošības klase: A1 – nedegošs. Izstrādājumu forma: Plāksnes, brīvi berams. Pielietojuma vietas: Pamatu, grīdu uz grunts siltināšana, jumtiem.	 

Perlīts <i>Neorganiskās izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Ļoti porains un graudains materiāls. Iegūst apdedzinot līdz 1200°C temperatūrā dabīgo perlītu. Galvenokārt ir baltā krāsā. Apdedzināšanas procesā no dabīgā perlīta izdalās saistītais ūdens un tā tilpums pieaug 5-12 reizes.	Tilpummasa: 90 – 490 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,045 – 0,070 W/m K Ugundrošības klase: A1 – nedegošs B2 – grūti degošs Izstrādājumu forma: Plāksnes, brīvi berams. Pielietojuma vietas: Jumtu, grīdu siltināšanai, kā piedeva apmetumiem.	 
Priekšputotais putu polistirols (EPS) <i>Organiskās izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Putu polistirols ir viegls, stingrs organisks materiāls, kuru izgatavo no polistirola granulām. Fizikāli – mehāniskās īpašības putu polistirola materiālam būtiski atkarīgas no tā tilpummasas. Palielinoties tilpummasai, pieaug stiprības parametru vērtības: stiprība spiedē, liecē, bīdē, kas nosaka arī materiāla pielietojumu. UV staru nenoturīgs.	Tilpummasa: 10 – 30 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,032 – 0,040 W/m K Ugundrošības klase: B1 – pašdziestošs Izstrādājumu forma: Plāksnes ar taisnu un piegrieztu malu. Pielietojuma vietas: Ārsienu siltināšana zem apmetuma apdares, jumtiem, grīdu, pamatu siltināšanai.	
Ekstrudētais putu polistirols (XPS) <i>Organiskās izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Ekstrudēto putu polistirolu iegūst zem augsta spiediena izkusušu polistīrēnu ar piedevām izspiežot cauri sprauslai, iegūstot gatavus	Tilpummasa: 25 – 45 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,030 – 0,040 W/m K	

izstrādājumus nepieciešamajās formās Kā galvenā šī siltumizolācijas materiāla priekšrocība ir zema mitruma uzsūce (zem 1%). UV staru nenoturīgs.	Ugundrošības klase: B1 – pašdziestošs Izstrādājumu forma: Plāksnes ar taisnu un pusspundes malu, virsmas pārklājumiem. Pielietojuma vietas: Pamatu, grīdu uz grunts siltināšana, jumtiem.	
Poliuretāns (PUR/PIR) <i>Organiskās izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Ražošanas process sastāv no polimēru kompozīcijas sagatavošanas, uzputošanas, bloku izgatavošanas un sagriešanas plātnēs vai nepieciešamo formu veidošanas. Pielietojuma diapazonu sašaurina eku ugunsdrošības normatīvi. Jāsarga no tiešu saules staru iedarbības. Laika gaitā samazinās PUR materiāla siltumefektivitāte, jo no materiāla izdalās gāzes.	Tilpummasa: 30 – 100 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,024 – 0,030 W/m K Ugundrošības klase: B1 un B2 – pašdziestošs Izstrādājumu forma: Plāksnes vai uzsmidzināms. Pielietojuma vietas: Ārsienų, pamatu un grīdu uz grunts siltināšana, jumtiem.	
Kokšķiedras siltumizolācija <i>Organiskās (dabīgās) izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
speciāli apstrādāts koks, lai iegūtu siltumizolācijas materiālu. Galvenie etapi – koksnes smalcināšana, izmērcēšana, formas veidošana, žāvēšana un plākšņu griešana pēc izmēriem	Tilpummasa: 30 – 270 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,040 – 0,090 W/m K Ugundrošības klase: B1 un B2 – pašdziestošs Izstrādājumu forma: Plāksnes vai brīvi berams. Pielietojuma vietas: Ārsienų, jumtu siltināšanai.	

