

V

Valsts pētījumu
programma

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES TEHNOLOĢISKO RISINĀJUMU UZLABOŠANA

VPP-EM-EE-2018/1-0003

**PROJEKTA NOSLĒGUMA ZINĀTNISKAIS PĀRSKATS PAR
PROJEKTA 6. ZINĀTNISKO AKTIVITĀŠU KOPAS
“POZITĪVAS ENERĢIJAS BILANCES KVARTĀLS”
IZPĒTĒS REZULTĀTIEM**

Pētījumu finansē Latvijas Republikas Ekonomikas Ministrija, projekts “Ēku energoefektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana (I-BEET)”, VPP-EM-EE-2018/1-0003

Autoru kolektīvs

Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta (VASSI) pētnieki

Dr. sc. ing., prof. Andra Blumberga

Dr. sc. ing., asoc. prof. Agris Kamenders

Dr. sc. ing., doc. Gatis Žogla

Dr. sc. ing., pētn. Ruta Vanaga

M. sc. ing., pētn. Ritvars Freimanis

M. sc. ing., pētn. Edīte Biseniece

Dr. habil. sc. ing., prof. Ivars Veidenbergs

M. oec. pētn. Juris Antužs

M. sc. ing., Antra Kalnbaļķīte

Maģistra līmeņa studente Lauma Balode

Maģistra līmeņa students Artūrs Krastiņš

Maģistra līmeņa students Ivars Jankovskis

Maģistra līmeņa students Zigmārs Zundāns

Arhitektūras fakultāte

Dr. arch., prof. Sandra Treija

Dr. arch., doc. Edgars Bondars

Maģistra līmeņa students Klāvs Galenieks

Ipašs paldies par atbalstu pētījuma izstrādes laikā:

Nacionālās Kultūras mantojuma pārvaldei, īpaši Pieminekļu dokumentācijas centra un

Arhitektūras un mākslas daļas darbiniekiem

Piemēripētes kvartāla uzņēmējiem

ANOTĀCIJA

Atbilstoši 2019. gada 14. decembrī noslēgtajam līgumam Nr. 03000-3.1.2-e/163 “Ēku energoefektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana/Improvement of building energy efficiency technologies (I-BEET)” (projekta Nr. VPP-EM-EE-2018/1-0003) Rīgas Tehniskās universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta pētnieku grupa projekta vadītājas prof. A. Blumbergas vadībā attīstījusi priekšlikumus ēku energoefektivitātes uzlabošanai dažādām ēku grupām – pirmskara, padomju laika, tūkstošgades (1992–2014) ēkās, jaunbūvēs – gandrīz nulles enerģijas patēriņa ēkās, kā arī aplūkojot ēku kvartālu kā autonomu enerģijas vienību, tādējādi kompleksi apskatot gan katrai ēku grupai atsevišķi problemātiskākos jautājumus, gan ēku fondu kopumā.

Projektā ir 7 aktivitāšu kopas (*work package* (turpmāk – WP)), no kurām piecās tika veiktas zinātniskās aktivitātes. Projekta noslēguma zinātniskais pārskats par projekta 6. zinātnisko aktivitāšu kopas “Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls” izpētes rezultātiem ietver piecas atskaites, kas atspoguļo izpētes metodiku, literatūras apskatu, modelēšanas procesu, iegūtos rezultātus kā arī rekomendācijas politikas veidotājiem.

SATURA RĀDĪTĀJS

ANOTĀCIJA.....	4
SATURA RĀDĪTĀJS	5
Dokumenta mērķis un struktūra.....	7
Ierobežojumi un pieņēmumi	7
Informācijas avoti.....	7
Lietotie saīsinājumi	9
Ievads	10
Projekta konteksts	10
Projekta uzbūve. WP1-WP7	11
1. WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Metodika	13
1.1. WP6 pētījuma kopējā metodoloģija pārejai no tradicionāla kvartāla uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu	13
1.2. Konceptijas izstrādes metodoloģija pārejai no tradicionāla kvartāla vēsturiskajā centrā uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu	18
2. Atskaite par ēku energoefektivitātes pasākumiem	21
2.1. Vispārīgā informācija	23
2.2. Aktuālie jautājumi ēku energoefektivitātes paaugstināšanai ārpus normatīvo aktu regulējuma 25	
2.3. Kvartāla ēku kultūrvēsturiskā vērtība un ierobežojumi	36
2.4. Kopsavilkums	36
3. Atskaite par inženiertehnisko sistēmu un enerģijas aprites cikla energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumiem Atskaite par inženiertehnisko sistēmu un enerģijas aprites cikla energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumiem.....	37
4. Atskaite par atjaunojamo energoresursu un enerģijas uzglabāšanas potenciālu kvartāla ietvaros	42
4.1. Atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas pilsētu kvartālos.....	42
4.2. Siltumsūkņi	51
4.3. Atlikumsiltuma izmantošana	54
4.4. Enerģijas uzkrāšana	57
4.5. Elektroenerģijas uzkrāšana	57
4.6. Siltumenerģijas uzkrāšana	61
5. Pārskats par pieprasījuma un piedāvājuma enerģijas plūsmas modeli, kas izstrādāts izmantojot Stella © Architect	65
5.1. Enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma plūsmu modeļa vispārējā struktūra, kas atspoguļo situāciju piemērispētes kvartāla enerģijas apritē	65
5.2. Sistēmdinamikas modelis. Siltumapgāde	68
5.2.3. Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana	74
5.2.4. Nepārtrauktais atlikumsiltums	74

5.3. Neregulārais atlikumsiltums.....	77
5.4. Elektroenerģija.....	79
6. Izstrādātie energoefektivitātes + AER scenāriji. Modelēšanas rezultāti	82
6.1. Izstrādātie scenāriji enerģijas patēriņa samazināšanai piemērizpētes kvartālā.....	82
6.2. Rezultāti	87
6.3. CO2 samazinājums scenārijos	108
6.4. Izmaksu, ieguvumu analīze	111
6.5. Kvartāla reģenerācija - iespēja paaugstināt arhitektūras un pilsēt būvniecisko kvalitāti.....	113
7. Atskaite par politikas rekomendācijām gandrīz nulles enerģijas patēriņa ēku būvniecības attīstībai, balstoties uz RIGA PEB atziņām	115
7.1. Pozitīvās enerģijas bilances kvartālu projekti Eiropā.....	118
7.2. Pozitīvās enerģijas bilances rajonu projekti Eiropā	121
PIELIKUMI	143

Dokumenta mērķis un struktūra

Projekta noslēguma zinātniskais pārskats par projekta 6. zinātnisko aktivitāšu kopas "Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls" izpētes rezultātiem ir daļa no līguma Nr. 03000-3.1.2-e/163 "Ēku energoefektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana/Improvement of building energy efficiency technologies (I-BEET)" (projekta Nr. VPP-EM-EE-2018/1-0003) projekta noslēguma zinātniskā pārskata daļām. Ziņojums izstrādāts, lai atspoguļotu darbu izpildes rezultātus WP6 zinātnisko aktivitāšu kopā.

Ziņojums ietver šādas daļas:

1. Ievaddaļu, kas satur:
 - a. esošās situācijas raksturojumu par ekonomikas dekarbonizācijas mērķiem un ēku un pilsētu nozīmi mērķu sasniegšanā;
 - b. informāciju par projekta kopējo struktūru un idejisko ietvaru;
2. WP6 pētījumā izmantoto metodoloģiju aprakstu;
3. WP6 atskaites:
 - 1) Atskaite par ēku EE paaugstināšanas risinājumiem (norobežojošajās konstrukcijās);
 - 2) Atskaite par inženiertehnisko sistēmu un enerģijas aprites cikla energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumiem;
 - 3) Atskaite par atjaunojamo energoresursu un enerģijas uzglabāšanas potenciālu kvartāla ietvaros;
 - 4) Atskaite par enerģijas aprites sistēmas modeli;
 - 5) Atskaite par politikas rekomendācijām gandrīz nulles enerģijas patēriņa ēku būvniecības attīstībai, balstoties uz RIGA PEB atziņām.

Ierobežojumi un pieņēmumi

Pētījumā izstrādātie risinājumi tradicionāla kvartāla pārejai uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu nav tiešā veidā salīdzināmi ar risinājumiem, kādus izstrādā projektēšanas līmenī. Izstrādājot projektu jāveic detalizēta situācijas izpēte, jāizstrādā risinājumi, kas atbilstoši katrai ēkai atsevišķi. Pētniecības stadijā modelēšanā veikti vispārinājumi un pieņēmumi, kas atspoguļoti šajā atskaitē. Rezultāti atspoguļo rezultātus, kas iegūti definētajos robežapstākļos. Modeļa detalizācijas līmenis pieļauj izmaiņu veikšanu gan sākotnējā modeļa uzbūvē atbilstoši izpētes nosacījumiem, gan scenāriju izstrādē, ņemot vērā kādus konkrētus risinājumus, kā arī izmaiņas tarīfos.

Informācijas avoti

Ziņojums izstrādāts, izmantojot turpmāk uzskaitītos avotus.

Normatīvie akti

Latvijas Republikas likumi

1. Energoefektivitātes likums.
2. Ēku energoefektivitātes likums.

Ministru kabineta noteikumi

3. Ministru kabineta noteikumi Nr. 280 Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 "

VPP-EM-EE-2018/1-0003



Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika".

4. Ministru kabineta noteikumi Nr. 383 "Noteikumi par ēku energosertifikāciju".

Plānošanas dokumenti

5. Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam.
6. Nacionālais attīstības plāns 2021.–2027. gadam (projekts).
7. Nacionālais attīstības plāns 2014.–2020. gadam.
Direktīvas, kas nosaka visām dalībvalstīm sasniedzamos mērķus
8. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2012/27/ES (2012. gada 25. oktobris) par energoefektivitāti.
9. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2010/31/ES (2010. gada 19. maijs) par ēku energoefektivitāti.
10. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2018/844 (2018. gada 30. maijs), ar ko groza Direktīvu 2010/31/ES par ēku energoefektivitāti un Direktīvu 2012/27/ES par energoefektivitāti.
11. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2018/2001 (2018. gada 11. decembris) par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu.

Vadlīnijas un citi metodiskie dokumenti

12. The Strategic Energy Technology Plan – at the heart of energy research and innovation in Europe.

Pētījumi

13. Houseful. European Union's Horizon 2020 research and Innovation programme under grant agreement N°776708.

Datu avoti

14. Centrālā statistikas pārvalde.
15. Valsts Zemes dienests

Lietotie saīsinājumi

AER	Atjaunojamie energoresursi
AVK	Apkure, vēdināšana kondicionēšana
ES	Eiropas Savienība
FPM	Fāžu pārejas materiāls
IEA	Starptautiskā enerģētikas aģentūra (<i>International Energy Agency</i>)
MK	Ministru kabinets
nZEB	Gandrīz nulles enerģijas ēka (<i>Nearly Zero Energy Building</i>)
SEG	Siltumnīcefekta gāzes
SES	Viedās enerģijas sistēmas (<i>Smart Energy Systems</i>)
WP	Zinātnisko aktivitāšu kopa (<i>Work Package</i>)

IEVADS

Projekta konteksts

Lai mazinātu klimata pārmaiņas, kuras, kā secināts pētījumos, ar lielu ticamību izraisa antropogēna ietekme, ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Parīzes nolīgumā ir izvirzīts mērķis samazināt antropogēnas izcelsmes siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju apjomu un ierobežot globālās temperatūras pieaugumu līdz 1,5 °C [1]–[8].

ES ir stingri apņēmusies sasniegt starptautiskos klimata pārmaiņu mazināšanas mērķus un klimata politikas pakotnēs pastāvīgi izvirza jaunus mērķus SEG emisiju samazināšanai. Pēdējās dekādes laikā ES turpina pastiprināt 2012. gada mērķus 20–20–20 [9], [10]. Klimata un enerģētikas politikas satvars laikposmam no 2020. gada līdz 2030. gadam (2018. gads) paredz siltumnīcefekta gāzu emisiju samazinājumu vismaz par 40 % salīdzinājumā ar 1990. gada līmeni (32,5 % energoefektivitātes uzlabojums un 32 % AER daļa no kopējās ES patērētās enerģijas). Savukārt stratēģiskais ilgtermiņa plāns 2050. gadam paredz ES pāreju uz klimatneitrālu ekonomiku, panākot siltumnīcefekta gāzu neto nulles emisijas [11]. Arī Latvijas Nacionālajā attīstības plānā 2014.–2020. gadam energoefektivitāte ir definēta kā viens no prioritārajiem virzieniem. Savukārt Latvijas ilgtermiņa attīstības stratēģija līdz 2030. gadam (Latvija 2030) un izstrādātajā Latvijas Nacionālā attīstības plāna 2021.–2027. gadam projekta priekšlikumā energoefektivitātes paaugstināšana un viedā energoapgāde ir caurvijošie rīcības virzieni [12]–[14].

Ar ēku būvniecību un ekspluatāciju saistītais enerģijas patēriņš veido 36 % no kopējās ES galaenerģijas [15]. Jaunai būvniecībai ir noteiktas stingras energoefektivitātes prasības – visām jaunajām ēkām, sākot ar 2021. gada 1. janvāri gan ES, gan Latvijā jābūt gandrīz nulles enerģijas ēkām (nZEB). Savukārt jaunākā ES Direktīva 2018/844/ES (ar ko groza spēkā esošo Direktīvu 2010/31/ES par ēku energoefektivitāti un Direktīvu 2012/27/ES par energoefektivitāti) uzsver nepieciešamību sasniegt gandrīz nulles enerģijas patēriņa līmeņatzīmi, veicot ēku atjaunošanu vai pārbūvi, lai samazinātu esošā ēku fonda oglekļa ietilpību. Lai sasniegtu 2050. gada mērķus, ēku fondam būs jārada par 80–90 % mazāk izmešu nekā 2010. gadā un atjaunojamo energoresursu īpatsvars energoapgādē jāpalielina par 70–85 % [16].

Savukārt pilsētās, kas aizņem tikai 0,5 % no pasaules kopējās zemes platības [17], ar enerģiju saistītās CO₂ emisijas veido apmēram 70 % no kopējā CO₂ izmešu apjoma gadā [18]–[20], [21], [22]. Tādējādi būvniecības nozare un pilsētu teritorijas ir nozīmīgi energoefektivitātes politikas mērķi [23]–[26]. Tāpēc ir lietderīgi energoefektivitātes pasākumus vērst uz pilsētu energosistēmām kopumā. Viedās pilsētas un kopienas ir Eiropas Stratēģiskā enerģijas tehnoloģiju plāna (SET plāna) pamatā. Tas rosina izstrādāt tehnoloģijas, kas ļautu samazināt SEG emisijas, dekarbonizējot pilsētu enerģijas sistēmas un ieviešot pozitīvas enerģijas bilances kvartālus un apkaimes [27], [28].

Nemot vērā esošā dzīvojamā fonda un pilsētu enerģijas sistēmu potenciālu dekarbonizācijas mērķu sasniegšanai, projekta “Ēku energoefektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana/Improvement of building energy efficiency technologies (I-BEET)” pētnieciskās aktivitātes vērstas uz akūtu problēmu risināšanu esošā dzīvojamā fonda energoefektivitātes paaugstināšanā un uz pilsētu dekarbonizācijas stratēģijām.

Projekta uzbūve. WP1-WP7

Projektu veido 7 aktivitāšu kopas, no kurām piecās tiek veiktas zinātniskās aktivitātes (WP1 Projekta vadība, WP7 Informācijas izplatīšana).

Energoefektivitātes plānošanas dokumenti aicina mērķēt energoefektivitātes uzlabošanas pasākumus uz visām esošā ēku fonda grupām – sākot ar vēsturiskajām ēkām un beidzot ar jaunbūvēm. Tāpēc WP2–WP5 apskata akūtākos ēku energoefektivitātes paaugstināšanas problēmjaudājumus atkarībā no ēku būvniecības gada, bet WP6 zinātnisko aktivitāšu kopā tiek integrētas WP2–WP5 gūtās atziņas, apskatot kvartālu vēsturiskajā centrā kā autonomu enerģijas vienību un izvirzot hipotēzi, ka ir iespējams no tradicionāla kvartāla pilsētas vēsturiskajā centrā izveidot pozitīvas enerģijas bilances kvartālu, optimizējot enerģijas pieprasījuma un piegādes plūsmas.

Katram ēku būvniecības periodam (projektā – pirmskara, padomju, tūkstošgades un mūsdienu būvniecības periods) ir specifiskas ēku energoefektivitātes paaugstināšanas problēmas.

WP2. Droša ārsienu siltināšana no iekšpuses vēsturiskajās ēkās. Tā, piemēram, pirmskara ēkām, kas bieži ir izvietotas pilsētu vēsturiskajos centros un saskaras ar ierobežojumiem ēku energoefektivitātes paaugstināšanai (piemēram, sienu siltināšanai no ārpuses), būtiski ir izstrādāt tehnoloģiju drošai siltināšanai no iekšpuses, kas līdz minimumam samazinātu risku radīt bojājumus ēkas konstrukcijām.

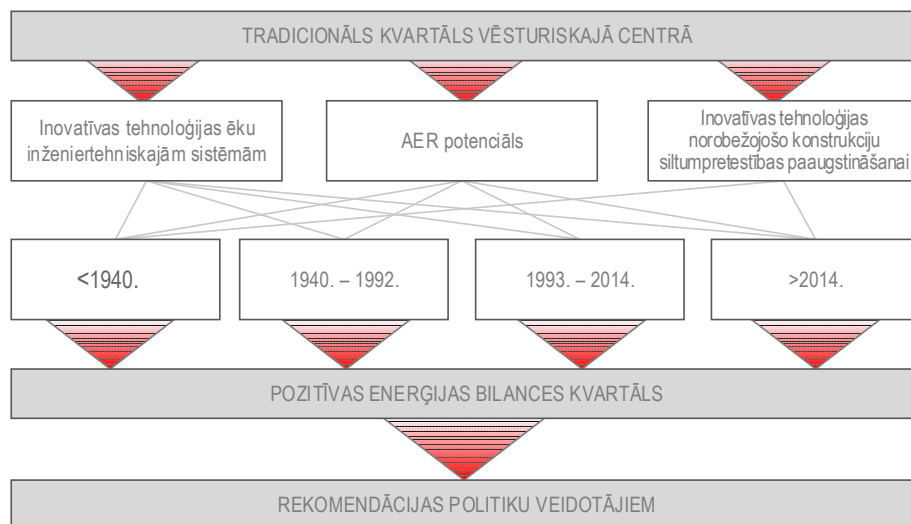
WP3. CO₂ samazināšanas iekārta renovētām padomju laiku un vēsturiskajām ēkām. Padomju laikā celto ēku pārbūvēs ir aprobētas dažādas ēku energoefektivitātes paaugstināšanas tehnoloģijas, tomēr ierasta problēma ir energoefektivitātes un iekštelpu gaisa kvalitātes dilemma – kur lietotājs ierobežotos finansiālos apstākļos ir spiests izvēlēties starp 1) labu gaisa kvalitāti, samaksājot ventilācijas sistēmu patērētās enerģijas rēķinu, un 2) zemu gaisa kvalitāti, bet bez rēķina par enerģiju. Bieži finanšu līdzekļu taupīšanas nolūkos padomju laikā būvēto ēku pārbūves un atjaunošanas projektos svaigā gaisa pieplūdes jautājumi netiek apskatīti [29], [30]. Lai risinātu šo problēmu, WP3 paredz izstrādāt decentralizētu CO₂ absorbcijas iekārtu, kas uztvers cilvēku izelpas radīto CO₂, tā uzlabojot iekštelpu gaisa kvalitāti telpā ar minimālu papildu enerģijas pievadi vai pat bez tās.

WP4. Politikas rekomendācijas tūkstošgades ēkām. Par tūkstošgades ēkām šī projekta ietvaros tiek uzskatītas ēkas, kas būvētas no brīža, kad stājās spēkā atjaunotās Latvijas Republikas būvnormatīvi (no 1992. gada līdz 2014. gadam, kad stājās spēkā aktuālā LBN 002–15 [31] versija un MK noteikumi Nr. 383 “Noteikumi par ēku energosertifikāciju” [32], kas nosaka aktuālās energoefektivitātes prasības ēkām). Kopš 2014. gada ēku energosertifikāti un pagaidu energosertifikāti tiek reģistrēti Būvniecības informācijas sistēmā (BIS), kas atspoguļo ēku energoefektivitātes līmeni. Obligāta ēku energosertifikācija ir jāveic valsts un pašvaldību ēkām, kuru platība pārsniedz 250 m², kā arī ēku jaunbūvēm un pārbūvēm. Tādēļ tūkstošgades ēku energoefektivitātes novērtējums netika veikts projektēšanas stadijā un nav veicams obligātā kārtā, ja vien ēkas netiek atjaunotas vai pārbūvētas. Attiecīgi informācija par šī perioda ēku energoefektivitātes līmeni ir ierobežota. Vecākās tūkstošgades ēkas, kas būvētas deviņdesmito gadu pirmajā pusē, tuvojas ēku dzīves cikla pirmās pārbūves posmam 30 gadu vecumā. Tādēļ būtiski ir saprast, kāds ir šo ēku energoefektivitātes potenciāls. Tūkstošgades ēku izlasei tika veikti vienkāršoti

energoauditi un mērīta siltuma plūsma ēkas ārējās sienās, mērīta iekštelpu gaisa kvalitāte ar temperatūras, mitruma un CO₂ sensoru.

WP5. Klimata adaptīvas norobežojošās konstrukcijas gandrīz nulles enerģijas ēkām. Latvijā ir noteikts, ka kopš 2019. gada 1. janvāra ēkām (jaunbūves), kuras ir valsts īpašumā un valsts institūciju valdījumā un kurās atrodas valsts institūcijas, jāsasniedz gandrīz nulles enerģijas ēkas energoefektivitātes līmenis (energoefektivitātes novērtējums apkurei), bet, sākot ar 2021. gada 1. janvāri, šīs prasības attieksies uz visām jaunbūvēm [32]. Tomēr ir pievienota atruna, kas saskan ar direktīvā 2010/31/ES noteikto, – ēku energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumiem jābūt ekonomiski pamatotiem. Ja energoefektivitātes pasākumu izmaksas ēkas kalpošanas ciklā ir lielākas nekā ieguvumi, minimālo pieļaujamo energoefektivitātes līmeni nepiemēro [33]. Katra ES dalībvalsts ir noteikusi tās klimatiskajiem apstākļiem atbilstošu minimālo energoefektivitātes prasību līmeņatzīmi. Tomēr ziemeļu klimatā, īpaši ēkās ar lielu norobežojošo virsmu platības attiecību pret apkurināmo tilpumu, ir apgrūtināts sasniegt gandrīz nulles enerģijas ēkas energoefektivitātes līmeni ēkas dzīves ciklā. Tādēļ ir nepieciešami inovatīvi risinājumi ēku norobežojošajām konstrukcijām, ko risina WP5.

WP6. Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. WP2–WP5 koncentrējas uz aktuāliem ēku energoefektivitātes un lietotāja komforta jautājumiem, balstoties uz ēkas būvniecības periodu un piedāvājot katrai ēku grupai uzlabotas energoefektivitātes paaugstināšanas tehnoloģijas. Savukārt zinātnisko aktivitāšu kopā WP6 tika iekļauti WP2–WP6 veiktās zinātniskās izpētes rezultāti, lai izstrādātu koncepciju, kā, paaugstinot ēku energoefektivitāti, izmantojot viedās enerģijas sistēmas un atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas, iespējama pāreja no tradicionāla kvartāla uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu. Piemēripētei tika izvēlēts kvartāls Rīgas vēsturiskajā centrā, kur energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumiem ir vislielākie ierobežojumi (1.1. attēls).



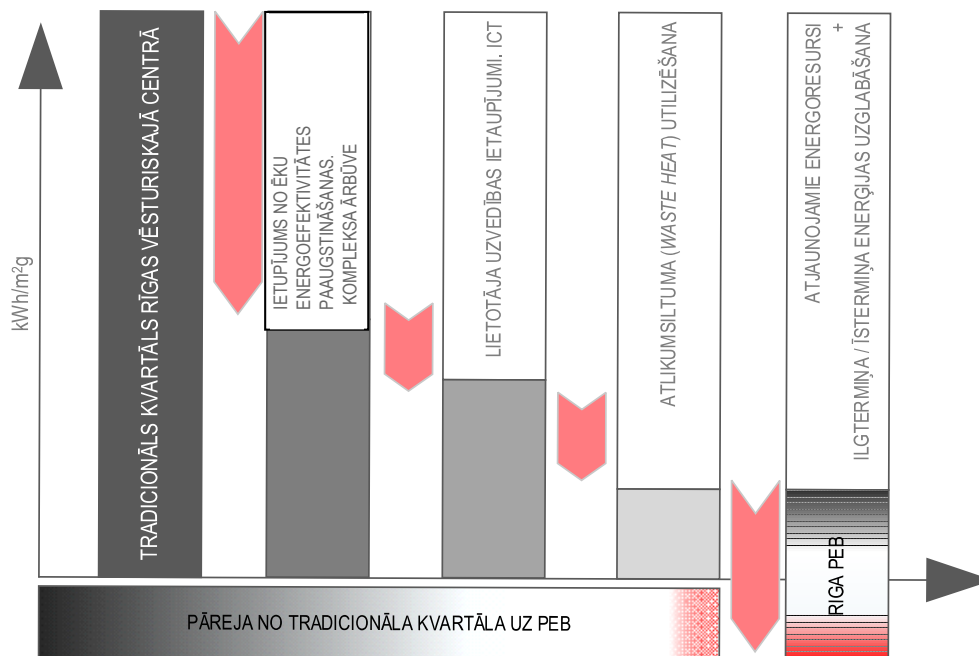
1.1. att. Projekta zinātnisko aktivitāšu kopu savstarpējā mijiedarbība

1. WP6: POZITĪVAS ENERĢIJAS BILANCES KVARTĀLS. METODIKA

Lai pētītu tradicionāla kvartāla pilsētas vēsturiskajā centrā pāreju uz kvartālu, kurā enerģiju gada laikā saražo vairāk, nekā patērē, izstrādāta gan kopējā zinātniskās aktivitāšu kopas metodika, ietverot secīgus piemēripētes posmus, sākot ar kvartāla izvēli un noslēdzot ar rezultātu analīzi un secinājumiem, gan arī atsevišķa metodikas daļa pozitīva enerģijas bilances kvartāla koncepcijas izstrādei, koncentrējoties uz specifiskiem risinājumiem piemēripētei izvēlētajā kvartāla ietvaros.

1.1. WP6 pētījuma kopējā metodoloģija pārejai no tradicionāla kvartāla uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu

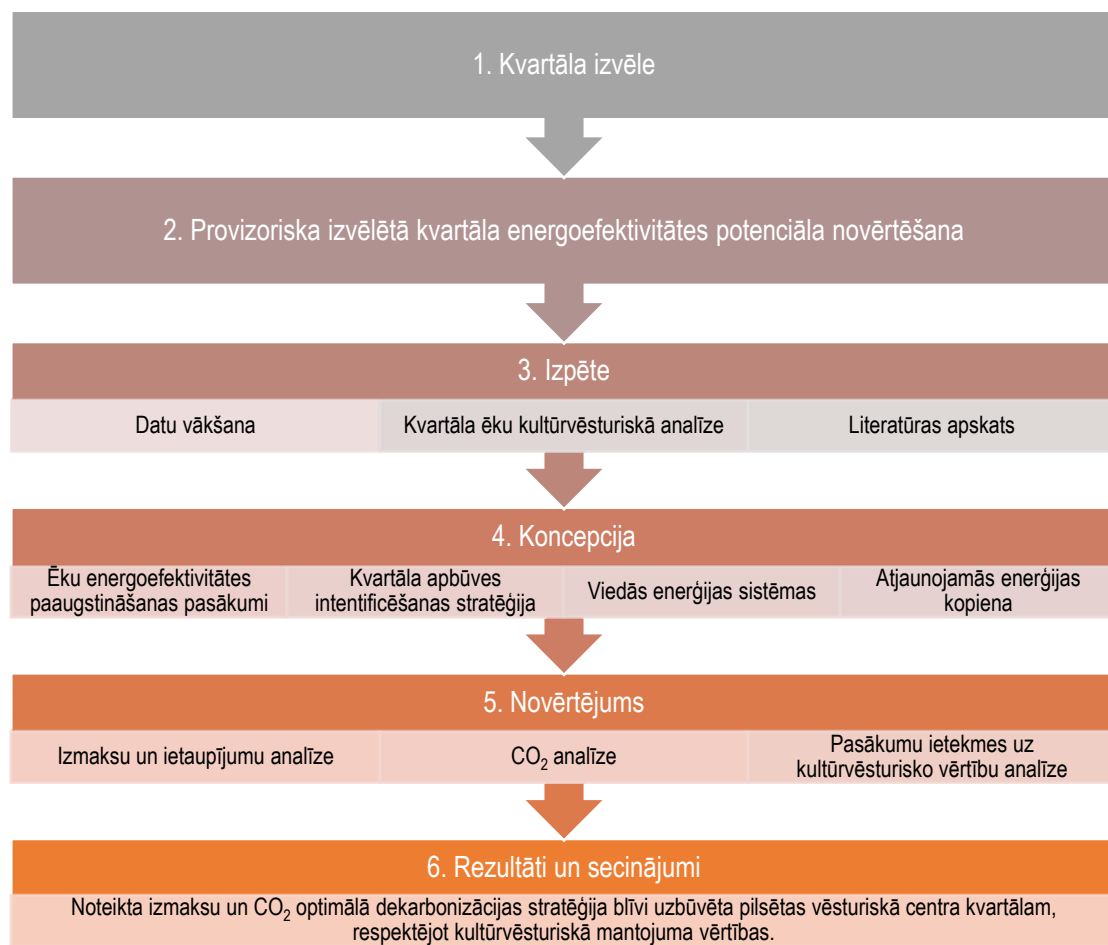
WP6 pamatā ir hipotēze, ka iespējams no tradicionāla kvartāla vēsturiskajā centrā izveidot pozitīvas enerģijas bilances kvartālu, optimizējot enerģijas pieprasījuma un piegādes plūsmas. Potenciālie enerģijas ietaupījuma sektori ir tradicionālie energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi ēku norobežojošajās konstrukcijās un inženiertehniskajās sistēmās, uz lietotāja uzvedības maiņu vērsti pasākumi, atlikumsiltuma utilizēšana un atjaunojamo energoresursu izmantošana (1.Error! Reference source not found.. attēls.). Analizējot dažādus scenārijus, tiek apskatīts CO₂ un ekonomiskais aspekts.



1.2. att. Potenciālie enerģijas ietaupījuma segmenti pārejai no tradicionāla kvartāla uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu.

Lai izpētītu iespējamo pāreju no tradicionālā pilsētas vēsturiskā kvartāla uz PEB, izveidota pētījuma 6. zinātnisko aktivitāšu kopas kopējā metodoloģija (sk. 1.1.3. attēlu). Izstrādāto metodoloģiju var izmantota gan lokāli – citās Latvijas pilsētās, gan arī citviet pasaulē. To var izmantot gan pārejai uz pozitīvas enerģijas kvartālu, gan izvirzot citus energoefektivitātes mērķus, CO₂ samazinājuma vai kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanas mērķus.

Vēsturiskas būvētas struktūras ietver dažādus valstiski un globāli nozīmīgus kultūras vērtību slāņus un dimensijas. Tāpēc vēsturiska pilsētas kvartāla pārveide par pozitīvas enerģijas bilances kvartālu būs tikpat daudzslāņaina kā pati pilsētas struktūra. Šīs ekstensīvās izpētes metodika tiek organizēta sešos secīgos posmos.



1.3. att. Pētījuma metodoloģija

Lai apstiprinātu vai apstrīdētu izvirzīto hipotēzi, izstrādātā pētījuma metodoloģija ietver 6 soļus: 1) kvartāla izvēle piemēripētei; 2) provizorisks energoefektivitātes potenciāla novērtējums (gan enerģijas pieprasījuma samazināšanai, gan vietējās enerģijas ražošanas un piegādes ieviešanai), lai sasniegtu PEB līmeni; 3) kvartāla izpēte; 4) konceptuālo stratēģiju izstrāde; 5) piedāvāto stratēģiju novērtēšana; 6) secinājumi – vislabāko alternatīvu izvēle. Izstrādātā metodoloģija lietojama kvartālu analīzei pilsētas vēsturiskajā centrā un ir izmantojama dažādu mērogu kvartāliem dažādās klimatiskajās joslās. Turpmāk tekstā detalizētāks metodoloģijas apraksts.

1.1.1 Kwartāla izvēle piemērizpētei

Ja pētījuma piemērizpētei nav noteikts kvartāls, jāveic pilsētas kvartāla atlase. Atkarībā no pētījuma mērķa ir jāizvēlas kvartāla atlases metode. Projektā veiktā pētījuma ietvaros tika izmantota dubultā daudzkritēriju analīze, pilsētas vēsturiskā centra kvartālus novērtējot no enerģijas un kultūras mantojuma viedokļa.

1.1.2 Provizorisks izvēlēta kvartāla energoefektivitātes potenciāla novērtējums PEB līmeņa kontekstā

Kad pētījuma piemērizpētei ir izvēlēts kvartāls, ir provizoriski jānovērtē kvartāla energoefektivitātes potenciāls, lai noteiktu, vai tā energoefektivitātes potenciāls ir tik augsts, lai turpinātu attīstīt koncepciju pārejai uz PEB. Ja tā nav, jāizvēlas jauns kvartāls, pievienojot atlasei kritērijus (vienu vai vairākus), kas detalizētāk izvērtē energoefektivitātes paaugstināšanas potenciālu. Ja provizoriskais novērtējums liecina, ka iespējams sasniegt zemu enerģijas patēriņa līmeni (nZEB līmeņatzīme), var veikt nākamās darbības.

1.1.3 Izpēte

Dekarbonizācijas stratēģija pilsētas vēsturiskā centra kvartālam tika izstrādāta, ņemot vērā divu pušu – energoefektivitāte un kultūras mantojums – prasības. Tādēļ kvartāla izpēte jāveic divpusēji – ir jāveic enerģijas aprites izpēte un jānovērtē kvartāla apbūve no kultūrvēsturiskā mantojuma viedokļa, nosakot, kādi ierobežojumi energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumiem atbilstoši spēkā esošajiem normatīvajiem aktiem ir katrai kvartālā esošajai ēkai.

Datu vākšana. Lai novērtētu enerģijas aprites procesus kvartāla ēkās, nepieciešami:

- 1) vēsturiskie elektroenerģijas, siltumenerģijas un dabasgāzes patēriņa dati;
- 2) mērījumi uz vietas, lai noteiktu enerģijas patēriņa ikdienas un sezonālos slodžu grafikus, katras ēkas un/vai katras ēkas funkcijas slodzes profilus;
- 3) vienkāršoti ēku energoauditi, izvērtējot veicamos energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumus.

Novietnes arhitektoniskā izpēte. Pilsētas vēsturiskā centra teritorijā valda dažādu arhitektūras stilu un dažāda kultūrvēsturiskā statusa ēku sajaukums. Lai izstrādātu dekarbonizācijas stratēģijas koncepciju, ir svarīgi noteikt saglabājamās kultūrvēsturiskās vērtības izpētes teritorijā, ņemot vērā ICOMOS aicinājumu atjaunināt kultūras mantojuma saglabāšanas stratēģijas.

1.1.4 Koncepcijas izstrāde

PEB koncepcijas izstrādē esošām ēku kvartālam jāiekļauj:

1. kvartāla arhitektoniskā izpēte;
2. inovatīvas ēkas norobežojošo konstrukciju siltuma pretestības paaugstināšanas tehnoloģijas, respektējot kultūras mantojuma vērtības;
3. kvartāla reģenerācijas stratēģijas, veicot kompleksu atjaunošanu;
4. viedās enerģijas sistēmas, kas ietvertu visus enerģijas nesējus;
5. jaunākās ICT, IoT, AI tehnoloģijas viedajiem tīkliem un viedajām enerģijas sistēmām;
6. atlikuma siltuma uztveršanas un izmantošanas tehnoloģijas;
7. atjaunojamo enerģijas resursu tehnoloģijas blīvi apbūvētā pilsētvidē;

8. enerģijas uzkrāšanas risinājumi – gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas īstermiņa un sezonālai uzglabāšanai.

Lai izprastu korelāciju starp kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanas ietekmi uz dekarbonizācijas stratēģijām un otrādi, tika izstrādātas 3 dažādu līmeņu koncepcijas:

- “*Baukultur* pāri visam” būtu līdzšinējā pieeja (*business as usual*) (BAU), ievērojot spēkā esošās stingrās prasības arhitektūras mantojuma saglabāšanai, minimāli iejaucoties vēsturisko ēku norobežojošajās konstrukcijās, uzsverot autentiskās substances nozīmi;
- “*Energoefektivitāte pāri visam*”, maksimāli palielinot energoefektivitātes pasākumus kompleksas atjaunošanas koncepcijā, kuras mērķis ir sasniegt nZEB līmeni un pārskatot stingri noteiktos ierobežojumus kultūras mantojuma saglabāšanai;
- “Poitīvas enerģijas bilances kvartāla” koncepcijā tika meklēts līdzsvars starp energoefektivitāti un *Baukultur*, liekot akcentu uz inovatīvām tehnoloģijām un viedās enerģijas sistēmas priekšrocībām, radot konceptuāli jaunu pieeju pilsētas atjaunošanai vēsturiskajā centrā.

Visiem līmeņiem atbilstošās koncepcijas ietvers turpmāk minētos pasākumus.

Ēku energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi norobežojošajās konstrukcijās un inženiertehniskajās sistēmās. Ņemot vērā pētījuma ietvaros veikto kvartāla ēku energoauditu ieteikumus un arhitektoniskās izpētes sniegto informāciju par ierobežojumiem energoefektivitātes pasākumiem kvartālā, tika izstrādāti trīs dažādu līmeņu priekšlikumi energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumiem – no tradicionālajiem pasākumiem līdz vismodernākajām tehnoloģijām.

Kvartāla apbūves blīvuma paaugstināšanas stratēģija. Ņemot vērā kvartālā noteiktos ierobežojumus izmaiņām tā kopējā ainavā, kas identificēti piemēripētes kvartāla novietnes izpētes fāzē, tika izstrādāti apbūves blīvuma paaugstināšanas priekšlikumi trīs līmeņos, sākot no tukšo zemes gabalu apbūves, pēc tam palielinot apbūves blīvumu pagalmos un beidzot ar jaunu struktūru ieviešanu pilsētas kvartāla ārējā robežvirsmā.

Viedās enerģijas sistēmas koncepcija. Energoauditu informācija un enerģijas patēriņa slodzes profili dienas un sezonas griezumā tika izmantoti, veidojot viedās enerģijas sistēmas koncepciju – vienā piegādes pieprasījuma modelī integrējot visas kvartāla enerģijas vienības, kas savstarpēji dalās ar enerģijas plūsmām, ieskaitot AER ražošanu, atjaunojamās enerģijas uzkrāšanu, pārpalikuma siltuma uztveršanas un izplatīšanas stratēģijas.

Atjaunojamās enerģijas kopienas koncepcija. Lai integrēta viedā enerģijas sistēma darbotos pēc iespējas pilnvērtīgāk, kvartāla iedzīvotājiem ir jāiesaistās enerģijas kopienā, lai atsevišķas energosistēmas vienības vienas ēkas robežās apvienotu kopējā sistēmā kvartāla ietvaros, tādējādi radot iespējas optimizēt enerģijas plūsmas kvartāla ietvaros, kā arī dalot izmaksas un gūtos ietaupījumus. AER tehnoloģiju izvietošana tika apskatīta trīs līmeņos: 1) esošo ierobežojumu ietvaros; 2) izvērtējot iespēju maksimāli palielināt AER tehnoloģiju izvietošanas iespējas; 3) kompromisa risinājums starp pirmajiem diviem punktiem.

1.1.5 Novērtējums

Izmaksu un ieguvumu analīze. ES direktīva un dekarbonizācijas stratēģijas uzsver izmaksu un ieguvumu analīzes nozīmi, nosakot, ka īstenojami tādi priekšlikumi, kuru īstenošana ēkas dzīves cikla laikā sniedz vairāk ieguvumus nekā ieguldītie finanšu līdzekļi. Projekta ietvaros tradicionāla kvartāla pārejai uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu apskatīta izmaksu un ieguvumu analīze.

CO₂ analīze. Gandrīz visi energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi ir saistīti ar papildu CO₂ radīšanu, kas tiek emitēts piedāvāto energoefektivitātes paaugstināšanas tehnoloģiju ražošanas laikā. Projekta ietvaros tradicionāla kvartāla pārejai uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu apskatīta CO₂ analīze.

Ietekme uz kultūras mantojumu. Komforta paaugstināšana vēsturiskajās ēkās un jaunu tehnoloģiju ieviešana ir saistīta ar zināmu iejaukšanos vēsturiski veidotā autentiskā struktūrā, substancē. Tehnoloģiskajiem uzlabojumiem ēkās jākalpo par dzīves kvalitātes un pilsētvides uzlabošanas instrumentu. Turpmākai diskusijai starp energoefektivitātes un kultūras mantojuma ekspertiem ir svarīgi novērtēt, vai piedāvātā energoefektivitātes koncepcija paaugstina dzīves kvalitāti pilsētas vēsturiskā centra kvartālā un kā tā ietekmē kultūrvēsturiskā mantojuma vērtības. Jāizvērtē: 1) vai iespējams pievienot energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumiem *Baukultur* dimensiju, lai nodrošinātu to pozitīvu ietekmi uz dzīves kvalitāti; 2) vai nepieciešama arhitektūras mantojuma vērtību saglabāšanas paradigmu pārvērtēšana, lai tuvotos oglekļa mazietilpīgas sabiedrības mērķiem.

1.1.6 Secinājumi

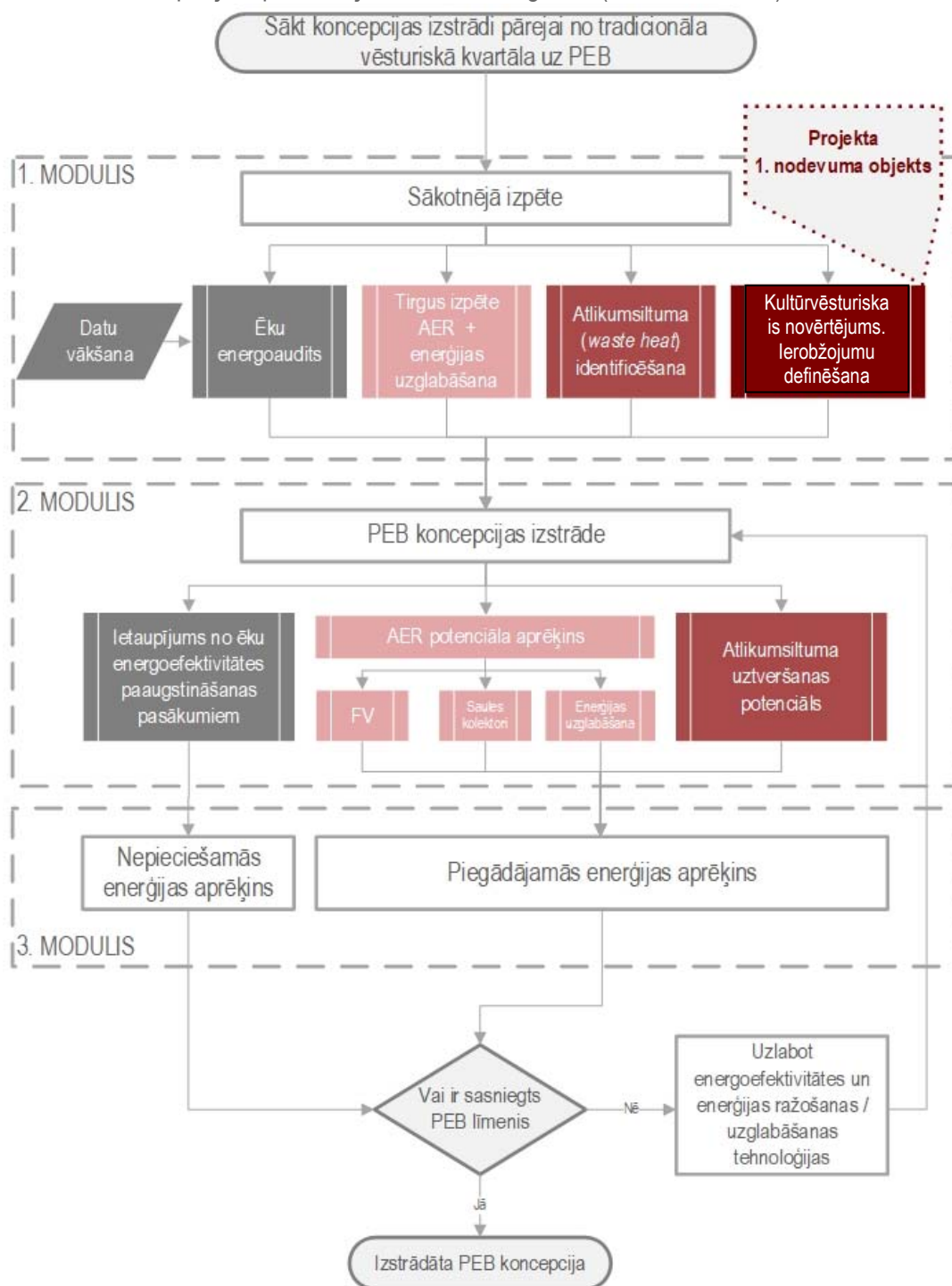
Novērtēšanas posms, kas balstīts uz projekta pirmajās fāzēs iegūtajiem rezultātiem, apskata trīs svarīgus izstrādātā koncepta aspektus, pārejot no tradicionālā pilsētas kvartāla uz PEB: 1) ekonomisko analīzi, 2) CO₂ analīzi un 3) ietekmi uz kultūras mantojuma struktūru. Izvērtējot visus aspektus, var pieņemt lēmumu, kas balstās uz koncepcijas daudzdimensionālu novērtējumu. Pētījuma noslēguma posmā izkristalizēsies izstrādātās koncepcijas priekšrocības un trūkumi, un izstrādes ciklu var atsākt, papildu uzmanību vēršot uz kritiskajiem punktiem, novēršot trūkumus un pastiprinot koncepcijas pozitīvos aspektus.

Pētījuma galvenais ieguvums ir izstrādātā koncepcija, ko iespējams pielāgot citu vēsturisko kvartālu energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu analīzei, apskatot pāreju uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu gan Rīgā, gan citviet mērenā klimata joslā. Pētījums atspoguļos kritiskos jautājumus, kas veicina vai kavē pāreju uz PEB.