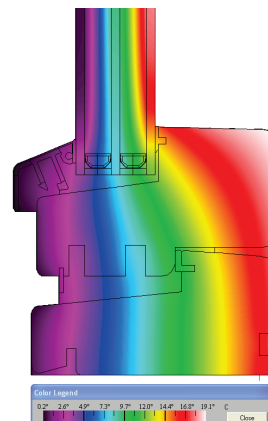
		
Celulozes šķiedras siltumizolācijas materiāli <i>Organiskās (dabīgās) izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Celulozes šķiedras materiālu (ekovates) galvenā izejviela ir papīra otrreizēja pārstrādes produkts. Ražošanas procesā ir divas galvenās stadijas: 1. stadija – notiek iepriekšēja makulatūras apstrāde, kuras rezultātā papīrs tiek sasmalcināts palielos gabalos, tālāk makulatūra tiek sasmalcināšana līdz šķiedrai. 2. stadijā tiek pievienoti antiseptiķi un antipirēni	Tilpums: 30 – 80 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,040 – 0,045 W/m K Ugundrošības klase: B1 un B2 – pašdziestošs Izstrādājumu forma: Plāksnes vai brīvi berams. Pielietojuma vietas: Ārsienā, jumtu konstrukciju tukšumu siltināšanai.	 
Kaņepju šķiedras siltumizolācijas materiāli <i>Organiskās (dabīgās) izcelsmes siltumizolācijas materiāls</i>		
Materiālu iegūst no speciāli kultivētām kaņepju šķirnēm, kas nesatur narkotiskās vietas. Materiālu veido: 82-85% - kaņepju šķiedra 10-15% - bi-komponenta šķiedras (poliesters) 3-5% - antipirēni.	Tilpums: 20 – 68 kg/m³ Siltumvadītspējas koeficients: 0,040 – 0,050 W/m K Ugundrošības klase: B2 – pašdziestošs Izstrādājumu forma: Plāksnes, ruļļi, brīvi berams. Pielietojuma vietas: Ārsienā, jumtu siltināšanai.	

9.3. Logi

Logi un citas ēku norobežojošās konstrukcijas ar stiklotiem laukumiem pēc savām īpašībām kardināli atšķiras no pārējām ēkas norobežojošām konstrukcijām. Tos var uzskatīt par termiskajiem tiltiem norobežojošā konstrukcijā. Taču ēkās logu nozīme ir daudz plašāka. Piemēram, logi nodrošina dienas gaismas iekļūšanu telpās, kalpo kā evakuācijas ceļš ārkārtējos gadījumos, nodrošina cilvēka psiholoģisko saikni ar ārējo vidi, laiž cauri saules starojumu, tādā veidā sedzot daļu no telpu apkurei nepieciešamā siltuma. Logi jāizvērtē ne tikai no siltumtehnikas aspekta!

Siltumfizikālie procesi, kas kopumā nosaka siltuma enerģijas zudumus caur logiem un durvīm ir:

- siltuma vadīšana caur materiāliem, tas ir, caur rāmjiem, stiklojumu un stikla paketēm;
- siltuma starojums caur loga caurspīdīgo daļu (parasti stikla paketei tas var būt pat līdz 2/3 no visiem siltuma zudumiem);
- siltā gaisa nekontrolētas noplūdes no telpām caur spraugām un atverēm.



Galvenās logus raksturojošās īpašības ir sekojošas:



Vēja slodžu izturība

Raksturo loga rāmja izlieci pie atbilstošas vēja slodzes.

Klase 0. – nepārbaudīts, klases no A1 līdz Cxxx – norāda atbilstošas vēja slodžu izturības vērtības).



Gaisa caurlaidība

Raksturo gaisa caurlaidības klases.

Klase 0. – nepārbaudīts, klases no 1. līdz 4. – norāda atbilstošas gaisa caurlaidības parametra vērtības.



Ūdens necaurlaidība

Raksturo ūdens necaurlaidības klases.

Klases no 1B līdz Exxx, norāda pie kādas spiediena starpības un novietojuma, lietus ūdens caur loga konstrukciju sāk nokļūt telpā.



Akustiskās īpašības (skaņas izolācija)

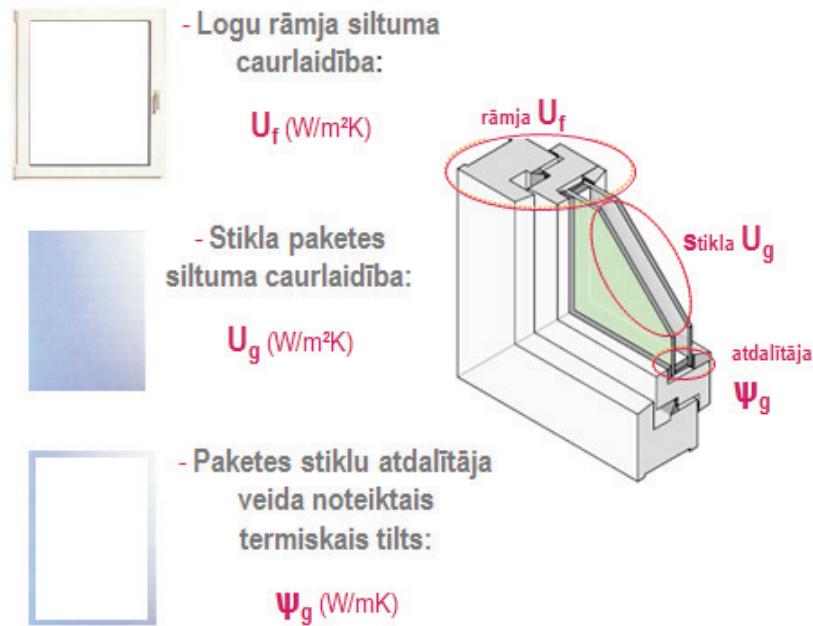
Šo parametru raksturo „dB” izteikta vērtība. Jo tā ir lielāka, jo loga konstrukcija nodrošinās labāku skaņas izolāciju.



Siltumcaurlaidības koeficients

Raksturo cik labi logs izolē telpas siltumu no āra aukstuma.

Kā arī tādi parametri piemēram, **vērtnes stingrība, ielaušanās izturība, vērsšanas spēki, triecienizturība, vērtnes vērpes izlieces noturība.**



10

9.5. att. Logu siltumtehnisko efektivitāti raksturojošie parametri
(Rehau)

Lai uzlabotu logu siltumtehniskos parametrus:

- Stiklu virsmu pārklāj ar speciālu siltumu atstarojošu pārklājumu (selektīvais pārklājums);
- Stikla paketes starptelpu aizpilda ar siltumtehniski efektīvu materiāliem (cēlgāzēm) – argons, kriptons, ksenons;
- Stiklus atdala ar siltumizolējošām starplikām;
- Palielina profilu termisko pretestību. PVC profiliem – kameru skaitu, koka logiem – izmanto siltumizolējošās uzlikas, palielina profila biezumu vai izmanto siltumizolācijas starplikas.
- Samazina termiskā tilta negatīvo ietekmi loga iebūves vietā.

Loga gaisa caurlaidība ir otrs būtiskākais parametrs pēc siltumcaurlaidības rādītāja no ēku energoefektivitātes paaugstināšanas aspekta. Jo augstāka ir klase, jo, respektīvi, mazāka ir uzsildītā vai kondicionētā telpu gaisa nekontrolētā noplūde. Ventilācijai nepieciešamā gaisa apmaiņa tiek stingri nodalīta no loga konstrukcijas blīvuma un tā tiek atsevišķi aprēķināta un saimnieciski optimāli organizēta. Tā var tikt organizēta pilnīgi neatkarīgi no loga konstrukcijām, vai tikpat labi arī pa speciālām vēdināšanas ierīcēm logu konstrukcijā.