Papildu ieguvums ir diskusija starp profesionāļiem – vides inženieriem, arhitektiem, pilsētplānotājiem un varas iestādēm – un sabiedrību par to, kā ceļā uz zema oglekļa sabiedrību rast līdzsvaru starp klimata aktivitātēm un kultūras mantojuma saglabāšanu. Diskusija rosināta organizējot vebinārus ieinteresētajām pusēm.

1.2. Konceptijas izstrādes metodoloģija pārejai no tradicionāla kvartāla vēsturiskajā centrā uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu

Atsevišķa metodoloģija sagatavota konceptijas izstrādes posmam, pārejot no tradicionālā vēsturiskā pilsētas kvartāla uz pozitīvās enerģijas bilances kvartālu. Metodoloģija veidota no trim galvenajiem posmiem: sākotnējā izpēte, konceptuālais priekšlikums un aprēķins par līmeņatzīmes sasniegšanu (sk. 1.1.4. attēlu).



1.4. att. Konceptijas izstrādes metodoloģija pārejai no tradicionāla kvartāla pilsētas vēsturiskajā centrā uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu.

Katrs no koncepcijas izstrādes 3 posmiem (moduļiem) ir komplekss uzdevums un ietver apakšmoduļus.

1. MODULIS. Kvartāla izpēte.

- 1a. Enerģijas patēriņa datu vākšana, apkopošana, analīze – identificē kvartālā enerģijas patēriņa vienības, vāc datus par siltumapgādi (centralizēto un decentralizēto), elektroapgādi un patēriņa profiliem.
- 1b. Katras ēkas vienkāršots energoaudits – sniegs informāciju par apkurei, dzesēšanai, apgaismojumam, ierīcēm nepieciešamo enerģiju ēkās.
- 1c. Iespējamo pārpalikuma siltuma avotu identificēšana – datu centri un citas telpas, kas pārkarst iekšējo vai saules siltuma ieguvumu dēļ.
- 1d. Tirgus izpēte par 1) AER tehnoloģijām, kas piemērotas izvietojšanai blīvi apdzīvotās pilsētas teritorijās vēsturiskajā centrā, ieskaitot enerģijas uzkrāšanas tehnoloģijas, un 2) inovatīviem risinājumiem norobežojošo konstrukciju siltumtehniko vērtību uzlabošanai.
- 1e. Tā kā pētījuma piemēripētes kvartāls atrodas vēsturiskajā pilsētas teritorijā, ēku energoefektivitātes paaugstināšanai pastāv virkne ierobežojumu, ko nosaka būvniecību reglamentējošie normatīvie akti. Šie ierobežojumi jāidentificē pirms faktiskās koncepcijas izstrādes sākuma.

2. MODULIS. Koncepcijas izstrāde. Pozitīvās enerģijas kvartāla koncepciju izstrādā holistiski, izveidojot savstarpēji atkarīgu viedu enerģijas sistēmu, kas integrē visas vietējās enerģijas piegādes un pieprasījuma vienības. Lai sasniegtu PEB līmeni, apskatīti trīs galvenie elementi.

- 2a. Ēku kompleksas atjaunošanas enerģijas patēriņa samazināšana – siltināšana, inženiertehnisko sistēmu energoefektivitātes paaugstināšana, lietotāja uzvedības maiņa, lai sasniegtu nZEB līmeni.
- 2b. AER tehnoloģiju potenciāls enerģijas ražošanai uz vietas kvartāla robežās (PV, saules, vēja) un enerģijas uzkrāšanas tehnoloģijas, kas identificētas tirgus izpētē.
- 2c. Pārpalikuma siltuma uztveršanas potenciāla aprēķins, lai piegādātu siltumenerģiju kvartāla ēkām, izmantojot ar AER ražotu enerģiju darbināmus siltumsūkņus.

Enerģijas pieprasījuma un apgādes plūsmas integrētas viedā enerģijas sistēmā kvartāla ietvaros.

3. MODULIS. Kopējās enerģijas bilances (pieprasījuma un piegādes) aprēķins (1.1 formula):

$$Q_{gala} = Q_{sākotnējā} - Q_{enerģijas\ ietaupījums} - (Q_{AER+uzglabāšana} + Q_{atlikumsiltums}), [1] \quad (1.1.)$$

kur

- Q_{gala} – nepieciešamās galaenerģijas daudzums pēc enerģijas ietaupījumiem, AER un atlikumsiltuma segtās enerģijas, kWh/m²g;
- $Q_{sākotnējā}$ – sākotnējais īpatnējais enerģijas pieprasījums, kWh/m²g;
- $Q_{enerģijas_ietaupījums}$ – enerģijas ietaupījums ēkas norobežojošo konstrukciju un inženiertehnisko sistēmu energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumos, kWh/m²g;
- $Q_{AER+uzglabāšana}$ – uz vietas AER tehnoloģiju sistēmās saražotā enerģija;
- $Q_{atlikumsiltums}$ – atlikumsiltuma daudzums, ko iespējams atgūt un novirzīt siltumapgādei, kWh/m²g.

Rezultāti, kas iegūti, aprēķinot kopējo bilanci atbilstoši izstrādātās koncepcijas risinājumiem, apstiprinās vai noliegs, ka PEB līmenis ir sasniegts. Ja netiek sasniegts PEB

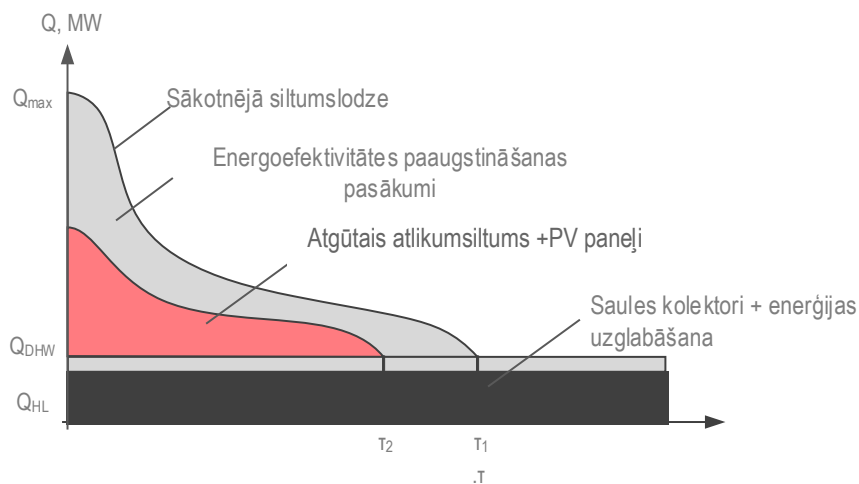
līmenis, nepieciešama koncepcijas optimizācija (gan pieprasījuma, gan piedāvājuma pusē), cikls tiek atsākts koncepcijas izstrādes posmā un turpinās, līdz tiek sasniegts PEB līmenis.

Siltuma slodzes grafiks (sk. 1. **Error! Reference source not found.** attēlu) atspoguļo konceptuālo shēmu pilsētas kvartāla pārejai uz PEB:

1) enerģijas pieprasījums tiek samazināts, kompleksi atjaunojot esošās ēkas, izmantojot inovatīvas energoefektivitātes paaugstināšanas tehnoloģijas (gan norobežojošām konstrukcijām, gan inženiertehniskajām sistēmām); samazinot nepieciešamo enerģiju, balstoties uz lietotāja uzvedības maiņas radītajiem ietaupījumiem;

2) potenciālais enerģijas piegādes apjoms no AER tehnoloģijām un enerģijas uzglabāšana tiek provizoriski aprēķināta, pamatojoties uz pieejamajām jumta virsmām (maksimālās pieejamās platības). Tiek pieņemts, ka tiek izmantoti saules kolektori un PV sistēmas. Saules kolektori atbalsta gan apkures sistēmu, gan karstā ūdens sistēmu;

3) atlikumsiltuma uztveršana un nodošana lokālajā tīklā kvartāla robežās, izmantojot siltumsūkņus (ko darbina vietējās AER tehnoloģijas). Balstoties uz pētījumu, tiek aprēķināts pieejamais atlikumsiltuma daudzums [34].



1.5. att. Shematiskais enerģijas samazinājuma attēlojums siltumslodžu grafikā.

2. ATSKAITE PAR ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PASĀKUMIEM

Līdzsvars starp enerģijas patēriņu samazināšanas un kultūrvēsturisko vērtību saglabāšanas principiem ir dominējošais izaicinājums vairāku nozaru pētniecībā, sakarā ar neatliekamo aktualitāti gan saglabāt vēsturisko ēku¹ autentisko veidolu, gan atbalstīt klimata neitralitātes mērķus. Lai gan attiecībā uz vēsturisko ēku energorenovācijas (energy renovating) aspektiem atšķirīgu jomu ekspertu vidū izskan atšķirīgi viedokļi [35], arvien vairāk starptautiskajā mantojuma politikas un pētniecības vidē tiek uzsvērtā kultūras mantojuma nozīme klimata mērķu sasniegšanā [36]. Dažādos līmeņos tiek pausts viedoklis, ka saprātīga vēsturisko ēku adaptācija pieļauj uzlabot un pielāgot mantojumu nākotnes vajadzībām [37], veicina veselīgāka iekštelpu klimata nodrošināšanu [38], samazina ietekmi uz vidi, vienlaikus aizsargājot vēsturiskās vērtības [39], un pasargājot mantojumu no degradācijas riskiem [40]. Starptautiskā līmenī ICOMOS (International Council of Monuments and Sites) ir atzinusi kultūras mantojuma nozīmi pilsētu ilgtspējīgas attīstības atbalstīšanā, norādot uz nepieciešamību veidot starpdisciplinārus pētījumus un vadlīnijas. Vairākas valstis ir izstrādājušas vadlīnijas par norobežojošo konstrukciju siltināšanu vai pat solāro paneļu izvietošanu vēsturiskām ēkām [38].

Eiropas standartā EN 16883: 2017 un Latvijas standartā LVS EN 16883: 2017 “Kultūras mantojuma saglabāšana. Vadlīnijas ēku energoefektivitātes uzlabošanai” tiek aprakstīts process, kas starpdisciplinārām komandām jāizmanto vēsturisko ēku renovācijas projektos. Tas arī veicina ēku ilgtspējīgas pārvaldības plašāka konteksta izpratni, iekļaujot jautājumiem vides (materiāli un energoauditi), ekonomiskos (tirgus vērtība, ieņēmumus un ilgtermiņa izmaksas), sociālos (estētisko un sociālo nospiedumu) un kultūras (nākamajām paaudzēm saglabātā mantojuma nozīme) aspektus [8]. Vadlīnijās tiek uzsvērtā nepieciešamība pēc detalizētas pirmsprojekta izpētes, kā arī tiek piedāvātas kritēriju kopas piedāvāto risinājumu kompleksai novērtēšanai [41].

Pēdējā desmitgadē dažāda līmeņa pētījumos vēsturisko ēku renovācijas problemātika ir tikusi plaši pētīta gan no tehniskās, gan mantojuma saglabāšanas puses, kā apjomīgākās tēmas minamas klimata pārmaiņu fiziskā ietekme uz atsevišķām ēkām, pieminekļiem vai vietām [42]; diskusija par mantojuma nozīmes novērtējumu un tā ietekmi uz lēmumu pieņemšanu [43], kā arī pētījumi par energorenovāciju normatīvajām, sociālajām un tehniskajām iespējām un šķēršļiem [44]. Uzsverot, ka vēsturiskas ēkas ir unikālas kultūrvēsturiskās pagātnes liecības, tiek atzīts, ka daudzos gadījumos ir nepieciešami steidzami pasākumi, lai sasniegtu pašreizējos energoefektivitātes un komforta standartus, līdz ar to nodrošinot vēsturisko ēku turpmāku pilnvērtīgu dzīvi [45]. Tiek konstatēts, ka lielākā daļa vēsturisko ēku ir ilgtspējīgas [46], jo to dzīves ilgums gadsimtu gaitā ir sargājis resursus un turpina to darīt šodien. Turpinot tām pastāvēt arī nākotnē, tās ietaupa vairāk resursu, salīdzinot ar jaunu būvniecību [47]. Tā kā vēsturiskās ēkas vienmēr ir unikālas, un to īpatsvars Eiropas apbūvētajā vidē ir liels [48], tad vispārējas vadlīnijas un specifiski projekta risinājumi katram īpašajam ēkas gadījumam, balstīti holistikā koncepcijā, ir

¹ Šajā tekstā termins “vēsturiska ēka” ietver gan ēkas, kas tiek aizsargātas kā kultūrvēsturiski pieminekļi un kuru kultūrvēsturiskās vērtības ir noteiktas, gan arī ēkas, kas vecākas par 50 gadiem, bet kuru vērtība nav oficiāli fiksēta.

dominējošā pieeja attiecībā uz vēsturisko ēku adaptāciju mūsdienu prasībām un iedzīvotāju vajadzībām [49].

Vairākos pētījumos ir definēta nepieciešamība pēc iespējas objektivizēt ēkas kultūrvēsturisko vērtību noteikšanu [50], kā arī kategorizēt tās pēc kultūrvēsturisko vērtību nozīmīguma [39], lai precīzāk identificētu nepieciešamos pasākumus ēkas renovācijas stratēģijās. Tiek atzīmēts, ka ar ēku energoefektivitāti nepietiek, lai nodrošinātu vēsturisko ēku ilglaicīgu pilnvērtīgu izmantošanu. Iekštelpu vides kvalitāte, kurā būtu jāietver akustiskais un izgaismojuma komforts, kā arī iekštelpu gaisa kvalitāte, tiek definēta kā prioritāri nosakāms mērķis, līdztekus ar vides un kultūrvēsturiskā mantojuma mērķiem [51]. Tiek pausts arī uzskats, ka ilgtspējības paradigma ir integrējama kā vēl viens vēsturisks slānis aizsargājamās ēkās, kas pauž mūsdienu vērtības, tehnoloģijas un materiālus, ar līdzīgu nozīmi pagātnes vērtībām, tehnoloģijām un materiāliem [51].

Lai arī konceptuāli tiek akceptēta virzība uz vēsturisko ēku adaptāciju mūsdienu prasībām, tehnisko risinājumu izvēle lēmumu pieņēmējiem (piemēram, projektētājiem, īpašniekiem un mantojuma ekspertiem) tiek konstatēta kā ārkārtīgi sarežģīta [52]. Viedokļu daudzveidība un ierobežotā piekļuve esošajiem risinājumiem bieži vien liedz līdzsvarotu risinājumu ieviešanu vēsturiskajās ēkās [39]. Tikmēr pastāv plašs līdzsvarotu risinājumu klāsts, kas atbilst vajadzībai uzlabot vēsturiskās ēkas ilgtspējību, samazinot patēriņu un aizsargājot ēkas unikalitāti [53]. Piemēram, IEA-SHC Task 59 projekta rezultāti parādīja, ka ir iespējams identificēt un novērtēt atkārtojamus renovācijas risinājumus logiem, sienām, un saules enerģijas tehnoloģijām, kas ir pārbaudītas praksē, sasaistot mantojuma saglabāšanas un energoefektivitātes izaicinājumus. Kā viens no galvenajiem šī darba rezultātiem ir identificētais risinājumu kopums, pamatojoties uz reālas prakses piemēriem vēsturisku ēku renovācijas projektos visā Eiropā [44].

Vēsturiskas ēkas parasti tiek uzskatītas par ēkām ar zemu energoefektivitāti [54], pat ja to oriģinālās pasīvās sistēmas bieži vien spēj garantēt komfortablus apstākļus iekštelpās visu gadu, pateicoties augstajai termiskajai inerīcijai [49]. Pārsvārā kultūrvēsturisko vērtību aizsardzības dēļ ēkas ārējais izskats nav maināms, līdz ar to uzmanība tiek veltīta interjera risinājumiem. Iekšējo norobežojošo konstrukciju siltināšanas [52] un logu modernizācijas ieviešana tiek uzskatīta par optimālu risinājumu, lai uzlabotu ēku norobežojošo konstrukciju energoefektivitāti [49]. Tādu mūsdienu tehnoloģiju izmantošana kā modernizētas vadības sistēmas, viedais apgaismojums un klimata sistēmas, siltuma uzglabāšana un siltuma atgūšana tiek uzskaitītas kā nozīmīgi paņēmieni, lai samazinātu enerģijas pieprasījumu ēkās ar kultūrvēsturisku vērtību kā mērenā un Vidusjūras klimata apstākļos [55], tā Baltijas jūras reģionā [56]. Pētījumi par ārējo siltināšanu no iekšpuses liecina, ka nozīmīgākais aspekts ir piemērotu materiālu izvēle [57]. Pētījumā par masīvas mūra sienas siltināšanu, izmantojot 100 mm gaisa un mitruma caurlaidīgu izolācijas materiālu, pēc vairāk kā divu gadu monitoringa, kā arī matemātiskās modelēšanas, tika gūti pierādījumi par normāla iekštelpu klimata nodrošināšanas iespējām [58], kā arī netika konstatēti norobežojošo konstrukciju bojājumi [59].

Lai arī kopumā tiek atzīta atjaunojamo energoresursu (AER) avotu izmantošana kultūrvēsturiskā mantojuma objektos un norādīts, ka to izmantošana veicinātu kultūras un dabas vērtību saglabāšanu, kā arī primārās enerģijas patēriņa samazināšanu un iekštelpu komforta līmeņa paaugstināšanu, tomēr AER tehnoloģiju integrācija ēku renovācijas projektos ir izaicinājums, kas tiek risināts vairākos starptautiskos pētījumos [60]. Tajos tiek definētas dažādās pieejas, un izcelta to inovatīvā un izglītojošā loma energoefektivitātes,

iekštelu komforta un funkcionalitātes jomā [17]. Saules enerģijas sistēmu un ēku komponentu integrācija tiek atzīta kā sarežģīta tēma novietojuma tehnoloģisko prasību un mantojuma autentiskuma apdraudējuma dēļ [61]. Tā kā tiek attīstītas ievērojamas inovācijas un ir skaidri definēti šādas pieejas ilgtermiņa ieguvumi, daudzviet nacionālā, reģionālā un vietējā līmenī tiek diskutēti risinājumi saistībā ar AER sistēmu integrāciju mantojuma objektos un ēkās [62]. Lai gan saules enerģijas tehnoloģiju integrēšana vēsturiskās ēkās parasti ir apgrūtināta piemērota novietojuma trūkuma vai mantojuma aizsardzības aspektu dēļ, veiksmīgi piemēri ir atrodamī PV flīžu vai PV paneļu izmantošanā, kas novietoti tādos objektos Katānijas centrs (Itālija), Manetti māja Bironiko (Monte Ceneri, Šveice), Santjago de Kompostelas (Spānija) vēsturiskajā pilsētas centrā un citos [49]. Siltumsūkņi ir viena no populārākajām sistēmām energoefektivitātes uzlabošanai vēsturiskās ēkās, neapdraudot to arhitektūru. Piemēri ir atrodamī Zenas pilī (Itālija), *Crucifiers* kompleksā Venēcijā (Itālija) un citur [49].

Daudzviet tiek uzsvērta nepieciešamība pēc daudznozaru komandas, kur satiekas vairāku nozaru kompetences [43], kā arī sakarā ar tehnoloģiju straujo attīstību tiek atzīmētas atgriezenisku risinājumu priekšrocības. Vairākos pētījumos tiek uzsvērta iedzīvotāju lomas nozīmība [63] energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu izvēlē un īstenošanā [64].

Kultūrvēsturisko ēku energoefektivitātes uzlabošanas pasākumu īstenošanai nepieciešama saudzīga un pēctecīga pieeja. Pētījumi apliecina, ka nav viena risinājuma, kas atbilstu visiem gadījumiem, jo katrs atsevišķais gadījums tiek balstīts uz unikālu vērtību, situācijas un konteksta novērtējumu. Tai pat laikā pētījumu rezultāti par energoefektivitātes paaugstināšanas iespējām kultūrvēsturiskos objektos norāda uz kopsakarībām un iezīmē turpmākos politikas un prakses virzienus.

2.1. Vispārīgā informācija

Detalizēta informācija par pamatnostādņēm attiecībā uz kultūrvēsturiskā mantojuma aizsardzību Latvijā un pasaulē, kā arī normatīvā regulējuma, t.sk. apbūves noteikumu prasību izklāsts un analīze Rīgas vēsturiskā centra teritorijā ir ticis sniegts šī pētniecības projekta ietvaros 2019. gada decembrī sagatavotajā nodevumā, tāpēc šeit vairs padziļināti netiek skatīts. Šajā nodevumā uzmanība tiek fokusēta uz iepriekšējā nodevumā ieskicētā apkopojuma par kvartāla zemes gabaliem un ēkām padziļinātu izpēti un detalizāciju, nolūkā definēt iespējamās kvartāla ēku attīstības scenārijus virzībā uz paaugstināto energoefektivitātes prasību izpildi, sākot ar ierobežojumiem izmantot ēku energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumus šā brīža regulējuma ietvaros, beidzot ar šo iespēju robežu paplašināšanu, piedāvājot apspriešanai kultūrvēsturisko vērtību saglabāšanu neapdraudošus izmaiņu virzienus normatīvajos regulējumos, kas ļautu veikt gan energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumus, gan atjaunojamās enerģijas ieguves sistēmu izvietojumu Rīgas vēsturiskā centra ēkās lielākā apjomā, nekā to pieļauj šā brīža prakse būvprojektu izstrādē un saskaņošanā.

Kvartāla telpiskā izpēte tika veikta, izmantojot vietas apskati, kā arī publiski pieejamos kartogrāfiskos (Kadastrs.lv, 2021; Topogrāfija.lv, 2021) un vizuālos (Bing Maps, 2021; Google Maps, 2021) materiālus. Informācija par kvartālā esošo ēku kultūrvēsturiskās vērtības līmeni un aizsargājamajām vērtībām, kā arī pastāvošajiem ierobežojumiem ir tikusi iegūta komunikācijas ceļā ar Nacionālās Mantojuma kultūras pārvaldes pārstāvjiem (NKMP, 2021a, 2021b), kā arī

publiski pieejamo teritorijas plānošanas attīstības normatīvo aktu informāciju (RVC AZ TIAN, 2006; RVC KM SAP, 2017; RVC SAN, 2004, 2004).

Vispārīgā gadījumā pirms būvniecības ieceres dokumentācijas saskaņošanai būvvaldē, tā tiek iesniegta izvērtēšanai NKMP. Ja pārprojektējamai ēkai vēl nav ticis noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis (KVVL), tad to ir jālūdz noteikt, pirms projekta risinājumu izstrādes, lai būtu skaidrs, ar kādiem konkrētiem ierobežojumiem jārēķinās projektēšanas gaitā.

Ēkas, kurām KVVL nav noteikts, RVC saglabāšanas un aizsardzības plānā tiek attēlotas trijās dažādās krāsās atbilstoši trim pakāpēm:

- A. Potenciāls arhitektūras piemineklis;
- B. Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojoša vēsturiska apbūve, kurai nav noteikts ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmenis;
- C. Ēka, kurai nav noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis.

Tiem objektiem, kam vēl nav noteikts KVVL (KVVL noteikšanu pieprasa īpašnieks), izpētes ietvaros aprēķinu vajadzībām tika piemēroti ierobežojumi, vadoties pēc RVC KM SAP iedalījuma sekojoši:

- A. Potenciāliem arhitektūras pieminekļiem tika piemēroti līdzvērtīgi ierobežojumi kā ēkām, kas ir arhitektūras pieminekļi.
- B. Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojošai apbūvei, kurai nav noteikts ēku kultūrvēsturiskās vērtības līmenis, tika piemēroti līdzvērtīgi ierobežojumi kā kultūrvēsturiski vērtīgām ēkām,
- C. Pārējām ēkām, kurām nav noteikts KVVL, tika piemēroti līdzvērtīgi ierobežojumi kā ēkām ar nelielu kultūrvēsturiskās vērtības līmeni.

Saraksts ar kvartāla ēkām atbilstoši to kultūrvēsturiskās vērtības līmeņa statusam (pēc NKMP sniegtās informācijas un RVC AZ TP grafiskās daļas "RVC kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanas un attīstības plāns" sniegts tālāk esošajā tabulā "Dati par kvartāla adresēm" (sk. 2.1. tabulu).

2.1. tabula Dati par kvartāla adresēm (NKMP, 2021b; RVC KM SAP, 2017)

Nr.	Adrese	Statuss
Vēsturisko kvartāla ēku "A" grupa		
1	Kr. Barona 28A	Vietējas nozīmes Arhitektūras piemineklis
12	Marijas 21	
5	Kr. Barona 32	Potenciāls arhitektūras piemineklis (jāpieprasa KVVĻ)
3	Kr. Barona 30	Kultūrvēsturiski ļoti vērtīga ēka
Vēsturisko kvartāla ēku "B" grupa		
2	Kr. Barona 28	Kultūrvēsturiski vērtīga ēka
10	Pērses 14	
15	Dzīmavu 109	
16	Dzīmavu 107	Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojoša vēsturiska apbūve, kurai nav noteikts ēkas KVVĻ (jāpieprasa KVVĻ)
9	Pērses 10/12	
11	Pērses 16	
13	Marijas 19	
Vēsturisko kvartāla ēku "C" grupa		
17	Dzīmavu 105	Ar nelielu kultūrvēsturisko vērtību
7	Pērses 2	Ēka, kurai nav noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis (jāpieprasa KVVĻ)
8	Pērses 8	
14	Marijas 17	
Jaunbūves		
4	Kr. Barona 30A	Neapbūvēts
6	Pērses 2A	Neapbūvēts

Normatīvajā regulējumā un ēku pārveidojumu saskaņošanas praksē pastāv dažādi noteikumi, kas ierobežo energoefektivitātes uzlabošanas pasākumus RVC ēkās atkarībā no to KVVĻ un arī konkrētās ēkas specifikas. Pēc iepazīšanās ar regulējumu un NKMP praksi ēku būvniecības ieceru izskatīšanā, energoefektivitātes uzlabošanas kontekstā ir veikts gan ierobežojumu un pieļaujamo pasākumu apkopojums, gan mēģināts piedāvāt iespējamus papildinājumus regulējumā, kas varētu pavērt jaunas iespējas RVC ēku energoefektivitātes uzlabošanas pasākumos. Tā kā šāda veida jautājumu juridiskās nianšes ir ārpus šī projekta uzdevuma, tās detalizētāk netiek aprakstītas, bet sniegtas tikai norādes uz konstatētajiem iespējamo izmaiņu virzieniem normatīvajos aktos.

2.2. Aktuālie jautājumi ēku energoefektivitātes paaugstināšanai ārpus normatīvo aktu regulējuma

Ēkām, kurām ir noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis, vispārīgākajā gadījumā ārējo siltināšana netiek atbalstīta, jo tā ietekmē fasāžu arhitektūru. Arī būvobjektu (stāvu skaita paaugstināšana, būvobjekta papildināšana) un jumta formas izmaiņas praktiski netiek

atbalstītas. NKMP izskatot atsevišķus pieteikumus, pastāv iespēja siltināt gan pagalma fasādes, gan brandmūrus, bet diskusijai varētu izvirzīt šādu un citu ārējo norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes uzlabošanas pasākumu paredzēšanu jau vispārīgā gadījumā.

2. Ielas fasādes siltināšana. TIAN 408. punkts nosaka, ka ēkas jāuztur labā tehniskā stāvoklī, jāatjauno, uzlabojot ēku tehnisko stāvokli. 412. punkts min, ka pārbūve pieļaujama konstruktīvu defektu novēršanai un saglabāšanas apstākļu uzlabošanai. Iespējams, apvienojumā ar iepriekš minēto un TIAN 331. punktu, varētu izvirzīt apspriešanai jautājumu par mūsdienīgu izolācijas materiālu (piem., vakuumizolācijas) fragmentāru izmantošanu aukstuma tiltu novēršanā arī ielas fasādēs no ārpuses, pārējo ielas fasādes daļu siltinot no iekšpuses, ja tas paredz ēkas tehniskā stāvokļa uzlabošanu.
3. Pagalma fasādes siltināšana. Izvērtējot vēsturisko ēku siltināšanas iespējas, pastāv iespēja diversificēt fasāžu jēdzienu šobrīd vispārīgi formulētajās prasībās fasāžu aizsardzībai, ēku ārējo siltumnoturības parametru uzlabošanas atvieglošanai specificējot atsevišķas prasības ielas, pagalma un sānu fasādēm (brandmūriem). Jau normatīvo aktu vispārīgajā līmenī (RVC SAN 4.-6. punkti) varētu izskatīt iespēju atvieglot vispārināti aizliedzošo pieeju praksē biežāk sastopamajā situācijā - no publiskās ārtelpas neredzamās ēku iekšpagalmu fasādes un iekšpagalmu ēkas gadījumos, kad tām nav redzamu arhitektonisko detaļu, kā arī pretuguns mūri, izdalot šīs situācijas kā atsevišķi apskatāmu gadījumu grupu.
4. Sānu sienas, brandmūru siltināšana. Jau normatīvo aktu vispārīgajā līmenī (RVC SAN 4.-6. punkti) varētu izskatīt iespēju atvieglot vispārināti aizliedzošo pieeju praksē biežāk sastopamajā situācijā - no publiskās ārtelpas neredzamās ēku iekšpagalmu fasādes un iekšpagalmu ēkas gadījumos, kad tām nav redzamu arhitektonisko detaļu, kā arī pretuguns mūri, izdalot šīs situācijas kā atsevišķi apskatāmu gadījumu grupu. Izskatāma nepieciešamība precizēt RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas utml.).
5. Balkonu, lodžiju, terasu siltināšana. Būtu pieļaujama ielas fasādes terašu siltināšana ar materiāliem, kas būtiski neietekmē konstrukcijas kopējo biežumu, maks. 3-5 cm, piem., (Kingspan, 2021), pagalma balkonu siltināšana.
6. Logu un durvju nomaiņa. Lai gan autentiskas būvdetaļas uzskatāmas par nozīmīgu kultūrvēsturisko vērtību, būtu pieļaujama logu un durvju nomaiņa pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2). Pēc šā brīža tehnoloģijām ir iespējams izgatavot pilnīgi precīzas vēsturisko koka logu kopijas. Tas varētu tikt izskatīts kā pieļaujams risinājums ēkām ar noteiktu KVVL ēkas energoefektivitātes parametru uzlabošanai, absolūti nemainot vizuālo tēlu, bet izmantojot mūsdienīgus materiālus un tehnoloģijas. Šobrīd tas ir pretrunā ne vien ar RVC SAN 4. punktu, bet arī ar TIAN 341. un 343. punktu.

Vispārējā regulējuma ietvaros atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietošana netiek atbalstīta. Ir aktualizējams jautājums par iespēju atvieglot normatīvās prasības ēku pārveidojumiem par labu energoefektivitātei, neietekmējot ēkas kultūrvēsturiski vērtīgās detaļas, jo aizvien pieaugošo energoefektivitātes prasību un mērķu kontekstā, apvienojumā ar straujo tehnoloģiju attīstību gan efektivitātes, gan daudzveidības, gan estētiskās kvalitātes ziņā, pastāv iespējas precizēt normatīvo regulējumu tā, lai dotu iespēju izmantot kultūrvēsturiskajā vidē vizuāli neitrālus atjaunojamās enerģijas ražošanas tehnoloģiskos risinājumus.

1. PV paneļu izvietošana uz jumtiem un sienām. Precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam būtu pieļaujama, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošus jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām, piemēram, pieļaujot šādu tehnoloģijas izmantošanas iespēju izskatīšanu, ņemot vērā tonalitātes un tekstūras pieskaņotību vēsturiskajam materiālam, atbilstību jumta plaknei un slīpumam, uztveramībai no publiskās ārtelpas utt. PV paneļu

- izvietošana uz ēku sienām būtu pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam.
2. Vēja ģeneratoru izvietošana uz jumtiem un sienām. Jumta ainavas aizsardzības noteikumi (TIAN 6.6 nodaļa) ierobežo gan materialitātes izvēli, gan telpiskos pārveidojumus. Jautājums līdz ar prasībām par tehnisko ierīču atrašanos ārpus jumta plaknes (TIAN 338), un prasībām inženiertehniskās apgādes infrastruktūras nodrošinājumam (TIAN 2.8 nodaļa) būtu skatāms reizē ar prasībām par redzamību no augstajiem skatu punktiem. Vēja ģeneratoru izvietošana uz sienām būtu pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam. Vēja ģen. izvietošana iekšpagalmā būtu pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307).
 3. AER tehnoloģiju lietojums publiskajā ārtelpā un iekšpagalmos būtu diskutējams TIAN 2.16 kontekstā, izmantojot iespēju veidot vides dizaina objektus ar integrētiem AER risinājumiem.
 4. Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) un krāsu (RMIT University, 2017) lietošana. Pašreizējā TIAN redakcijā 334.p. skaidri formulēts, ka jālieto "oriģinālajam krāsojumam atbilstošus vai līdzvērtīgus krāsu sastāvus" un "konkrētā vidē iederīgus tradicionālos materiālus". Attiecībā uz koka apbūves jumtiem pat teikts, ka "nav atļauta cita materiāla kārniņu imitācija" (TIAN 638.1.1) utml. Šāda prasība būtu atvieglojama gadījumos, ja tie neietekmē vēsturiskās būvsubstances ilgmūžību, tādā veidā paverot iespējas, piemēram, tehnoloģiski inovatīvu krāsu vai apmetumu izmantošanai. RVC TIAN būtu jāprecizē mūsdienu stikla materiālu lietojumu vēsturisko ēku logu iestiklošanā. Enerģiju ģenerējošo krāsu lietošana būtu pieļaujama jumtos un uz pagalma fasāžu / brandmūru sienām, precizējot RVC TIAN prasības materiālu sastāviem ielas un pagalma/sānu fasādēm, kā arī ēkām atkarībā no KVVĻ.

Teorētiskie ierobežojumi un apspriešanai izvirzāmie jautājumi pa ēku KVVĻ grupām sniegti nākošajās trīs tabulās pa ēku KVVĻ vērtības grupām (Vēsturisko kvartāla ēku "A" grupa, Vēsturisko kvartāla ēku "B" grupa, Vēsturisko kvartāla ēku "C" grupa). Detalizēta Informācija par vēsturisko kvartālu ēku grupām sniegta 2.2. tabulā, 2.3.tabulā un 2.4.tabulā.

2.2. tabula Vēsturisko kvartāla ēku "A" grupa

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem	III Izvirzāmie jautājumi apspriešanai
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas			
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Nav pieļaujama	Būtu jāizskata iespēja pieļaut, detalizējot fasāžu aizsardzības prasības atsevišķi ielas, pagalma u.c. fasādēm un aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Pagalma fasādes siltināšana		Nav pieļaujama	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Nav pieļaujama	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana		Nav pieļaujama	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC SAN, 2004, p. 4)	Nav pieļaujama	Būtu pieļaujama pagalma fasādē, precizējot RVC TIAN fasāžu un būvapjomu izmaiņu prasības
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama ielas fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaina	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaina (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)	

VPP-EM-EE-2018/1-0003



Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķizes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujamas marķizes 1. stāvā, ja nav pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas			
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Nav pieļaujama	Būtu pieļaujama, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošu jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Nav pieļaujama	Būtu pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	Nav pieļaujama	
AER tehnoloģisko iekārtu Izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)	
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama	Pieļaujama (ja tehniski iespējama), RVC TIAN precizējot mūsdienu stiklu lietojumu vēsturisko ēku logu iestiklošanā
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Nav pieļaujama	Būtu pieļaujama jumtos un uz pagalma fasāžu / brandmūru sienām, precizējot RVC TIAN prasības materiālu sastāviem ielas un pagalma/sānu fasādēm
Apjoma palielināšana			
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama	Nav pieļaujama	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama	Nav pieļaujama	

2.3. tabula Vēsturisko kvartāla ēku "B" grupa

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem	III Izvirzāmie jautājumi apspriešanai
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas			
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Nav pieļaujama	TIAN 408. punkts nosaka, ka ēkas jāuztur labā tehniskā stāvoklī, jāatjauno, uzlabojot ēku tehnisko stāvokli. 412. punkts min, ka pārbūve pieļaujama konstruktīvu defektu novēršanai un saglabāšanas apstākļu uzlabošanai. Iespējams, apvienojumā ar iepriekš minēto un TIAN 331. punktu, varētu izvirzīt apspriešanai jautājumu par mūsdienīgu izolācijas materiālu (piem., vakuumizolācijas) fragmentāru izmantošanu aukstuma tiltu novēršanā arī ielas fasādēs no ārpusē, pārējo ielas fasādes daļu siltinot no iekšpuses, ja tas paredz ēkas tehniskā stāvokļa uzlabošanu
Pagalma fasādes siltināšana		Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)	Jau normatīvo aktu vispārīgajā līmenī (RVC SAN 4.-6. punkti) varētu izskatīt iespēju atvieglot vispārīgāi aizliedzošo pieeju praksē biežāk sastopamajā situācijā - no publiskās ārtelpas neredzamās ēku iekšpagalmu fasādes un iekšpagalmu ēkas gadījumos, kad tām nav redzamu arhitektonisko detaļu, kā arī pretuguns mūri, izdalot šīs situācijas kā atsevišķi apskatāmu gadījumu grupu
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas)	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana		Pieļaujama ielas fasādes terašu siltināšana ar materiāliem, kas būtiski neietekmē konstrukcijas kopējo biežumu, maks. 3-5 cm, piem.,	

		(Kingspan, 2021), pagalma balkonu siltināšana	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādē, precizējot RVC TIAN fasāžu un būvobjektu izmaiņu prasības	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtību ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaiņa	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaiņa (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)	Pēc šā brīža tehnoloģijām ir iespējams izgatavot pilnīgi precīzas vēsturisko koka logu kopijas. Tas varētu tikt izskatīts kā pieļaujams risinājums ēkas energoefektivitātes parametru uzlabošanai, absolūti nemainot vizuālo tēlu, bet izmantojot mūsdienīgus materiālus un tehnoloģijas. Šobrīd tas ir pretrunā ne vien ar RVC SAN 4. punktu, bet arī ar TIAN 341. un 343. punktu
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargajām vērtībām		
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas			
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Nav pieļaujama	Solārās enerģijas ieguves tehnoloģiju izmantošanas aspektu iestrādāšana normatīvajos aktos, piemēram, pieļaujot šādu tehnoloģijas izmantošanas iespēju izskatīšanu, ņemot vērā tonalitātes un tekstūras pieskaņotību vēsturiskajam materiālam, atbilstību jumta plaknei
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Nav pieļaujama	

			un slīpumam, fasādes aizsargājamām vērtības, redzamību no publiskās ārtelpas
Vēja ģen. izvietošana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)		Jumta ainavas aizsardzības noteikumi strikti ierobežo gan izmantojamus materiālus (TIAN 6.6 nodaļa), gan telpiskos pārveidojumus, kas līdz ar prasībām par tehnisko ierīču atrašanos ārpus jumta plaknes (TIAN 338), un prasībām inženiertehniskās apgādes infrastruktūras nodrošinājumam (TIAN 2.8 nodaļa), būtu skatāms reizē ar prasībām par redzamību no augstajiem skatu punktiem. Iespējams, te varētu būt meklējamas kādas pielaiides
AER tehnoloģisko iekārtu Izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)	Attiecībā uz AER tehnoloģiju lietojumu publiskajā ārtelpā un iekšpagalmos, varētu izmantot TIAN 2.16 un iespēju veidot vides dizaina objektus ar integrētiem AER risinājumiem
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama	Atvieglot moderno materiālu izmantošanu gadījumos, ja tie neietekmē vēsturiskās būvsubstances ilgmūžību, tādā veidā paverot iespējas, piemēram, tehnoloģiski inovatīvu krāsu

Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Nav pieļaujama	(<i>Energy Generating Paint</i>) vai apmetumu (<i>Insulating Plaster</i>) izmantošanai. Pašreizējā TIAN redakcijā 334.p. skaidri formulēts, ka jālieto "oriģinālajam krāsojumam atbilstošus vai līdzvērtīgus krāsu sastāvus", "konkrētā vidē iederīgus tradicionālos materiālus. Attiecībā uz koka apbūves jumtiem pat teikts, ka "nav atļauta cita materiāla kārniņu imitācija" (TIAN 638.1.1) utml.
Apjoma palielināšana			
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama	Nav pieļaujama	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama	Nav pieļaujama	

2.4. tabula Vēsturisko kvartāla ēku "C" grupa

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem	III Izvirzāmie jautājumi apspriešanai
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas			
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, izmantojot vēsturiskās vides raksturam atbilstošu tonāli un faktūras ziņā atbilstošu ārējo apdari	
Pagalma fasādes siltināšana		Pieļaujama	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Pieļaujama	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana		Pieļaujama	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama	

Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaiņa	Pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4.1)	Pieļaujama	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337)	Pieļaujami	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojanas iespējas			
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošu jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām	Solārās enerģijas ieguves tehnoloģiju izmantošanas aspektu iestrādāšana normatīvajos aktos, piemēram, pieļaujot šādu tehnoloģijas izmantošanas iespēju izskatīšanu, ņemot vērā tonalitātes un tekstūras pieskaņotību vēsturiskajam materiālam, atbilstību jumta plaknei un slīpumam
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	Pieļaujama, ja neietekmē jumtu ainavu un nav redzams no publiskās ārtelpas	Jumta ainavas aizsardzības noteikumi strikti ierobežo gan izmantojamus materiālus (TIAN 6.6 nodaļa), gan telpiskos pārveidojumus, kas līdz ar prasībām par tehnisko ierīču atrašanos ārpus jumta plaknes (TIAN 338), un prasībām inženiertehniskās apgādes infrastruktūras nodrošinājumam (TIAN 2.8 nodaļa), būtu skatāms reizē ar prasībām par redzamību no augstajiem skatu punktiem

AER tehnoloģisko iekārtu Izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)	Attiecībā uz AER tehnoloģiju lietojumu publiskajā ārtelpā un iekšpagalmos, varētu izmantot TIAN 2.16 un iespēju veidot vides dizaina objektus ar integrētiem AER risinājumiem
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama	Pieļaujama	Atvieglot moderno materiālu izmantošanu gadījumos, ja tie neietekmē vēsturiskās būvsubstances ilgmūžību, tādā veidā paverot iespējas, piemēram, tehnoloģiski inovatīvu krāsu (<i>Energy Generating Paint</i>) vai apmetumu (<i>Insulating Plaster</i>) izmantošanai. Pašreizējā TIAN redakcijā 334.p. jālieto "oriģinālajam krāsojumam atbilstošus vai līdzvērtīgus krāsu sastāvus", "konkrētā vidē iederīgus tradicionālos materiālus, koka apbūves jumtiem "nav atļauta cita materiāla kārniņu imitācija" (TIAN 638.1.1)
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Pieļaujama	
Apjoma palielināšana			
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama	Pieļaujama, ja pieļauj apbūves rādītāji	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama	Pieļaujama, ja pieļauj apbūves rādītāji	

2.3. Kwartāla ēku kultūrvēsturiskā vērtība un ierobežojumi

Kultūrvēsturiskā mantojuma ēkās pieļaujamās pārveidojumus nosaka divos galvenajos līmeņos. Pirmais ir normatīvie akti, kas definē aizsargājamās vērtības un vispārīgās prasības, kas vispārīgi nosaka pārveidošanas ierobežojumus visām ēkām RVC teritorijā. Otrais ir NKMP ekspertu veiktā KVVL noteikšana, kuras ietvaros tiek noteiktas individuāli pieļaujamās pārveides iespējas katrā objektā atsevišķi. Loģiskā secība ir tāda, ka pirmais līmenis darbojas preventīvi aizliedzoši, un otrajā līmenī, jau iepazīstoties ar katru gadījumu individuāli, nosaka, ko tomēr var atļaut. Kamēr nav saņemti detalizēti noteikumi no NKMP par atļautajām darbībām ar konkrēto objektu, tiek pieņemts, ka darbojamies saskaņā ar pirmo līmeni.

Vispārējā teorija un prakse nosaka, ka kultūras mantojuma gadījumā katrs objekts ir jāizvērtē atsevišķi. Praksē tas nozīmē, ka katrai ēkai RVC teritorijā būvniecības ieceres izstrādes procesā ēkas īpašnieks saskaņo veicamās darbības ar NKMP un saņem konkrētus specifiskus noteikumus katras ēkas pārbūvei vai atjaunošanai. Tāpēc nākošajās tabulās sniegts pārskats par katru ēku atsevišķi un tajā potenciāli pieļaujamajām darbībām, bet ir jāņem vērā, ka reāli pieļaujamās darbības, ko atjaunošanas vai pārbūves gadījumā var veikt konkrētajā ēkā, ir noskaidrojamas tikai konkrētās būvniecības ieceres kontekstā pēc pasūtītāja pieprasījuma, pamatojoties uz NKMP ekspertu slēdzieniem, arhitektoniski māksliniecisko izpēti un citiem atzinumiem, kas ir ārpus šī pētījuma robežām. Detalizētu informāciju par katrai ēkai pieļaujamajiem energoefektivitātes pasākumiem skatīt pielikumā I.

2.4. Kopsavilkums

Vēsturisku ēku adaptācija mūsdienu prasībām attiecībā uz klimata mērķiem un iedzīvotāju vajadzībām ir aktualitāte daudzviet Eiropā, kur vēsturiska apbūve veido proporcionāli nozīmīgu pilsētvides daļu. Rīgas vēsturiskā centra apbūves attīstību regulējošais normatīvais ietvars, kura dominējošais mērķis ir aizsargāt daudzveidīgo kultūrvēsturisko mantojumu, kā arī daudzie tehniskie un funkcionālie apstākļi neveicina ēku energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu ieviešanu, radot potenciālus draudus dzīvojamās vides kvalitātes ilglaicībai un pievilcībai RVC.

Šī ziņojuma mērķis ir apkopot informāciju par pieejām samērojot kultūrvēsturiskā mantojuma aizsardzības un energoefektivitātes paaugstināšanas centienus, izvirzot aktuālākos aspektus un diskusiju jautājumus ar ko saskaras pētnieki un eksperti. Lai ilustrētu vispārējo normatīvo ierobežojumu un pētījumos un praksē balstīto nostāju nozīmi lēmumu pieņemšanā, kas sekojoši var ietekmēt gan RVC apbūves un pilsētelpas kultūrvēsturiskās vērtības, gan ierobežot energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu efektivitāti, tiek apkopota informācija divu scenāriju pamatojumam. Pirmajā scenārijā atspoguļoti vispārēji ierobežojumi, izrietoši no pastāvošā normatīvā regulējuma. Otrais scenārijs balstīts uz pētījumu un prakses nostādnēm, rodot iespēju piemērot energoefektivitātes pasākumus veidā, kas neapdraud definētās kultūrvēsturiskās vērtības. Kā potenciālie jautājumi turpmākai tēmas attīstībai izvirzīti aspekti saistībā ar iekškvartāla telpu, kas nav vizuāli sasniedzama no ielas telpas; atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju iespējamo izvietojumu; kā arī inovatīvu materiālu un paņēmieni iespējamo izmantošanu norobežojošo konstrukciju siltināšanā.