9.2 tabula. Vertikālu logu siltuma caurlaidības koeficientu
Uw vērtības logiem ar 30% profilu īpatsvaru un parastajām starplikām

	U _g W/(m ² K)	Loga rāmja siltuma caurlaidības koeficients U _f , W/(m ² K)												
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Viens stikls	5,7	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
Divi vai trīs stikli	3,3	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4,5
	3,2	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	4,4
	3,1	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	4,3
	3,0	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	4,3
	2,9	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	4,2
	2,8	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	4,1
	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	3,6
	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,7	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	3,3
	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	3,2
	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	3,1
	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	3,1
	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	3,0
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,9
	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,9
	0,8	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,8
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,7
	0,6	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,7
	0,5	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,6

9.4. Ventilācija

Liela daļa no ēku enerģijas patēriņa tiek izmantota pieplūstošā gaisa sildīšanai. Pārvietojot siltumu no siltās izplūdes aukstā ieplūdē, var ietaupīt vēlā ņemamu enerģijas daudzumu.

Visbiežāk izmantotās siltuma rekuperācijas metodes ir:

- Recirkulācija,
- Rotējošie (rotortipa) siltummaiņi,
- Hidrauliski savienotās baterijas,
- Šķērsplūsmas (plākšņu tipa) siltummaiņi,
- Siltuma sūkņi.
-

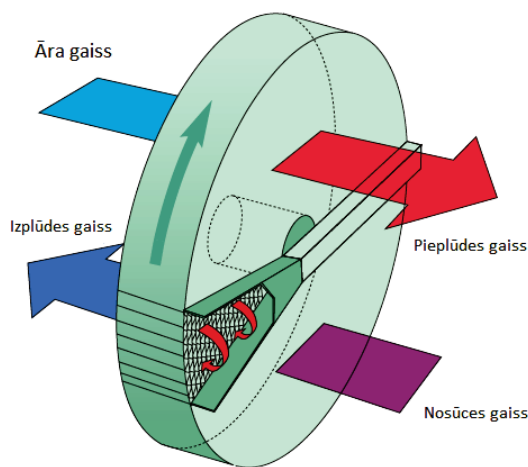
9.4.1. Rotortipa siltummaiņi

Rotējošie siltummaiņi siltumu pārvieto no izplūdes gaisa uz rotoru, kur tas tiek uzkrāts līdz nodošanai aukstajam āra gaisam.

Rotējoša siltummaiņa priekšrocības ir:

- Augsts temperatūras lietderības koeficients,
- Augsts mitruma lietderības koeficients,
- Neliela nepieciešamās telpas platība,
- Mērens spiediena kritums.

Rotējošam siltummainim ir gan higroskopisks, gan ne – higroskopisks rotors. Parasti rotorus izgatavo no alumīnija, bet lieto arī plastmasas rotorus.



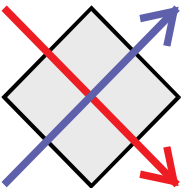
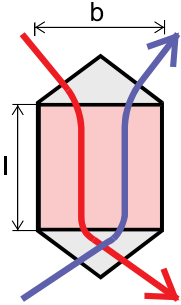
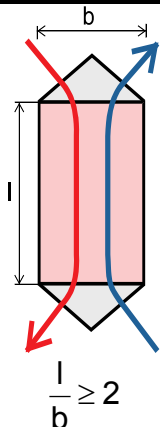
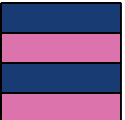
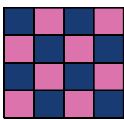
9.6. att. Rotojošā siltummaiņa siltuma pārnese gaita (Klingenburg GmbH)

9.4.2. Šķērsplūsmas siltummaiņi

Šķērsplūsmas siltummaiņos caur materiālu termisko vadītspēju tiek panākta siltuma pāreja caur virstām starp silto un auksto gaisu. Mitruma novade vai pievade tiešā veidā nav iespēja. Siltuma pārnese procesā var rasties kondensāts, ja izplūdes gaiss satur pārāk daudz mitruma.

Siltuma pāreja šķērsplūsmas siltummainī atkarīga no:

- Gaisa plūsmas un temperatūras attiecības ieplūdes un izplūdes gaisā,
- Gaisa pārvietošanas ātruma siltummainī,
- Izplūdes gaisa relatīvā mitruma.

Blokshēma				Šķērsplūsma Pretplūsma
	Šķērsplūsmas siltummainis	Šķērsplūsmas un pretplūsmas siltummainis	Pretplūsmas siltummainis	
Siltumapmaiņas virsmas laukums [m ²]	4 – 10	6 – 14	17 – 60	-
Kanālu izvietojuma risinājums				-
Siltuma rekuperācija [%]	50 – 70	70 – 80	85 – 99 (92)	-

9.7. att. Plākšņu tipa siltummaiņu efektivitātes salīdzinājums
(Paul Wärmerückgewinnung GmbH)

9.5. Ēkas gaiscaurlaidība

Viens no papilddarbiem, lai sasniegtu zemu siltumenerģijas patēriņu ēkās, ir **zemas gaiscaurlaidības nodrošināšana norobežojošās konstrukcijās. Jo energoefektīvāku ēku mēs vēlamies sasniegt, jo gaisa necaurlaidīgākai tai ir jābūt.**

Valstu normatīvajos aktos (Latvijā LBN) paralēli norobežojošo konstrukciju siltuma caurlaidības koeficientu normatīvajām vērtībām tiek normēta arī pieļaujamā ēkas gaiscaurlaidība. LBN 002-01 IV. nodaļā ir noteikts, ka „Maksimālā pieļaujamā gaiscaurlaidība, ja spiediena starpība ir 50 Pa, dzīvojamām mājām, pensionātiem, slimnīcām un bērnudārziem ir 3 m³/(m² × h), publiskajām ēkām, izņemot pensionātus un slimnīcas, - 4 m³/(m² × h), ražošanas ēkām - 6 m³/(m² × h).”

Savukārt Vācijā saskaņā ar DIN 4108-7 ir noteikts, ka:

- ēkās ar dabīgo vēdināšanu gaisa apmaiņas kārtā nevar pārsniegt $n_{50, \max.} = 3 \text{ h}^{-1}$
- ēkās ar mehānisko ventilācijas sistēmu gaisa apmaiņas kārtā nevar pārsniegt $n_{50, \max.} = 1,5 \text{ h}^{-1}$

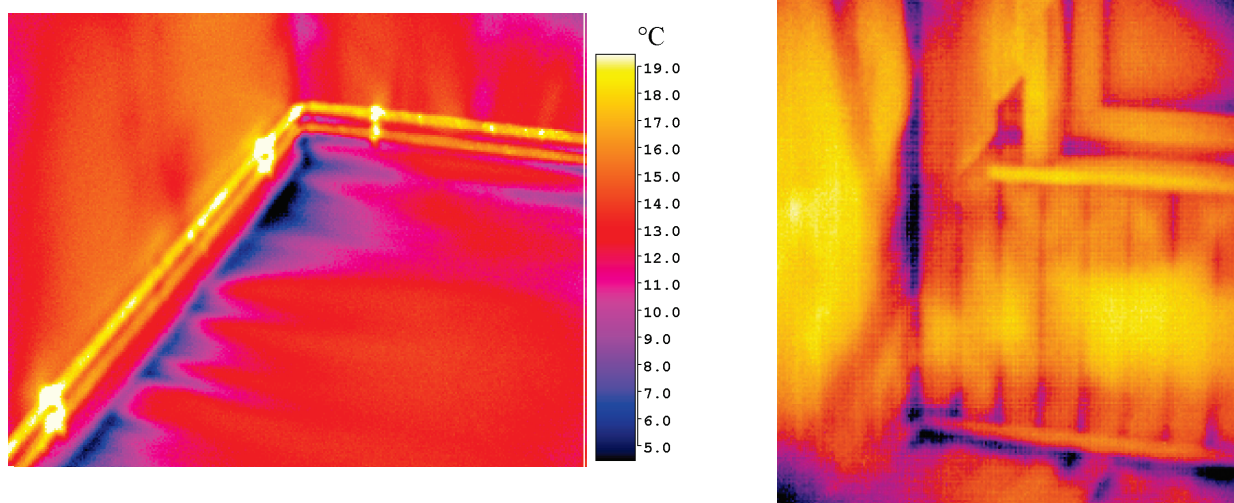
Pasīvās mājas standartiem atbilstošas mājas gaisa apmaiņas kārtā ir $n_{50, \max} = 0,6 \text{ h}^{-1}$