3. ATSKAITE PAR INŽENIERTEHNISKO SISTĒMU UN ENERĢIJAS APRITES CIKLA ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS RISINĀJUMIEM ATSKAITE PAR INŽENIERTEHNISKO SISTĒMU UN ENERĢIJAS APRITES CIKLA ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS RISINĀJUMIEM

Atjaunojamie energoresursi (AER) ir viens no galvenajiem aspektiem ceļā uz oglekļneitrālu sabiedrību. Lielākais AER šķērslis ir tāds, ka vēja un saules enerģiju ietekmē laika apstākļi, taču šādas problēmas ir iespējams mazināt, — viens veids ir ieviest enerģijas uzkrāšanu, lai līdzsvarotu enerģijas ražošanu un enerģijas patēriņu, savukārt otrs veids varētu būt viedtīkls [65].

Viedtīkls ir kontrolēts enerģijas sadales tīkls. Viedtīkls darbojas kā efektīva atjaunojamo energoresursu izmantošanas vadības sistēma. Tomēr arī te viedtīklus skar virkne problēmu, tostarp kiberdrošība, enerģijas uzkrāšanas materiāli, politika, neregulāra elektroenerģijas izstrāde un ražojošie patērētāji [66].

Piedāvājuma un pieprasījuma nelīdzsvarotības mazināšanai viedtīklos var izmantot slodzes prognozēšanu. *Qinglong Meng et.al.* (2022) [67] iesaka lietot Elmana neirālo tīklu prognozes modeli kopā ar siltumenerģijas uzkrāšanas iekārtām, kas var nodrošināt maksimumslodzes pārslēgšanu un uzlabot elastīgumu ēkās [68].

Kad elektroenerģijas patērētāji kļūst par elektroenerģijas ražotājiem un saražotais apjoms pārsniedz tiešo patēriņu, ir iespēja šo lieko enerģijas daudzumu nodot tīklā, un šajā brīdī patērētāji kļūst par ražojošo patērētāju (patērētājs un ražotājs). Ar daudziem tīklā savienotiem ražojošiem patērētājiem un situācijā, kad ir parādījušies dažādi elektroakumulatoru veidi, piemēram, elektriskajos transportlīdzekļos, ir grūti un dārgi izsekot visus darījumus/elektroenerģijas plūsmas centralizēti. Pēdējos desmit gados lielu popularitāti ir ieguvusi blokķēdes tehnoloģija. Blokķēdes tehnoloģija pamatā ir sadalītā virsgrāmata, kas ir drošs veids, kā decentralizēti sekot darījumiem. Blokķēdes darba principa pamatā ir caurspīdīgums un ķēdē savienotu darbību kopums, kur katra saite ir savienota ar iepriekšējo tā, lai nebūtu iespējams veikt izmaiņas ķēdē (agrākie darījumi), nepamanot un neatzīstot krāpšanas manipulācijas [69].

Strepparava D. et.al. (2022) apskatīja blokķēdes risinājumu ieviešanu vietējā enerģijas tirgū, kas iekļāva instalāciju, ja nepieciešams faktiskais tehniskais nodrošinājums tehnoloģijas izmantošanai, kā arī tehnoloģijas atmiņas ierīce un centrālais procesors. Šī tehnoloģija tika testēta 18 dzīvokļu ēkās Šveices dienvidu daļā, un tika secināts, ka sistēmas darbības nodrošināšanai bija nepieciešama 100 MB atmiņa un 4 % no centrālā procesora (4 ARMv8 64-bit 1.2 GHz). Testētā aparatūras sistēma iekļāva arī elektroenerģijas tirgus cenas aktualizēšanu reizi ceturtdaļstundā [70].

Tas, ka parādās tādi jauna veida saules enerģijas paneļi kā caurspīdīgie, puscaurspīdīgie un organiskie fotoelementi, paver durvis estētiski patīkamākai šo paneļu iekļaušanai ēkās, samazinot šķēršļus saules fotoelementu lietojumam ēkās ar arhitektūras un/vai vēsturisko vērtību [71], [72], [73], [74], [75]. Ēkā integrētu fotoelementu piemērs ir parādīts 3.1. attēlā.



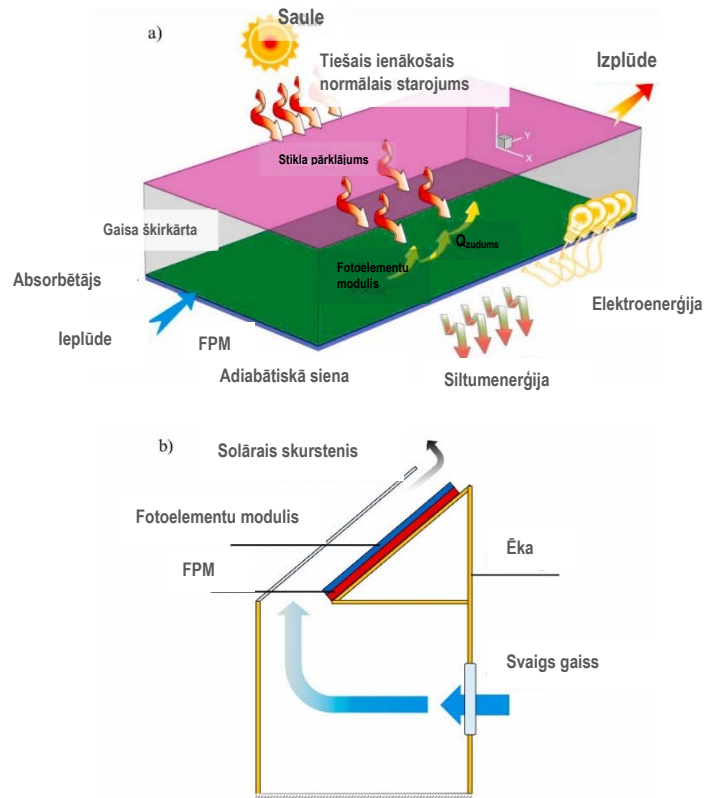
3.1. att. Ēkā integrētu fotoelementu piemērs [76]

Kā esam sapratuši no nesenā COVID-19 uzliesmojuma, ventilācija ir kritiski svarīga, lai ēkās uzturētu veselīgu vidi [77]. Ventilācija var būt mehāniskā vai pasīvā. Raugoties no vides aizsardzības viedokļa, pasīvās ventilācijas sistēmas būtu labāks risinājums, jo to ekspluatācijai vajag krietni mazāk vai nemaz ārējās enerģijas no cilvēku veidotiem enerģijas avotiem (elektroenerģija). Viena no šādām pasīvās ventilācijas sistēmām ir solārie skursteņi. Solāros skursteņus izmanto ne vien par pasīvo ventilācijas sistēmu, bet arī par pasīvo aukstumapgādes un siltumapgādes sistēmu. Solārā skursteņa pamatprincips ir kolonna/skurstenis, ko sasilda saules starojums un rada konvekciju skurstenī uzsildītā gaisa blīvuma atšķirību dēļ. Ar solāro skursteni ēku var sasildīt vai atdzesēt, un tas tiek panākts, manipulējot ar ventilācijas atverēm, ko var atvērt vai aizvērt.

Viens no pasīvo sistēmu galvenajiem trūkumiem ir to atkarība no klimatiskajiem apstākļiem un parasti, salīdzinot ar mehāniskajām alternatīvām, kurās tiek izmantota elektroenerģija, šīs sistēmas jābūvē lielākas, lai iegūtu tādu pašu ražīgumu. Tas attiecas arī uz solārajiem skursteņiem; lai nodrošinātu pietiekamu ventilāciju ēkām, šie skursteņi ir vairākkārt lielāki par parasto/mehānisko ventilācijas sistēmu, tāpēc lielas infrastruktūras attaisnošanai ir izstrādātas dažādu veidu hibrīdsistēmas, kas ļauj palielināt šo pasīvo sistēmu ražīgumu, tādējādi padarot sistēmas ekonomiski iespējamās.

Viens no šādiem hibrīdlietojumiem ir fāžu pārejas materiāla (FPM) kombinēšana ar fotoelementu (FE) paneļiem, kas ir integrēti solārajā skurstenī. Šīs hibrīdsistēmas pētījumiem pievērta uzmanību *Yan Cao et.al.* (2021) [78]. Šajās sistēmās FE paneļus izmanto par papildu enerģijas ražotājiem, kas palielina kopējo ražoto enerģiju, savukārt FPM lieto par dzesēšanas sistēmu FE paneļiem, kas palielina FE paneļu efektivitāti, un, tā kā FPM spēj uzkrāt enerģiju, FPM palielina arī ventilācijas plūsmas ātrumu nakts laikā. Šīs hibrīdsistēmas pamatā ir FPM princips: FPM absorbē enerģiju dienas laikā bez stipri pieaugošanas temperatūras (apslēptais siltums), tādējādi novēršot FE paneļu pārkaršanu, un šī absorbētā

enerģija tiek atbrīvota nakts laikā, uzkaršējot gaisu skurstenī un radot konvekciju pat tad, kad nav saules gaisa sasildīšanai. Šīs sistēmas shēma ir parādīta 3.2. attēlā.



3.2. att. Solārā skursteņa hibrīdsistēma ar integrētiem FE un FPM (Yan Cao et al. (2021)) [78]

Yan Cao et al. (2021) savā pētījumā atklāja, ka divi galvenie raksturlielumi, kas ietekmē sistēmu no ekonomiskā viedokļa, ir fāzi mainošā materiāla kušanas temperatūra un siltumvadītspēja. Paaugstināta siltumvadītspēja neietekmē solārā skursteņa gaisa masas plūsmas ātrumu un izplūdes gaisa temperatūru, taču tā palielina šādas hibrīdsistēmas elektrisko efektivitāti. Savukārt siltumietilpības pieaugums palielina elektrisko efektivitāti un samazina izplūdes gaisa temperatūru un pazemina masas plūsmas ātrumu [78].

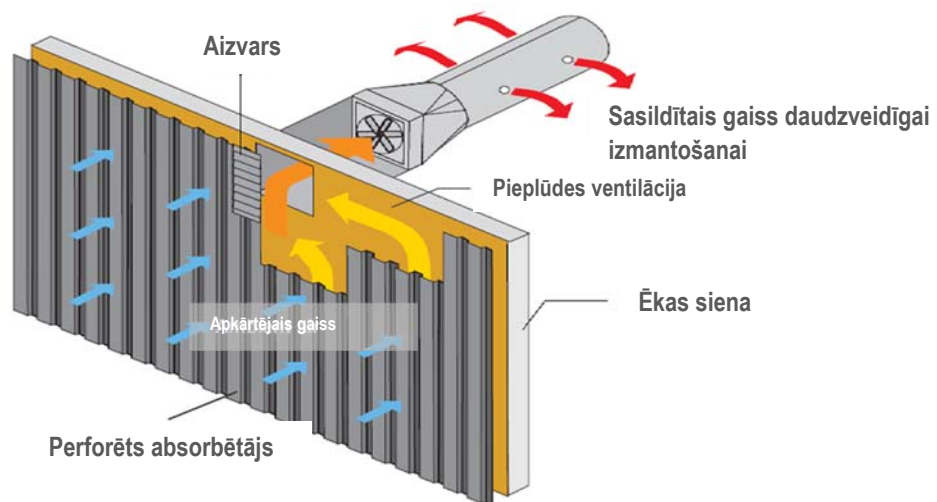
Izvēloties piemērotu kušanas temperatūru, fāžu pārejas materiālus var izmantot par alternatīvām standarta dzesēšanas tehnoloģijām uz tvaika saspiešanas bāzes. Šāda sistēma darbojas divās fāzēs: uzlādē un izlādē. Uzlādes fāze notiek nakts laikā, kad āra gaiss ir aukstāks, FPM ir pakļauts aukstākam āra gaisam un FPM sacietē. Izlāde notiek dienas laikā, un šīs fāzes gaitā sacietējušais FPM, kam ir zemāka temperatūra nekā āra gaisam dienas laikā, tiek izmantots, lai atdzesētu āra gaisu, pirms tas tiek nogādāts ēkā. Viduseiropas reģioniem par optimālu tiek uzskatīta 20 °C kušanas temperatūra. Pilnīga sacietēšana nakts laikā un pilnīga kušana dienas laikā ir nepieciešama apslēptā siltuma optimālai izmantošanai. Lai panāktu optimālus rezultātus, sistēmās jālīdzsvaro apjoms un gaisa plūsma [79].

Fāžu pārejas materiāli ir lielisks enerģijas uzkrāšanas veids augstās siltumietilpības dēļ, tomēr tie nav vislabākais variants gadījumos, kad ir vajadzīgs gan siltumapgādes, gan aukstumapgādes lietojums, jo šiem materiāliem ir viena noteikta kušanas temperatūra.

Šādiem lietojumiem vislabāk izmantot metālu hidrīdus, kas nodrošina termokīmisko enerģijas uzkrāšanu. Patriks Kreins (2022) un viņa grupa no Perdjū Universitātes Mašīnbūves skolas (Rietumlafajeta, Indiānas štats, ASV) pētīja metāla hidrīdu enerģijas akumulēšanas tehniski saimnieciskos aspektus, lai dzīvojamām mājām paredzētiem siltumsūkņiem varētu nodrošināt slodzes pārslēgšanu visu gadu. Savā pētījumā viņi atklāja, ka metāla hidrīdu siltumenerģijas uzkrāšana ar dzīvojamo māju siltumsūkņa sistēmām ļauj pārslēgt siltumsūkņa slodzi no maksimumstundām uz ārpusmaksimuma stundām. Taču saskaņā ar aprēķiniem šādas sistēmas atmaksāšanās periods pārsniedza 100 gadus [80].

Mehāniskās ventilācijas lielākā nepilnība – vērā ņemams enerģijas patēriņš – ir izraisījis tādu mehāniskās ventilācijas sistēmu projektēšanu, kas pielāgojas ēkas izmantotāju uzvedībai. *Nicolas Carbonare, et.al.* (2021) pētīja uz izmantotājiem vērstu pašapgaves regulatora ieviešanu decentralizētām dzīvojamo ēku ventilācijas sistēmām un atklāja, ka var sasniegt 20 % energoefektivitāti salīdzinājumā ar parastajām ventilācijas sistēmām, kas vienmēr ir ieslēgtā stāvoklī [81].

Ventilācijas sistēmas ieplūdes gaisa uzsildīšanai izmanto necaurspīdīgas, nestiklotas saules starojumu absorbējošas plātes. Šādas gaiscaurlaidīgas sistēmas parasti izmanto komerciālajiem, rūpniecības un lauksaimniecības procesa lietojumiem, bet var būt arī dzīvojamās ēkas siltuma avots. *Punnet Saini, et.al.* (2021) pētīja izplūdes gaisa siltumsūkņa sistēmas tehniski saimnieciskos aspektus, kā pierīces izmantojot nestiklotus caurlaidīgus saules enerģijas kolektorus Zviedrijas dzīvojamo ēku grupā. Viņi nāca pie secinājuma, ka nestiklotu caurlaidīgu saules enerģijas kolektoru integrēšanai izplūdes gaisa siltumsūkņa sistēmā ir pozitīva ietekme un tiek samazināts sistēmas kopējais elektroenerģijas patēriņš par 0,5 %. Elektroenerģijas patēriņa samazinājums nav pietiekams, lai neto pašreizējā vērtība būtu pozitīva. Tomēr viņi norāda, ka kolektoru platības palielināšana ir saistīta ar zemāku kopējo elektroenerģijas patēriņu un tādējādi ar siltumsūkņa augstāku sezonālo izstrādes normu. 3.3. attēlā ir redzama nestiklotu caurlaidīgu saules enerģijas kolektoru sistēmas darbības koncepcija [82].



3.3. att. Nestiklotu caurlaidīgu saules enerģijas kolektoru sistēmas darbības koncepcija [83]

Nulles enerģijas ēkas ir kritiski svarīga daļa viedās pilsētās un viedtīkla sistēmās. Nulles enerģijas patēriņa ēkas ir aktuāls temats visā pasaulē, ko norāda dažādi politikas principi pasaulē, piemēram, LEED Amerikas Savienotajās Valstīs, BREEAM Lielbritānijā,

Zaļo ēku zīme Ķīnā, tāpat Japāna un Kanāda izstrādā jaunu politiku, lai panāktu nulles emisijas ēku standartu līdz 2030. gadam, un Eiropas Savienība jau ir izstrādājusi vadlīnijas nulles emisijas ēkām un zaļās renovācijas ēkām [84].

Ārējo sienu izolācija ir viens no vispopulārākajiem ēkas enerģijas patēriņa samazināšanas paņēmieniem. *Huijun Wu, et.al.* (2022) veica supersiltumizolējošo sienas materiālu tehniskos pētījumus. Pētījumā tika atklāts, ka siltuma plūsmu var samazināt par 35 %, salīdzinot ar parastajiem izolācijas materiāliem. Viņi izmantoja materiālus ar ļoti mazu siltumvadītspēju, tādus kā aerogelu, un to uzstādīja noteiktos slāņos, lai izolācijas materiāls radītu termisko neviendabīgumu, proti, termiskās pretestības un kapacitātes sadali ārsienās [85].

Tirgū joprojām parādās jauni izolācijas materiāli. *Peng Liu et.al* (2022) pētīja ar aerogelu uzlabotus saliekamos šūnbetona paneļus un to, kā šie paneļi ietekmē ēku enerģijas patēriņu. Pētījumā tika konstatēts, ka šim jaunajam materiālam lielu ietekmi uz apsildes un dzesēšanas slodzi rada mitrumcaurlaidība [68].

Enerģijas pārnesei no gājējiem var izmantot pjezoelektriskās plāksnītes. *Rania Rushdy Moussa et.al.* (2022) veica pētījumu, ieviešot pjezoelektriskās plāksnītes sabiedriskā būvē – metrostacijā, kur ik dienas ir aptuveni 57 000 pasažieru. Tika secināts, ka, izmantojot 12 valstīs pieejamās pjezoelektriskās plāksnītes (SEF [86]), saražotā enerģija ar attiecīgo gājēju blīvumu bija 4788 kWh dienā, un tas bija pietiekami, lai segtu ēkas elektroenerģijas patēriņu. Daži no pjezoelektrisko plāksnīšu galvenajiem trūkumiem ir cenas un kalpošanas ilguma attiecība, ko nepieciešams pētīt papildus [87].

Ieviešot mašīnmācīšanos (MM) un mākslīgo intelektu (MI), ēkas var iegūt spēju “mācīties” un kļūt par viedajām ēkām. Karri Alanne un Seppo Sierla pievērsās MM ieviešanai viedajās ēkās Somijā. Savā pētījumā viņi atklāja, ka ēkas spēja mācīties ir izšķirošs faktors attiecībā uz ēkas piemērošanās spēju klimata pārmaiņām [88].

Lietu internets, tīmekļa pakalpojumi, e-pasti, tiešsaistes datu glabāšana utt. izmanto “mākonī”, citiem vārdiem sakot, tie ir “mākoņpakalpojumi”. “Mākoņa” neredzamā daļa ir datu centri, kas patērē lielu jaudas apjomu un rada atlikumsiltumu. *Sara Sajid et.al.* (2021) savā pētījumā pievērsās decentralizētai datu centra sistēmai, kas ar blokķēdes tehnoloģijas palīdzību ļauj sadalīt darba slodzi vairākās vietās. Decentralizētiem datu centriem ir daudzas priekšrocības, un viena no tām ir mazāki enerģijas pieprasījuma maksimumi, kas nodrošina zemākas enerģijas izmaksas, kā arī radītā atlikumsiltuma sadalīšanu. Atlikumsiltuma sadalīšana ļauj šo siltumu izmantot par siltuma avotu dzīvojamās mājās [89].

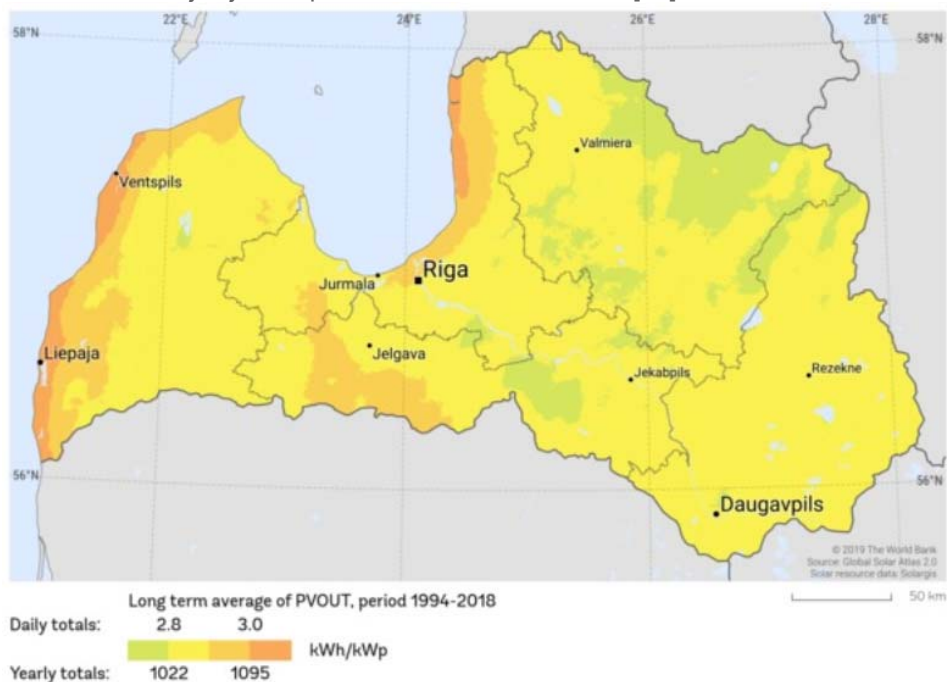
Savukārt individuālā (mājsaimniecības) līmenī uz reālās dzīves eksperimentu pamata tika veikta izpēte, lai novērtētu, kā mājas energovadības sistēmu (HEMS) izmantošana ietekmē elektroenerģijas patēriņa kontroli. *Tuomela et. al.* kontrolēja patēriņu pirms un pēc HEMS instalēšanas, patēriņa modeļus un saistību starp enerģijas izmantošanas uzvedību un individuālā patērētāja vērtībām. Tika secināts, ka mājsaimniecībās, kas ir gatavas pieļaut kompromisus attiecībā uz zināmu ērtību līmeni, izmantojot HEMS, var palīdzēt ietaupīt līdz 30 % elektroenerģijas patēriņa. Mājsaimniecībās, kas ērtības vērtē augstāk par enerģijas ietaupījumu, tomēr tika sasniegts zināms enerģijas patēriņa samazinājums [90].

4. ATSKAITE PAR ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU UN ENERĢIJAS UZGLABĀŠANAS POTENCIĀLU KVARTĀLA IETVAROS

4.1. Atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas pilsētu kvartālos

Lielākā daļa ēku fonda, aptuveni 70 %, ES valstīs ir celta pirms 1980. gada [91] un tās ir neefektīvas. Atjaunojamo energoresursu (AER) izmantošana pilsētvides ēkās ļautu samazināt CO₂ emisijas.

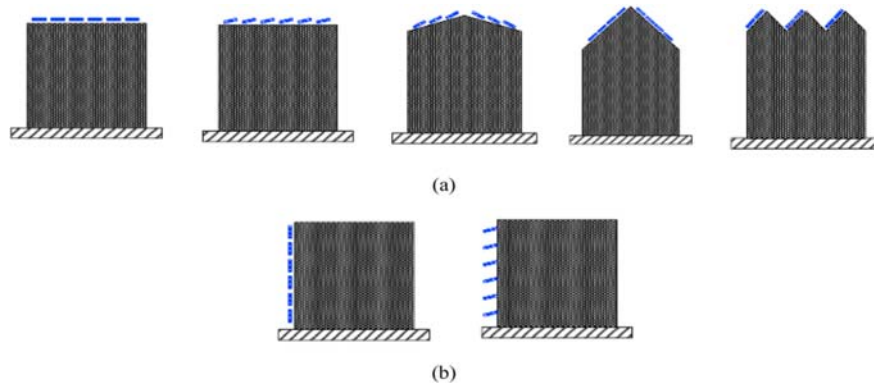
Saules enerģija ir vispieejamākā no visu veidu atjaunojamiem enerģijas avotiem, un to var izmantot gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas ražošanai. Vasaras saulgriežu laikā Latvijas teritorijas dienvidu daļā saules staru leņķis pārsniedz 57 grādus, savukārt ziemeļu daļā ir tikai mazliet lielāks par 55 grādiem. Visgarākā diena ir 22. jūnijā (17 stundas un 52 minūtes), bet visīsākā diena ir 22. decembrī (6 stundas un 43 minūtes). Ziemas saulgriežu laikā saules augstums virs horizonta ir tikai 8–9 grādi Latvijas ziemeļu daļā un 10–11 grādi dienvidu daļā. Kopumā saule spīd vidēji 1790 stundas gadā (vidējā vērtība ir aprēķināta periodam no 1950. gada līdz 2010. gadam saskaņā ar novērojumiem 12 meteoroloģiskajā stacijās). Latvijas teritorijā stundu skaits atšķiras no 1600 līdz 1970 stundām. Saules starojums Latvijā var sasniegt līdz 1095 kWh/m² gadā. Rīgā saules starojums var sasniegt 1022 kWh/m² gadā, sk. 4.1. attēlu. Vidējais gada kopējais saules starojuma daudzums ir 3500–4000 MJ/m², tostarp 600–650 MJ/m² nonāk uz Zemes virsmas jūnijā un aptuveni 30 MJ/m² decembrī [92].



4.1. att. Fotoelementu jaudas potenciāls Latvijas teritorijā (1994–2018)

Ar PV paneļu palīdzību saules enerģiju var pārveidot elektroenerģijā. Darbības laikā tie rada nulle emisiju, un tāpēc tie uzskatāmi par iespējamu risinājumu fosilā kurināmā spēkstaciju nomaigai [93]. Fraunhoferas institūta pētnieki norāda, ka fotoelektriskie PV paneļi un ēkā integrētie fotoelektriskie paneļi ir sasnieguši masveida ražošanas līmeni [94]. Ēkā integrētu fotoelektrisko paneļu tehnoloģijas izmanto dažādu tipu ēkās – rūpniecības, publiskajās,

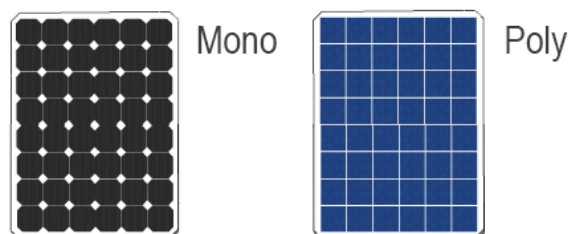
daudzstāvu un mazstāvu dzīvojamās ēkās un privātmājās. Pastāv dažādas fotoelementu uzstādīšanas iespējas kā apkopojis Alravašdehs (4.2. attēls) [95].



4.2. att. Saules paneļu iespējamais izvietojums a) uz jumta un b) pie sienām

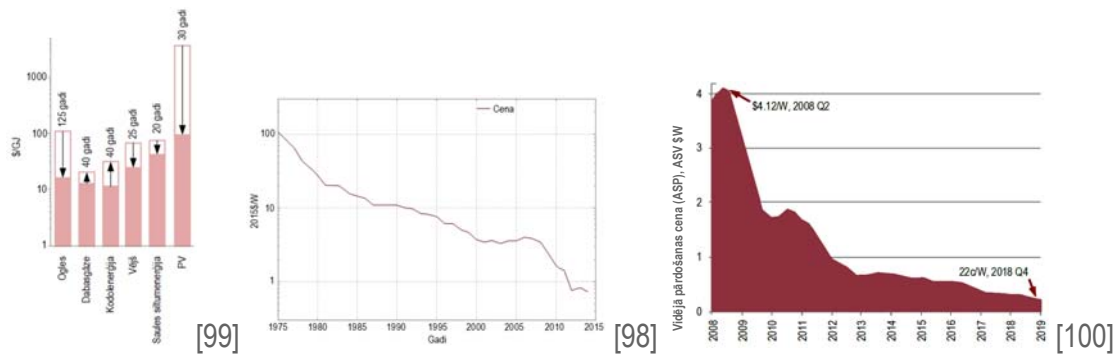
4.1.1. Pirmās paaudzes saules fotoelementi

Mūsdienās plaši lietotie pirmās paaudzes saules fotoelektriskie paneļi (kristāliskā silīcija šūnas) ir izgatavoti no silikona paneļiem (4.3. attēls). Izgatavošanai izmantotas monokristāliskās vai polikristāliskās plātes. Monokristāliskie saules enerģijas paneļi ir izgatavoti no plātēm, kas nogrieztas no augstas tīrības pakāpes silīcija stieņa, savukārt polikristāliskie saules enerģijas paneļi ir izgatavoti no plātēm, kas nogrieztas no kvadrātveida silīcija stieņa. Šīs tehnoloģijas priekšrocība ir augsta efektivitāte un izejmateriālu zemās izmaksas. Pašlaik komerciāli ražoto pirmās paaudzes fotoelektrisko paneļu efektivitāte var sasniegt 17–20 %. No 2000. gada dominē polikristāliskā metode attīrītā silīcija izmantošanas dēļ [96]. Pirmās paaudzes fotoelementu izmaksas ir 120–200 euro kvadrātmetrā [97]. Monokristālisko fotoelektrisko paneļu cena ir 150–250 euro kvadrātmetrā atkarībā no sistēmas izmēra.



4.2. att Pirmās paaudzes saules fotoelektriskie paneļi

Pēdējo divdesmit gadu laikā saules fotoelementu tehnoloģijas ir pieredzējušas visnozīmīgāko izmaksu samazinājumu citu enerģijas tehnoloģiju vidū [98], [99]. Zemāk dotajā 4.4. attēlā ir attēlots saules fotoelementu tehnoloģijas izmaksu samazinājums, salīdzinot ar citām tehnoloģijām (a), un samazinājums 45 (b) un 15 gadu laikā (c).



4.3. att. Saules fotoelementu tehnoloģijas izmaksu samazinājums

4.1.2. Otrās paaudzes saules fotoelektriskie paneļi

Otrās paaudzes saules fotoelektriskie paneļi ir izgatavoti no plānas amorfā silīcija plēves (a-Si), kadmija telurīda (CdTe) vai vara indija gallija selenīda (CIGS) plānas plēves, sk.1.8. ilustrācijā. Amorfā silīcija saules fotoelementu moduļu ražošanai ir nepieciešama zemāka temperatūra, tāpēc izejmateriālu un resursu patēriņš ir mazāks, un tas ļauj samazināt galaprodukta cenu. Pašlaik komerciāli ražoto amorfā silīcija saules fotoelementu paneļu efektivitāte ir 4–8 % diapazonā. Kadmija telurīda (CdTe) saules fotoelementu paneļi ir tehnoloģija, kas saistīta ar zemākām izmaksām. Šīs tehnoloģijas priekšrocības ir augsta absorbcijas spēja un ķīmiskā stabilitāte. Saules fotoelektriskais panelis tiek izgatavots, sasaistot vairākas kadmija sulfīda kārtas vienu virs otras. Kadmija telurīda saules fotoelektrisko paneļu efektivitāte ir 9–11 %. Taču kadmijam tiek klasificēts kā smagais metāls, un tam var būt toksiska iedarbība uz vidi, cilvēkiem, augiem un dzīvniekiem. Pēc ekspluatācijas laika beigām kadmija likvidēšana ir bīstama gan videi, gan sabiedrībai, un tas var ievērojami palielināt izmaksas [101]. Plānas plēves saules fotoelementu paneļu cena ir aptuveni 40 euro kvadrātmetrā [97].

4.1.3. Trešās paaudzes saules fotoelektriskie paneļi

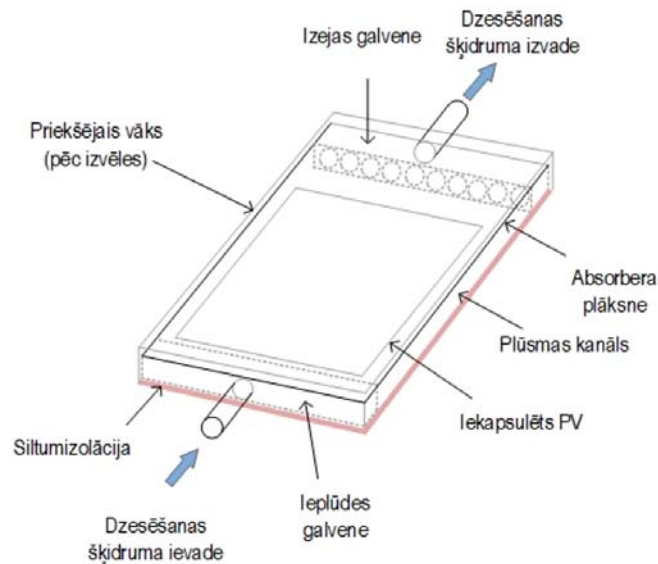
Trešās paaudzes saules fotoelektrisko paneļu ražošanas tehnoloģijas pamatā ir nanokristāli, polimēru kristāli, koncentrēšanas elementi. Šīs paaudzes saules fotoelektriskie paneļi vēl ir izstrādes stadijā un nav komerciāli pieejami. Nanokristāliskie saules paneļi ir izgatavoti no ļoti mazu izmēru pusvadītāju materiāliem - silīcija vai titāna dioksīda. Šī tehnoloģija ir izgudrota, lai aizstātu otrās paaudzes saules fotoelektriskajos paneļos izmantotos materiālus Si, CdTe, CIGs. Polimēru substrāta dēļ šie paneļi ir elastīgi. Materiāla īpašības paver jaunas iespējas izmantot saules elementu paneļus dažādos lietojumos, pat iestrādājot tekstilizstrādājumos. Šādus saules fotoelementu paneļus var arī viegli pārstrādāt.

Perovskīta saules elementi var būt gan silīcija, gan polimēru saules enerģijas paneļi, kuros organiskās sāļi materiāls ir pārklāts ar absorbējošu slāni. Perovskīta slāņa izmantošana ļauj iegūt līdz 24 % lielu efektivitāti, taču visefektīvākie perovskīta savienojumi satur smagos metālus un ir toksiski [102]. Perovskīts ir jebkurš materiāls, kam ir tāda paša tipa kristāliskā struktūra kā kalcija titāna oksīdam (CaTiO₃), ko dēvē par perovskīta struktūru [103].

4.1.4. Hibrīda siltumenerģijas un fotoelektriskie saules paneļi

Hibrīdie siltumenerģijas un fotoelektriskie saules paneļi (PVT – photovoltaic-thermal) vienlaicīgi ražo elektroenerģiju un siltumu [104]. Saules paneļu efektivitāte samazinās, ja temperatūra paaugstinās virs 25 °C. Efektivitātes samazinājums ir aptuveni 0,4–0,5 % katram

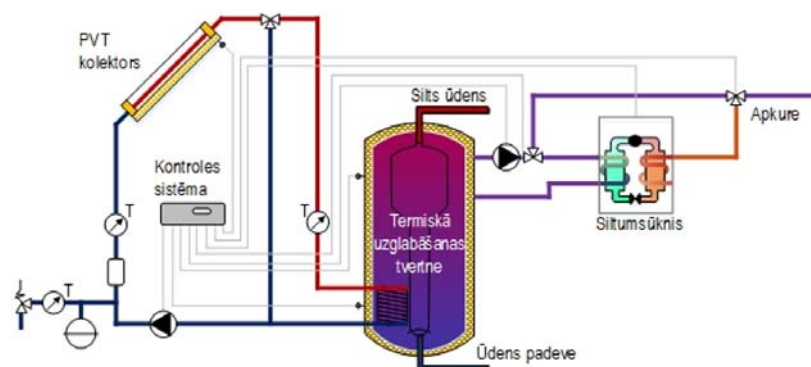
Celsija grādam virs 25 °C. Šī iemesla dēļ ir izstrādāta fotoelektrisko paneļu dzesēšanas sistēma, kas noņem no paneļa lieko siltumu. Lieko siltumu var izmantot, piemēram, karstā ūdens uzsildīšanai. Šāda hibrīdpaneļa efektivitāte var sasniegt 60–80 % [105]. Hibrīda siltumenerģijas un fotoelektriskie saules paneļa uzbūves shēma ir parādīta 4.5. attēlā.



4.2. att. Hibrīda siltumenerģijas un fotoelektriskie saules paneļu sistēmas uzbūves shēma [106]

Siltumnesējs vai dzesēšanas šķidrums panelī var būt gaiss, ūdens vai aukstumaģents. Visaugstākā efektivitāte fotoelementu siltumenerģijas saules paneļos tiktu sasniegta, par siltumnesēju izmantojot ūdeni [107].

Hibrīda siltumenerģijas un fotoelektriskie saules paneļu sistēmas var savienot ar siltumapgādes sistēmu un elektroenerģijas tīklu. Ja siltumenerģijas panelī par aukstumaģentu izmanto gaisu, uzsildītais gaiss iet cauri sildītājam, un to var izmantot, lai segtu siltuma pieprasījumu. Ja par aukstumaģentu izmanto ūdeni vai citu šķidro siltumnesēju, slēgtā hidrauliskajā tīklā uztverto papildu siltumu transportē uz glabāšanas tvertni un pēc tam uz primāro cilpu uz ūdens-ūdens siltumsūkni, sk. 4.6. attēlā [105]. Fotoelementu hibrīda siltumenerģijas saules elementu paneļu cena ir 1,5–2 reizes augstāka nekā līdzvērtīgai saules siltumenerģijas sistēmai un paredzamais atmaksāšanās laiks ir 15–21 gads [108].



4.6.att. Hibrīda siltumenerģijas un fotoelektriskie saules paneļu sistēmas darba shēma, siltumnesējs - ūdens [105]

4.1.5. Saules sekošanas sistēmas

Fotoelektriskie paneļi ar sekošanas sistēmu ir efektīvāki par fiksētajiem paneļiem. Ir pieejamas vienas, divas un pusotras ass sekošanas sistēmas. Vienas ass sekošanas sistēma ļauj paneļi pagriezt horizontāli vai vertikāli vienas ass virzienā. Paneļi darbina motors ar vadības sistēmu, kas ļauj paneļi pagriezt dienas laikā no austrumiem rītausmā uz rietumiem saulrietā. Divas ass sistēma ļauj saules enerģijas paneļi pagriezt gan vertikāli, gan horizontāli, palielinot ražotās enerģijas daudzumu. Divas ass sistēmu var izmantot saules enerģijas moduļiem līdz 10 kW, taču ir nepieciešami divi motori, kas palielina sākotnējos kapitālieguldījumus. Pusotras ass sistēma dod iespēju daļēji kustināt vertikāli un horizontāli, nesamazinot slīpuma leņķi zemāk par 30°. Tomēr šis risinājums vēl nav izmantojams Eiropā, jo ziemas laikā Eiropas lielākajā daļā saules zenīta leņķis ir mazāks par 30°, tāpēc šādas sistēmas izmantošana būtu mazāk efektīva [102].

4.1.6. Saules enerģijas paneļu jauda

Saules enerģijas paneļu sistēmas ir pieejamas no 300–500 W dzīvojamām ēkām, 50–500 kW rūpnieciskajai ražošanai un no 20–60 MW saules elektrostacijām. Saules enerģijas paneļu uzstādīšanai dzīvojamās ēkās ir nepieciešama 1 m² liela jumta virsma 1 m² lielam saules paneļim. Saules enerģijas paneļa jauda ir atkarīga no starojuma intensitātes un moduļa temperatūras. Moduļa orientējošie maksimālās jaudas parametri parasti ir 1000 W/m² un temperatūra 25 °C. Paaugstinoties temperatūrai, saules enerģijas paneļa efektivitāte samazinās. Uzstādītās sistēmas faktiskā jauda nereti atšķiras no nominālās jaudas, to ietekmē uzstādītais papildu aprīkojums (līdzstrāvas-maiņstrāvas pārveidotājs, kabeli, transformatori) un temperatūra vai starojuma leņķis, kā arī noēnojums. Saražoto enerģiju var aprēķināt, izmantojot sekojošu formulu [102]:

$$E = S \times \eta_0 \times R \times PR \quad (4.1.)$$

kur

E – saražotā jauda, kWh;

S – FE paneļu platība, m²;

η_0 – FE paneļa efektivitāte, %;

R – globālais horizontālais starojums, kWh/m²;

PR – zudumu koeficients (0,75–0,90).

4.1.7. Saules enerģijas paneļu ietekme uz vidi

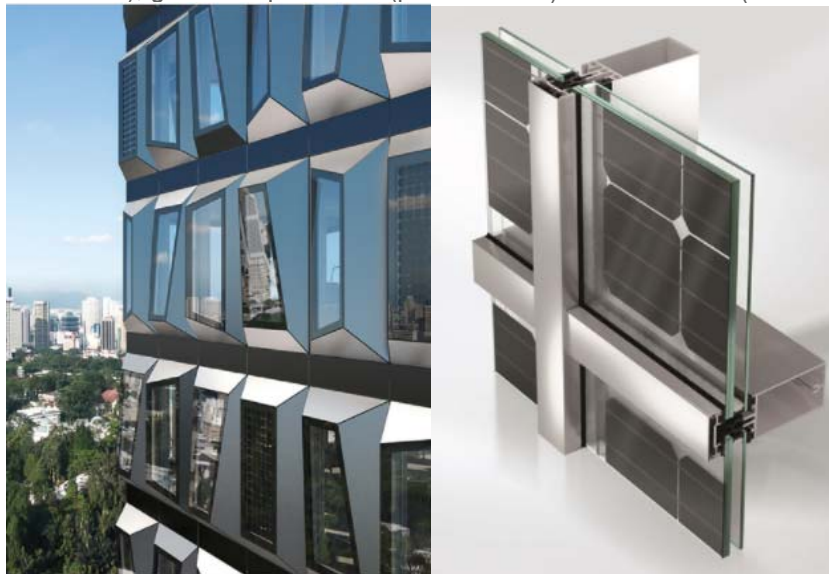
No vienas puses, saules enerģijas paneļu sistēmu izmantošana pozitīvi ietekmē vidi, samazinot fosilās enerģijas patēriņu un gaisa piesārņojumu. No otras puses, otrās paaudzes saules fotoelementu paneļos lietotais kadmijs, kā arī trešās paaudzes saules fotoelementu paneļos lietotais perovskīts ir smagais metāls, un tam var būt toksiska iedarbība uz vidi, cilvēkiem, augiem un dzīvniekiem gan ekspluatācijas laikā, gan pēc tās [102]. Industrija strādā pie tā, lai 1) komponentus ar vislielāko ietekmi uz vidi aizstātu ar netoksiskiem komponentiem [109]; un 2) materiālu plūsmas ciklā [110]. *Hernández-López et al* secinājuši, ka ar finansiālu atbalstu PV paneļu pārstrādes veicināšanai, ietekmi uz vidi varētu samazināt par 70% [111].

4.1.8. Saules enerģijas paneļu izmantošana fasādēs

PV sistēmas tradicionāli izvieto uz ēku jumtiem, un tas ir īpaši parocīgas kultūrvēsturiski vērtīgā pilsētvidē, kur AER tehnoloģiju integrēšana ēkā pastāv dažādi ierobežojumi, jo tās varētu negatīvi ietekmēt ēku estētiku. Tā kā bieži esošajā pilsētvidē ir arī ierobežota vieta AER tehnoloģijām, PV paneļus var iestrādāt ēkas norobežojošā konstrukcijā [112].

Pēdējo desmitgažu laikā industrija ir ieguldījusi līdzekļus dažādu ēkā integrētu fotoelementu (BiPV) sistēmu projektos, tādējādi arhitektiem un projektētājiem to dažādība varētu kļūt pievilcīgāka izmantošanai projektos. Tas ļautu palielināt BiPV sistēmu izplatību un kopējo uzstādīto jaudu. Tomēr šādi PV paneļi ir mazāk efektīvi nekā tradicionālie saules enerģijas paneļi, ko izvieto uz jumta [113].

Atšķiras BiPV sistēmu veidi, kā arī krāsas un formas, tādējādi tie izmantojami, kā mākslinieciskās izteiksmes līdzeklis ēkas arhitektūrā. BiPV sistēmās var izmantot gan pirmās paaudzes (kristāliskos), gan otrās paaudzes (plānās filmas) fotoelementus (sk. 4.7. attēlu).



4.7. att. Fasāde ar kristāliskajiem fotoelementiem, kas integrēti vēdināmā fasādē [114]

Otrās paaudzes saules fotoelementu integrēšana fasādē ir veikta, piemēram, Bibienas pilsētā (Itālijā) (sk. 4.8.attēlā). Vidējais saules starojums tur sasniedz 1400 kWh/m² gadā. Uz fasādes tika uzstādīti 420 saules enerģijas paneļi, kopējā sistēmas uzstādītā jauda 63 kW [115].

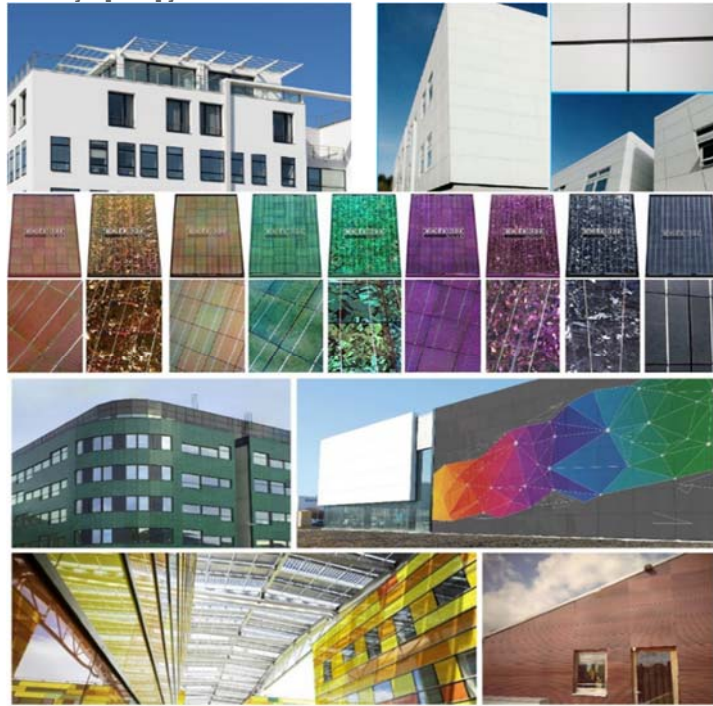


4.8. att. Otrās paaudzes saules fotoelementu integrēšana fasādē

4.1.9. Arhitektoniskai projektēšanai pielāgoti BiPV

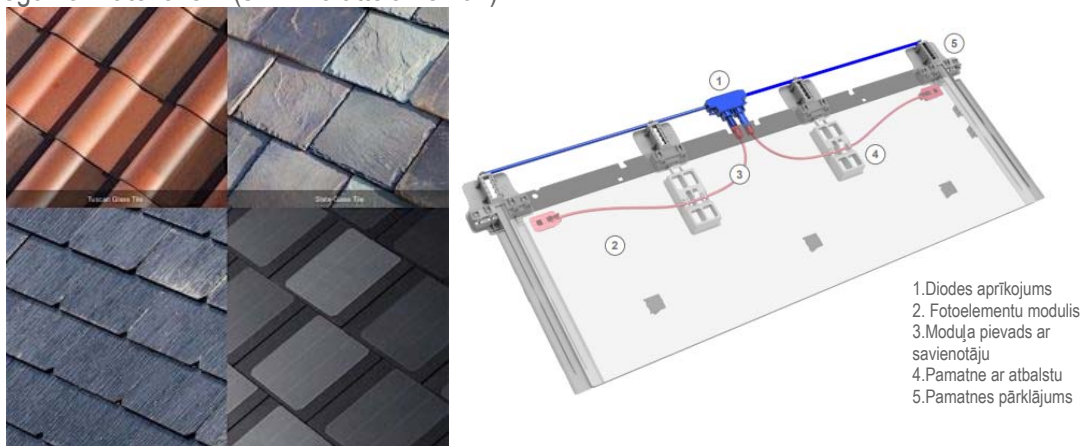
VPP-EM-EE-2018/1-0003

Mūsdienās ir pieejami dažādu krāsu BiPV (sk. 4.9. attēlu). Tomēr šādiem ēkā integrētiem fotoelementiem ir mazāka efektivitāte nekā tradicionālajiem PV paneļiem [116]. Piemēram, Šveices uzņēmumā “Solaxess” tiek ražoti balti FE paneļi, kam saskaņā ar uzņēmuma izdoto tehnisko specifikāciju [117] jauda ir 106–142 W/m².



4.9. att. Arhitektoniskai projektēšanai pielāgoti BiPV

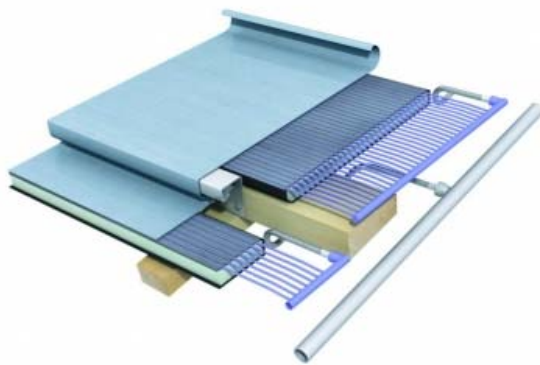
Bez plaša krāsu spektra cita tendence BiPV tehnoloģiju izstrādē ir tradicionālo būvmateriālu, jumta plātņu, metāla lokšņu imitācija. “Tesla” piedāvā jumta segumu apvienot ar PV tehnoloģiju, izmantojot rūdīto stiklu, un iegūst gandrīz identisku izskatu tradicionālajiem jumta seguma materiāliem (sk. 4.10 attēlā zemāk).



4.10. att. Tesla” jumta dizains atgādina tradicionālos jumta seguma materiālus

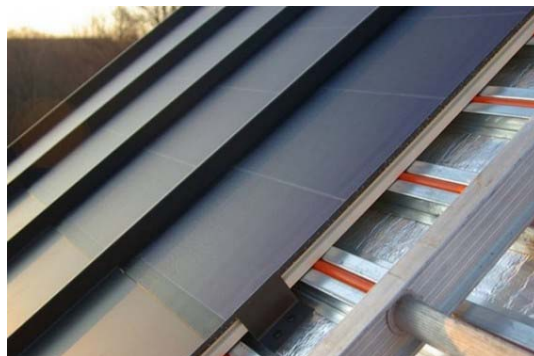
https://www.tesla.com/sites/default/files/downloads/Solar_Roof_First_Responder_Guide_en.pdf

Vadošais jumta skārda ražotājs “Rheinzink” piedāvā saules siltumenerģijas sistēmu “Quick Step-Solarthermie”, kur saules enerģijas kolektors ir novietots zem plāna jumta skārda pārklājuma – metāla lokšnes uztver saules enerģiju un apkārtējās vides siltumu, un to papildus absorbē zem skārda seguma izvietotā cauruļvadu struktūra (sk 4.11. attēlā zemāk).



4.11. att. Saules siltumenerģijas sistēma zem jumta seguma
<https://www.world-architects.com/es/pages/praxis/praxis-39-12-Rheinzink>

Savukārt uzņēmuma “Englert” saules divslāņu jumta sistēma, apvieno plānas plēves PV un tam apakšā izvietotu saules kolektoru. Vizuāli sistēma izskatās kā tradicionālais metāla jumta segums (sk. 4.12 attēlu) [118].



4.12. att. Saules divslāņu jumta sistēma apvieno plānu plēvi, metāla loksnes un saules enerģijas kolektoru.
<https://www.jetsongreen.com/2011/09/solar-sandwich-bipv-solar-thermal-englert.html>

Luo et al [119] norāda, ka, izmantojot vienīgi aktīvu ēkas norobežojošo konstrukciju (piemēram BiPV (Building integrated PV)), kas pārveido un nodod patērētājam uz vietas pieejamo atjaunojamo enerģiju, ir apgrūtināti sasniegt ievērojamu energoefektivitātes paaugstinājumu bez kombinācijas ar ēkas norobežojošo konstrukciju siltumtehniko īpašību uzlabošanu un ventilācijas siltuma zudumu samazināšanu (pasīvie risinājumi). Lai panāktu optimālu, nepieciešams kombinēt aktīvo un pasīvo tehniku izmantošanu, kā arī pievienot un attīstīt tehnoloģijas, kas ļauj efektīvāk uztvert ēkas tiešā tuvumā pieejamo enerģiju un efektīvi izmatot to ēkas energoapgādei.

4.1.10. Nestikloti solārie gaisa kolektori

Nestikloti solārie gaisa kolektori ir sistēma, kas satur perforētu absorbētāja slāni. Kolektors absorbē saules enerģiju sasildot absorbētāja virsmu un pēc tam pārvada siltumenerģiju apsildāmajā telpā. Absorbētāja virsma ir metāla plāksne, ko var piestiprināt pie ēkas fasādes. Iesūcot gaisu caur daudziem solārās absorbējošās plāksnes perforācijas caurumiem gaisa šķirkārtā starp virsmas slāni un fasādi, virsma starp metāla plāksni, kas kalpo kā siltuma apmaiņas virsma palielinās, tādējādi uzlabojot enerģijas uztveršanas efektivitāti [120].

4.1.11. Dažādvirzienu vēja turbīna

Vēja ģeneratori elektroenerģijas ražošanas biežāk ir sastopami mazapdzīvotās vietās, nevis pilsētvidē, un šo ģeneratoru darbība būtisko ietekmē attiecīgās vietas telpisko kompozīciju. Tomēr pētījumos tiek strādāts pie jaunām tehnoloģijām enerģijas ieguvei pilsētvidē izmantojot vēju. Viens no šādiem eksperimentiem ir daudzvirzienu vēja turbīna – jauna koncepcija, kas izstrādāta, lai atrisinātu tipiskās vēja turbīnu izaicinājumus pilsētvidē (vibrācijas, troksnis u.c.) un tās varētu izmantot blīvi apdzīvotā pilsētvidē. Daudzvirzienu turbīnu ir paredzēts novietot balkonos vai piestiprināt pie ēkas sienām, jo visvirzienu turbīna var uztvert vēju, kas pūš jebkurā virzienā. Daudzvirzienu vēja turbīnas darbības princips ir tāds, ka turbīnas virsmā ir iegrieztas ventilācijas atveres, tāpēc vējš var plūst no jebkura virziena un daudzvirzienu vēja turbīna rotē ap asi un tādējādi ļauj ģeneratoram pārveidot enerģiju (sk. 4.13. attēlu) [121].



4.13.att. Daudzvirzienu vēja turbīna (koncepcija), ko varētu izmantot blīvi apdzīvotā pilsētas teritorijā [121]

Pagaidām daudzvirzienu vēja turbīnas tehnoloģija ir attīstības stadijā, tā jāattīsta, lai varētu droši izmantot blīvi apdzīvotā pilsētvidē. Cits mēģinājums uzlabot vertikālās ass vējaturbīnas estētiskās īpašības ir “Enesserre Hercules” vēja turbīna, ko paredzēts izmantot kā ainavisku elementu, arhitektūras mazo formu. Tehniskajā dokumentācijā par “Hercules” mazo vēja turbīnu ir norādīts, ka tās maksimālā aerodinamiskā jauda ir 4 kW un, ja vēja ātrums ir 6 m/s, tā var saražot ~5000 kWh gadā (sk. 4.14. attēlu) [122], [123].



4.14.att “Enesserre Hercules” mazā vēja turbīna izmantošanai pilsētas teritorijā [122]

“Aeroleaf” vēja turbīnas koncepcijas pamatā ir pētīta biomimikrija, radot vēl mazāka mēroga tehnoloģiju – mikro vēja turbīnas kombinētas kompozīcijā, kas izskatās kā koks. Mazā izmēra dēļ tā var pārveidot elektroenerģijā pat vismazākās vēja pūsmas (2,5 m/s). Viena koka uzstādītā jauda ir 3,5–5,4 kW (2,4 MWh saražots gadā). Sistēmu var apvienot arī ar PV elementiem. Tomēr sistēmu vēl nepieciešams attīstīt, lai nodrošinātu optimālu funkciju un cenu (sk. 4.15. attēlu) [123]–[127].



4.15.att. "Aeroleaf" vējturbīna [128], [129]

Sekojoš estētiski pievilcīgu vējturbīnu pieprasījumam, nozare piedāvā jaunus izstrādājumus. Cits piemērs ir "Leviathan Energy" ziedu vējturbīnas. Atkarībā no lāpstiņas izmēra (1–5 m), gada izstrāde tiek lēsta no 250–1000 kWh mazākajam izmēram līdz pat 6000–12000 kWh lielākajam izmēram (sk.4.28. attēlu) [123], [130], [131].



4.16. att. "Leviathan Energy" ziedu vējturbīnas [130]

Dažādu atjaunojamo energoresursu (vējš + saule) izmantošana var palīdzēt līdzsvarot enerģijas pieprasījumu un piedāvājumu, jo vēja un saules enerģijai nav vienādi enerģijas ražošanas maksimumi. Tomēr situācijas pētījuma pilsētas kvartāla sistēmas dinamiskajā modelī vēja enerģija nav ņemta vērā, jo izmantošanai pilsētvidē joprojām ir attīstības stadijā.

4.2. Siltumsūkņi

Otrais termodinamikas likums nosaka, ka siltums tiek pārnests no ķermeņa vai vides ar augstāku temperatūru ķermenim vai videi ar zemāku temperatūru. Siltumsūkņos zema potenciāla siltuma temperatūra tiek paaugstināta, izmantojot apgriezto termodinamisko ciklu ar augsta potenciāla enerģiju (elektrisko, mehānisko, augstas temperatūras siltumenerģiju) [132].

Siltumsūkņi ir iekļauti projekta ievaros izstrādātajā enerģijas aprites modelī, kas atspoguļo enerģijas plūsmas piemēripētes kvartālā. Siltumsūkņi tiek izmantoti modelī siltuma atgūšanai no datu centriem un notekūdeņiem. Atgūto enerģiju var izmantot, lai nodrošinātu apkures pieprasījumu vai karstā ūdens uzsildīšanu. Atlikumsiltums ir pieejams visu gadu, un siltumsūkņi ļauj paaugstināt temperatūru līdz vēlamo līmenim gan patēriņam uz vietas, gan nodošanai tīklā, ja rastos enerģijas pārpalikums. Siltumsūkņi integrēti arī enerģijas ražošanā PVT paneļu sistēmā.

4.2.1. Siltumsūkņu lietderības koeficients (COP)

Lietderības koeficients ir saražotā siltuma attiecība pret patērēto pievadītās enerģijas daudzumu. Siltumsūkņi saņem siltuma daudzumu q_1 no vides, kuras temperatūra ir T_1 , ciklā

patērē darbu l un nodod siltumu q ar augstāku temperatūru T citam ķermenim. Siltumsūkņa lietderības koeficientu aprēķina ar formulu (4.2) [132]:

$$\varepsilon_s = \frac{q}{q - q_1} = \frac{q}{l} \quad (4.2)$$

kur

ε_s – lietderības koeficients;

q – saražotā siltumenerģija, J;

q_1 – siltuma avotā saņemtā siltumenerģija, J;

l – darbs, J.

Ja siltumsūknis darbojas saskaņā ar Karno ciklu, lietderības koeficientu (COP) aprēķina saskaņā ar formulu (4.3) [132]:

$$\varepsilon_s = \frac{T}{T - T_1} \quad (4.3)$$

kur

ε_s – lietderības koeficients;

T – temperatūra siltumapgādes sistēmā, K;

T_1 – temperatūra siltuma avotā, K.

Citos literatūras avotos lietderības koeficientu (COP) aprēķina saskaņā ar formulu (4.4) [102]:

$$COP = \frac{\text{Piegādātais siltums}}{\text{Patērētā elektroenerģija}} \quad (4.4)$$

kur

COP – lietderības koeficients;

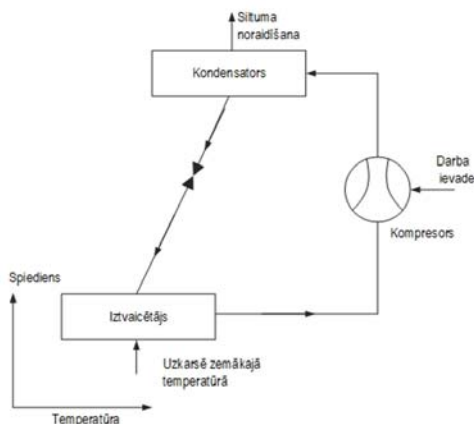
Piegādātais siltums – siltumapgādes sistēmai piegādātais siltums, kW;

Patērētā elektroenerģija – procesa laikā patērētā elektroenerģija, kW.

Pēc konstrukcijas siltumsūkņus var iedalīt kompresijas siltumsūkņos, absorbcijas siltumsūkņos, termoelektriskajos siltumsūkņos, Braitona cikla siltumsūkņos, Bernoulli tipa siltumsūkņos, Štirlinga cikla siltumsūkņos, hibrīda siltumsūkņos [133]. Centralizētajā siltumapgādē visplašāk izmanto kompresijas un absorbcijas siltumsūkņus [102], un modelēšanā ir izmantoti šī tipa siltumsūkņu darbības principi.

4.2.2. Kompresijas siltumsūkņi

Kompresijas siltumsūkņu saražotais siltuma daudzums parasti ir 3 līdz 5 reizes lielāks par elektroenerģiju vai mehānisko enerģiju, ko tas patērē temperatūras paaugstināšanai [102]. Siltumsūkni veido kompresors, kondensators, regulējošais vārsts (drosele) un iztvaicētājs. Kompresorā darba šķidrums tiek saspiests (tā spiediens paaugstinās), un rezultātā tā temperatūra manāmi paaugstinās. Kondensatorā darbviela kondensējas un atdod temperatūru siltumnesējam siltumapgādes sistēmā. Regulējošā vārstā darba vides spiediens manāmi samazinās, jo darba vides temperatūra pazeminās, un tā ir zemāka nekā siltuma avota temperatūra. Iztvaicētājā darbviela saņem siltumu no siltuma avota (ūdens vai gaiss situācijas pētījumā), un tā rezultātā tā iztvaiko. Pēc iztvaicētāja darbviela nonāk kompresorā, kur tā atkal tiek saspiesta (sk. 4.17. attēlu) [133].

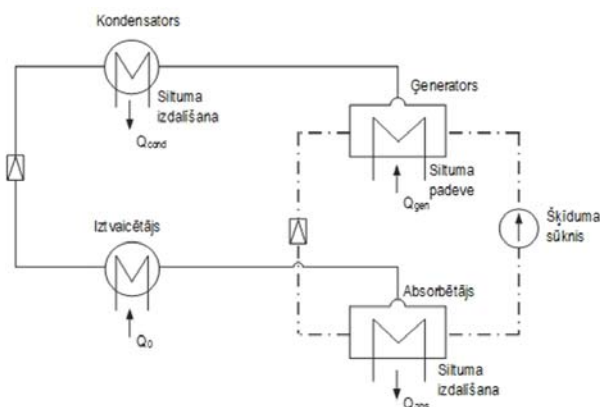


4.17. att. Kompresijas siltumsūkņa darba cikls [134]

4.2.3. Absorbcijas siltumsūkņi

Absorbcijas siltumsūkņos darbvielas iztvaikošanas mērķiem tiek piegādāta augsta potenciāla siltumenerģija, lai atgūtu siltumenerģiju no zema potenciāla enerģijas [102]. Absorbcijas siltumsūkņi nepatērē mehānisko enerģiju, jo tiem nav nepieciešami kompresori darba šķidrumsa saspiešanai. Par darba šķidrumu tiek izmantots vielu maisījums, ko veido gaistošāka un mazāk gaistoša viela. Visplašāk izmantotie maisījumi ir litija bromīds un amonjaka ūdens šķīdums [135]. Termiski vadāmiem absorbcijas siltumsūkņiem ir nepieciešama minimāla barošana no elektroenerģijas tīkla, jo sistēmā nav kompresora [136]. Siltuma absorbcija notiek brīdī, kad darba šķidrums iztvaiko zemā spiedienā, savukārt siltuma izdalīšana notiek tad, kad darba šķidrums kondensējas augstspiediena zonā. Procesā regulējošais vārsts samazina darba šķidrumsa spiedienu no kondensācijas spiediena līdz iztvaikošanas spiedienam. Siltumsūkņi veido kondensators, regulējošais vārsts un iztvaicētājs [137].

Atkarībā no sistēmas kapacitātes procesa siltuma ievadīšanas temperatūrai jābūt no 70 °C līdz 90 °C. Iespējamie siltumenerģijas avoti ir atlikumsiltuma izmantošanas sistēma, solārās sistēmas siltumenerģija utt. Lietderības koeficients parasti ir zemāks nekā kompresijas siltumsūkņiem, taču ir mazāks elektroenerģijas patēriņš. Sistēmas priekšrocība – zems elektroenerģijas patēriņš, bet sistēmas trūkums – vairumā gadījumu neregulāri siltuma avoti (sk. 4.14. attēlu) [138].



4.18 att. Absorbcijas siltumsūkņa darba cikls [137]

4.3. Atlikumsiltuma izmantošana

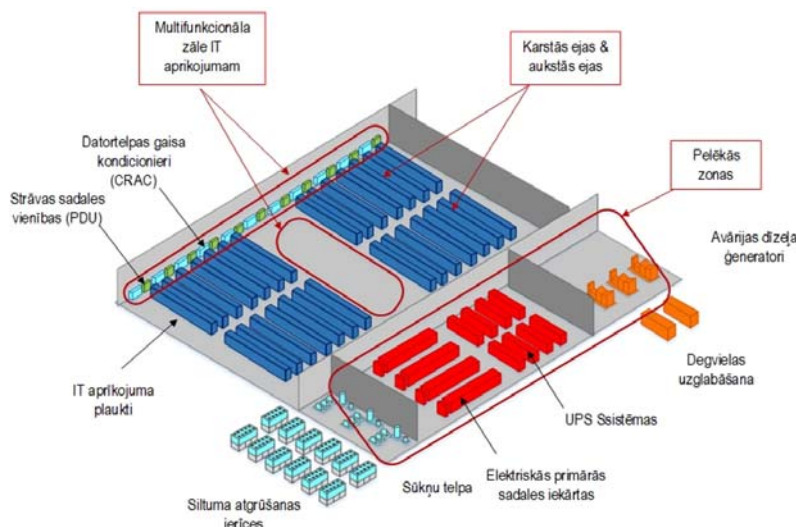
Atlikumsiltums ir blakusprodukta radīta enerģija, kas nav izmantota, zaudēta vai izplatīta apkārtējā vidē [139]. Atlikumsiltumu var atgūt no procesa ar temperatūru, kas ir augstāka par vides temperatūru, un ar iespēju iegūt no tā papildu vērtību [140]. Lai novērtētu atlikumsiltuma potenciālu, jāanalizē enerģijas avots un jāiekļauj galvenie parametri: jauda, temperatūru diapazons un temperatūras svārstības dienas, nedēļas un gada laikā [141]. Atlikumsiltumu var atgūt ar siltummaiņiem un siltumsūkņiem.

Ģentes universitātes izstrādātajās 4DHC tehnoloģijas vadlīnijās projekta “HeatNet NWE” ietvaros ir minēti trīs galvenie zemas temperatūras atlikumsiltuma avoti centralizētās siltumapgādes līmenī: rūpnieciskais atlikumsiltums, datu centri un notekūdeņi [142]. Piemēripētes kvartālā rūpnieciskais atlikumsiltums nav attiecināms un papildus nav iztirzāts, tomēr Rīgas pilsētas centrā darbojas daži rūpniecības uzņēmumi (pārtika un dzērieni), kas eventuāli varētu kalpot par atlikumsiltuma avotiem. Projektā “ReUseHeat” līdztekus minētajiem atlikumsiltuma avotiem uzmanība ir pievērsta vēl citiem pieejamiem atlikumsiltuma avotiem pilsētā, kas apskata mazāku mērogu: pārtikas saldēšanu mazumtirdzniecībā, pakalpojumu sfēras sektora ēku dzesēšanu un dzīvojamo ēku dzesēšanu [143].

4.3.1. Atlikumsiltums no datu centriem

Mūsdienās mēs ļoti paļaujamies uz datu pakalpojumiem – mobilie dati, attālinātais darbs, datu mākoņi, lietu internets utt. Jebkuram lietojumam, programmai vai pat vienkāršai darbībai mobilajā tālrunī, datorā, automobiļu navigācijā u.c. ir vajadzīga datu apmaiņa ar serveri. Sociālie tīkli, ziņu portāli, tiešsaistes veikali, e-pasti tiek uzturēti serverī. Serveri atrodas datu centros, kur par to drošību un darbību rūpējas servera uzturētājs. Datu centri ir atlikumsiltuma avots, jo lielu datu apjomu darbības process rada siltumu, kas jāaizvada. Servera aprīkojums nespēj darboties augstā temperatūrā. Ir paredzams, ka gaidāmais globālais elektroenerģijas patēriņš datu centros varētu pieaugt par 3 PWh gadā (1 PWh labākajā scenārijā un 8 PWh sliktākajā) atkarībā no datu apmaiņas pakalpojumu tehnoloģiju efektivitātes (elektroenerģija uz datu vērtību TWh/ExaByte) [144]. Attiecīgi palielinās arī siltuma atgūšanas potenciāls.

Datu centros izvietotās elektroiekārtas darbības laikā rada siltumu. Lai panāktu serveru optimālu darbību, datu drošības garantēšanas nolūkā temperatūra telpā nedrīkst pārsniegt noteiktās robežas. Tāpēc nepieciešams atbrīvoties no liekā siltuma. Parasti datu centros esošā informācijas tehnoloģijas aprīkojuma un citu iekārtu atdzesēšanai izmanto gaisu. Lai noteiktu dzesēšanas sistēmas jaudu, jāzina, cik daudz siltuma tiek radīts slēgtā telpā [145]. Tipiskam datu centram ir vairākas zonas: multifunkcionālas telpas, kur atrodas informācijas tehnoloģijas aprīkojums - vadības pults, nepārtrauktās barošanas aprīkojums, elektriskie slēdži utt., “karstās ejas”, kur informācijas tehnoloģiju plaukti ir izvietoti ar aizmuguri viens pret otru daļām, “aukstās ejas”, kur informācijas tehnoloģijas plaukti ir izvietoti viens pret otru, “pelēkā zona”, kur atrodas ģeneratori, nepārtrauktās barošanas aprīkojums, elektriskie slēdži un sūkņu stacija. Aprīkojuma principiālais izvietojums parādīts 4.19. attēlā [146].



4.19. att. Aprīkojuma izvietojums datu centrā [146]

Kopējais datu centra radītais siltuma daudzums ir atkarīgs no datu centra kapacitātes, nepārtrauktās barošanas aprīkojuma, apstrādāto datu apjoma, datu centra kopējās platības, apgaismojuma un darbinieku skaita, kas strādā ar sistēmu [145]. Ja servera telpas dzesēšanai izmanto gaisu, noņemtais siltums var būt temperatūru diapazonā no 35 līdz 40 °C, savukārt, ja dzesēšanai izmanto ūdeni, noņemtais siltums var būt temperatūru diapazonā no 50 līdz 60 °C [34]. No datu centra reģenerētā siltuma kopējo daudzumu var aprēķināt saskaņā ar šādu formulu [145]:

$$Q_{Kopējais} = Q_{IT} + Q_{Nepārtrauktā\ barošana} + Q_{Elektrosadale} + Q_{Apgaismojums} + Q_{Darbinieki} \quad (4.5),$$

kur:

Q_{IT} – kopējā IT spēka slodze, W;

$Q_{Kopējais}$ – kopējais datu centra aprīkojuma siltuma daudzums, W;

$Q_{Nepārtrauktā\ barošana}$ – nepārtrauktās barošanas sistēmas radītais siltums, W;

$Q_{Elektrosadale}$ – elektrosadales sistēmas siltuma daudzums, W;

$Q_{Apgaismojums}$ – apgaismojuma radītais siltuma daudzums, W;

$Q_{Darbinieki}$ – darbinieku radītais siltuma daudzums, W.

No nepārtrauktās barošanas aprīkojuma radīto siltuma daudzumu var aprēķināt saskaņā ar šādu formulu [145]:

$$Q_{Nepārtrauktā\ barošana} = (0,04 \times \text{elektroenerģijas sistēmas jauda}) + (0,05 \times Q_{IT}) \quad (4.6)$$

kur:

$Q_{Nepārtrauktā\ barošana}$ – nepārtrauktās barošanas sistēmas radītais siltums, W;

Q_{IT} – kopējā IT spēka slodze, W;

Elektroenerģijas sistēmas jauda – nominālā jauda, W.

No elektrosadales radīto siltuma daudzumu var aprēķināt saskaņā ar šādu formulu [145]:

$$Q_{Elektrosadale} = (0,01 \times \text{elektroenerģijas sistēmas jauda}) + (0,02 \times Q_{IT}) \quad (4.7)$$

kur:

$Q_{Elektrosadale}$ – elektrosadales sistēmas siltuma daudzums, W;

Q_{IT} – kopējā IT spēka slodze, W;

Elektroenerģijas sistēmas jauda – nominālā jauda, W.

No apgaismojuma radīto siltuma daudzumu var aprēķināt saskaņā ar šādu formulu [145]:

$$Q_{\text{Apgaismojums}} = 21.23 \times \text{kopējā_platība} \quad (4.8)$$

kur:

$Q_{\text{Apgaismojums}}$ – apgaismojuma radītais siltuma daudzums, W/m²;

Kopējā platība, m².

No darbiniekiem radīto siltuma daudzumu var aprēķināt saskaņā ar šādu formulu [145]:

$$Q_{\text{darbinieki}} = 100 \times n \quad (4.9)$$

kur:

$Q_{\text{Darbinieki}}$ – darbinieku radītais siltuma daudzums, W/cilvēki;

n – darbinieku skaits.

4.3.2. Notekūdeņu radītais atlikumsiltums

Eiropas Savienībā 14 % no kopējā enerģijas patēriņa mājāsaimniecībā tiek izmantota karstā ūdens uzsildīšanai. Aptuveni 574 TWh zema potenciāla siltums tiek zaudēts ar notekūdeņiem [147]. Saskaņā ar Latvijas būvnormatīvu “Ēku iekšējais ūdensvads un kanalizācija” karstā ūdens temperatūrai ūdens izdales vietā jābūt ne zemākai par 65 °C [148]. Lietošanai ūdeni samaisa ar auksto ūdeni, un vēlamā temperatūra izlietnēs un dušās ir 38 °C, kas dod iespēju atgūt siltumu.

Atsevišķas tehnoloģijas nodrošina siltuma atgūšanu no notekūdeņiem, piemēram, “Menerga AquaCond” notekūdeņu siltuma utilizators ar iebūvētu siltummaini un siltumsūkni. Siltuma utilizatora galvenais uzdevums ir sagatavot karsto ūdeni, izmantojot siltumu no notekūdeņiem, kas citādi tiktu novadīts kanalizācijā, un būtībā nozīmē atbrīvojot enerģiju, ko izmanto karstā ūdens uzsildīšanai. Siltummaiņa un siltumsūkņa apvienota darbība var ievērojami samazināt zaudētā siltuma apjomu. Auksts ūdens plūst caur noslēgtu gaisnecaur laidīgu siltummaiņa un siltumsūkņa kondensatora kontūru. Iekārta automātiski nodrošina pastāvīgu notekūdeņu plūsmas regulēšanu, pat tad, ja notekūdeņu daudzums kanalizācijas sistēmā ir mainīgs. Iekārtas pastāvīgas ekspluatācijas nodrošināšanai ir nepieciešama notekūdeņu glabāšanas tvertne. Ja glabāšanas tvertne ir tukša, iekārta izslēdzas. Pēc siltuma izmantošanas kanalizācijas temperatūra ir 8 °C. Piemērā iekārtas kombinētais lietderības koeficients (COP) ir 1:10. Dažos gadījumos efektivitāte var sasniegt 1:12 [149].

Karstā ūdens sagatavošanai pieplūdes ūdens temperatūra ir 5 °C. Pēc mazgāšanās notekūdeņu temperatūra ir no 28 °C līdz 35 °C, sk. 4.2. tabulā. Tieši novadīts ūdens var sasniegt līdz 83 % siltuma zudumu [150]. Saskaņā ar Latvijas būvnormatīvu “Ēku iekšējais ūdensvads un kanalizācija” karstā ūdens patēriņš vienai personai ir 85 l dienā [148].

4.2. tabula. Dažādu izmēru vannas istabu salīdzinājums

Vannas istabas izmērs	Mazgāšanās notekūdeņu temperatūra	Mazgāšanās notekūdeņu plūsma
Maza vannas istaba	25–30 °C	Nestabila
Vidēja vannas istaba	28–35 °C	Lielāka
Liela vannas istaba	28–35 °C	Ievērojama

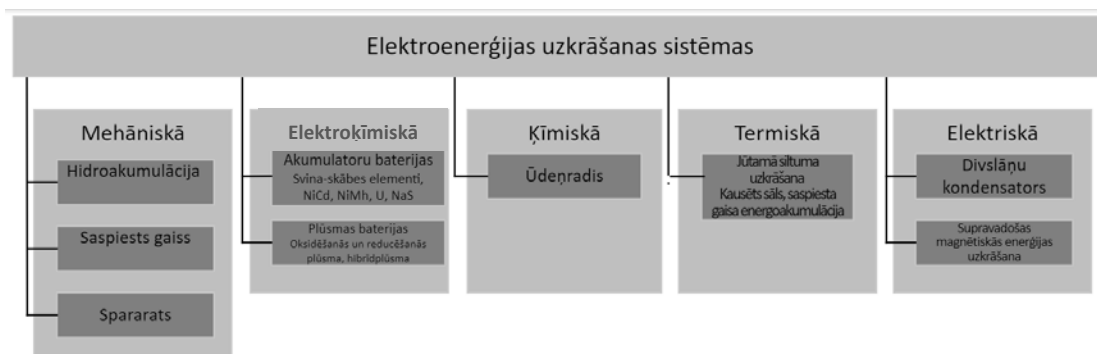
4.4. Enerģijas uzkrāšana

Enerģijas uzkrāšanas sistēmas var atbalstīt visu enerģijas ciklu – pieprasījumu (uz vietas, “aiz skaitītāja”), pārvadi un apgādi (pakalpojuma sniedzēja mērogs) [151]. 2020. gadā pakalpojumu sniedzēja mērogā uzstādītā enerģijas uzkrāšanas kapacitāte bija 10 GW, “aiz skaitītāja” 7 GWh. Lai apmierinātu pārejas trajektoriju klimatneitralitātes mērķu sasniegšanai 2050. gadā, enerģijas uzkrāšanas kapacitāte būtu jāpalielina līdz 148 GW 2025. gadā un jātuvojas 600 GW 2030. gadā, kā to aprēķinājusi Starptautiskā Enerģētikas aģentūra. Šī plaša akcentē, ka nepieciešams veicināt enerģijas uzkrāšanas sistēmu ieviešanu.

Enerģijas uzkrāšanas sistēmas var izmantot, lai uzkrātu enerģiju (elektroenerģija vai siltumenerģija), kas ir saražota zema enerģijas pieprasījuma laikā, izmantošanai vēlāk, kad ir pieprasījuma maksimums. Enerģijas uzkrāšanas galvenais mērķis ir salāgot enerģijas ražošanu un patēriņu [152], [153]. Sākotnēji enerģijas uzkrāšana tika ieviesta, lai segtu enerģijas ražošanas pārrāvumus, bet tagad tā uzlabo atjaunojamo energoresursu sistēmu efektivitāti un samazina ražošanas un patēriņa neatbilstības [154]. Gan siltumenerģiju, gan elektroenerģiju var akumulēt enerģijas uzkrāšanas sistēmās. Enerģijas uzkrāšanas sistēmas var klasificēt, pamatojoties uz 1) enerģijas formu, kas nodrošina pāreju no ģenerētās uz uzkrāto enerģiju (ķīmiskā, elektriskā, elektroķīmiskā, mehāniskā, termiskā), 2) enerģijas galaproduktu (šķidrāis vai gāzveida kurināmais, siltumenerģija), vai pārveides ķēdi (P2P – elektroenerģija uz elektroenerģiju (power-to-power), P2G – elektroenerģijas pārvēršana gāzē (power-to-gas), P2L – elektroenerģijas pārvēršana šķidrums (power-to-liquid), P2T – enerģijas pārvēršana siltumenerģijā (power-to-thermal), T2P – siltumenerģijas pārvēršana elektroenerģijā (thermal-to-power)) [48]. Nākamajās nodaļās aprakstītas enerģijas uzkrāšanas metodes, pamatojoties uz pievadīto enerģiju – elektroenerģiju un siltumenerģiju.

4.5. Elektroenerģijas uzkrāšana

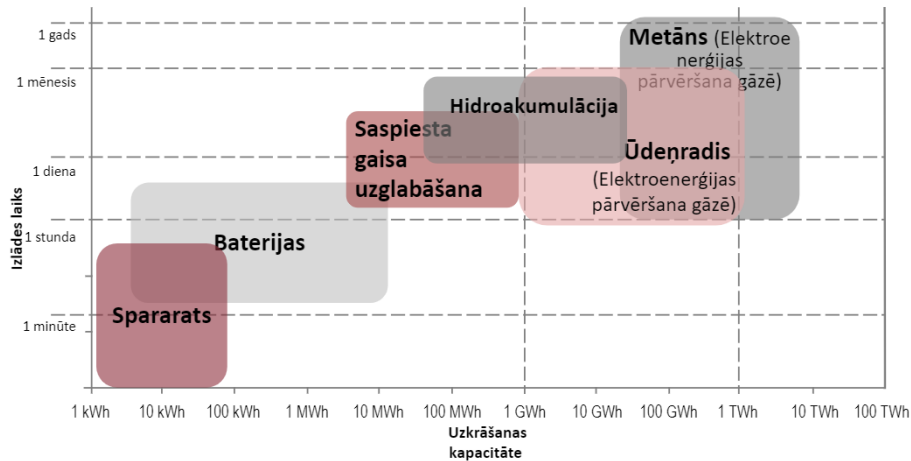
Ilustrācijā zemāk (sk.4.20 attēlu) ir attēlotas elektroenerģijas uzkrāšanas metodes – mehāniskā, ķīmiskā, elektroķīmiskā, elektriskā un termiskā.



4.20. att. Elektroenerģijas uzkrāšanas metodes

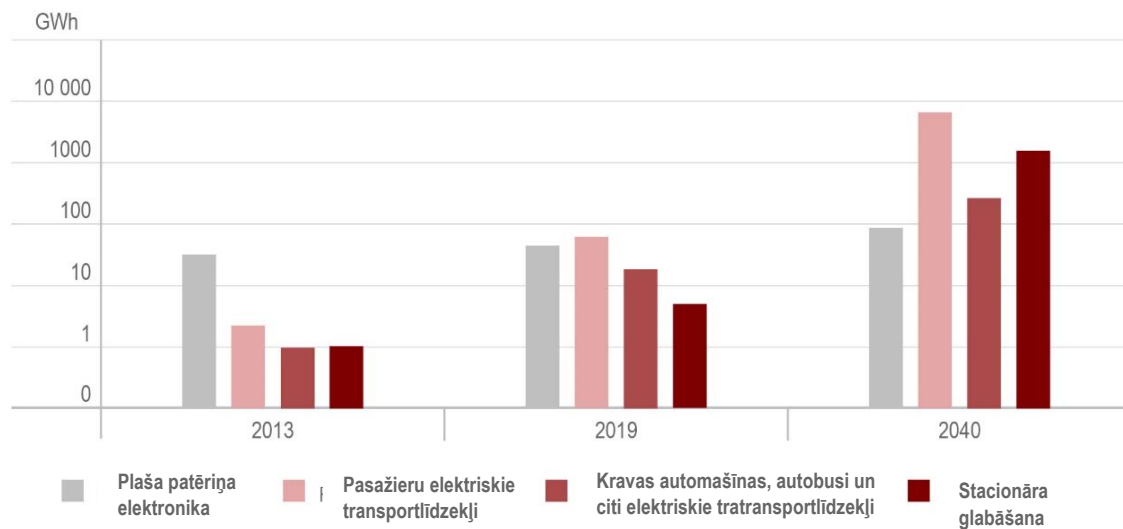
Enerģijas uzkrāšanas metodes aptver plašu laika mērogu un sistēmas ietilpības diapazonu – no sekundēm un stundām un kilovatu jaudas īstermiņa enerģijas uzkrāšanai līdz mēnešiem un teravatstundām sezonālai enerģijas uzkrāšanai. Attiecīgi atšķiras arī piemērotās izmantošanas jomas – īslaicīga glabāšana ir būtiska energoapgādē, lai nodrošinātu pakalpojumus elektroenerģijas padeves pārtraukuma gadījumā un frekvences stabilizāciju; vidējā termiņa elektroenerģijas uzglabāšanas sistēmas ir piemērotas tīkla atbalstam enerģijas pārvadē un sadalē, sezonālās elektroenerģijas uzglabāšanas sistēmas izmanto lielās jaudas

sistēmās. Starp elektroenerģijas uzkrāšanai lietotajām tehnoloģijām ir: spararati (mehāniskā enerģija) un baterijas (elektroķīmiskā enerģija) īstermiņa mērogam un nelielai kapacitātei (kW – MW); saspiesta gaisa energoakumulācija un hidroakumulācija (mehāniskā enerģija) sistēmām, kas uzkrāj enerģiju dienu vai mēnešu nogrieznī; un enerģijas pārvēršana gāzē ūdeņražā un metāna tehnoloģijās, kas piemērotas lielaudas elektrosistēmām (GWh-TWh) [155]–[158]. Pieejamās glabāšanas tehnoloģijas, to kapacitāte un izlādes laiks parādītas 4.21.attēlā.



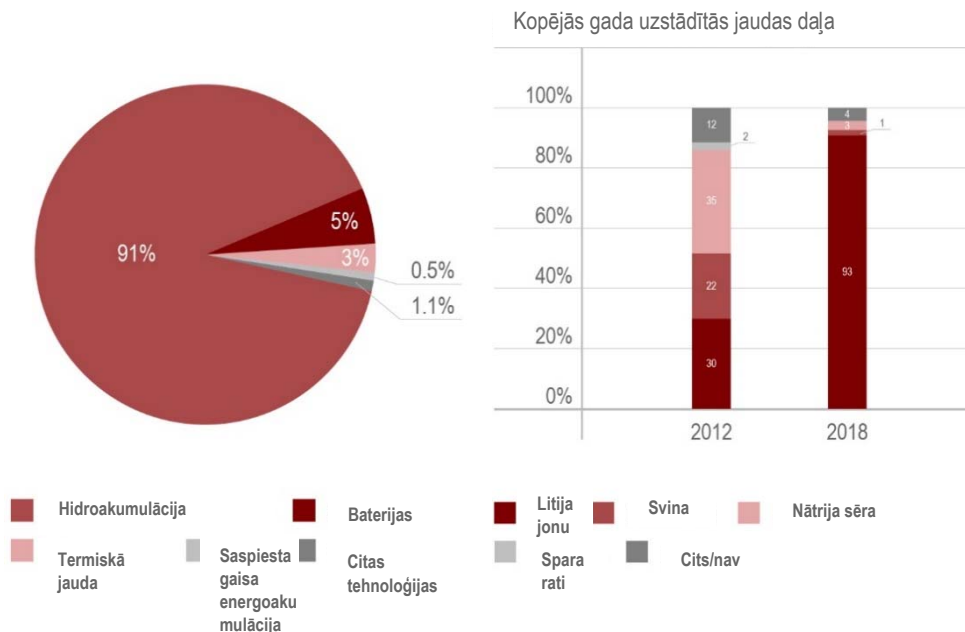
4.21. att. Pieejamās glabāšanas tehnoloģijas, to kapacitāte un izlādes laiks [155], [157]

Starptautiskā Enerģētikas aģentūra paredz, ka nākamajās desmitgadēs enerģijas uzkrāšanas sistēmu izmantošana ievērojami pieaugs dažādos lietojumos – pasažieru elektriskie transportlīdzekļi, kravas automašīnas, autobusi, plaša patēriņa elektronika un stacionāra glabāšana. Ziņojumā “Inovācijas baterijās un elektroenerģijas uzkrāšanā” visstraujākais pieaugums līdz 2040. gadam tiek paredzēts stacionārajā glabāšanā un pasažieru elektriskajos transportlīdzekļos – stacionārajā glabāšanā no mazāk nekā 10 GWh 2019. gadā līdz 1000 GWh un pasažieru elektriskajos transportlīdzekļos no mazāk nekā 100 GWh 2019. gadā līdz ~10000 GWh [159]. Pašreizējais un nākotnes bateriju pieprasījums galvenajos lietojumos, ilgtspējīgas attīstības scenārijos parādīts 4.22 attēlā.



4.22. att. Prognozētais enerģijas uzkrāšanas kapacitātes pieaugums dažādos lietojumos 2019.–2040. gadā. Avots: Starptautiskā Enerģētikas aģentūra [159]

Attiecībā uz pašlaik uzstādītās enerģijas uzkrāšanas kapacitāti dominē hidroakumulācija ar aptuveni 90 % no kopējiem ~200 GWh. Baterijas un siltumenerģijas uzkrāšana veido tikai 5 un 3 % no kopējās jaudas. Hidroakumulācija attiecas uz augstām kapacitātēm un ir sarežģīta sistēma, kam ir nepieciešams nodrošināt īpašu ģeotelpisko vietu – plaša apjoma glabāšanai un augstumu starpībai enerģijas izvadīšanai. Tādējādi plašai šīs tehnoloģijas izplatībai ir ierobežojumi. Tomēr, detalizēti raugoties uz enerģijas uzkrāšanu baterijās, var redzēt, ka visintensīvākā attīstība bateriju nozarē veido 30 % 2012. gadā līdz 90 % 2018. gadā (<9 GWh) baterijās uzstādītās jaudas (sk. 4.23. attēlu) [159].

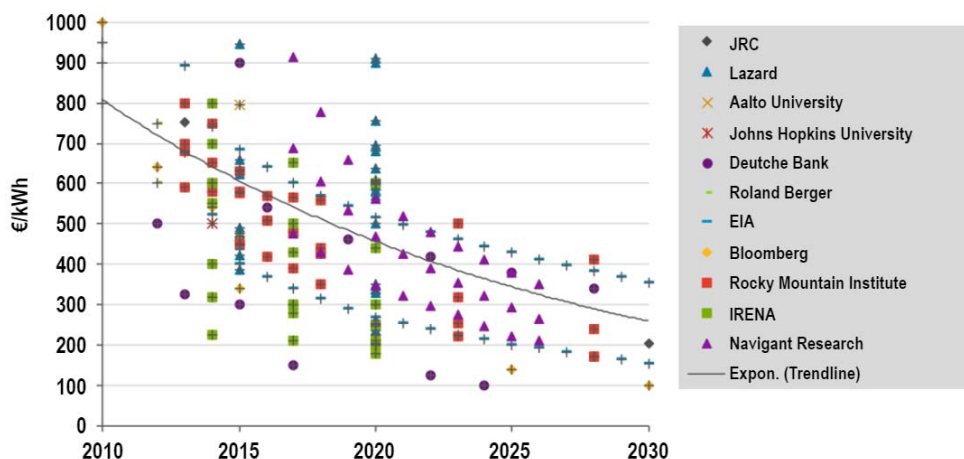


4.23.att. Uzstādītās enerģijas uzglabāšanas kapacitāte - tehnoloģiju sadalījums (pa kreisi). Enerģijas uzglabāšanas tehnoloģiju sadalījums bez hidroakumulācijas (pa labi) Avots: Starptautiskā Enerģētikas aģentūra

Elektroenerģijas uzglabāšanā galvenais fokuss ir iz elektroķīmiskajām uzkrāšanas tehnoloģijām, kuru pamatā ir mijiedarbība starp diviem elektrodiem un elektrolīta šķīdumu, šo principu izmanto svina, niķeļa (sārnu) un litija u.c. baterijas [160]. Cita tehnoloģija – plūsmas baterijas ir ar lielāku jaudu, jo izmanto divas elektrolīta tvertnes – uzlādētas un izlādētas. Plūsmas baterijās elektrolīts tiek “sūknēts” starp elektrodiem [161]. Litija jonu bateriju galvenās priekšrocības enerģijas uzkrāšanas sistēmās ir ilgais ekspluatācijas laiks, augsta energoefektivitāte un kompakts, elastīgs attiecībā pret enerģijas pieprasījumu. Taču litija jonu baterijām ir augstas izmaksas un nav vēl rasts optimāls utilizācijas risinājums dzīves cikla beigās [162]. Viens no galvenajiem rādītājiem enerģijas uzkrāšanas sistēmām ir sistēmas lietderīgā jauda, kas ir atkarīga no nominālās jaudas, pieļaujamās izlādes pakāpes un kapacitātes krituma ekspluatācijas laikā [163].

Elektroķīmisko tehnoloģiju galvenais trūkums ir ievērojama efektivitātes samazināšanās ekspluatācijas laikā, baterijām ir ierobežots skaits uzlādes un izlādes ciklu, pēc kuriem baterijām pakāpeniski mazinās kapacitāte, un tās izlādējas. Baterijas var sasniegt līdz 10 tūkstošu ciklu efektivitāti - ja uzlādes un izlādes cikls ir vismaz reizi dienā, ekspluatācijas ilgums varētu sasniegt aptuveni 8 gadus [158], [164]. Savukārt galvenā priekšrocība salīdzinājumā ar mehānisko enerģijas uzkrāšanu ir augsts enerģijas uzkrāšanas blīvums, kas samazina enerģijas uzkrāšanas aprīkojuma svaru un baterijas tilpumu [165].