Ēkas gaiscaurlaidību ir iespējams novērtēt izmantojot speciālu aprīkojumu, ko parasti sauc par Blower Door. Dotā metodika ļauj izmērīt ēkas gaiscaurlaidību, kā arī identificēt konkrētas defektu vietas konstrukcijās. Blower Door iekārta sastāv no kalibrēta ventilatora

gaisa plūsmas mērījumiem un speciālām mērierīcēm spiediena starpības noteikšanai starp divām mērāmām vidēm.



9.8. att. Blower Door iekārta
(Blower Door GmbH)

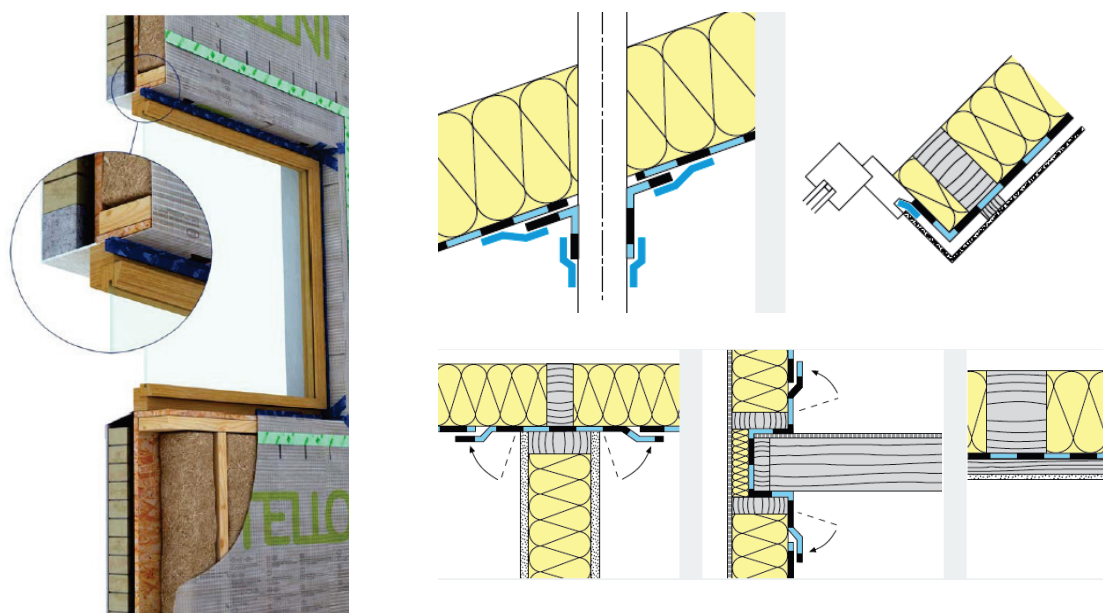


9.9. att. Ēkas neblīvumu vizualizācija izmantojot termogrāfisko metodi

Lai panāktu ēkas minimālu gaiscaurlaidību, ēkas būvniecības laikā jāizmanto speciāli blīvējošie materiāli. Doto materiālu klāsts šobrīd ir ļoti plašs un vienmēr ir iespējams piemeklēt visatbilstošāko materiālu. Galvenās blīvējošo materiālu grupas ir „blīvējošās lentas”, speciālas hermetizējošas mastikas un pārklājumi.