Ilustrācijā zemāk (4.24. attēls) ir redzamas vēsturiskās un prognozētās kapitālieguldījumu izmaksas decentralizētām un energoapgādes pakalpojuma sniedzēja mēroga litija jonu enerģijas uzkrāšanas sistēmām. Ilustrācijā redzams, ka pēdējos desmit gadu laikā ir ievērojami atšķīries pētnieku un enerģētikas aģentūru izmaksu novērtējums, tomēr kopējais vidējais novērtējums ir samazinājies par 40 %. Nākamajā desmitgadē paredzams, ka izmaksas vēl pazemināsies par 40 % salīdzinot ar 2020. gada līmeni. Kopumā vidējās sagaidāmās izmaksas litija jonu enerģijas uzkrāšanas sistēmām ir samazinājušās no 800 euro/kWh 2010. gadā līdz 500 euro/kWh 2020. gadā un prognozēts, ka sasniegs 250 – 300 euro/kWh 2030. gadā [166].



4.24. att. Litija jonu enerģijas uzkrāšanas sistēmu izmaksu prognozes laika posmā no 2010. līdz 2030. gadam

Sekojojot fotoelektrisko enerģijas ieguves sistēmu attīstībai un pieaugot pieprasījumam ražot enerģiju mājsaimniecību līmenī, uz kolektīvās enerģijas ražošanas īpašumtiesību pamata ir attīstījies tīrās enerģijas kopienu koncepts. Šādas kopienas ir kļuvušas par daļu no esošajām energosistēmām un pievienojušās enerģijas tirgum [167]. No saules enerģijas paneļiem iegūtos elektroenerģijas pārpalikumus var ne vien uzkrāt uz vietas, bet arī sadalīt virtuālajā energotīklā starp dalībniekiem, kas nav kopienas locekļi. Mākslīgais intelekts un augsti attīstītas informācijas un komunikācijas tehnoloģijas ļauj enerģijas kopienām mijiedarboties ar plašāku partneru loku. Virtuālā elektrostacija ir viedtīkla sistēmas veids, kurā ir apvienotas atsevišķas decentralizētās enerģijas ražošanas vienības vienā sistēmā, kas nodrošina efektīvāku slodzes pārvaldību un enerģijas uzkrāšanu. Kļūstot par aktīviem dalībniekiem enerģijas tirgū, enerģijas kopienas var gūt finansiālu labumu. Veiksmīgi, finansiāli pievilcīgi piemēri varētu veicināt šādu kopienu attīstību.

Verkades un Hefkenas veiktajā sociālajā pētījumā, kura mērķis bija izprast jaunās enerģijas kopienu tendences, tika izcelti trīs enerģijas kopienu veidošanas virzieni: individuālā prakse, kolektīvā enerģijas ražošana un kolektīvā enerģijas pārvaldība [168]. Tomēr neviens no tiem neveido nozīmīgu daļu enerģijas tirgū, un to izplatības virzītājspēks ir iemesli, kas neatbilst tradicionālajai uzņēmējdarbībai vai komercprincipiem. Taču inovatīvās paraugrisinājumi veicina kolektīvo iniciatīvu attīstību, radot pozitīvu piemēru un atgriezenisko saiti. Enerģijas kopienu un decentralizēto sistēmu attīstība ir atkarīga no jauninājumiem uzņēmējdarbībā, ekonomikā un sociotehnoloģiskajā jomā [167]. Kompleksu un dinamisku

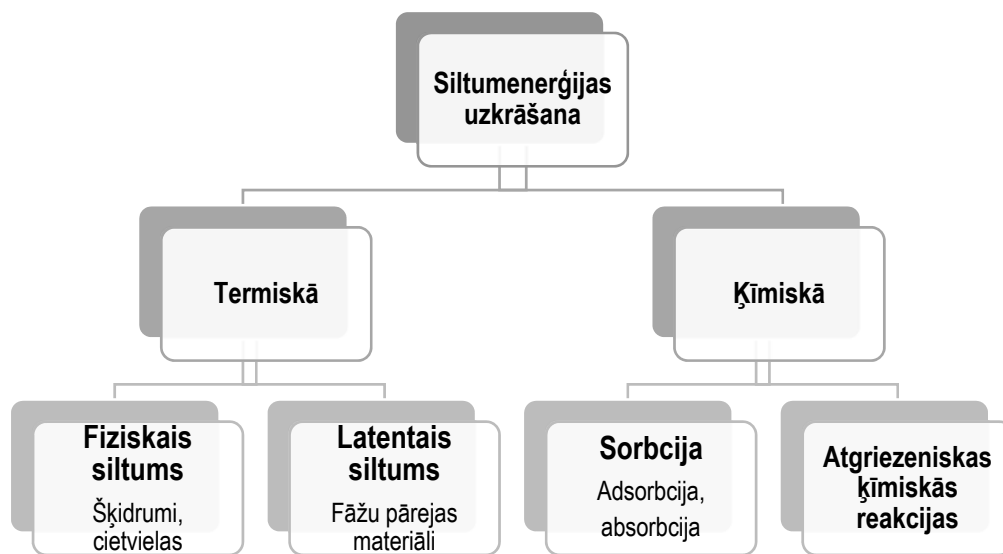
sociotehnoloģisko pāreju uz jaunu risinājumu izmantošanu var stiprināt, radot jaunus tehniskos un sociālos elementus / struktūras un saiknes starp tiem [169].

Decentralizētas enerģijas ražošanas, enerģijas uzglabāšanas, elektrisko transportlīdzekļu (transportlīdzekļus ar tīklu, transportlīdzekļus ar ēkām) tehnoloģiju efektīva ieviešana ir cieši saistīta un atkarīga no informācijas un komunikācijas tehnoloģiju risinājumiem enerģijas pārvaldībai, sadalei un tirdzniecībai. Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas kā daļa no viedtīkla infrastruktūras nodrošina atbalstu visā enerģijas plūsmas ciklā – ražošanā, pārvadē un patēriņā [170].

Piemēripētes kvartālā pārejai no tradicionālās uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu tiek apskatīts vidējais enerģijas uzglabāšanas ilgums un vidēja sistēmas kapacitāte. Sistēmdinamikas enerģijas aprites modelī, kas apraksta enerģijas piedāvājuma un pieprasījuma plūsmas, baterijas ir iekļautas elektroenerģijas uzkrāšanai.

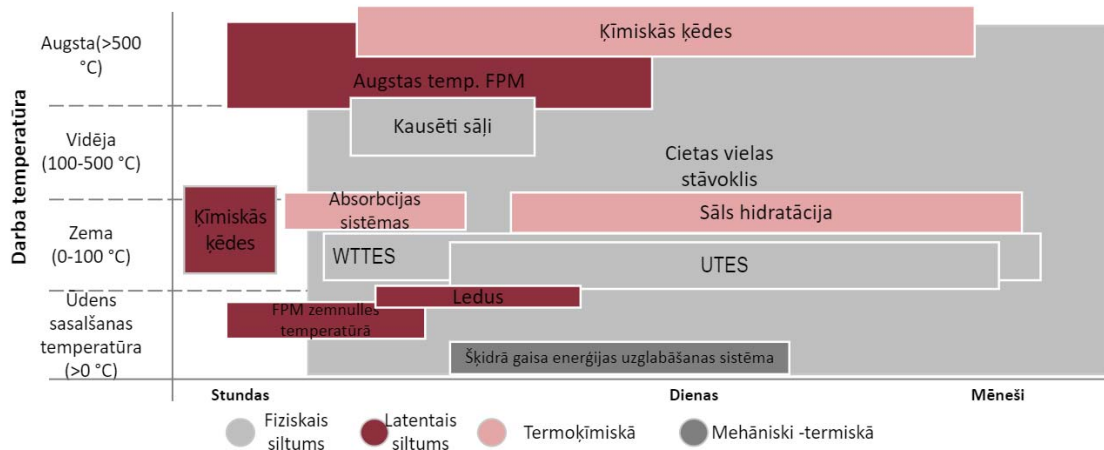
4.6. Siltumenerģijas uzkrāšana

Siltumenerģijas uzglabāšana ir būtiska atjaunojamās enerģijas sistēmās, tā atbalsta slodžu pārvaldību un nodrošina sistēmas elastīgumu. Siltumenerģijas uzglabāšanu var iedalīt divos galvenajos virzienos – siltumenerģijas uzglabāšanā (fiziskais un latentais) un termoķīmiskajā enerģijas uzkrāšanā (sk. 4.25. attēlu). No šiem komerciāli ir pieejama fiziskā siltuma uzkrāšana, bet citi vēl ir izstrādāšanas procesā [56], [58].



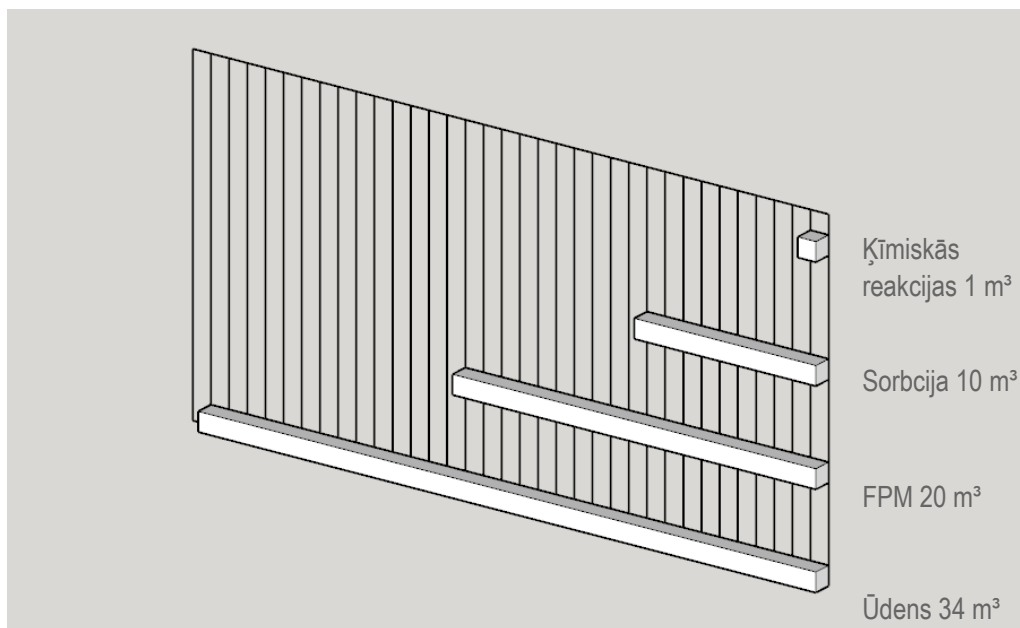
4.25. att. Siltumenerģijas uzglabāšanas metožu klasifikācija [154], [156]

Tāpat kā elektroenerģijas uzglabāšanā, siltumenerģijas uzglabāšanas metodes atšķiras pēc darba temperatūru diapazona un enerģijas uzkrāšanas kapacitātes, kā arī enerģijas uzglabāšanas ilguma: stundas, dienas vai mēneši sezonālajai enerģijas uzglabāšanai. Lietošanas piemēri: enerģijas pieejamības un patēriņa līdzsvarošanai dienā un naktī, vasaras siltuma uzglabāšana apkurei ziemā un ziemas aukstā gaisa uzkrāšana gaisa kondicionēšanai vasarā. Minēto siltumenerģijas uzglabāšanas metožu vidū fiziskā siltuma uzkrāšana nodrošina plašāko darba temperatūru diapazonu, un to var izmantot gan stundu mērogam, kā arī sezonālajam mērogam (sk. 4.22. attēlu).



4.26. att. Siltumenerģijas uzkrāšanas metodes, darba temperatūra un grafiks

Enerģijas blīvums, ko var akumulēt siltumenerģijas uzglabāšanas sistēmās, atšķiras – jo augstāka ir enerģijas nesēja temperatūra, jo lielāks ir enerģijas uzkrāšanas blīvums. *Zhai et. al.* sniedz piemēru [171] 10 GJ (1850 kWh + siltuma zudumi) siltumenerģijas uzkrāšanai ūdenī, fāžu pārejas materiālā, sorbcijā un ķīmiskajās reakcijās. Piedāvātā enerģijas daudzuma uzkrāšanai nepieciešamais tilpums atšķiras no 34 m³ ūdenim līdz 1 m³ ķīmiskajām reakcijām (sk. tālāk 4.27. attēlā vizualizācijai). Jo augstāka ir temperatūra un enerģijas uzkrāšanas blīvums, jo sarežģītāki tehnoloģiskie risinājumi ir nepieciešami.



4.27. att. Enerģijas uzglabāšanas tilpums vienādam uzkrātās enerģijas daudzumam (pamatojoties uz [171])

Siltumenerģijas uzglabāšanu var izmantot centralizētās siltumapgādes sistēmās sezonālai enerģijas glabāšanai (energoapgādes puse), decentralizētajos enerģijas ražošanas punktos un pie gala lietotāja objektā enerģijas pārnesei (patērētāja puse). Siltumenerģijas uzglabāšana var kalpot par dažādu sektoru sasaistošo elementu starp dažādiem energoapgādes pakalpojuma sniedzējiem un patērētājiem, gan starp individuāliem tirgus dalībniekiem, gan ar

energoapgādes uzņēmumiem. Starptautiskā Atjaunojamo energoresursu aģentūra ir apkopojusi siltumenerģijas uzkrāšanas tipus un to potenciāla vektorus – siltumu, aukstumu, elektroenerģiju (sk. 4.28. attēlu zemāk). No tehnoloģiskās attīstības perspektīvas patlaban ēku mērogā pazemes siltumenerģijas uzkrāšanas sistēmas (UTES) ir demonstrēšanas stadijā, savukārt siltumenerģijas uzkrāšana rezervuāros (TTES) ir komerciālajā līmenī. Centralizētās siltumapgādes sistēmās gan UTES, gan TTES sistēmas ir sasniegušas komerciālo līmeni. Abas sistēmas ir fiziskā siltuma uzglabāšanas sistēmas. Fiziskā siltuma uzglabāšanai ir visplašākais izmantošanas diapazons – tā lietojama mazā, mikrorajona un komunālo pakalpojumu mērogā; to var izmantot īslaicīgai un ilgstošai enerģijas glabāšanai, un tā piedāvā ievades un izvades daudzveidību (enerģijas ievades un izvades forma) [172].

Siltumenerģijas uzglabāšanai piemēripzētes kvartāla enerģijas aprites sistēmdinamikas modeli ir izvēlēta pazemes fiziskā siltuma siltumenerģijas uzkrāšanas sistēma.

Siltumenerģijas uzkrāšanas veids	Siltumenerģijas uzkrāšanas tehnoloģija	Piemērojamais mērogs			Glabāšanas periods				Potenciālu vektori					
		Mazs	Rajons	Komunālie pakalpojumi	Stundas	Dienas	Nedēļas	Mēneši	Ievade	Izvide				
Jūtamais siltums	WTES								H	C	P	H	C	P
	UTES								H	C	P	H	C	P
	Cietas vielas stāvoklis								H	C	P	H	C	P
	Kausēti sāļi								H	C	P	H	C	P
Apslēptais siltums	Ledus siltumenerģijas uzkrāšana								H	C	P	H	C	P
	Ūdens sasaldēšanas temp. FMM								H	C	P	H	C	P
	Zemas temperatūras FMM								H	C	P	H	C	P
	Augstas temperatūras FMM								H	C	P	H	C	P
Termoķīmiskā	Ķīmisko cilpu veidošana (kalcija cilpu veidošana)								H	C	P	H	C	P
	Sāļi hidratācija								H	C	P	H	C	P
	Absorbcijas sistēmas								H	C	P	H	C	P
Mehāniski termiskā	CAES								H	C	P	H	C	P
	LAES								H	C	P	H	C	P

Piezīmes. Rozā krāsa norāda piemērotību; sarkanā krāsa nozīmē nepiemērotību; C = aukstums; H = siltums; P = jauda

4.28. att. Siltumenerģijas uzglabāšanas sistēmas – iespējamais lietojuma mērogs, uzglabāšanas laiks un ievades – izvades enerģijas formas

Fiziskā siltuma uzkrāšana ir tradicionālā siltumenerģijas uzglabāšanas metode, ko plaši izmanto, piemēram, karstā ūdens sagatavošanas sistēmās mājāsaimniecībās. Enerģiju uzkrāj, paaugstinot uzkrāšanas mēdija temperatūru. Uzkrātās enerģijas daudzums ir atkarīgs no uzkrāšanas mēdija masas, īpatnējās siltumietilpības un nepieciešamās temperatūru starpības, un to aprēķina šādi:

$$Q_{\text{Fiziskais siltums}} = m \times c \times \Delta T \quad (4.10)$$

kur

m – masa, kg

c – īpatnējā siltumietilpība, J × kg⁻¹ × K⁻¹

ΔT – temperatūras izmaiņas, °C.

Parasti lielizmēra karstā ūdens glabāšanas tvertnes ietilpība ir 500–5000 m³. Tvertņu ietilpība ir atkarīga no siltuma avota: saules siltumenerģija, siltumsūkņi, centralizētā siltumcentrāle vai koģenerācijas stacija. Ja siltuma avots ir saules siltumenerģija vai siltumsūkņi, glabāšanas tvertnes temperatūra varētu būt no 70 °C līdz 80 °C. Augstākas temperatūras izmanto, ja siltums tiek ražots siltuma ražošanas uzņēmumos [173]. Karstajam ūdenim piedāvātais optimālais tvertnes tilpums kolektora platībai (V/A) jābūt diapazonā no 0,05 līdz 0,075 m³/m² plakanajam siltumapgādes sistēmas kolektoram. Ja izmanto grīdas apsildi, ieteiktā glabāšanas tvertnes ietilpība ir 0,082 m³/m². Tvertņu tilpums ir atkarīgs no laika apstākļiem un siltuma avota. Tāpat ir ieteicams izmantot divas glabāšanas tvertnes – mazāku lietošanai vasarā un lielāku lietošanai ziemā. Lielizmēra siltumenerģijas uzglabāšanas tvertnes izmaksas ir 550 euro kubikmetrā [174].

5. PĀRSKATS PAR PIEPRASĪJUMA UN PIEDĀVĀJUMS ENERĢIJAS PLŪSMAS MODELI, KAS IZSTRĀDĀTS IZMANTOJOT STELLA® ARCHITECT

Pārskats par pieprasījuma un piedāvājuma enerģijas plūsmas modeli, kas izstrādāts izmantojot stella® architect

Sistēmadinamikas aprēķina programmas ļauj modelēt kompleksus, laikā mainīgus, dinamiskus procesus. SD teorija balstās uz sistēmadinamiskas, laikkarīgas uzvedības pētīšanu un uzvedības pamatā esošās struktūras modelēšanu. Analizējot sistēmas struktūru un atsevišķu sistēmas komponentu savstarpējo mijiedarbību, var izprast sistēmas virzošo spēku cēloņsakarības, kas savukārt ļauj definēt noteikt, ur un kāda interference nepieciešama, lai uzlabotu sistēmas kopējo sniegumu.

SD modelēšanu var izmantot plašā diapazonā kompleksu sistēmu analīzei dažādās jomās – sociālajās un dabas zinātnēs, inženierzinātnēs un tehnoloģiskajos procesos. SD modeļu lietošana enerģētikas sektorā un it īpaši ēku energoefektivitātes jomā pēdējo desmit gadu laikā ir palielinājusies. Kā apkopots Zhou et al. pētījumā, ir divi atšķirīgi virzieni ēku energoefektivitātes modelēšanā – apskatot visu dzīvojamo fondu kopumā (“top-down” pieeja) un ēkas līmenī (“bottom-up” pieeja). “Top-down” pieeja uzskatāma par piemērotāku, analizējot energoapgādes risinājumus ceļā uz dekarbonizāciju, savukārt “bottom-up” pieeju izmanto, analizējot enerģijas pieprasījuma pusi enerģijas aprites sistēmās. “Bottom-up” pieeju var iedalīt divās apakškategorijās – statistiskajā, kas balstās uz vēsturiskajiem enerģijas patēriņa datiem, un tehnoloģiskajā, kas balstās uz ēkas tehniskajiem situatīvajiem parametriem (ēkas ģeometrija, norobežojošo konstrukcijas īpašības, telpu mikroklimata prasības utt.).

Pētījumā par tradicionāla kvartāla Rīgas vēsturiskajā centrā pāreju uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu ir izveidots sistēmadinamikas enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma plūsmas modelis ēku kvartālam. Šajā tehnoloģiskajā “bottom-up” pieejas modelī ir analizētas abas energosistēmas puses – kā samazināt enerģijas pieprasījumu un kā energoapgādē palielināt uz vietas saražotās atjaunojamās enerģijas daļu. Tehnoloģiskā pieeja ļauj detalizēti apskatīt nākotnes perspektīvas, piemērojot inovatīvas energoefektivitātes tehnoloģijas.

Ar Stella® Architect programmatūras palīdzību ir izveidots enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma plūsmas modelis Rīgas vēsturiskā centra kvartālā, kas atrodas starp Krišjāņa Barona, Pērses, Marijas un Dzirnau ielām. Modeļa struktūra pamatojas uz identificēto enerģijas plūsmu avotu ievadi un enerģijas aprites uzbūvi.

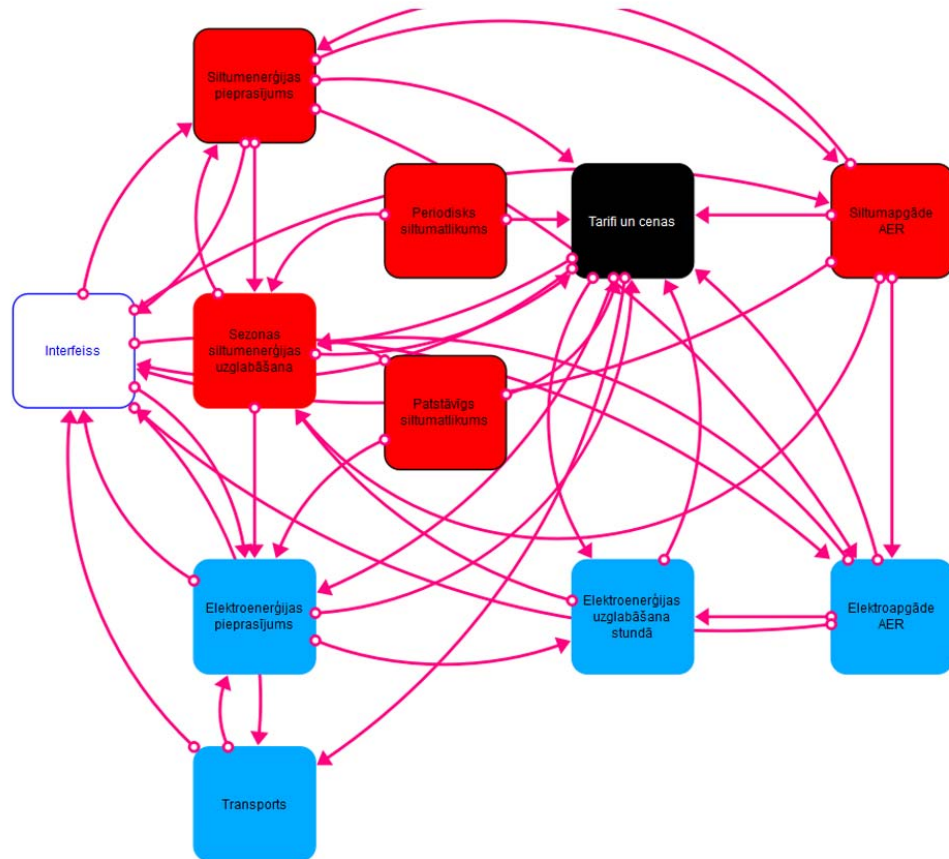
5.1. Enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma plūsmu modeļa vispārējā struktūra, kas atspoguļo situāciju piemēripētes kvartāla enerģijas apritē

Modeļa pamatkomponentes ir parādītas 5.1. attēlā. Ar siltumenerģiju saistītie bloki ir norādīti sarkanā krāsā, savukārt ar elektroenerģiju saistītie bloki - zilā krāsā. Lai aprēķinātu atmaksāšanās laiku modelim pievienoti tarifi un cenas.

Modeļa pamatā ir šādi galvenie elementi, kas aprakstīti turpmākajās nodaļās:

- Siltumenerģijas pieprasījums;
- Elektroenerģijas pieprasījums;

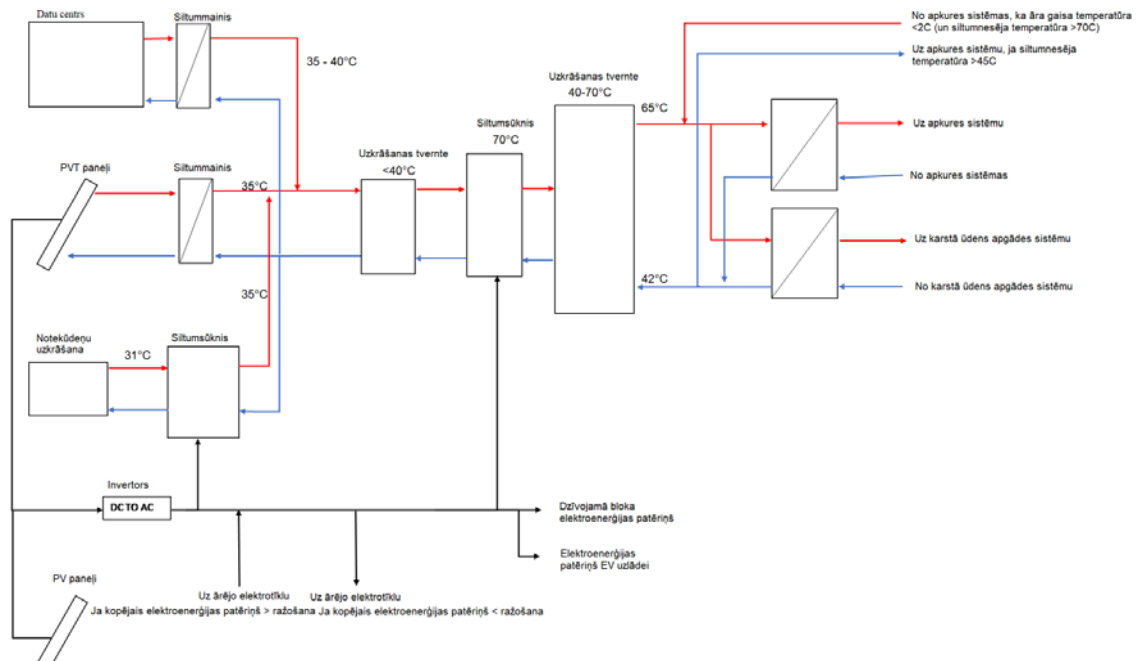
- Siltumapgāde no AER, kas pieejami novietnē;
- Energoapgāde no AER, kas pieejami novietnē;
- Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana;
- Uz vietas saražotās elektroenerģijas uzglabāšana;
- Elektrotransports.



5.1. att. Izstrādātā pieprasījuma un piedāvājuma modeļa galvenie komponenti

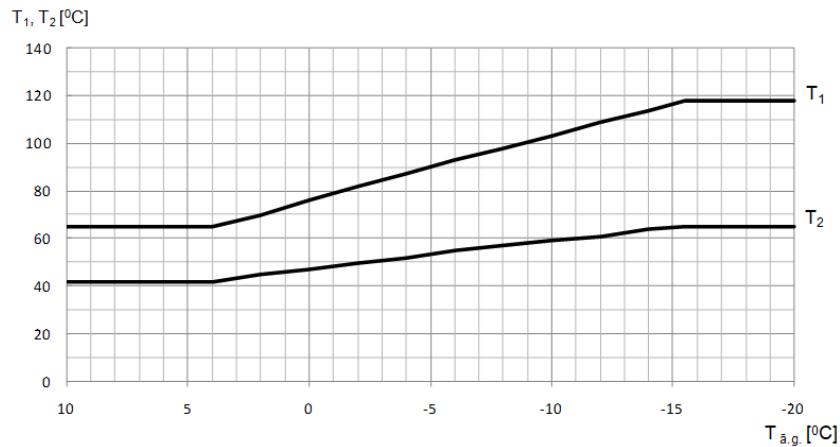
Modeļa detalizētai izstrādei tika sagatavota siltumapgādes un elektroapgādes shēma, sk. 5.2. attēlā. Lai optimāli izmantotu saules enerģiju, AER tehnoloģijas jāizmanto elastīgā sistēmā, kas nodrošina enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma salāgošanu. Viena alternatīva ir nodot saražoto tīklā, kad veidojas enerģijas pārpalikums, un paņemt no tīkla, kad enerģija nepieciešama. Otra alternatīva ir uzkrāt tiešā tuvumā. Izstrādātajā modelī apskatīta otrā alternatīva, kur siltumenerģijas un elektroenerģijas pārpalikums tiek uzkrāts uz vietas. Shēmā iekļauts datu centrs, kombinētie saules siltumenerģijas un elektroenerģijas paneļi (PVT), fotoelektriskie (PV) saules paneļi un siltumsūknis kā atjaunojamie energoresursi, tvertnes siltumenerģijas uzglabāšanai, karstais ūdens un siltumapgādes sistēmas primārais kontūrs un savienojums ar centralizēto siltumapgādes sistēmu. Sistēmas darbības pamatā ir siltumenerģijas ieguve no PVT paneļiem, atlikumsiltuma ieguve no datu centra, atlikumsiltuma ieguve no mājāsaimniecības notekūdeņiem. Rezultējošo siltumnesēju,

kura temperatūra ir līdz 40 °C, uzkrāj glabāšanas tvertnē un izmanto kompresijas siltumsūkņi, kas patērē saules siltumenerģijas paneļa ražoto elektroenerģiju, lai sagatavotu siltumnesēju ar 70 °C temperatūru. Sagatavoto siltumnesēju ar 70 °C temperatūru uzkrāj siltumenerģijas glabāšanas tvertnē, no kuras to lieto karstā ūdens sagatavošanai un apkurei. Ja āra temperatūra ir zemāka par 2 °C, saskaņā ar siltumapgādes tīkla temperatūras grafiku, siltumnesējam nepieciešamā temperatūra ir augstāka par 70 °C. Tā kā siltumsūknis nodrošina temperatūras paaugstināšanu līdz 70 °C apkures nodrošināšanai, laika periodā, kad āra gaisa temperatūra ir zem 2 °C, ir nepieciešams papildu siltums no centralizētās siltumapgādes tīkla.



5.2. att. Siltumapgādes un elektroapgādes shēma

Lai nodrošinātu augstas kvalitātes siltumapgādi, siltumapgādes tīklu operators izstrādājis turpgaitas un atgaitas temperatūras grafiku, sk. 5.3. attēlā. Temperatūras grafiks ir atkarīgs no āra gaisa temperatūras – vasarā siltumnesēja turpgaitas temperatūra centralizētās siltumapgādes sistēmā (T_1) ir 65 °C un temperatūra atgaitas cauruļvadā (T_2) ir 40 °C. Ja āra gaisa temperatūra ir zemāka par -15 °C, siltumnesēja temperatūra centralizētās siltumapgādes sistēmā ir 118 °C un temperatūra atgaitas cauruļvadā 65 °C. Temperatūru pieļaujamā novirze ir 3 °C. Svarīgs centralizētās siltumapgādes parametrs ir spiediens siltumnesēja plūsmas nodrošināšanai; spiediens ir atkarīgs no siltumnesēja temperatūras, un tāpat to var nodrošināt siltumtīklu operators. Lai pievadītu siltumu centralizētās siltumapgādes sistēmā, ir svarīgi nodrošināt visus šos parametrus. Šiem mērķiem ir nepieciešams augstas veiktspējas tehniskais aprīkojums un efektīva sistēmas pārvaldība.



5.3. att. AS "RĪGAS SILTUMS" siltumtīkla temperatūras grafiks

Turpinājumā aprakstīti visi modeļa pamata bloki.

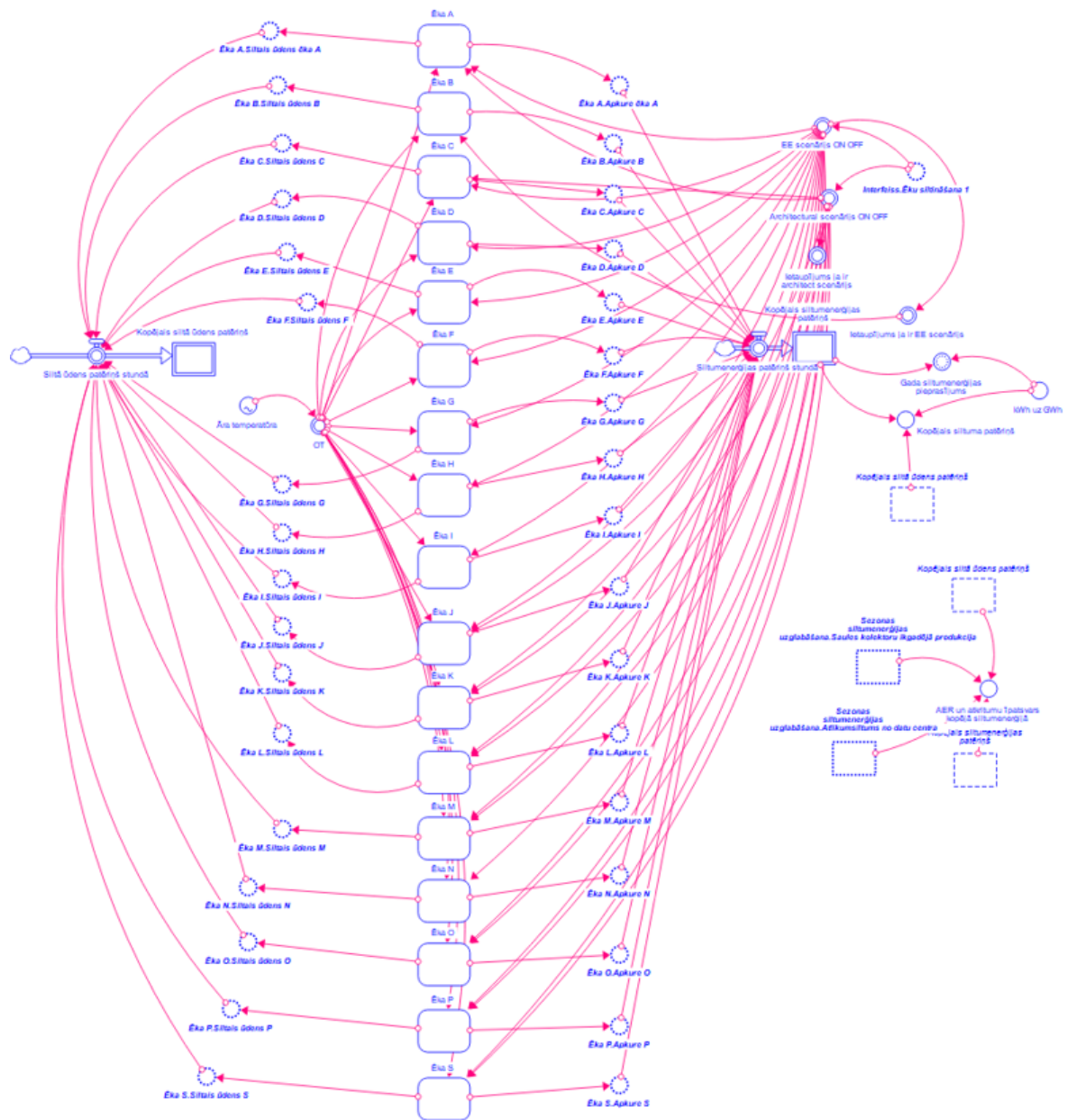
5.2. Sistēmdinamikas modelis. Siltumapgāde

5.2.1. Siltumenerģijas pieprasījums

Kā pirmo apskatām bloku "Siltumenerģijas pieprasījums". Kopējā modelī tā funkcija ir izveidot kopējo ikstundas siltumenerģijas pieprasījumu, kas sadalīts enerģijas plūsmās, kas nepieciešamas apkurei un karstā ūdens sagatavošanai.

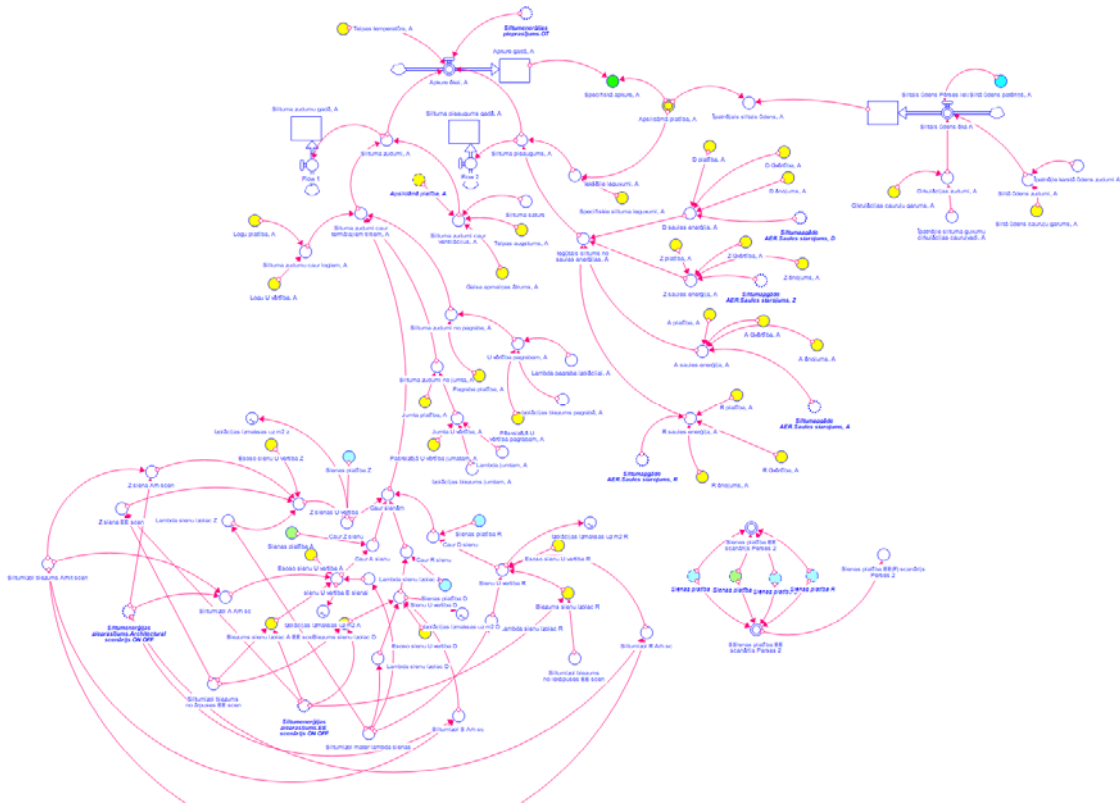
Bloka "Siltumenerģijas pieprasījums" fragmentā (5.4 attēlā) ir redzamas galvenās saiknes starp ēkām un to patēriņu, kas summējas kopējā siltumenerģijas patēriņā kvartālā.

Modelī ir ietvertas visas piemērizpētes kvartāla ēkas. Katrai ēkai ir izveidota atsevišķa vienība, kas iekļauj ēkas norobežojošo konstrukciju īpašības, ventilāciju, inženiertehniskās sistēmas, telpu temperatūru apkures sezonā un karstā ūdens patēriņu. Enerģijas pieprasījumu nosaka klimatiskie dati – āra gaisa temperatūra, saules starojums. No dotajiem parametriem tiek aprēķināts katras ēkas ikstundas siltumenerģijas pieprasījums. Blokā "Siltumenerģijas pieprasījums" par ievades datiem izmantoti vienkāršotu energoefektivitātes novērtējuma aprēķina rezultāti.



5.4. att. Bloks "Siltumenerģijas pieprasījums"

Detalizētāk atspoguļots A ēkas ikstundas siltumenerģijas pieprasījuma aprēķināšanas struktūra (sk. 5.5. attēlu). 5.5. attēlā ir redzami parametri, kas veido konkrēto ēkas siltumenerģijas patēriņu un saiknes starp tiem.



5.5. att. A ēkai SD modeli izveidotā siltumenerģijas pieprasījuma aprēķināšanas struktūra

Ēkas energoefektivitātes novērtējuma aprēķins veikts, pamatojoties uz ISO 13790:2008 Ēku energoefektivitāte. Telpu apsildīšanas un dzesēšanas energopatēriņa rēķināšana (spēkā līdz 2021. gada aprīlim). Tā kā aprēķins veidots stundas griezumā, uzskatāms, ka iegūtie rezultāti ir tuvināti patlaban spēkā esošā standartu LVS EN ISO 52016-1:2021 aprēķinam. Enerģijas bilanci aprēķināta sekojoši ikstundas griezumā (formula 5.1):

$$Q_{\text{apk}} = H_k (T_1 - T_2) t - \eta_{\text{apk}} (A_{\text{sol}} E_{\text{sol}} + Q_{\text{iek}})t, \quad (5.1)$$

kur

H_k – kopējais siltuma zudumu koeficients, (W/K);

t – novērtēšanas periods, viena pilna apkures sezona (stundas);

T_1 – uzstādītā iekštelpu temperatūra novērtēšanas periodā (°C);

T_2 – vidējā āra gaisa temperatūra novērtēšanas periodā (°C);

η_{apk} – siltuma ieguvumu izmantošanas faktors;

A_{sol} – ēkas lietderīgais saules enerģiju savācošais laukums (m^2);

E_{sol} – saules starojums novērtējuma periodā t uz laukumu A_{sol} (Wh/m^2);

Q_{iek} – visas ēkas iekšējie siltuma ieguvumi novērtēšanas periodā “ t ” (Wh).

Sistēmas zudumi nav detalizēti aprēķināti. Pieņemts, ka tie ir 5 % no aprēķinātā siltumenerģijas patēriņa. Ēkas energoefektivitātes aprēķināšanai izmantotā vienkāršotā metodoloģija ir aprakstīta 5.1. tabulā.

5.1. tabula. Ēkas energoefektivitātes aprēķināšanai izmantotā vienkāršotā metodoloģija

		Novirze no aprēķina metodes/papildinformācija
Apkures enerģijas pieprasījums	$Q_{apk,apr} = H_K (T_1 - T_2) t - \eta_{apk} (A_{sol} E_{sol} + Q_{iek})$, kur H_K – ēkas kopējo siltuma zudumu koeficients, (W/K); t – novērtēšanas periods, viena pilna apkures sezona (t_{apk}) (stundas); T_1 – vidējā iestatījuma temperatūra novērtēšanas periodā ($^{\circ}C$); T_2 – vidējā āra temperatūra novērtēšanas periodā ($^{\circ}C$); η_{apk} – apkures ieguvuma koeficients; A_{sol} – ēkas lietderīgās saules enerģijas savākšanas platība (m^2); E_{sol} – saules starojums novērtēšanas periodā "t" platībā "Asol" (Wh/m^2); Q_{iek} – visas ēkas iekšējie ieguvumi novērtēšanas periodā "t" (Wh).	-
Siltuma zudumu aprēķināšana		
Ēkas kopējo siltuma zudumu koeficients	$H_K = (H_{T,k} + H_{ve,k})$, kur: H_K – ēkas siltuma zudumu koeficients, (W/K); $H_{T,k}$ – ēkas ventilācijas siltuma zudumu koeficients, (W/K).	-
Ēkas siltuma pārejas zudumu koeficients	$H_T = \sum U_i A_i + \sum \psi_j l_j + \sum \chi_k$ kur U_i – ēkas termālās norobežojošās konstrukcijas i siltuma pārejas koeficients W/(m^2K); A_i – konstrukcijas "i" platība (m^2); ψ_j – lineārā termiskā savienojuma "j" siltuma pārejas koeficients; W/(mK); l_j – lineārā termiskā savienojuma "j" garums (m);	Termiskā savienojuma ietekme novērtēta, vērtībai U pievienojot korekcijas koeficientu ieskaujošo struktūru ΔU
Ēkas ventilācijas siltuma zudumu koeficients	$H_{ve,k} = \rho_a c_a (\sum q_{ve,k,vid})$, kur $H_{ve,k}$ – siltuma pārejas koeficients ar gaisa plūsmas ventilāciju, (W/K); $q_{ve,k,vid}$ – gaisa plūsmas elementa "k" laika vidējais plūsmas līmenis, (m^3/h); $\rho_a c_a$ – gaisa siltumietilpība tilpumā 0,34 ($Wh/(m^3^{\circ}C)$); k – katrs būtiskais gaisa plūsmas elements	Ēkās ar dabisko vēdināšanas sistēmu pieņem, ka vidējā gaisa apmaiņa ēkā ir 0,5 h^{-1} . Ēkās ar mehānisko ventilācijas sistēmu pieņem, ka vidējā gaisa apmaiņa ēkā ir 1,5 h^{-1} . Ar siltuma atgūšanu 75 % apmērā. Jāveic gaisa apmaiņas apjoma korekcijas, ja apstiprināšanas procesā nepieciešams iegūt papildu datus.
Siltuma ieguvumu aprēķināšana		
Iekšējie siltuma ieguvumi	Vienkāršotā aprēķināšana	Iekšējo siltuma ieguvumu Q_{iek} aprēķināšanai ir izmantota vērtība 2,1 W/ m^2 dzīvojamām ēkām un 3,5 W/ m^2 nedzīvojamām ēkām.
Saules siltuma ieguvumi	$Q_{sol} = \{ \sum \Phi_{sol,k} \cdot t \} + \{ \sum (1-b_i) \Phi_{sol,k} \} \cdot t$ Q_{sol} – saules siltuma ieguvumu summa noteiktajā sezonā (Wh); b_i – samazināšanas koeficients nekondicionētai blakustelpai ar iekšējo siltuma avotu; $\Phi_{sol,k}$ – vidējā siltuma plūsma no saules siltuma avota "k" noteiktajā sezonā (W); $\Phi_{sol,l}$ – vidējā siltuma plūsma no saules siltuma avota "l" uz nekondicionēto blakustelpu noteiktajā mēnesī vai sezonā (W);	Saules siltuma ieguvumu avoti nekondicionētās blakustelpās nav ņemti vērā

	<p>t – noteiktā mēneša vai sezonas ilgums stundās.</p> <p>$\Phi_{sol,k} = F_{en} A_{s,k} E_{s,k} g_g$ kur:</p> <p>$\Phi_{sol,k}$ – siltuma ieguvumu radīto siltuma plūsmu summa (W);</p> <p>F_{en} – samazināšanas koeficients ārējā šķēršļa ēnojumam virsmas k saules starojuma iedarbības uzkrāšanas platībai;</p> <p>$A_{s,k}$ – virsmas "k" (ar noteiktu orientāciju un slīpuma leņķi) efektīvās uzkrāšanas platība attiecīgajā zonā (m^2);</p> <p>$E_{s,k}$ – aprēķināšanas periodā saņemtais saules starojums uzkrāšanas virsmas platības kvadrātmetrā (W/m^2);</p> <p>g_g – elementa caurspīdīgās daļas kopējās saules enerģijas caurlaides koeficients.</p>	<p>F_{en} nosaka apkārtējo un konstruktīvo ēnojuma elementu un rāmja leņķa dabā reģistrētā novērtējuma procentuālā attiecība</p>
Apkures ieguvuma koeficients	Vienkāršotā aprēķināšana	Noteikts saskaņā ar būves masīvu – smags 95 % , vidējs 90 % , viegls 85 %
Būves aprēķināšanas modeļa apstiprināšana		
Būves aprēķināšanas modeļa apstiprināšana	<p>Tā kā ir pieejami dati par siltumenerģijas patēriņu 5 gadiem, klimatisko apstākļu korekcija nav jāveic. Aprēķināšanas modelis uzskatāms par uzticamu, ja aprēķinātā nominālā energoefektivitāte neatšķiras par vairāk nekā 10 % no mērītās nominālās enerģijas un ne vairāk par 10 kWh/m² g.</p> <p>Ēkām, par kurām nav pieejama informācija un mērītā nominālā enerģija, izmantots aprēķinātais nominālais parametrs.</p>	
Termālās norobežojošās konstrukcijas parametru aprēķināšana		
Termālās norobežojošās konstrukcijas parametru aprēķināšana	Ēkas norobežojuma zonas ir aprēķinātas, pamatojoties uz publiski pieejamiem datiem (kadastrs.lv, topografija.lv, google maps) un tehniskās apskates uz vietas.	
Klimata dati		
Klimata dati	Āra gaisa klimata dati ir pieņemti saskaņā ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 432 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN003-19 "Būvklimatoloģija"" atbilstīgi tuvākajai apdzīvotajai vietai.	

Katrai ēkai veiktais energoefektivitātes novērtējums apkurei apkopots 5.2. tabulā. Izpētē uz vietas kvartālā secināts, ka daļa kvartāla ēku apkures sezonas laikā netiek apkurinātas. Daļai ēku nav pieejami, vai daļēji pieejami apkures patēriņa dati, jo šajās ēkās AS "Rīgas Siltums" nenodrošina vai daļēji nodrošina apkuri, tāpēc nav iespējams 100% validēt aprēķinātā iegūtos datus ar izmērītajiem rādītājiem. Tabulā norādītas aprēķinātās vērtības pilnai slodzei.

5.2. tabula. Aprēķinātā ēku apkurei nepieciešamā enerģija

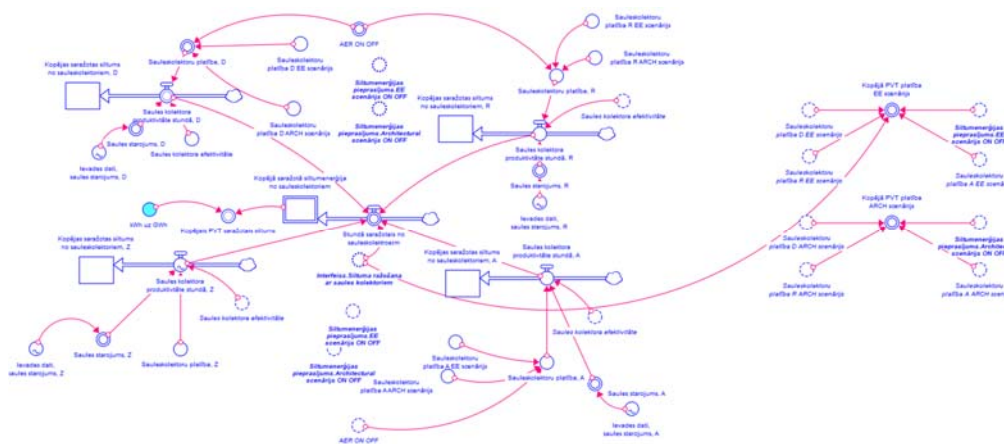
Ēkas	Apkurei nepieciešamā enerģija kWh/m ²
G, F	129,98
H	140,13
I	125,04
K	113,60
L	133,80
M	136,50
E	132,40
P	159,20
R	117,00
D	135,60
A	112,00
J	118,10
B	103,50
C	99,30
O	159,80

5.2. tabulā ir redzams, ka esošajā situācijā apkurei nepieciešamā enerģija ir robežās no 100 līdz 160 kWh/m².

Izstrādātajam sistēmdinamikas modelim ir augsta detalizācijas pakāpe. Tā ļauj norādīt individuāli katrai ēkai atbilstošos energoefektivitātes pasākumus, - izolācijas materiāla biezumu, īpašības norobežojošām konstrukcijām, gaisa apmaiņas kārtu atbilstoši katras konkrētās ēkas funkcijai, ventilācijas sistēmas tipu, saules siltuma ieguvumus, utt.. Uzskatāmības labad, ēkas ir iedalītas 3 grupās saskaņā ar noteikto ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmeni.

5.2.2. Siltumenerģija no AER

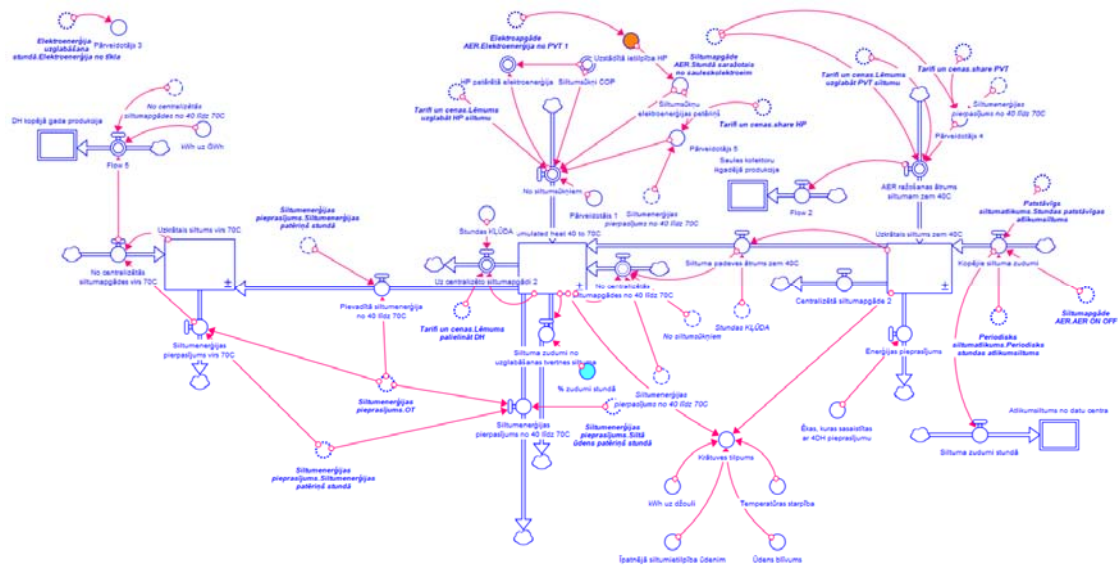
Bloka "Siltumenerģija no AER" (5.6. attēls) funkcija ir iegūt kombinēto saules siltuma un elektroenerģijas paneļu saražotās siltumenerģijas daudzumu stundas griezumā. Tas aprēķināts atkarībā no paneļu pozīcijas attiecībā pret debespusēm, to platības un efektivitātes. Galvenais parametrs blokā "Siltumenerģija no AER" ir saules starojums atkarībā no debespusēm. Pieejamās zonas PVT sistēmu izvietošanai ir aprēķinātas, ņemot vērā ēkas izvietošanu un ēnojumu no apkārtējām ēkām.



5.6. att. Siltumenerģija no AER

5.2.3. Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana

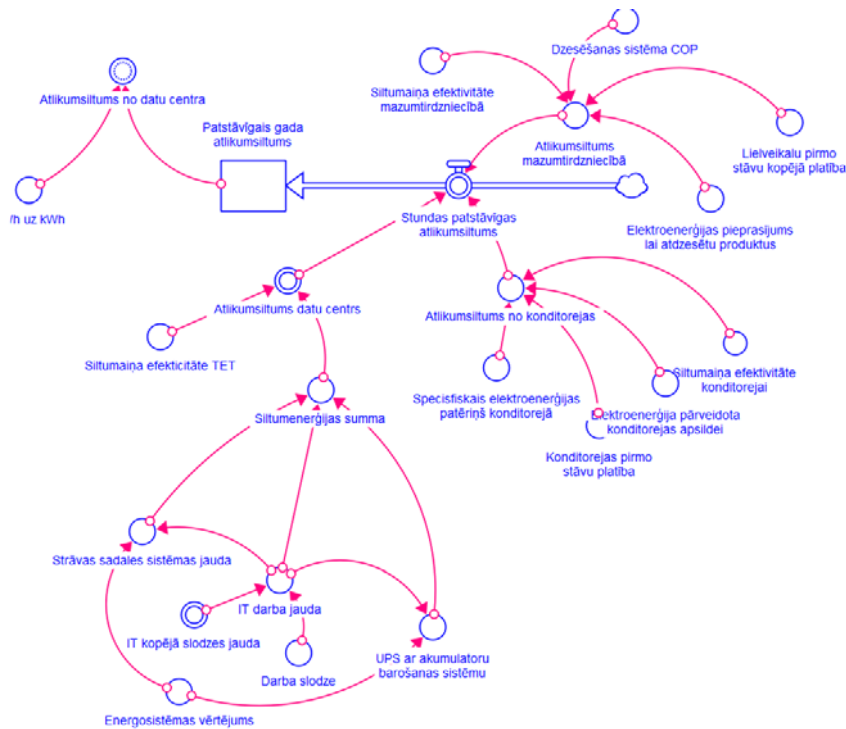
Bloka “Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana” funkcija modelī ir aprēķināt siltumenerģijas pieprasījumu un piedāvājumu. Bloks aprēķinā izmanto bloku “Siltumenerģijas pieprasījums” un “Siltumenerģija no AER” rezultātus. Siltumapgāde blokā “Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana” ir iedalīta trīs līmeņos atkarībā no siltumnesēja temperatūras: mazāk par 40 °C, no 40 līdz 70 °C un vairāk par 70 °C. Diapazonā līdz 40 °C ir uzkrāta siltumenerģija no PVT paneļiem, atlikumsiltums no datu centriem un dzesēšanas sistēmām. Šī temperatūru diapazona siltumenerģiju varētu izmantot ceturtās paaudzes zemas temperatūras centralizētās siltumapgādes sistēmā. Ja enerģija ir vairāk nekā nepieciešams temperatūras pacelšanai līdz 40 °C, izmantojot siltumsūkņus temperatūra siltumnesējā tiek paaugstināta no 40 uz 70 °C, un tiek novirzīta nākamajā uzkrātās temperatūras līmenī 40–70 °C. Siltumenerģiju no šī līmeņa izmanto, lai nodrošinātu apkures un karstā ūdens patēriņu. Siltumenerģija no centralizētās siltumapgādes tīkla ir identificēta kā trešais temperatūras līmenis – vairāk par 70 °C. Ja pirmajos divos līmeņos nav pieejama siltumenerģija, apkuri nodrošina centralizētās siltumapgādes sistēma. Bloka “Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana” struktūra ir parādīta 5.7. attēlā.



5.7. att. Bloka “Sezonālā siltumenerģijas uzglabāšana” struktūra

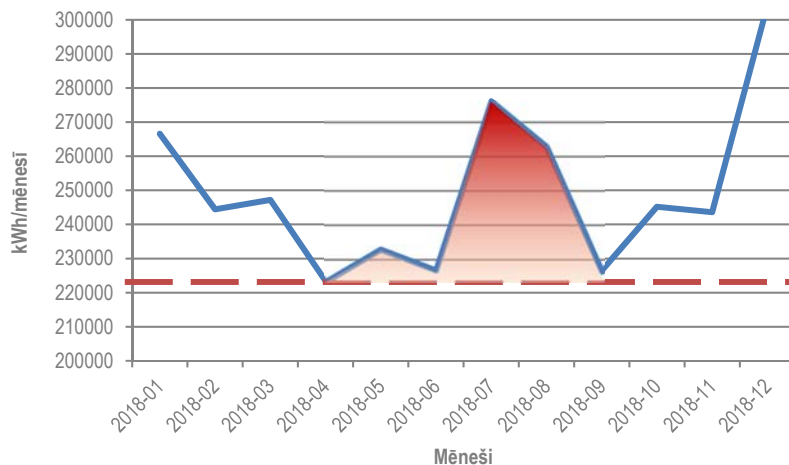
5.2.4. Nepārtrauktais atlikumsiltums

Bloka “Nepārtrauktais atlikumsiltums” funkcija modelī ir aprēķināt atgūto siltumu no cikliskiem avotiem. Bloks iekļauj trīs atlikumsiltuma “piegādātājus” – datu centrus, ēdināšanas uzņēmumus un pārtikas preču veikalus. Lielākais elektroenerģijas patērētājs un attiecīgi būtiskākais atlikumsiltuma “piegādātājs” ir kvartālā izvietotais datu centrs. Ēdināšanas uzņēmumi un pārtikas preču veikali veido līdz 1 % no kopējā atgūtā siltuma daudzuma (sk. 5.8. attēlu).



5.8. att. Bloka "Nepārtrauktais atlikumsiltums" struktūra

Kvartālā esošo ēku dzesēšanai nepieciešamo enerģiju iespējams identificēt, analizējot elektroenerģijas datus. Elektroenerģijas patēriņš aprīlī atspoguļo elektroenerģijas pamatlīmeni, kas raksturīgs vasaras mēnešiem (apgaisojums un iekārtas) un tiek uzskatīts par bāzes līmeni. Elektroenerģijas patēriņš virs bāzes līmeņa norāda telpu dzesēšanai patērēto enerģiju no 2018. gada maija līdz augustam, neietverot datu centru enerģijas patēriņu (5.9. attēls).



5.9. att. Enerģijas patēriņš virs bāzes līnijas (sarkanā raustītā līnija) maijā–augustā liecina par enerģijas patēriņu dzesēšanai.

Ikmēneša elektroenerģijas patēriņa dati rāda, ka vasaras mēnešos kopējais patērētās elektroenerģijas apjoms virs pavasara mēnešu līmeņatzīmes ir 110 MWh. Tā ir enerģija, kas patērēta ēku dzesēšanai (izņemot datu centru). No dzesēšanas kompresoriem siltuma zudumus varētu atgūt, izmantojot siltumsūkni, kura lietderības koeficients ir 75 %. Atgūto siltumenerģiju var izmantot ēku karstā ūdens priekšsildīšanai kvartāla ietvaros. Dzesēšanas atlikumsiltums pārsvarā tiktu atgūts no juridisko personu iekārtām. Ēdināšanas uzņēmumos atgūto siltumu iespējams izmantot pašpatēriņam, bet administratīvajās ēkās, kur karstā ūdens patēriņš ir salīdzinoši neliels, iegūto siltumu varētu nodot dzīvojamām telpām tās pašas ēkas ietvaros vai nodot blakus esošām ēkām, veidojot pēc iespējas īsākus pārvades ceļus.

Atlikumsiltuma izmantošana no datu centra. Digitālajā laikmetā datu apstrādes un uzglabāšanas nepieciešamības dēļ datu centri kļuvuši par energoietilpīgiem pakalpojumiem [175]. Pēdējo divdesmit gadu laikā ir pētītas energoefektivitātes tehnoloģijas datu centros, pakāpeniski pārejot no sistēmām, kas, radot gaisa plūsmu, lieko siltumu novada apkārtējā vidē, izmantojot aktīvās dzesēšanas sistēmas [176] uz pasīvās dzesēšanas sistēmām [177] un dzesēšanu ar ūdeni, kas, pārvietojot siltumu ar enerģijas nesēju, rada iespēju to izmantot ēkas apkurei vai karstā ūdens sagatavošanai [178], un kompleksām atlikumsiltuma atgūšanas stratēģijām, izmantojot vairāpkāpju ciklus [179]. Ir aprēķināts, cik daudz atlikumsiltuma var uztvert maza mēroga (40–100 kW jauda), vidējā (400–1000 kW jauda) un liela mēroga datu centros (4000–10000 kW) [34]. Atgūto enerģiju var nodot centralizētās siltumapgādes tīklā vai nodot blakus esošajām ēkām, izmantojot siltumsūkņus. Pētījumos tiek izstrādātas dažādas stratēģijas atlikumsiltuma enerģijas nodošanai tīklā, lai nodrošinātu minimālus zudumus enerģijas pārvades procesā. Viens no būtiskākajiem aspektiem ir atlikumsiltuma uztveršanas procesā iegūtā energonesēja temperatūra [180].

Energonesēja temperatūra, ko nodrošina no datu centra atgūtā atlikumsiltuma izmantošana, ir atkarīga no datu centrā izmantotās dzesēšanas sistēmas tipa [181] (sk. 5.3. tabulu). Lai nodrošinātu atlikumsiltuma izmantošanu un pārvadītu uztverto siltumu uz citu enerģijas nesēju, zemas temperatūras siltumam nepieciešams siltummainis, bet, lai nodrošinātu augstāku temperatūru, nepieciešami siltumsūkņi. Katram temperatūras diapazonam ir vispiemērotākais atlikumsiltuma izmantošanas mērķis. Zemākas temperatūras siltumu var izmantot pašpatēriņam ēkā kā priekšsildīšanai, bet, lai enerģiju nodotu centralizētajai siltumapgādei, ir nepieciešama augstāka temperatūra > 60 °C. Divfāžu dzesēšanas sistēma nodrošina visaugstāko temperatūru, tādējādi nodrošinot lielāku elastīgumu atlikumsiltuma izmantošanai, un ļauj atgūt siltumu ar augstāku efektivitāti, ko apraksta *Huang et al.* [179].

5.3. tabula Energonesēja temperatūra, ko iegūst, izmantojot dažādas datu centru dzesēšanas tehnoloģijas

Dzesēšanas tehnoloģija	No datu centru atlikumsiltuma iegūtā energonesēja temperatūra
Gaisa dzesēšana	35–40 °C
Ūdens dzesēšana	60–70 °C
Divfāžu dzesēšana	70–80 °C

Izmantojot literatūrā aprakstīto atlikumsiltuma atgūšanas potenciālu [182], [34], veikts siltuma atgūšanas no datu centra proporcionāls novērtējums (5.4. tabula).

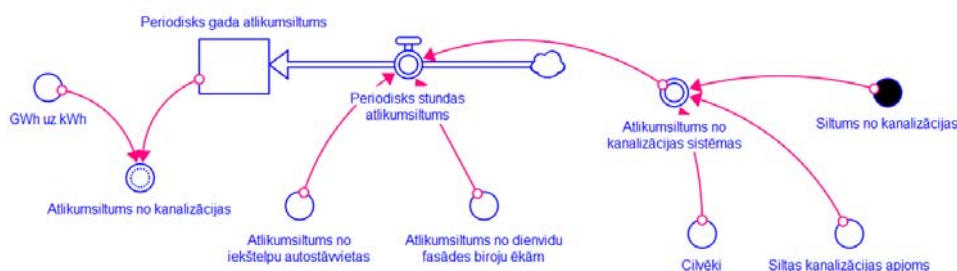
5.4. tabula. Datu centra siltuma zuduma reģenerācijas jaudas aprēķināšana izvēlētajā pilsētas kvartālā

Datu centra uzstādītā jauda [182]	1	MW
Atgūtais atlikumsiltuma apjoms [182]	5627	MWh/gadā
Datu centra uzstādītā jauda (piemērizpētes kvartāls)	0,06	MW
Atgūtais atlikumsiltuma apjoms (proporcionāli [182])	338	MWh/gadā

Saskaņā ar proporcionāli aprēķināto aptuveni 19 % no kopējās apkurei nepieciešamās enerģijas pēc ēku energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu īstenošanas (sasniežot 60 % enerģijas ietaupījumu) varētu segt ar atlikumsiltumu, kas iegūts no 0,06 MW jaudas datu centra.

5.3. Neregulārais atlikumsiltums

Kā neregulāri atlikumsiltuma avoti modelī tiek paredzēti siltuma atgūšana no kanalizācijas sistēmas un liekā enerģijas novadīšana no dienvidu birojiem (sk. 5.10. attēlu).



5.10. att. Bloka "Neregulārais atlikumsiltums" struktūra

Lai aprēķinātu no kanalizācijas sistēmas atgūtā siltuma daudzumu, tika izmantoti siltumenerģijas patēriņa dati, kas ir publicēti AS "RĪGAS SILTUMS" (RS) vietnē. No notekūdeņiem atgūtais siltuma daudzums tiek aprēķināts no publiski pieejamas informācijas RS vietnē par siltumenerģijas patēriņu karstā ūdens sagatavošanai pilniem pieciem gadiem no 2016. gada līdz 2020. gadam, pieņemot, ka viss siltums no maija līdz septembrim ir patērēts tikai karstā ūdens sagatavošanai. Piegādātā siltumenerģija karstā ūdens sagatavošanai no centralizētās siltumapgādes ir izmantota piecās ēkās. Taču tikai viena ir dzīvojamā ēka. Siltuma atgūšanu no notekūdeņiem var īstenot no daudzstāvu dzīvojamām ēkām, jo siltums no notekūdeņiem ir atgūts no lielākiem karstā ūdens daudzumiem (duša/vanna) salīdzinājumā ar biroju ēkām. Vidējais siltumenerģijas daudzums karstā ūdens sagatavošanai minētajā dzīvojamā ēkā ir 6,47 MWh mēnesī, sk. 5.5. tabulā.

5.5. tabula. Siltumenerģijas patēriņš karstā ūdens sagatavošanai

Gads	Dzīvojamā ēka				
	Maijs MWh	Jūnijs MWh	Jūlijs MWh	Augusts MWh	Septembris MWh
2015	8,71	9,46	6,33	6,73	8,10
2016	9,39	7,16	4,48	6,75	7,60
2017	9,55	7,63	6,37	7,18	8,41
2018	9,60	7,48	6,99	5,08	7,71
2019	8,74	5,93	5,72	2,10	7,43
2020	9,37	5,06	6,32	2,39	6,95
Vidēji	9,23	7,12	6,04	5,04	7,70

Maija dati netiek ņemti vērā, jo vidējie dati atšķirās no citiem vasaras mēnešiem par vairāk nekā 20 %. Karstā ūdens patēriņš tika aprēķināts, lietojot formulas 5.2 un 5.3:

$$Q = \frac{(T_2 - T_1) \times V}{860} \quad (5.2)$$

$$V = \frac{860 \times Q}{(T_2 - T_1)} = \frac{860 \times 6,06}{(55,0 - 15,0)} = 130,29 \text{ m}^3 \quad (5.3)$$

kur:

- Q – patērētā siltumenerģija, MWh;
- V – siltumnesēja daudzums, m³;
- T_2 – aukstā ūdens temperatūra, °C;
- T_1 – karstā ūdens temperatūra, °C.

Aprēķinā tiek pieņemts, ka viss karstais ūdens nonāk kanalizācijā un ka ir siltuma zudumi no cauruļu virsmām, flīžu virsmām, izlietnes un vannas virsmām. Rezultējošā notekūdeņu temperatūra ir aptuveni 30 °C. Lai aprēķinātu atlikumsiltumu no notekūdeņiem, tas tiek attiecināts uz iedzīvotājiem dzīvojamā zonā, attiecīgi – jo vairāk iedzīvotāju, jo vairāk atgūtā siltuma. Siltuma atgūšanai ir izmantots kompresijas siltumsūknis, kam lietderības koeficients ir 10. Modelī tika pieņemts, ka ieplūdes kanalizācijas temperatūra ir 30 °C, bet izplūdes kanalizācijas temperatūra ir 8 °C. Kanalizācijas atlikumsiltums tika aprēķināts saskaņā ar formulu (5.4):

$$Q_{Sewage} = (n_{Persons} \times ((T_2 - T_1) \times \frac{V_{Sewage}}{860})) \times 1000 \quad (5.4)$$

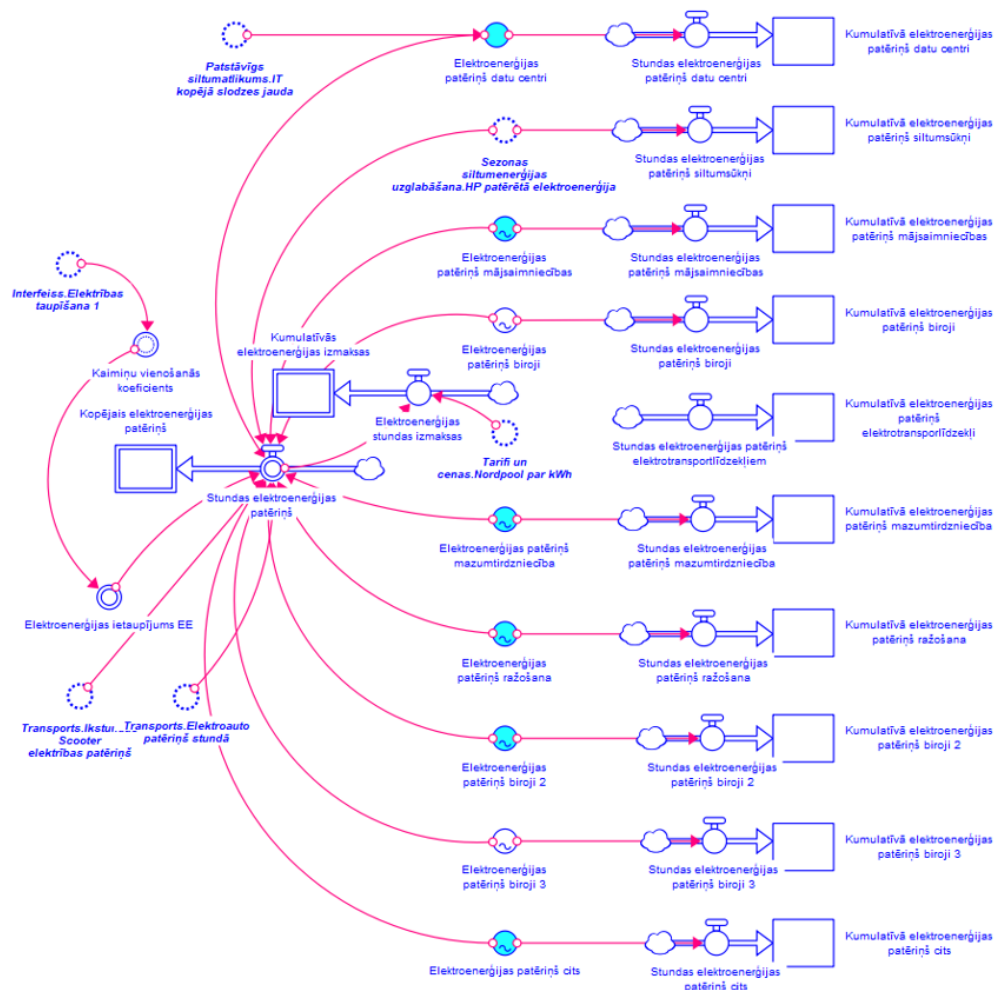
kur:

- Q_{Sewage} – kanalizācijas atlikumsiltums, MWh;
- $n_{Persons}$ – karstā ūdens lietotāju skaits;
- T_2 – ieplūdes kanalizācijas temperatūra, °C;
- T_1 – izplūdes kanalizācijas temperatūra, °C;
- V_{Sewage} – kanalizācijas tilpums, m³.

5.4. Elektroenerģija

5.4.1. Elektroenerģijas pieprasījums

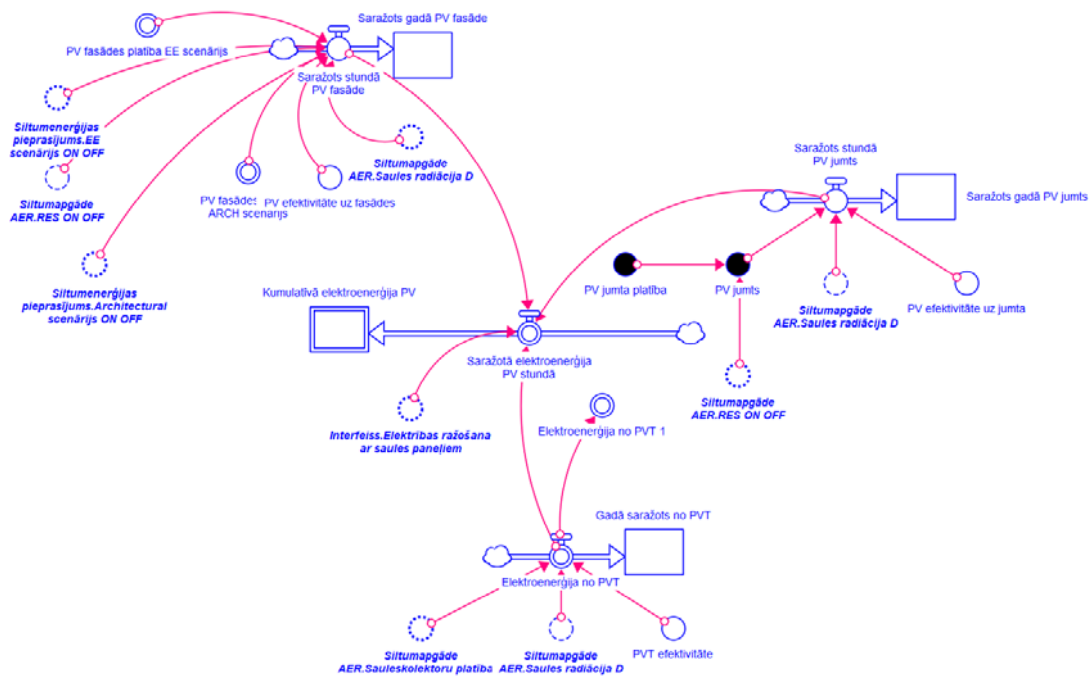
Tālāk aprakstīts bloks “Elektroenerģijas pieprasījums” (5.11. attēls). Bloka “Elektroenerģijas pieprasījums” funkcija ir aprēķināt ikstundas elektroenerģijas pieprasījumu. Blokā “Elektroenerģijas pieprasījums” ir ievadīti elektroenerģijas patēriņa dati, kas iekūti no AS “Sadales tīkls”. Ņemot vērā, ka elektroenerģijas patēriņa dati, ievērojot datu aizsardzības prasības, sniegti bez piesaistes ēkām, elektroenerģijas plūsma ir iedalīta vairākās daļās atkarībā no patērētās enerģijas apjoma - datu centrs, biroju ēkas, dzīvojamais sektors, komerciālais sektors, pārtikas preču veikaliem un ēdināšanas uzņēmumi. Tāpat ir ņemts vērā potenciālais elektroenerģijas patēriņš, kas nepieciešams elektroautomobiļu uzlādes staciju un siltumsūkņu darbībai. Lai bloks “Elektroenerģijas pieprasījums” varētu izveidot ikstundas patēriņu, nepieciešams atspoguļot mēneša patēriņu kā stundas patēriņu. Tas ir darīts, sadalot mēneša elektroenerģijas patēriņu saskaņā ar energoapgādes sistēmu diennakts slodzes grafiku. Papildus blokā “Elektroenerģijas pieprasījums” ir iekļauti e-transportlīdzekļi.



5.11. att. Elektroenerģijas pieprasījums

5.4.2. Elektroapgāde no AER

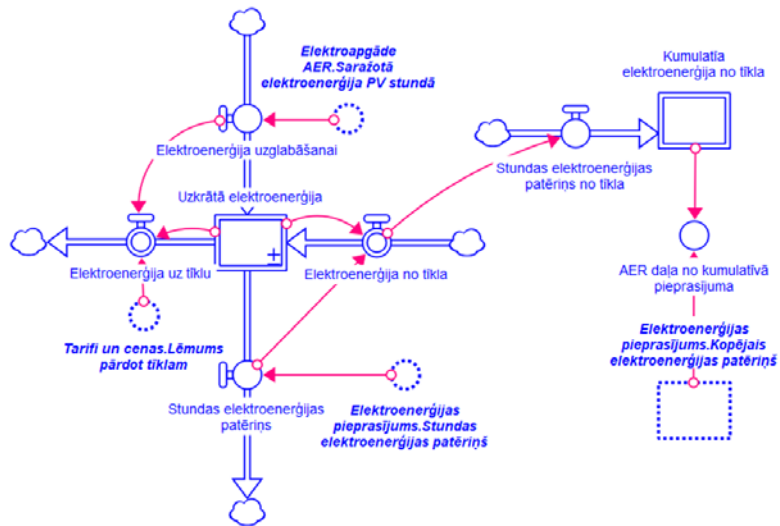
Bloka “Elektroapgāde no AER” funkcija modelī ir aprēķināt no PV un PVT paneļiem saražotās elektroenerģijas ikstundas apjomu. Aprēķinā izmantotie parametri ir līdzīgi iepriekš blokam “Siltumenerģija no AER” aprakstītajiem, un papildu paneļi ir apsvērti saskaņā ar to izvietojumu uz ēkas jumta (PVT) vai uz ēku sienām BiPV (building integrated photovoltaic panels). Bloka “Elektroapgāde no AER” struktūra redzama 5.12. attēlā.



5.12. att. Bloka “Elektroapgāde no AER” struktūra

5.4.3. Elektroenerģijas uzglabāšana

Bloka “Elektroenerģijas uzglabāšana” funkcija modelī ir aprēķināt pieprasījumu un piedāvājumu, pamatojoties uz vairākiem komponentiem – no AER ražotā elektroenerģija, uzglabātā elektroenerģija un no tīkla piegādātā elektroenerģija. Blokā ir izmantoti dati no bloka “Elektroapgāde no AER” un bloka “Elektroenerģijas pieprasījums”. 5.13. attēlā ir parādītas elektroenerģijas plūsmas. Kopējo elektroenerģijas pieprasījumu nodrošina elektroenerģijas uzglabāšanas bloks, kas saņem enerģiju no tīkla vai AER.



5.13.att. Bloka “Elektroenerģijas uzglabāšana” struktūra

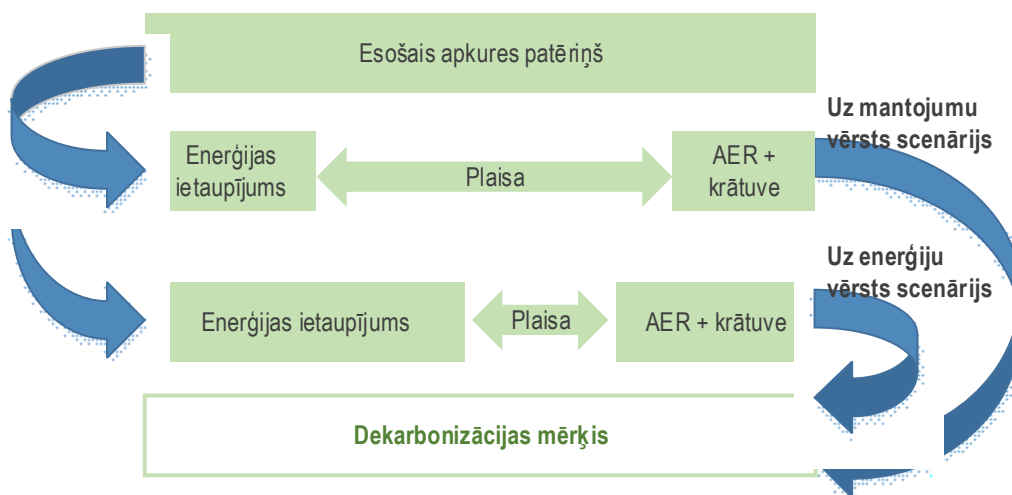
6. IZSTRĀDĀTIE ENERGOEFEKTIVITĀTES + AER SCENĀRIJI. MODELĒŠANAS REZULTĀTI

Starp reālo situāciju, apskatot ēku ietekmi uz vidi un dzīves ciklā radītajām CO₂ emisijām, un oglekļa neitralitāti 2050. gadā šobrīd pastāv plaša. Lai sasniegtu izvirzītos klimata mērķus, ir jānoslēdz plaša starp ēkas/kvartāla vai pilsētas esošo CO₂ nospiedumu un nākotnes vīziju par dekarbonizētu ēku/kvartālu vai pilsētu. Jādekarbonizē gan siltumenerģijas, gan elektroenerģijas patēriņš.

Izvēlētais piemēripētes kvartāls atspoguļo vēsturisko pilsētu centru struktūras daudzslāņainību – te atrodamas dažādu būvniecības periodu, dažādu arhitektūras stilu un dažādu izmantoto materiālu ēkas. Tās ir jauktu funkciju gan dzīvojamās, gan sabiedriskās un veido blīvi apbūvētu vidi. Kā konstatēts literatūras analīzē, šobrīd pastāv pretrunas starp energoefektivitātes un kultūras mantojuma saglabāšanas normatīvajiem aktiem. No vienas puses, ir mērķis dekarbonizēt esošo ēku krājumu pēc principa “energoefektivitāte pirmajā vietā” (*energy efficiency first*), no otras puses, ir kultūrvēsturisko pieminekļu un kultūrvēsturiskās vides aizsardzības prasības, kas priekšplānā izvirza vēsturisko liecību un autentiskuma saglabāšanu, kas ne tikai aizsargā ēku vizuālo tēlu, bet arī autentisko substanci. Lai modelētu iespējamās nākotnes attīstības iespējas, pētījumā apskatīti un analizēti divi virzieni – viens vērsts uz maksimālu energoefektivitātes paaugstināšanu, bet otrs vērsts uz kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšanu.

6.1. Izstrādātie scenāriji enerģijas patēriņa samazināšanai piemēripētes kvartālā

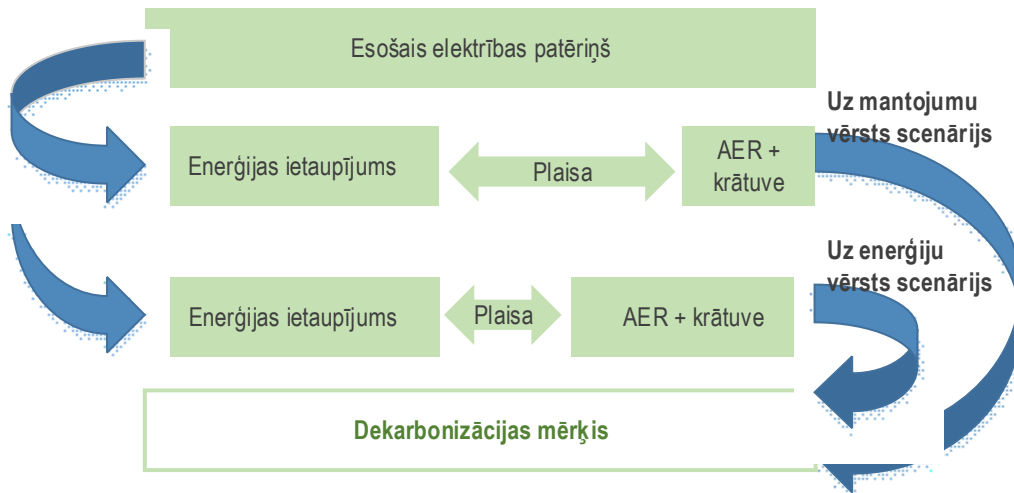
Lai nosegtu dekarbonizācijas CO₂ plaisu siltumenerģijas patēriņā, jāpaaugstina ēku norobežojošo konstrukciju un inženiertehnisko sistēmu energoefektivitāte un jāievieš *on-site* atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas (**Error! Reference source not found.** attēls). Katrā no scenārijiem tiek prognozēts atšķirīgs enerģijas apjoms, ko var ietaupīt energoefektivitātes pasākumos un saražot uz vietas izvietotās AER tehnoloģijās.



6.1. att. Siltumenerģijas dekarbonizācijas plaša

Savukārt dekarbonizējot elektroenerģijas patēriņu, nav sagaidāms, ka prognozēto ietaupījumu apjoms scenārijos varētu atšķirties, jo nepieciešamās izmaiņas neskar vai skar

maznozīmīgi ēkas struktūru. Tiek pieņemts, ka abos scenārijos, veicot kompleksu elektroenerģiju patērējošo iekārtu energoefektivitātes paaugstināšanu, ir iespējams sasniegt 50 % elektroenerģijas patēriņa ietaupījumu. Atšķirība scenārijos ir saražotās elektroenerģijas apjomā, jo mantojuma scenārijā ir ierobežotākas iespējas izvietot fotoelektriskos paneļus (**Error! Reference source not found.. attēls**).



6.1. att. Elektroenerģijas dekarbonizācijas plaisa

6.1.1. Izstrādātie scenāriji siltumenerģijas patēriņa samazināšanai piemēripētes kvartālā

Izstrādājot energoefektivitātes scenārijus izvēlēti trīs faktori ar mainīgām vērtībām:

- 1) Energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi ēkās - gan norobežojošo konstrukciju siltumnoturības paaugstināšana, gan inženiertehnisko sistēmu uzlabošana
- 2) AER tehnoloģiju izvietošana;
- 3) Atlikumsiltuma atgūšana.

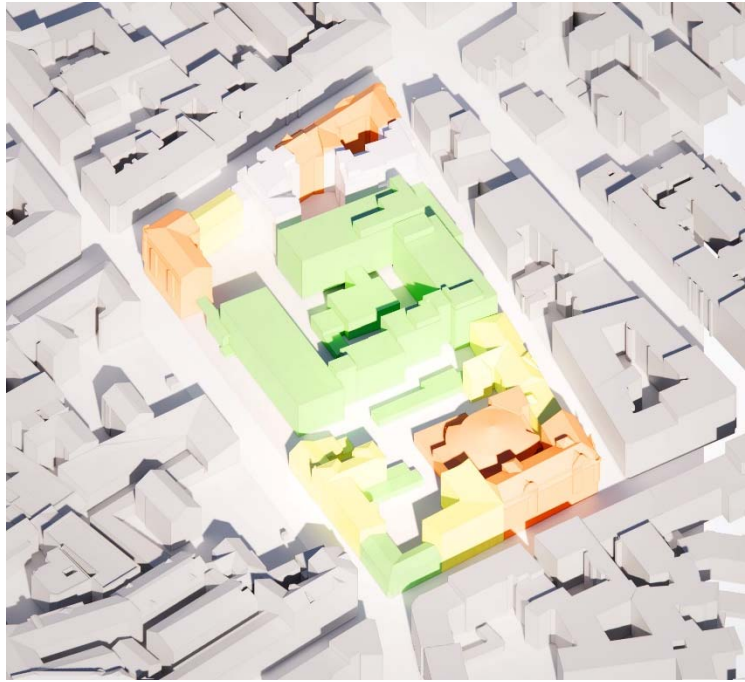
Lai definētu energoefektivitātes scenārijus no abām perspektīvām – kultūras vērtību saglabāšanas un energoefektivitātes – tika sagatavota matrica ar trim faktoriem, kur katram faktoram ir vairāki līmeņi, un atbilstoši matricai sistēmdinamikas modelī iestrādāti dažādi scenāriji. Modelēšanas eksperimenta mērķis ir novērtēt potenciālu sasniegt pozitīvas enerģijas līmeņatzīmi apkures un elektroenerģijas patēriņam. Siltumenerģijas un elektroenerģijas patēriņš tiek aplūkots atsevišķi.

Faktori apkurei nepieciešamās enerģijas samazināšanai un to līmeņi atspoguļoti tabulā zemāk (sk. 6.1. tabulu).

6.1. tabula Faktori apkurei nepieciešamās enerģijas samazināšanai

Faktori	Snieguma līmenis			
	Esošais (0)	Stingra kultūrvēsturisko vērtību saglabāšana (1)	Esošā / pieļaujamā prakse kultūrvēsturisko ēku atjaunošanā (2)	Energoefektivitāte pirmajā vietā (3)
Atjaunojamie energoresursi	Izslēgts (0)	Daļēji, balstoties uz kultūrvēsturisko vērtību saglabāšanas ierobežojumiem (1)	Maksimāli – energoefektivitāte pirmajā vietā (2)	-
Atlikumsiltuma atgūšana	Izslēgts (0)	Ieslēgts (1)	-	-

Faktorā “Energoefektivitātes līmenis” tiek ņemtas vērā ēkas norobežojošo konstrukciju siltumtehnikās īpašības, kā arī siltuma zudumi no ventilācijas. Pamatlīmenis (0) atbilst esošajai situācijai. Energoefektivitātes līmenī “Stingra kultūrvēsturisko vērtību saglabāšana” energoefektivitātes pasākumu ierobežojumi ir noteikti, pamatojoties uz Rīgas vēsturiskā centra saglabāšanas un aizsardzības noteikumiem. Noteikumi nosaka vispārējos kultūras mantojuma vērtību saglabāšanas principus, kas ir strikti ierobežojoši. Lai iegūtu padziļinātu informāciju par to, kādi pasākumi ir pieļaujami katrā konkrētajā ēkā, norādes sniedz Nacionālās kultūras mantojuma pārvaldes eksperti. Detalizēti izstrādātas instrukcijas katrai ēkai neietilpst šī pētījuma tvērumā, tomēr pirmais stingri ierobežojošais norādījumu ietvars neatspoguļo esošo situāciju kultūrvēsturisko ēku renovācijas praksē. Tādēļ nākamais energoefektivitātes “Esošā prakse / pieļaujamais kultūras mantojuma atjaunošanā” līmenis tika noteikts, balstoties uz intervijām ar nozares ekspertiem. Detalizētas instrukcijas par pasākumiem, kādus drīkst veikt ēkas pārbūvē, nosaka, nosakot ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmeni, tomēr vispārīgas tendences var tikt novērotas. Lai noteiktu energoefektivitātes pasākumus energoefektivitātes līmenī “Esošā prakse kultūras mantojuma atjaunošanā”, visas piemēripētes kvartāla ēkas tiek iedalītas trīs grupās – “A” ēkas ar augstu kultūrvēsturisko vērtību, “B” – vērtīgas ēkas un “C” – ēkas ar zemu kultūrvēsturisko vērtību (sk. 6.3. attēlu).



6.3. att. Ēku sadalījums pa kultūrvēsturiskās vērtības līmeņiem (oranžs – “A” līmenis, dzeltens “B” līmenis, zaļš “C” līmenis)

Katram ēkas tipam un katram energoefektivitātes līmenim ir noteikti energoefektivitātes pasākumi ēkas siltumizolācijas elementiem – jumtam, sienām, grīdai, logiem – un siltuma zudumu samazināšanai caur ventilāciju (skat.6.2. tabulu zemāk).