9.10. att. Blīvējošo materiālu klāsts
(Pro Clima)



9.11. att. Blīvējošo materiālu pielietojuma vietas
(Pro Clima, KNAUF)

10. Veikto darbu efektivitāte

Energoefektivitāte nozīmē enerģijas lietderīgu izmantošanu. Lai samazinātu enerģijas patēriņu ēkā, ir nepieciešams saprast, kādi siltuma zudumi ir jākompensē, kāpēc tie ir radušies un kādi energoefektivitātes pasākumi ir jāveic. Tā kā katra māja ir unikāla, tad arī energoefektivitātes pasākumi katrai ēkai būs atšķirīgi.

Atbilstoši Ēku energoefektivitātes likumam, **ēkas energoefektivitāte** ir relatīvs enerģijas daudzums, kas raksturo konkrētās ēkas apkurei, ventilācijai, dzesēšanai, apgaismojumam un karstā ūdens apgādei nepieciešamās enerģijas patēriņu. Ēkas energoefektivitāti izsaka kilovatstundās uz kvadrātmetru gadā (kWh/m^2 gadā).

Ja projekta mērķis ir energoefektīva un siltumtehnikiski pareizi uzprojektēta un uzbūvēta ēka, tad bez specializētajiem siltumtehnikiskajiem aprēķiniem to nav iespējams sasniegt. Neveicot detalizētu analīzi, pavisam ātri var pieļaut daudzas kļūdas un neievērtēt dažādus blakus faktorus, kas var negatīvi ietekmēt plānoto galarezultātu.

Līdz ar to, paredzot ēku siltināšanas darbus ir jāizstrādā arī papildu risinājumi, izmantojot atbilstošus materiālus, lai nodrošinātu ēkas atbilstību normatīvajiem gaiscaurlaidības rādītājiem un tādējādi samazinātu arī ēkas siltuma zudumus. Kā neiztrūkstošam doto darbu kvalitātes kontroles mehānismam ir jābūt arī ēkas gaiscaurlaidības mērījumam objektā.

Izmantotā literatūra

1. Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27.
2. LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" spēkā no 01.01.2003.
3. LBN 211-08 "Daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamie nami" spēkā ar 01.03.2009.
4. LBN 231-03 "Dzīvojamo un publisko ēku apkure un ventilācija" spēkā ar 01.01.2004.
5. "Būvfizika", Vulāns A, Jelgava 2006, 72 lpp;
6. Climate Neutral Passive House Estate in Hannover – Kronsberg: Construction and Measurement Results. Dr. Wolfgang Feist (PHI); Dipl.-Ing. Søren Peper (PHI); Dipl.-Phys. Oliver Kah, Dipl.-Ing. Matthias von Oesen (StWH). Hannover 2001/ English 2005, 141 pages.
7. Composite Thermal Insulation Systems. GUTEX Thermowall, 22 lpp;
8. Das Dämmstoff-Lexikon, 2011. 6 lpp;
9. „European national strategies to move towards very low energy buildings”, Danish Building Research Institute, Aalborg University, 2008.
10. European national strategies to move towards very low energy buildings. Kirsten Engelund Thomsen, SBI, Kim B. Wittchen, SBI, EuroACE, March 2008, Danish Building Research Institute, Aalborg University, 33 pages
11. Ēkas energoefektivitātes aprēķina metode. Ministru kabineta noteikumi Nr.39. Rīgā 2009.gada 13.janvārī (prot. Nr.3 17.§);
12. „Ēku norobežojošas konstrukcijas”, Štrausa S, Vulāns A, Rīga, 2004, 39 lpp;
13. Latvijas energoaudita rokasgrāmata. Latvijas Energoefektivitātes fonds, Dānijas Tehnoloģiskais institūts, Rambol, 2000. 285 lpp;
14. www.isofloc.de
15. www.isover.lv
16. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> - Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)
17. www.tenapors.com