6.2. tabula. Energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumi – norobežojošās konstrukcijas un ventilācija

Stingra kultūrvēsturisko vērtību saglabāšana	Energoefektivitātes līmeņi								
	Esošā / pieļaujamā prakse kultūrvēsturisko ēku atjaunošanā			Energoefektivitāte pirmajā vietā					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Jumts	200mm	200mm	200mm	200mm	200mm	300mm	400mm	400mm	400mm
Sienas (siltumizolācija no iekšpusēs)	-	-	-	50mm (30%)	50mm (30%)	0mm	50mm 30 %	50mm 30 %	-
Sienas (siltumizolācija no ārpusēs)	-	-	-	-	100mm Pagalma fasādes	150mm Visas Fasādes	200mm Pagalma fasādes	200mm Pagalma fasādes	200mm Visas fasādes
Grīda	-	-	-	100mm	100mm	100mm	100mm	100mm	100mm
Logi, W/m ² K	2,7	2,3	1,1	2,7	1,3	1,0	2,7	1	0,75
Ventilācija									
Siltuma atgūšana, %	0	0,3	0,55	0	0,5	0,55	0,7	0,6	0,7
Gaisa apmaiņas kārtā (h-1)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4

Jumtu panorāma ir definēta kā saglabājama Rīgas vēsturiskā centra ainava. Tāpēc faktoram “Atjaunojamie enerģijas avoti” ir noteikti trīs līmeņi, pamatojoties uz PVT tehnoloģijas lietojumu uz jumtiem un BiPV uz fasādēm (sk. 6.4. attēlu).



6.4. att. AER tehnoloģiju izvietošana uz ēku jumtiem (zils – PVT, PV napeļi, violets – BiPV paneļi)

Faktora “Atjaunojamie energoresursi” līmeņi parādīti 6.3. tabulā.

6.3. tabula Faktora “Atjaunojamie energoresursi” līmeņi

	Snieguma līmeņi								
	Stingra kultūrvēsturisko vērtību saglabāšana			Esošā / pieļaujamā prakse kultūrvēsturisko ēku atjaunošanā			Energoefektivitāte pirmajā vietā		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
PVT, PV	-	-	-	-	2 Max	2 Max	2 Max	2 Max	2 Max

Izveidota iespējamo scenāriju matrica kopējā siltumenerģijas patēriņa samazināšanai un uz vietas saražotās enerģijas paaugstināšanai (samazinot no centralizētās siltumapgādes patērēto enerģiju) (6.4. tabula). Katra iepriekš aprakstītā faktora alternatīvu kombinācijās izveidoti 10 scenāriji.

6.4. tabula Scenāriju matrica. Apkurei nepieciešamā enerģija

Faktori	Scenāriji									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energoefektivitāte	Esošā 0	0	0	Stingrā (1)	Stingrā (1)	Pieļaujamā (2)	Pieļaujamā (2)	En-efektīvā (3)	En-efektīvā (3)	En-efektīvā (3)
AER	0	100% (3)	100% (3)	0	0	Daļēja (2)	Daļēja (2)	0	0	100% (3)
Atlikumsiltuma atgūšana	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1

6.1.2. Izstrādātie scenāriji elektroenerģijas patēriņa samazināšanai piemēripētes kvartālā

Elektroenerģijas patēriņa samazināšanas faktori un efektivitātes līmeņi ir parādīti 6.5. tabulā. Tiek pieņemts, ka 50% elektroenerģijas patēriņa samazinājums ir iespējams energoefektivitātes pasākumu (uzvedības, apgaismojuma, iekārtu) dēļ. Tā kā šie energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi neietekmē ēkas izskatu, visos scenārijos tiek pieņemts, iespējams sasniegt 50% elektroenerģijas patēriņa samazinājumu.

6.5. tabula Faktori nepieciešamās elektrenerģijas samazināšanai

	Energoefektivitātes līmeņi								
	Stingra kultūrvēsturisko vērtību saglabāšana			Esošā / pieļaujamā prakse kultūrvēsturisko ēku atjaunošanā			Energoefektivitāte pīmajā vietā		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmenis									
Energoefektivitātes pasākumi	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums	50% ietaupījums
PVT	-	-	-	-	1	1	1	1	1
BiPV	-	-	-	-	Uz pagalma fasādēm, brandmūriem	1	Uz pagalma fasādēm, brandmūriem	Uz pagalma fasādēm, brandmūriem	1

Izveidota iespējamo scenāriju matrica kopējā elektroenerģijas patēriņa samazināšanai un uz vietas saražotās enerģijas palielināšanai (samazinot no centralizētās energoapgādes patērēto enerģiju) (6.6. tabula). Katra iepriekš aprakstītā faktora alternatīvu kombinācijās izveidoti 4 scenāriji.

6.6. tabula Scenāriju matrica. Elektroenerģija

Faktors	Scenāriji			
	1	2	3	4
Energoefektivitātes līmenis	0	0	1	1
AER	0	1	0	1

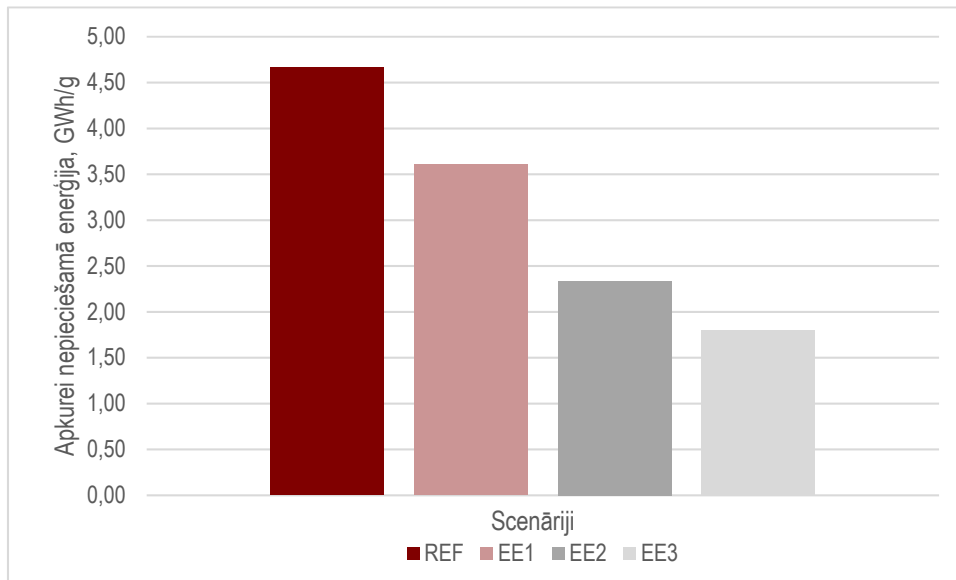
6.2. Rezultāti

6.2.1. Siltumenerģija. Apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājums ēku energoefektivitātes paaugstināšanas līmeņos

Alternatīvu kombinācijas energoefektivitātes scenārija matricā apvieno energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumus ēkās un AER tehnoloģijas. Vispirms apskatīsim apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu, kas balstīts uz norobežojošo konstrukciju siltumtehniko īpašību uzlabošanu un ventilācijas siltuma zudumu samazinājumu.

6.5. attēlā zemāk atspoguļota kopējā kvartālā apkurei nepieciešamā enerģija esošajā situācijā un energoefektivitātes paaugstināšanas līmeņos (REF, EE1, EE2, EE3). Redzams, ka scenārijā "Stingra kultūrvēsturisko vērtību saglabāšana" ietaupījums 23% no sākotnējā apjoma, scenārijā "Esošā / pieļaujamā prakse kultūrvēsturisko ēku atjaunošanā"

samazinājums 50%, savukārt scenārijā “Energoefektivitāte pirmajā vietā” iegūts kopējais ietaupījums 61%.



6.5. att. Sākotnējais līmenis (REF) un apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājums energoefektivitātes paaugstināšanas scenārijos EE1, EE2, EE3

6.7. tabulā zemāk apkopots iegūtais procentuālais apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājums katrai ēkai atsevišķi. Redzams, ka pirmajā energoefektivitātes līmenī (EE1) ietaupījums ēkās variē no 4% līdz 41% atkarībā no ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmeņa. Augstākā līmeņa ēkās, kurās tiek pievienota tikai jumta siltumizolācija ietaupījums ir maznozīmīgs. Vidējā līmeņa ēkās, pateicoties pievienotai daļējai siltuma atgūšanai no ventilācijas siltuma zudumiem (pieņemts, ka ēkās vidēji iespējams atgūt 30% siltuma) un logu nomaīnai, ietaupījums ir 10 – 20%. Savukārt mazvērtīgākās ēkās ietaupījums ir 26-41% (Jumta siltināšana, logu nomaīna + vidējā ventilācijas siltuma atgūšana 55%).

Otrajā energoefektivitātes paaugstināšanas līmenī (EE2) ietaupījums ēkās variē no 15% līdz 70% atkarībā no ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmeņa. Augstākā līmeņa ēkās, ietaupījums ir no 15 – 20%. Vidējā līmeņa ēkās, pateicoties daļējai, bet palielinātai siltuma atgūšanai no ventilācijas siltuma zudumiem (50%) un pagalma fasāžu siltināšanai, ietaupījums ir 40 – 67%. Savukārt mazvērtīgākās ēkās ietaupījums ir 65 - 70% (Jumta, sienu, grīdas siltināšana, logu nomaīna + vidējā ventilācijas siltuma atgūšana 60%).

Trešajā energoefektivitātes paaugstināšanas līmenī (EE3) ietaupījums ēkās variē no 30% līdz 83% atkarībā no ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmeņa. Augstākā līmeņa ēkās, ietaupījums ir no 30 – 40% pateicoties pievienotai daļējai siltuma atgūšanai no ventilācijas siltuma zudumiem (30% gaisa apmaiņa 0,4h⁻¹) un pagalma fasāžu siltināšanai. Vidējā līmeņa ēkās, pateicoties daļējai, bet palielinātai siltuma atgūšanai no ventilācijas siltuma zudumiem (60%, gaisa apmaiņa 0,4h⁻¹), ietaupījums ir 47 – 76%. Savukārt mazvērtīgākās ēkās ietaupījums ir 74 - 83%.

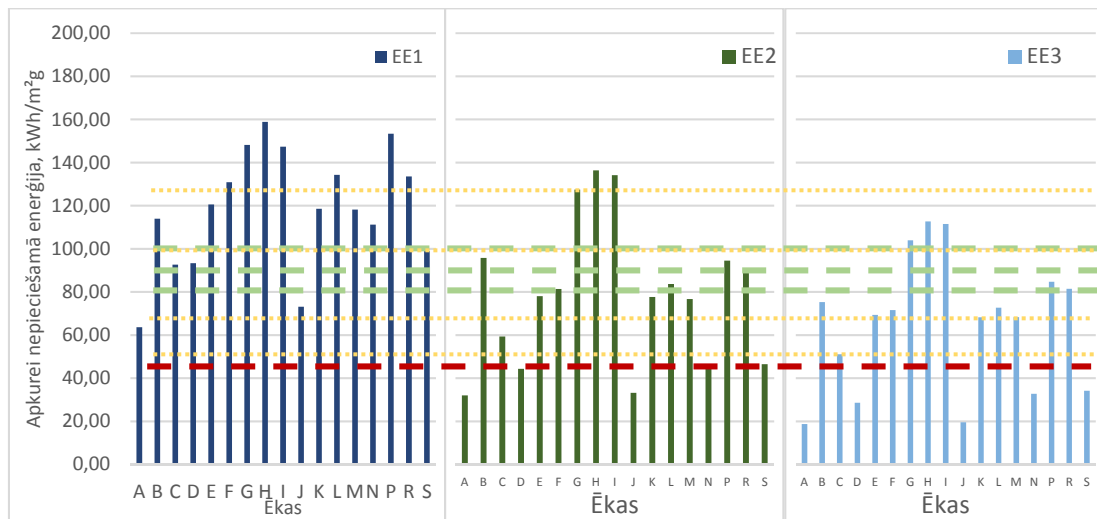
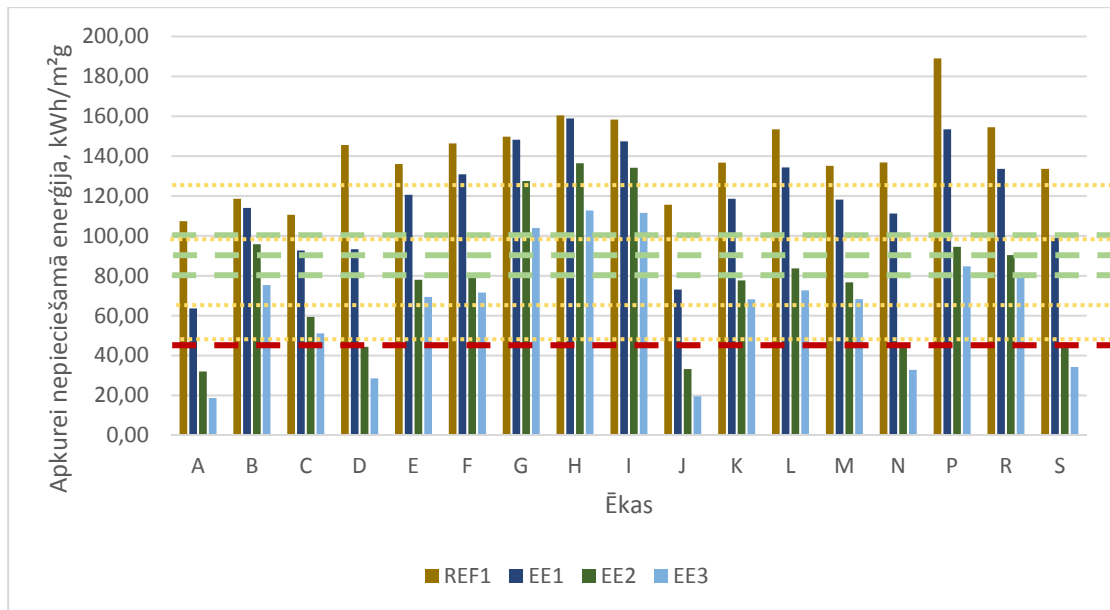
6.7. tabula. Apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājums katrai ēkai un kvartālā kopumā

Ēkas	REF	EE1	EE2	EE3
------	-----	-----	-----	-----

VPP-EM-EE-2018/1-0003

A	0%	-41%	-70%	-83%
B	0%	-4%	-19%	-37%
C	0%	-16%	-46%	-54%
D	0%	-36%	-70%	-80%
E	0%	-11%	-43%	-49%
F	0%	-11%	-44%	-51%
G	0%	-1%	-15%	-31%
H	0%	-1%	-15%	-30%
I	0%	-7%	-15%	-30%
J	0%	-37%	-71%	-83%
K	0%	-13%	-43%	-50%
L	0%	-12%	-45%	-53%
M	0%	-13%	-43%	-49%
N	0%	-19%	-67%	-76%
P	0%	-19%	-50%	-55%
R	0%	-14%	-42%	-47%
S	0%	-26%	-65%	-74%
Summa	0%	-23%	-50%	-61%

6.6. attēlā zemāk parādīts īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs katrai ēkai dažādos scenārijos. Raustītās līnijas atbilst LBN 002-19 noteiktajām līmeņatzīmēm, kas sasniedzamas ēku pārbūvēs sākot ar 2021.gada 1.janvāri – daudzdzīvokļu ēkas 80 kWh/m²g, valsts un pašvaldību ēkas 90 kWh/m²g, pārējās nedzīvojamās ēkas 100 kWh/m²g. Apakšējā raustītā līnija atbilst gandrīz nulles enerģijas ēku prasībām ēkām 40 – 45 kWh/m²g. Punktotās līnijas norāda sasniegto vidējo kvartāla īpatnējo apkurei nepieciešamās enerģijas rādītāju. Redzams, ka jau energoefektivitātes līmenī EE2, kas atspoguļo esošās / pieļaujamas prakses ēkās, visas ēkās izņemot augstākā līmeņa kultūrvēsturiskās vērtības ēkās būtu iespējams sasniegt līmeni, kas ir zem 100 kWh/m²g, tuvojoties 80-90kWh/m²g līmeņatzīmei. Savukārt scenārijā “Energoefektivitātes pirmajā vietā” kvartāla vidējā īpatnējā apkurei nepieciešamā enerģija tuvojas gandrīz nulles enerģijas vērtībai.



6.6. att. Īpatnējais ēku apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs, kWh/m²g

Pirmajā energoefektivitātes līmenī (EE1) kopējais vidējais īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs kvartālā samazināts no 127 kWh/m²g līdz 98 kWh/m²g. Šāds līmenis atbilst energoefektivitātes līmeņa prasībām ēku restaurācijai nedzīvojamām ēkām (< 100 kWh/m²g), bet nesasniedz daudzdzīvokļu dzīvojamo ēku pārbūvei noteikto līmeni (< 80 kWh/m²g) saskaņā ar (LBN 002-19). Diagrammā (6.6. attēls augstāk) attēlots īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs katrai ēkai, un tas svārstās no 65 kWh/m²g līdz 150 kWh/m²g.

Otrajā energoefektivitātes līmenī (EE2) kopējais vidējais īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs kvartālā samazināts līdz 63 kWh/m²g. Šāds līmenis pārsniedz energoefektivitātes līmeņa prasību ēku pārbūvēm zemāko noteikto līmeņatzīmi daudzdzīvokļu dzīvojamo ēkām < 80 kWh/m²g saskaņā ar (LBN 002-19). Diagrammā (6.6. attēls augstāk) attēlots īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs katrai ēkai, un tas svārstās no 30 kWh/m²g līdz 130 kWh/m²g.

Trešajā energoefektivitātes līmenī (EE3) kopējais vidējais īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs kvartālā samazināts līdz 49 kWh/m²g. Šāds līmenis tuvojas gandrīz nulles enerģijas ēkām noteiktajai līmeņzīmei (40 – 45 kWh/m²g). Diagrammā (att 6.6) attēlots īpatnējais apkurei nepieciešamās enerģijas rādītājs katrai ēkai, un tas svārstās no 20 kWh/m²g līdz 110 kWh/m²g.

6.2.2. Siltumenerģija. Energoefektivitātes paaugstināšanas un AER scenāriji piemēripētes kvartālā

Kā minēts iepriekšējās nodaļās, fotoelementu paneļi (PV), kombinētie siltuma un elektroenerģijas paneļi (PVT) un ēkās integrētie fotoelementu paneļi (BiPV) tika atzīti par vispiemērotākajām AER tehnoloģijām izmantošanai piemēripētes kvartālā. PV un PVT paneļus plānots novietot uz ēku jumtiem, BiPV uz ēku fasādēm. AER tehnoloģiju izvietošana paredzēta divos līmeņos. Pirmajā līmenī “Energoefektivitāte pirmajā vietā” maksimāli izmantotas jumtu un sienu (mazāk vērtīgu ēku ārsienas un augstākas vērtības ēku brandmūri) platības pieņemot, ka izvēlētie risinājumi atdarina vēsturiskos materiālus (jumtos kultūrvēsturiski vērtīgām ēkām) un veido kompozicionāli augstvērtīgus risinājumus ārsienās. Otrs līmenis “Kultūrvēsturiskā mantojuma saglabāšana” salīdzinājumā ar pirmo līmeni paredz PV, PVT un BiPV mazākā platībā, neliekot uz kultūrvēsturiski visaugstvērtīgākajām ēkām. Aprēķinos pieņemts, ka PVT paneļi saražo 109 kWh/m² elektroenerģijas un 443 kWh/m² siltumenerģijas [68]. PVT paneļi aizņem 3900 m² jumtu platības.

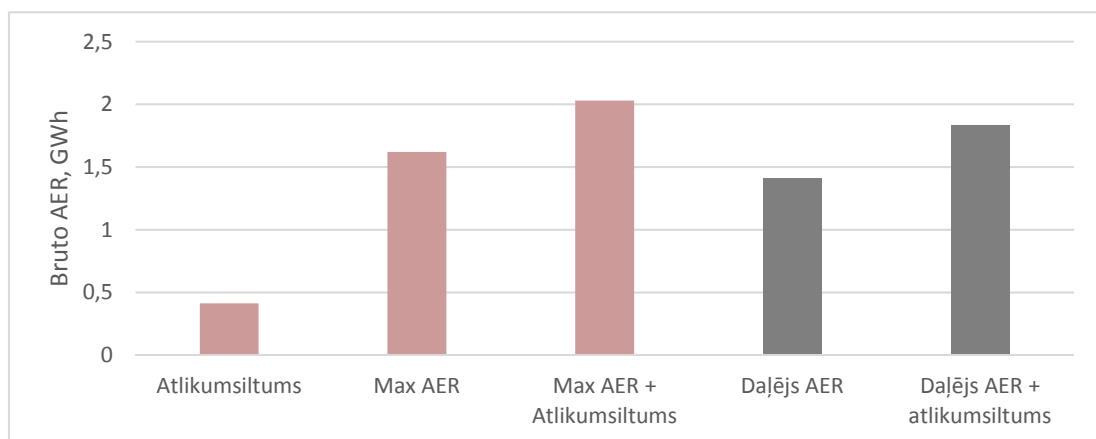
6.8. tabulā zemāk apkopotas izstrādātajos scenārijos iegūtās vērtības – apkurei nepieciešamās enerģija, uz vietas no AER saražotā un no atlikumsiltuma iegūtā enerģija (bez siltuma zudumiem), uz vietas patērētā no AER un atlikumsiltuma iegūtā enerģija (uzglabāšanas siltuma zudumi), centralizētajā siltumapgādes tīklā nodotā enerģija (enerģijas, kas saražota uz vietas, bet to nav iespējams uzglabāt ierobežotas akumulācijas tvertnes izmēra dēļ), no centralizētās siltumapgādes patērētais mīnuss nodotais tīklā – tiek pieņemts, tīklā nodotais enerģijas apjoms ir atņemts no enerģijas daudzuma, kas patērēts no centralizētās siltumapgādes tīkliem.

6.8. tabula Energoefektivitātes paaugstināšanas + AER scenāriji. Siltumenerģija

Faktori	Scenāriji									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energo-efektivitāte	Esošā 0	0	0	Stingrā (1)	Stingrā (1)	Pieļaujamā (2)	Pieļaujamā (2)	En-efektīvā (3)	En-efektīvā (3)	En-efektīvā (3)
AER	0	100% (3)	100% (3)	0	0	Daļēja (2)	Daļēja (2)	(0)	(0)	100% (3)
Atlikumsiltuma atgūšana	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1
Rezultāti										
Apkurei nepieciešamā enerģija (GWh)	4,6	4,6	4,6	3,6	3,6	2,3	2,3	1,8	1,8	1,8
Uz vietas saražotā enerģija	0	2,0	1,6	0	0,4	1,4	1,8	0	0,41	2,0

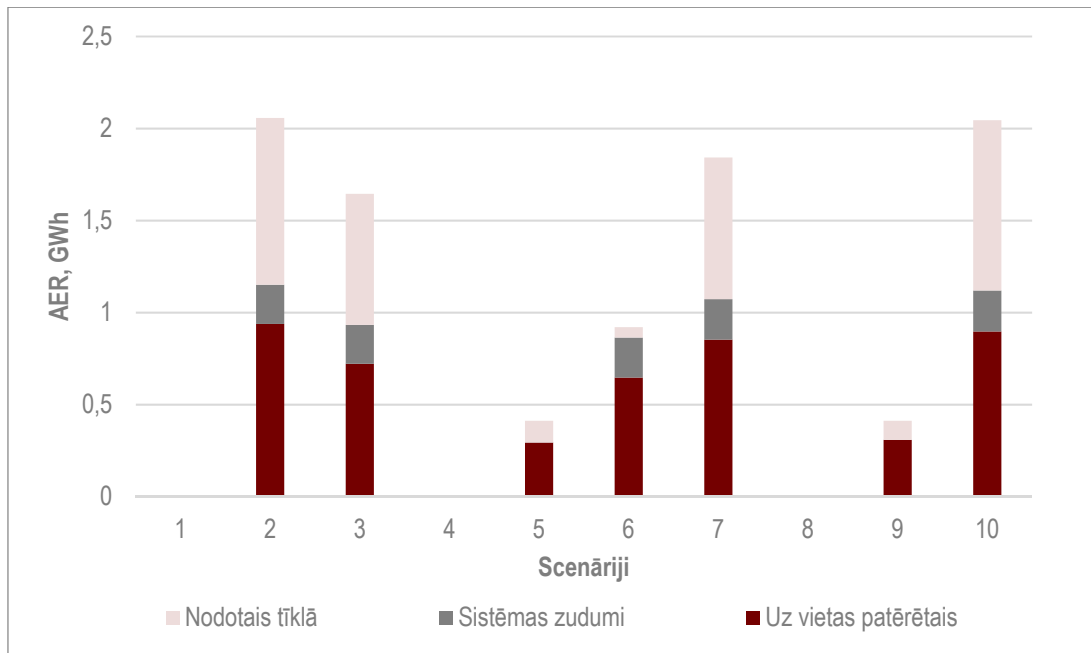
(AER + atlikumsiltums) (GWh)										
Uz vietas patērētais AER + atlikumsiltums (GWh)	0	0,9	0,7	0	0,2	0,6	0,8	0	0,3	0,8
Nodotais tīklā (GWh)	0	0,9	0,7	0	0,1	0,05	0,8	0	0,1	0,9
No centralizētās siltumapgādes patērētais (- nodotais tīklā) (GWh)	4,6	3,0	3,4	3,8	3,4	1,8	0,9	2,0	1,5	0,1

Izstrādātajos scenārijos ir piecas variācijas kopējam AER apjomam (PVT + atlikumsiltums). Tikai atlikumsiltums scenārijos 5 un 9, tikai PVT scenārijos scenārijos 3 (Max) un 6 (daļējs), kopējais PVT (daļējs) + atlikumsiltums scenārijā 4 un kopējais PVT (Max) + atlikumsiltums scenārijos 2 un 10. (6.7. attēlā zemāk) atspoguļotas neto AER saražotās variācijas.



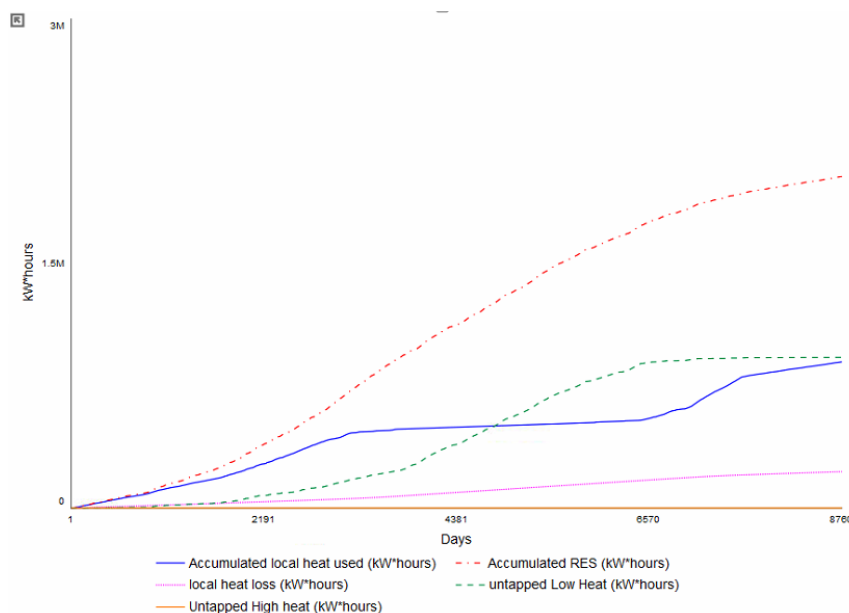
6.7. att. AER saražotā bruto enerģija

Uz vietas no PVT paneļiem saražotā enerģija kvartālā sadalās vairākās enerģijas plūsmās – uz vietas patērētā, sistēmas siltuma zudumi un enerģijas pārpalikums, ko nevar uzglabāt uz vietas pieejamajās siltumenerģijas uzglabāšanas tvertnēs. 6.8. attēlā zemāk redzams, ka pat izmantojot tikai atlikumsiltumu, būtu nepieciešams daļu siltuma nodot centralizētajā siltumapgādē (izmantojot tikai atlikumsiltumu, netiek paredzēta siltumenerģijas uzglabāšanas tvertne). Izmantojot siltumenerģijas uzglabāšanas tvertni, lai akumulēto PVT paneļu saražoto siltumenerģiju, rodas sistēmas siltuma zudumi. Vismazākais tīklā nododamais apjoms ir scenārijā 6 ar vidējo energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu līmeni un vidējo enerģijas ražošanas līmeni.



6.8. att. AER saražotās neto enerģijas sadalījums

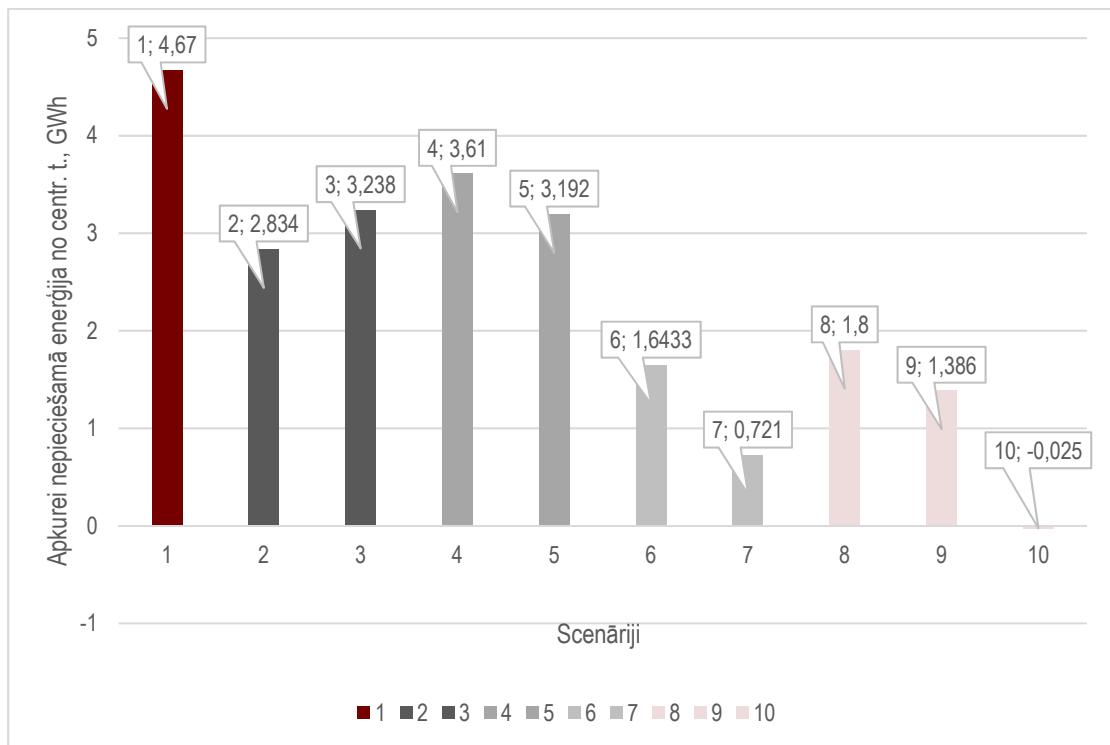
Apskatot enerģijas akumulācijas procesu (10.scen.), novērojams, ka jau gada sākumā ir neliels siltuma pārpalikums, kas būtu nododams tīklā. Vasarā, kad nav nepieciešams siltumenerģijas patēriņš, nododamās enerģijas apjoms ievērojami samazinās, savukārt rudens periodā tas ir tuvs nullei (sk.6.9. attēlu).



6.9. att. AER enerģijas sadalījums

6.10. attēlā zemāk attēlots no centralizētās siltumapgādes patērētais siltumenerģijas apjoms katrā no scenārijiem, ņemot vērā uz vietas no AER saražoto un no atlikumsiltuma atgūto, kā arī daļu, kas nodota tīklā. Redzams, ka scenārijos 1 un 2, kuros nav veikti nekādi

energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi, patēriņš ir līdzīgs salīdzinot ar scenārijiem 3 un 4, kuros ir veikti visminimālākie energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumi, bet nav pievienoti RES. Savukārt scenārijos 6 un 7 (vidējais energoefektivitātes līmenis + AER) iegūtās vērtības ir zemākas nekā scenārijos 8 un 9, kuros ir veikti intensīvākie energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi, bet nav pievienotas AER tehnoloģijas. Scenārijā 10, kurā apvienoti energoefektivitātes paaugstināšanas intensīvākie pasākumi ar RES, redzams, ka gada griezumā ar doto PVT paneļu platību ar nelielu uzviju (0,25 GWh) iespējams nosegt kvartāla ēku apkures patēriņu.



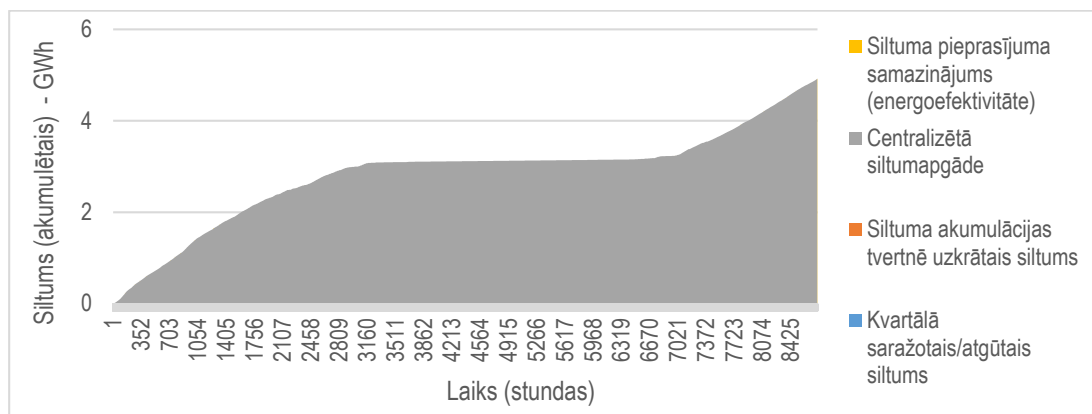
6.10. att. Neto no centralizētās siltumapgādes patērētais enerģijas apjoms

Turpinājumā atspoguļoti grafiki katram no scenārijiem, ietverot sekojošus grafikus:

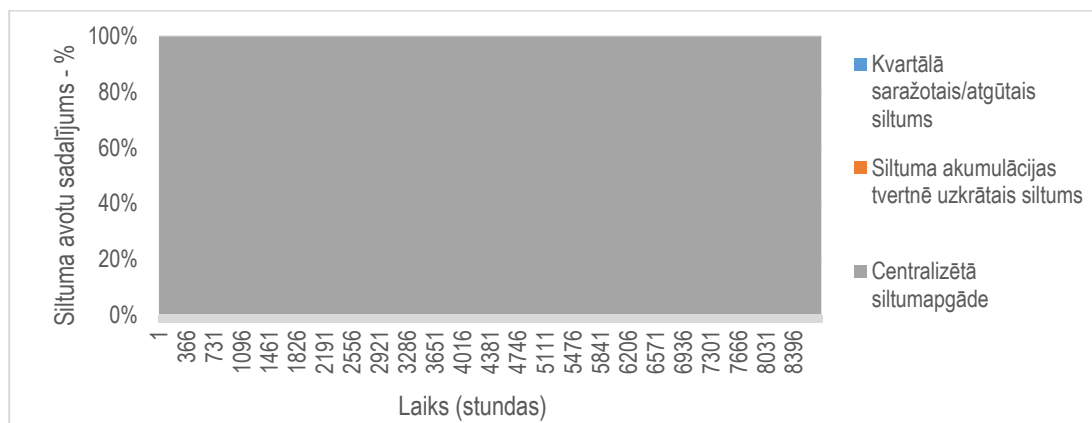
- 1) Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu;
- 2) Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā;
- 3) Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma.

Attēlotie grafiki uzskatāmi atspoguļo katram scenārijam samazināto enerģijas apjomu un no RES iegūto gada laikā. Modelis ataino situāciju, ka uzsākot gadu nav pieejams vasaras sezonā akumulēts siltums. Akumulētajos grafikos redzama kopējā ietaupītā daļa un AER daļa. Dinamiskajā grafikā redzamas sezonālās iezīmes katrā no scenārijiem, kādu daļu ikdienā iespējams saražot no atjaunojamiem energoresursiem.

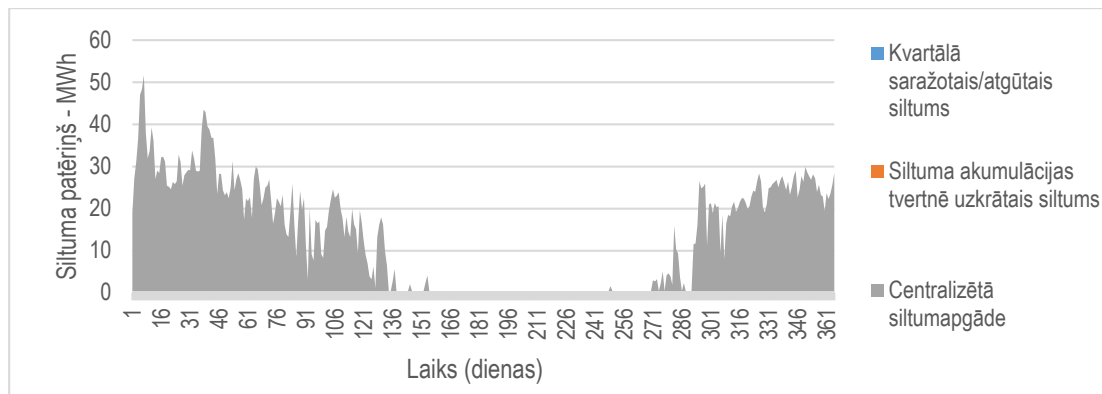
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs I REFERENCE



6.11. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu

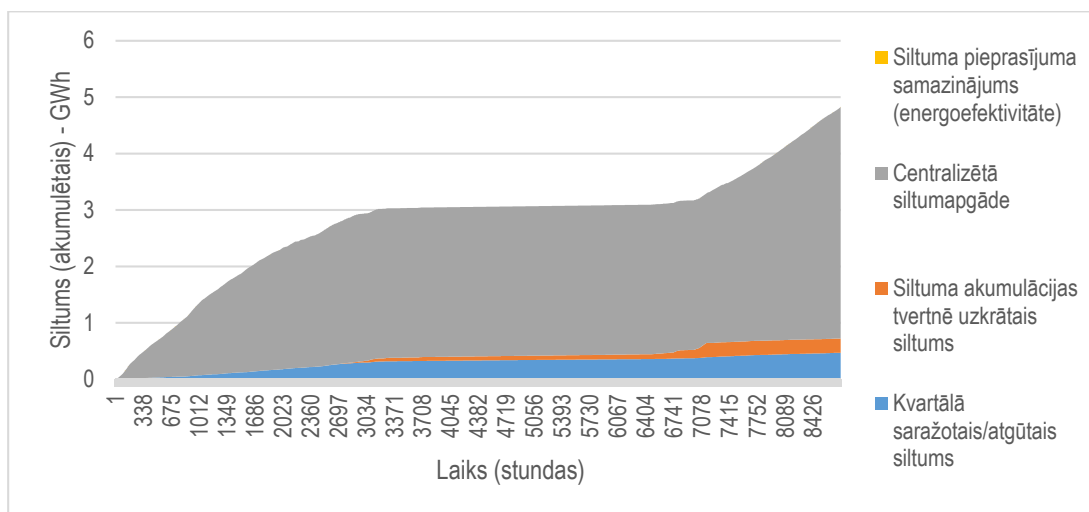


6.12. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

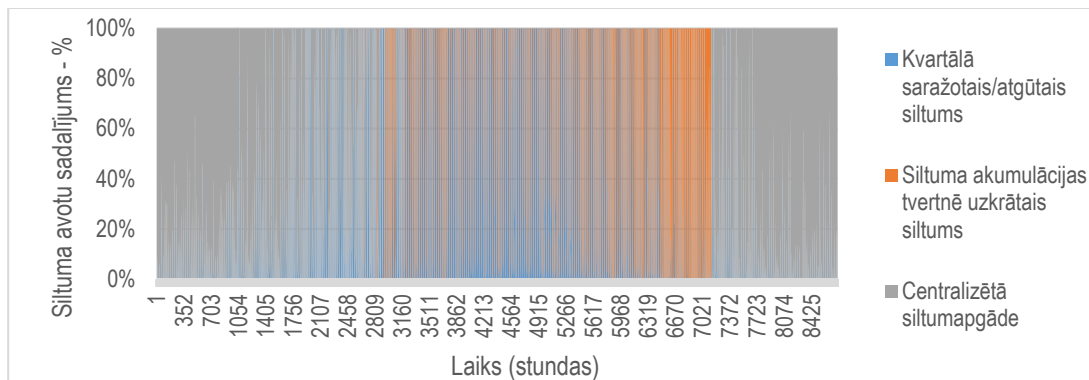


6.13. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

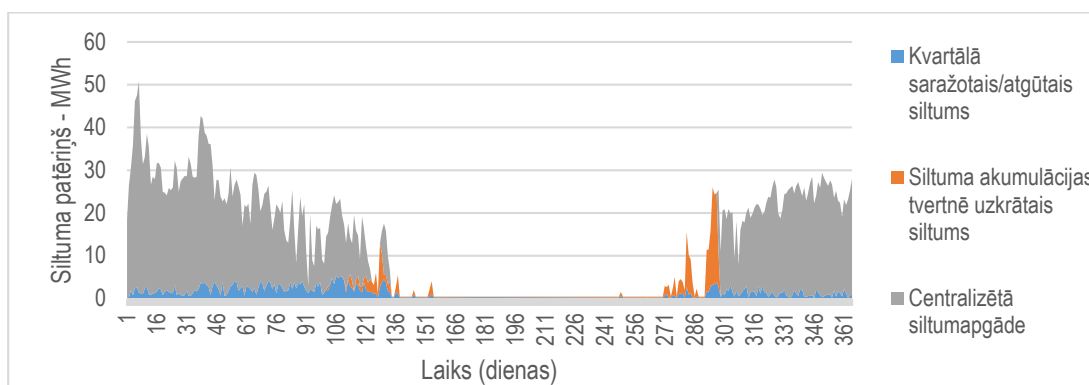
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs II



6.14.att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu

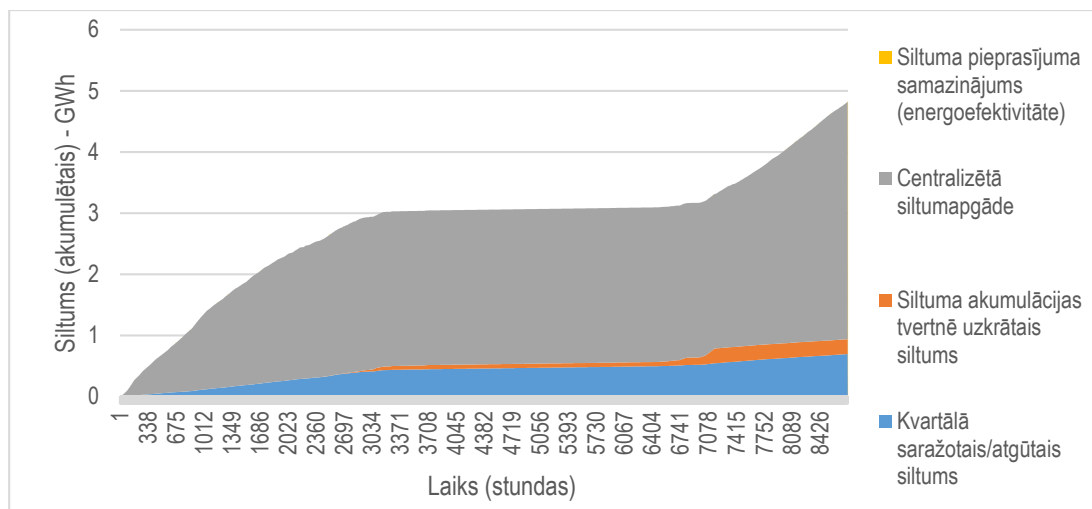


6.15. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

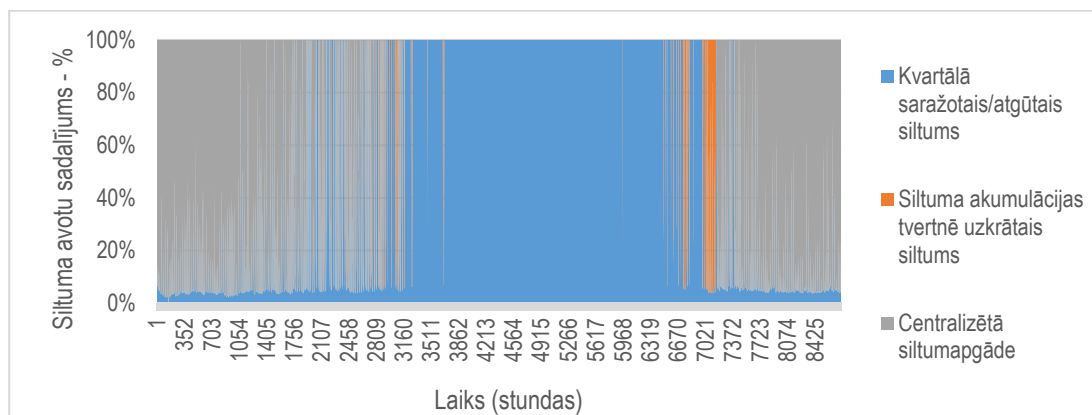


6.16. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

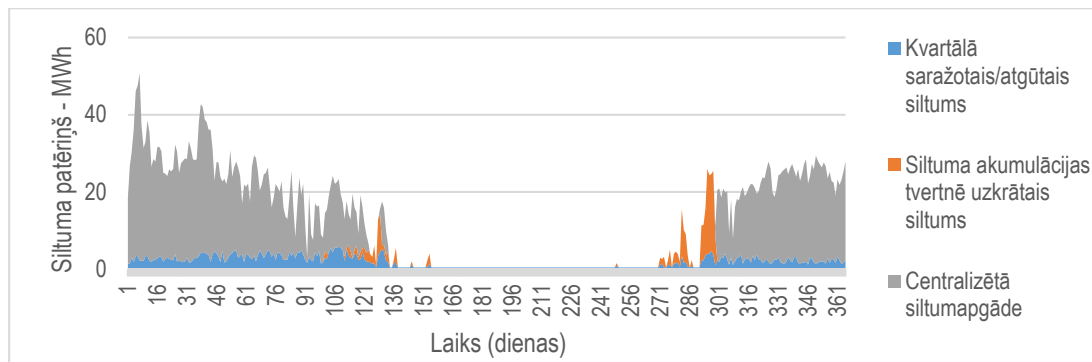
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs III



6.17. att Akumulētais apkurei nepieciešamais enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu

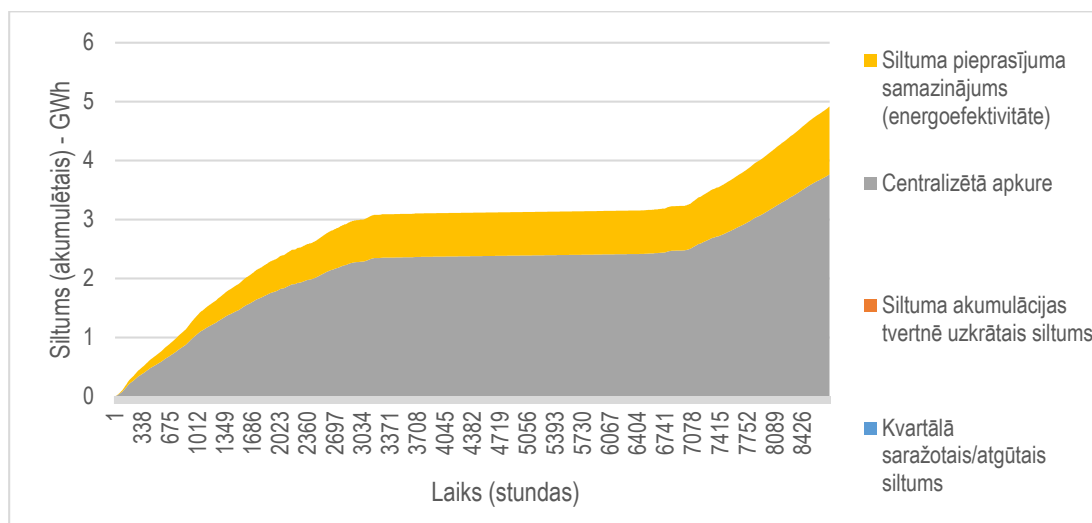


6.18. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

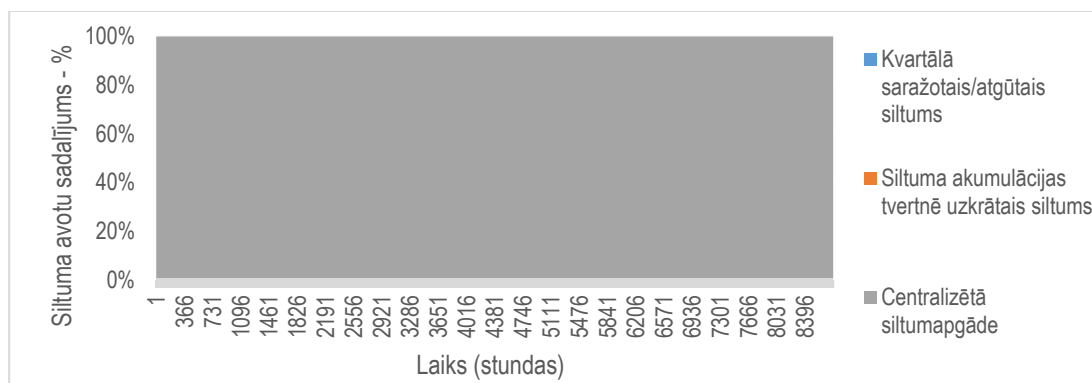


6.19. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

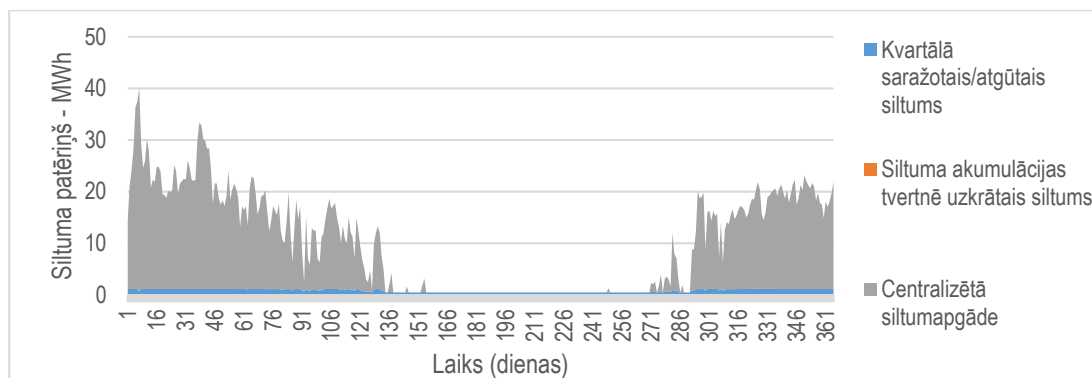
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs IV



6.20. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu

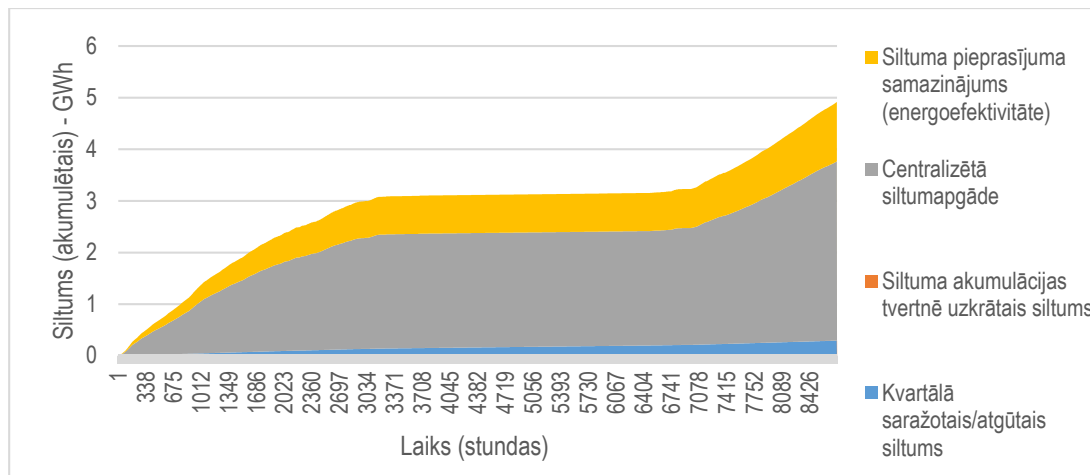


6.21. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

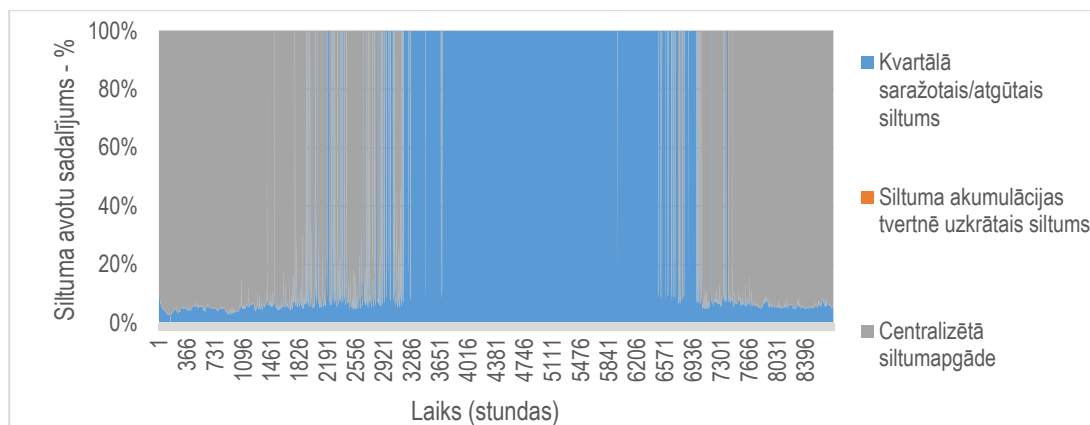


6.22. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

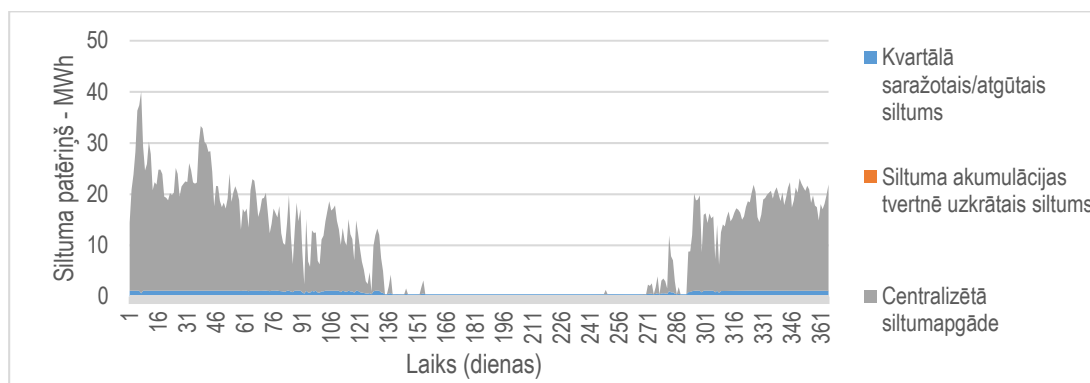
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs V



6.23. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu



6.24. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

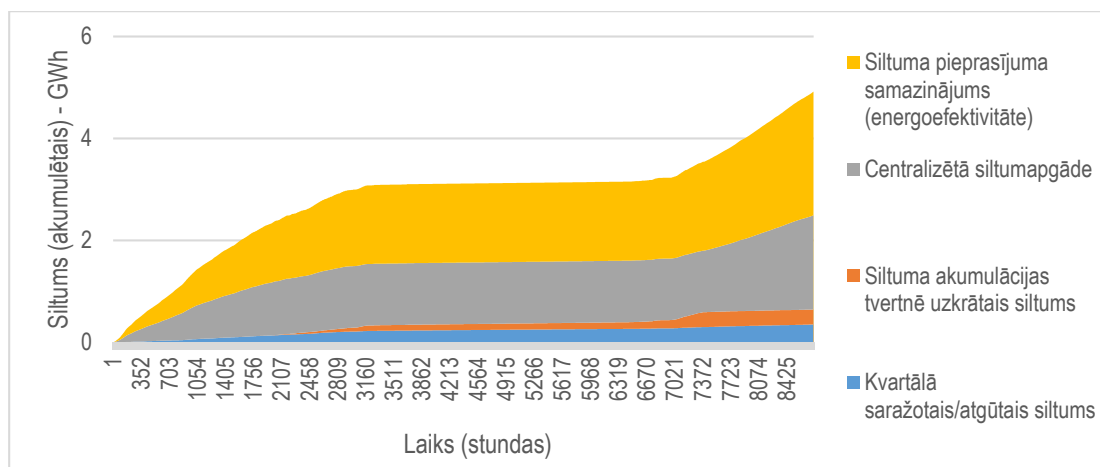


6.25. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

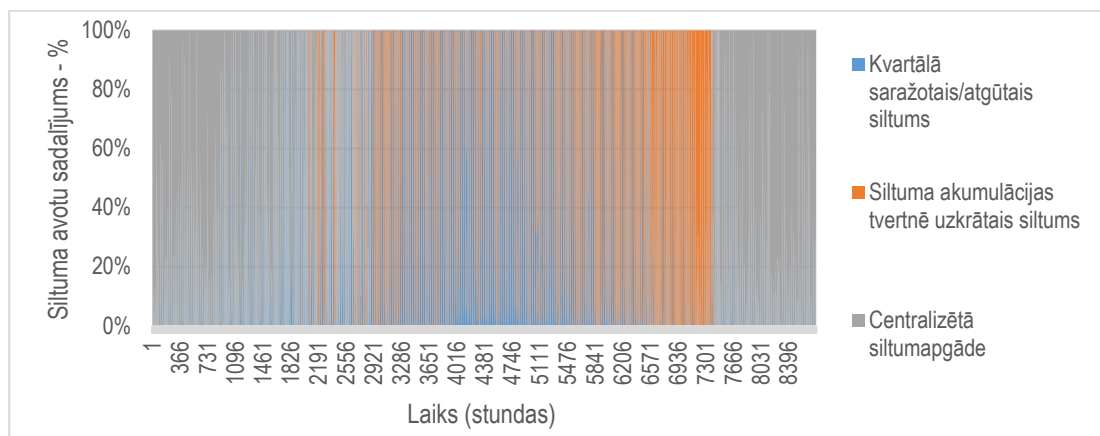
VPP-EM-EE-2018/1-0003



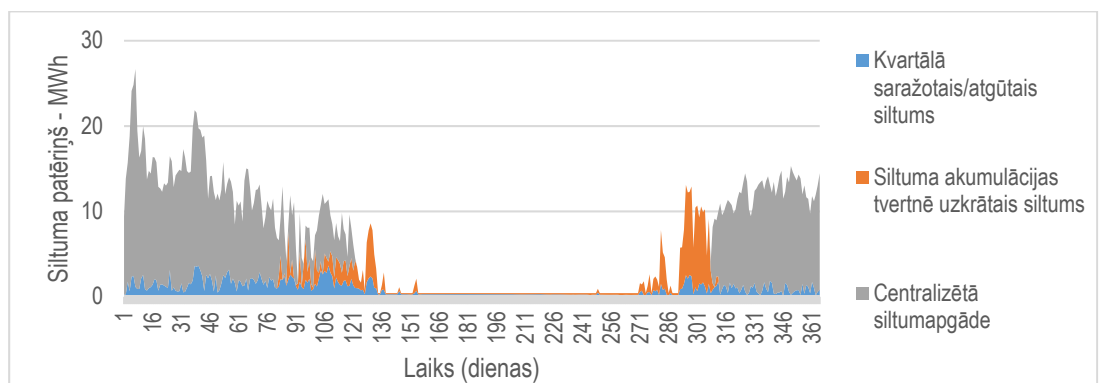
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs VI



6.26. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu

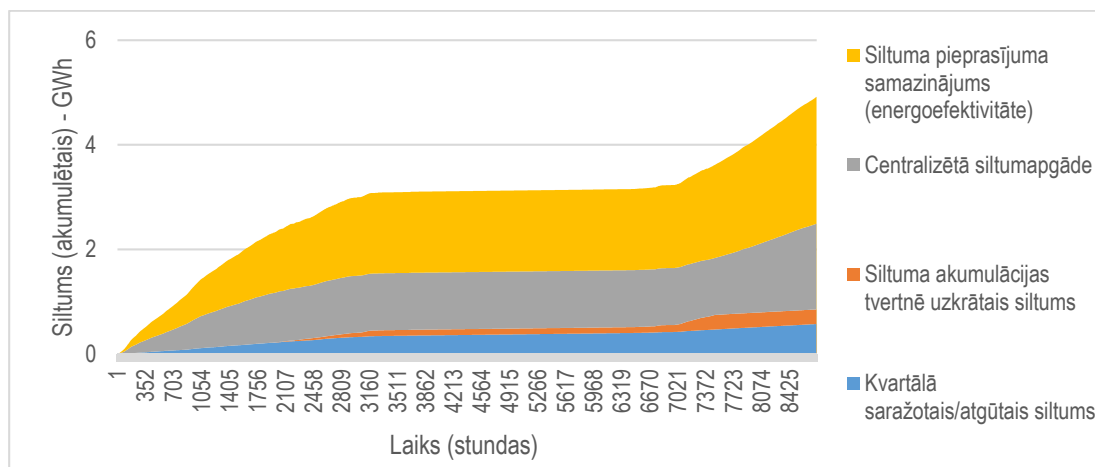


6.27. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

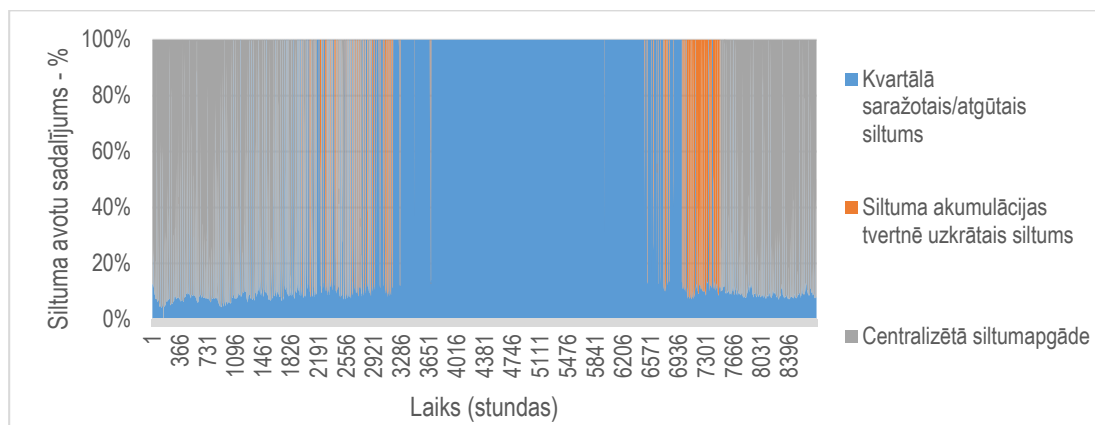


6.28. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

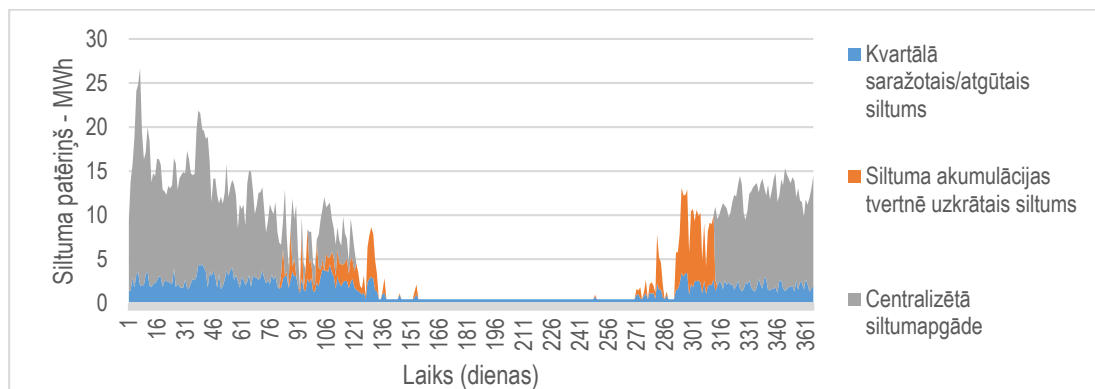
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs VII



6.29. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu



6.30. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

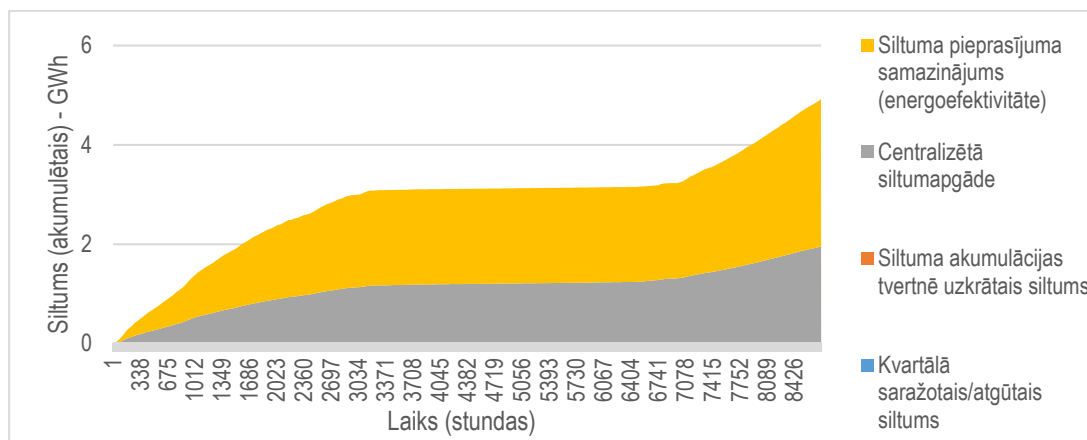


6.31. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

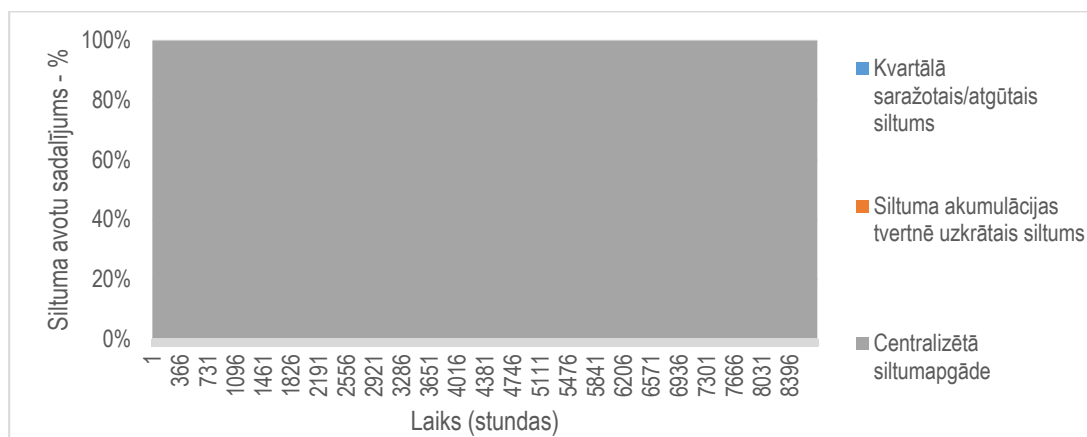
VPP-EM-EE-2018/1-0003



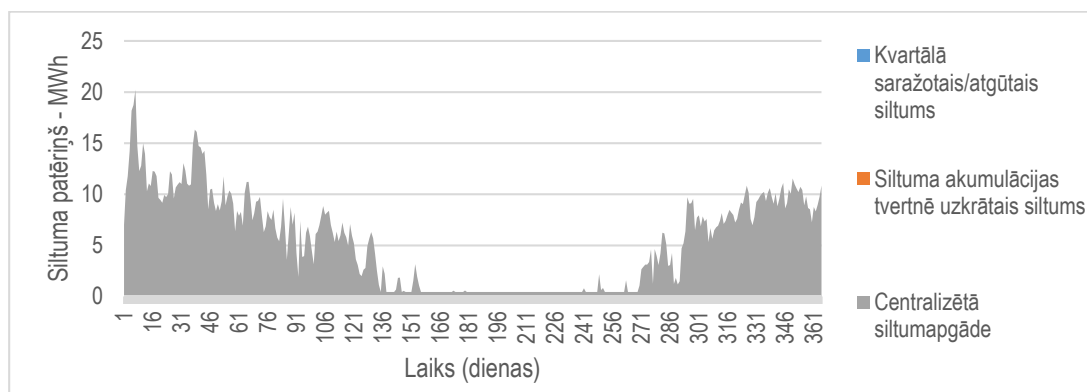
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs VIII



6.32. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu



6.33. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

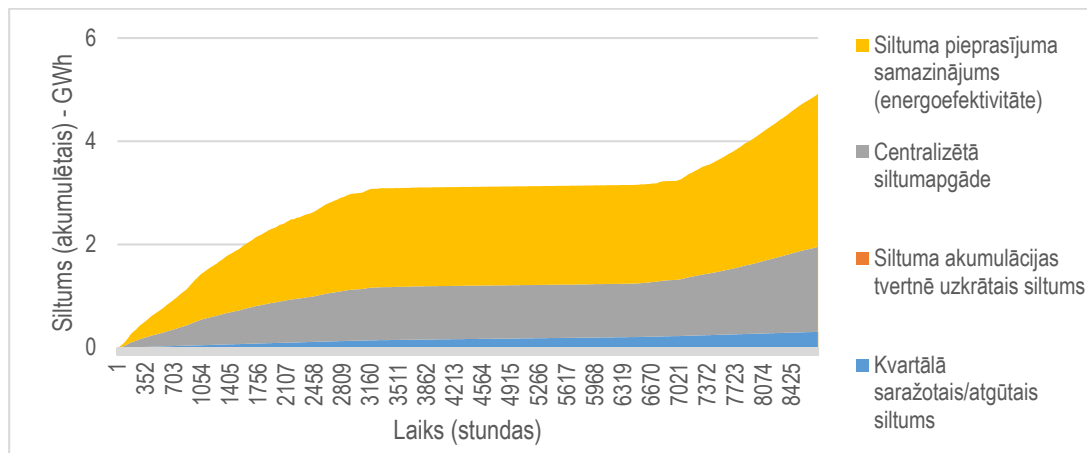


6.34. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

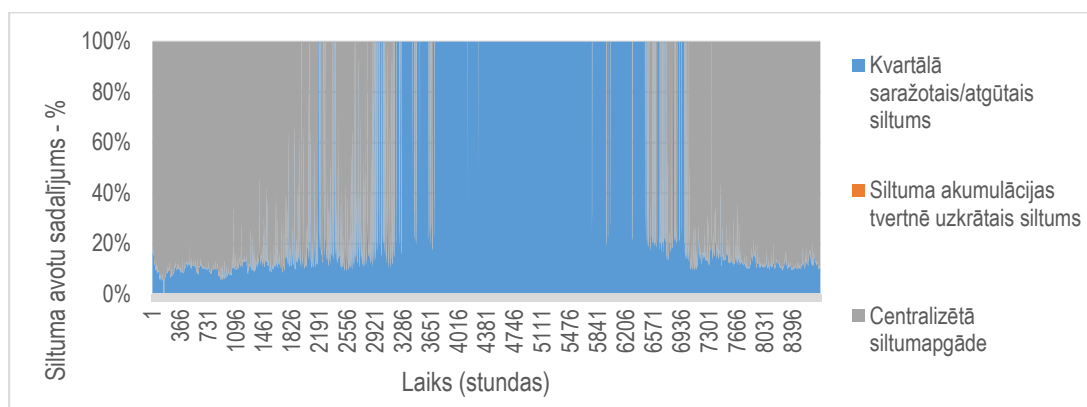
VPP-EM-EE-2018/1-0003



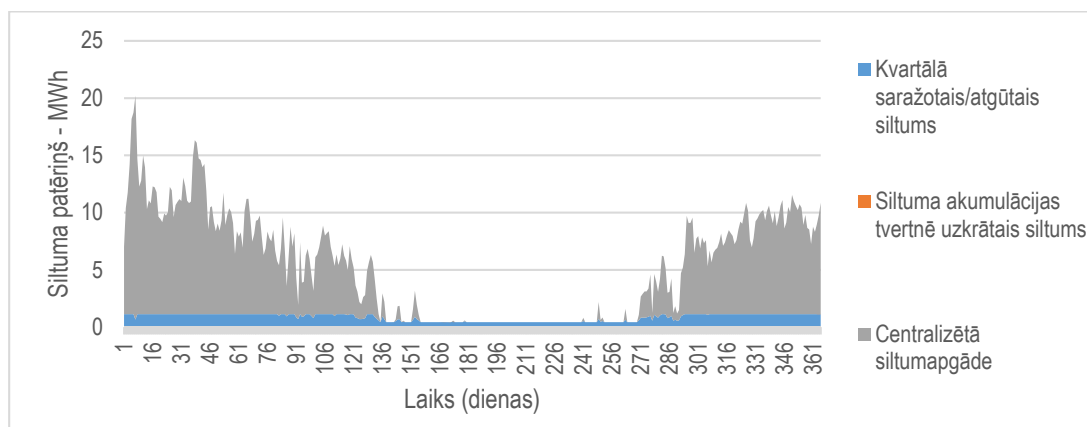
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs IX



6.35. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu

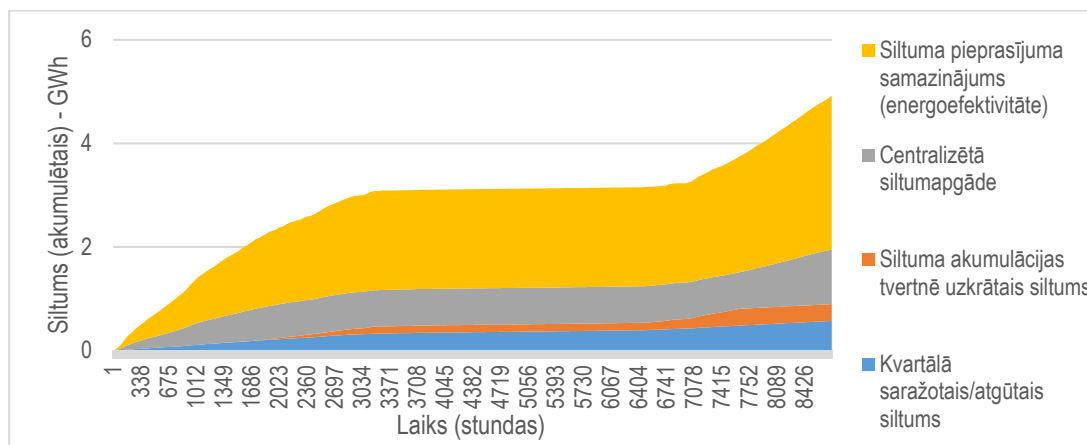


6.36. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

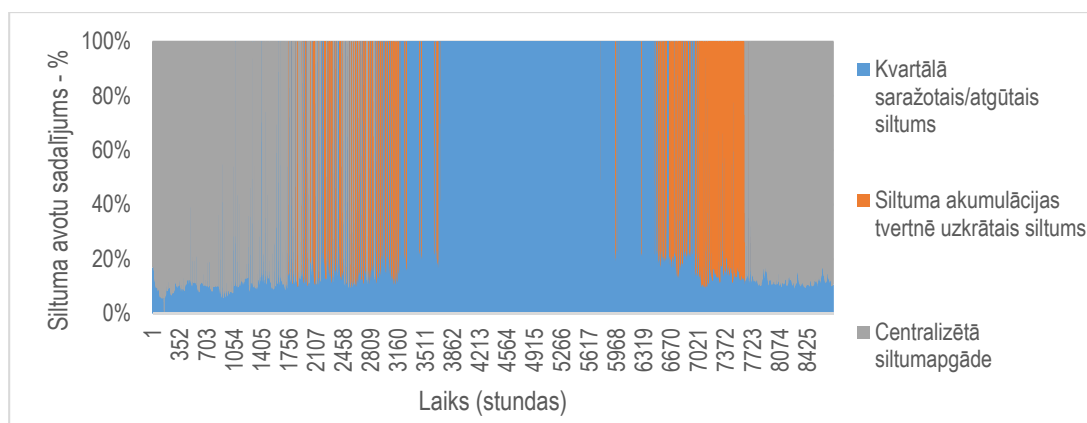


6.37. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

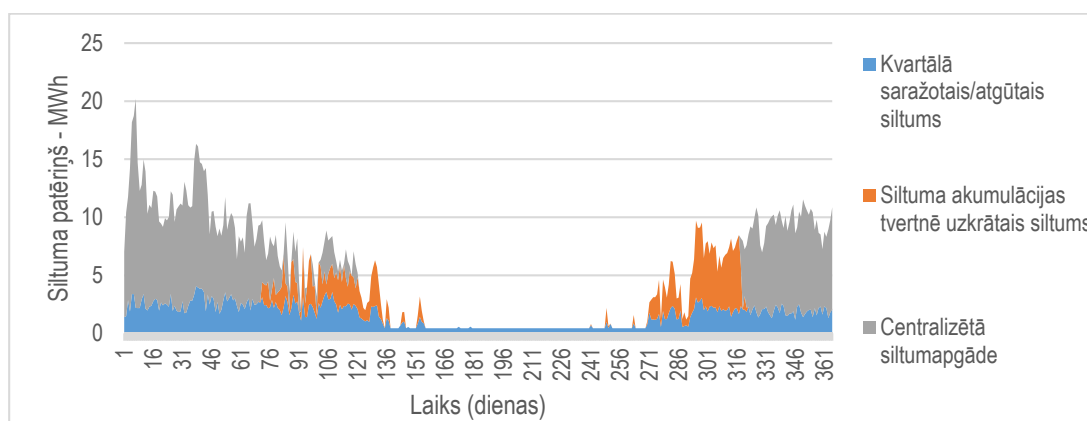
WP6: Pozitīvas enerģijas bilances kvartāls. Sistēmdinamiskā modelēšana. Scenārijs X



6.38. att. Akumulētais apkurei nepieciešamās enerģijas apjoms ar uzrādītu akumulēto apkurei nepieciešamās enerģijas samazinājumu



6.39. att. Atgūtā atlikumsiltuma un AER saražotā (uz vietas izlietotā) daļa no kopējā apkurei nepieciešamās enerģijas apjoma

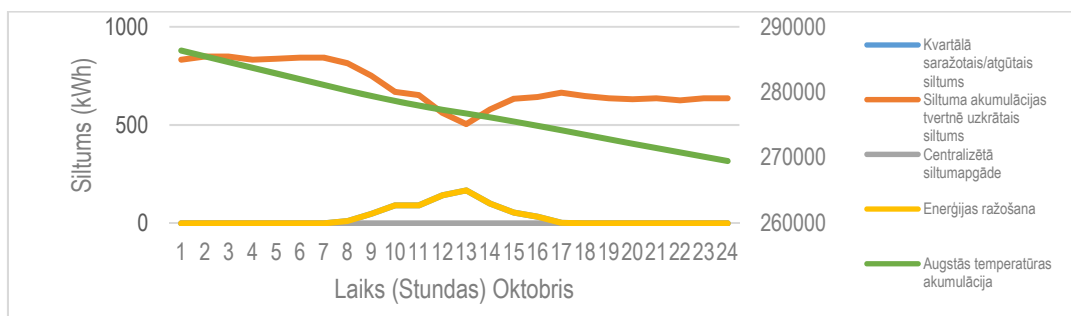
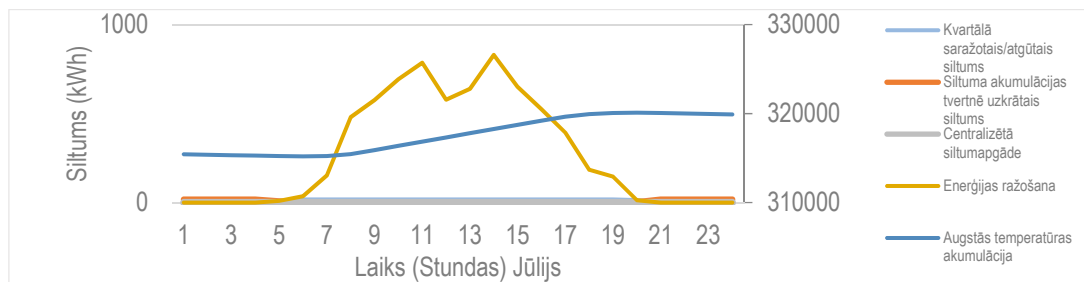
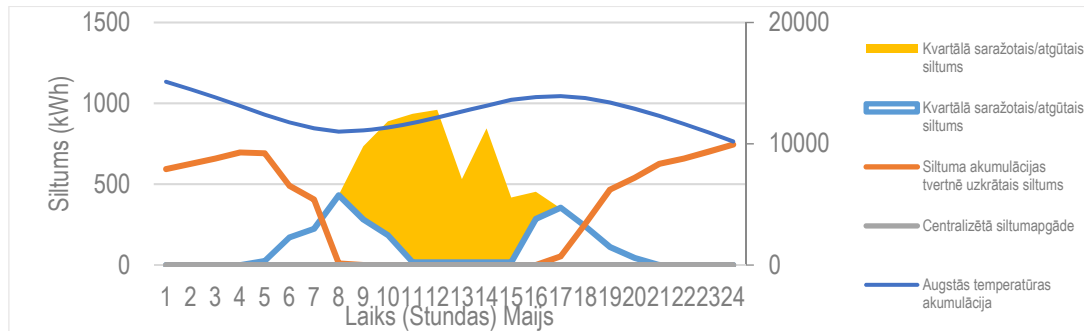
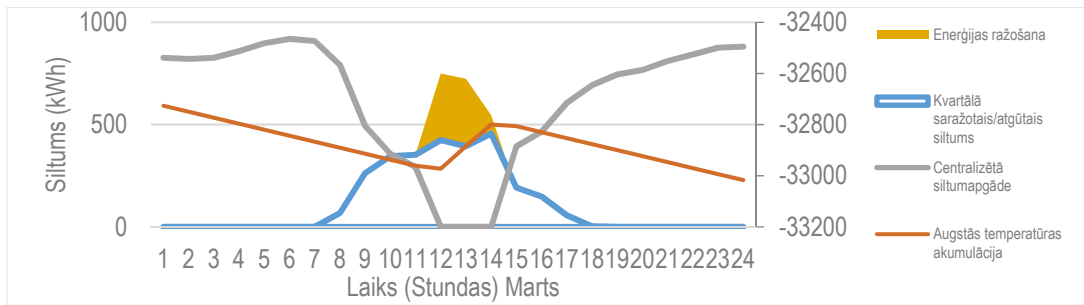
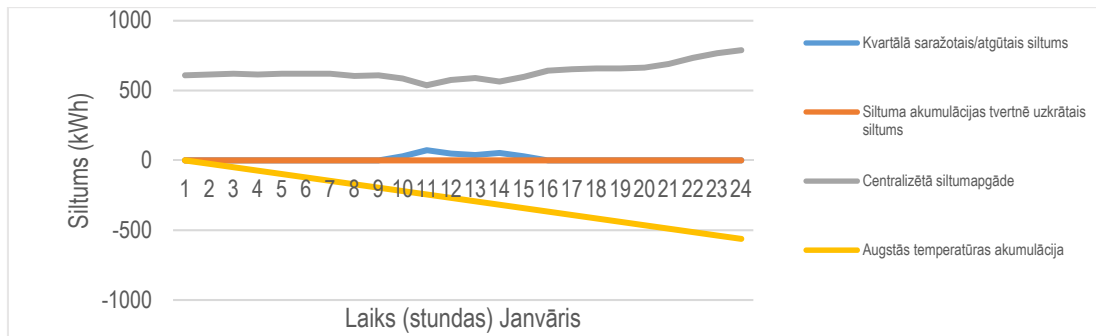


6.40. att. Dinamiskais enerģijas pieprasījums / ražošana pa dienām gada garumā

VPP-EM-EE-2018/1-0003



Modeļa detalizācijas līmenis ļauj arī apskatīt enerģijas plūsmas lielākā tuvinājumā, kas palīdz izprast procesus dažādos robežapstākļos, dažādos scenārijos, dažādās sezonās. Tā piemēram 10 scenārijā (sk. 6.41. attēlu), aplūkojot dažādas dienas gadā vērojams, ka janvāra mēnesī tikai neliels apjoms no nepieciešamās siltumenerģijas tiek segts ar AER. Savukārt marta sākumā dienas griezumā ir ievērojami augstāks AER īpatsvars un rodas enerģijas pārpalikums, kas tiek novirzīts uz akumulācijas tvertni. Vasaras mēnešos vērojama enerģijas uzkrāšana akumulācijas tvertnē. Izvēlētajā oktobra dienā redzams, ka nepieciešamais siltums tiek daļēji segts ar AER un daļēji no akumulācijas tvertnes. Šādus tuvinājumus iespējams aplūkot katrā no scenārijiem.



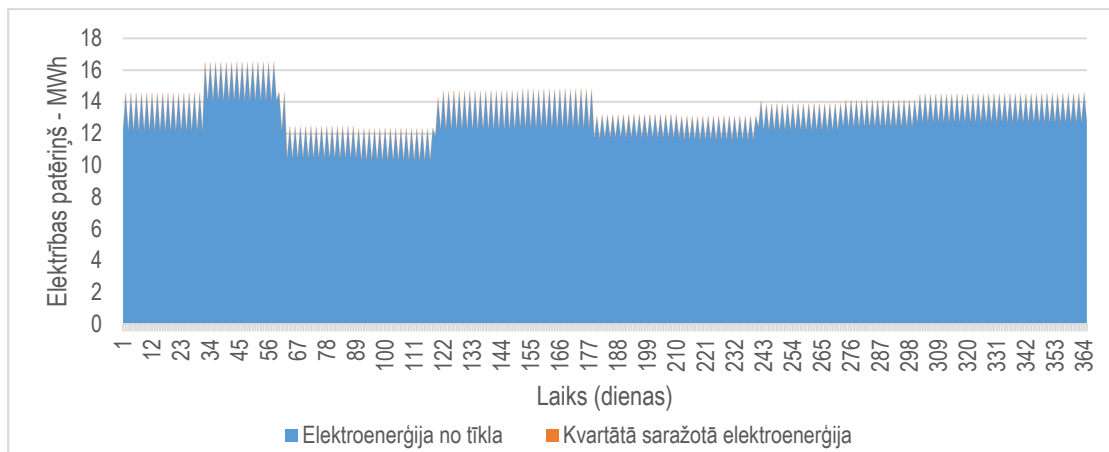
6.41. att. Ikdienas dinamiskās enerģijas plūsmas kvartālā dažādās sezonās (10. scenārijs)

6.2.3. Elektroenerģijas samazinājums

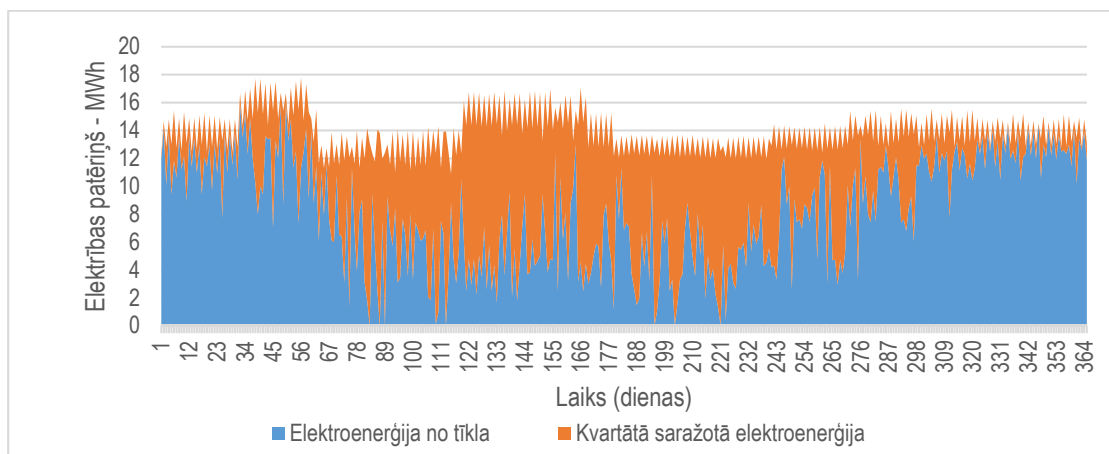
Izmantojot norādīto platību PVT paneļu izvietošanai (3900 m²) elektroenerģijas ražošanai papildus izvietoti ~6000m² PV paneļi un 2100m² BiPV fasāžu elementi. Iegūtie kopējie rezultāti atspoguļoti 6.9. tabulā zemāk. Savukārt grafikos (6.42.-6.45. att.) atspoguļoti dinamiskie ikdienas rezultāti gada garumā.

6.9. tabula Elektroenerģijas patēriņš un no AER iegūtais elektroenerģijas apjoms

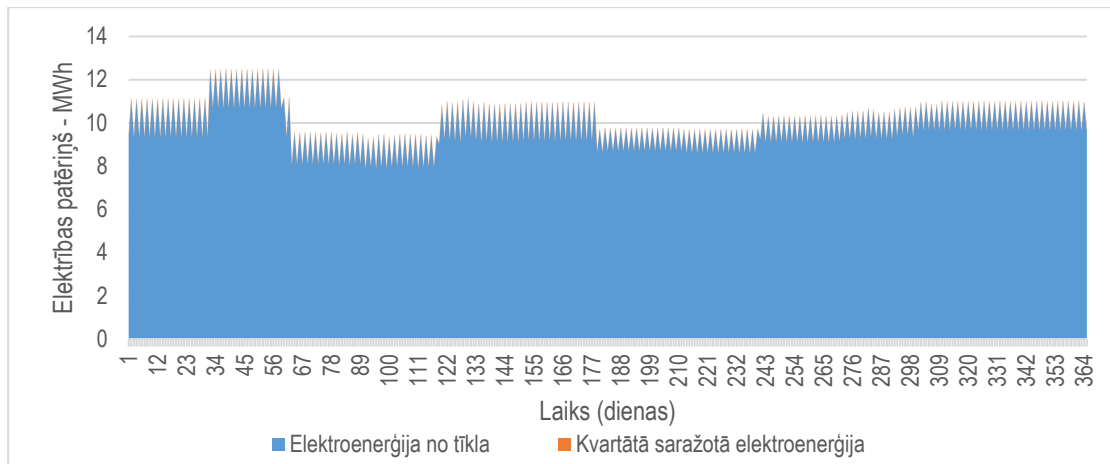
Faktors	Scenāriji			
	1	2	3	4
Energoefektivitātes līmenis	0	0	1	1
AER	0	1	0	1
GWh	5,7	4,7	2,4	1,9



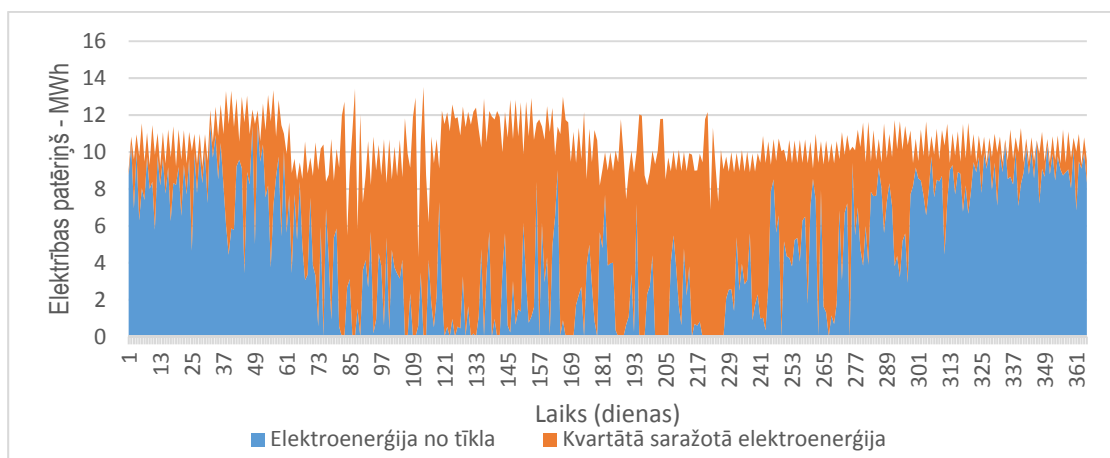
6.42. att. Elektroenerģijas patēriņš un AER (PV +BiPV) piemēripētes kvartalā. Scenārijs 1



6.43.att. Elektroenerģijas patēriņš un AER (PV +BiPV) piemēripētes kvartalā. Scenārijs 2



6.44. att. Elektroenerģijas patēriņš un AER (PV +BiPV) piemēripētes kvartālā. Scenārijs 3

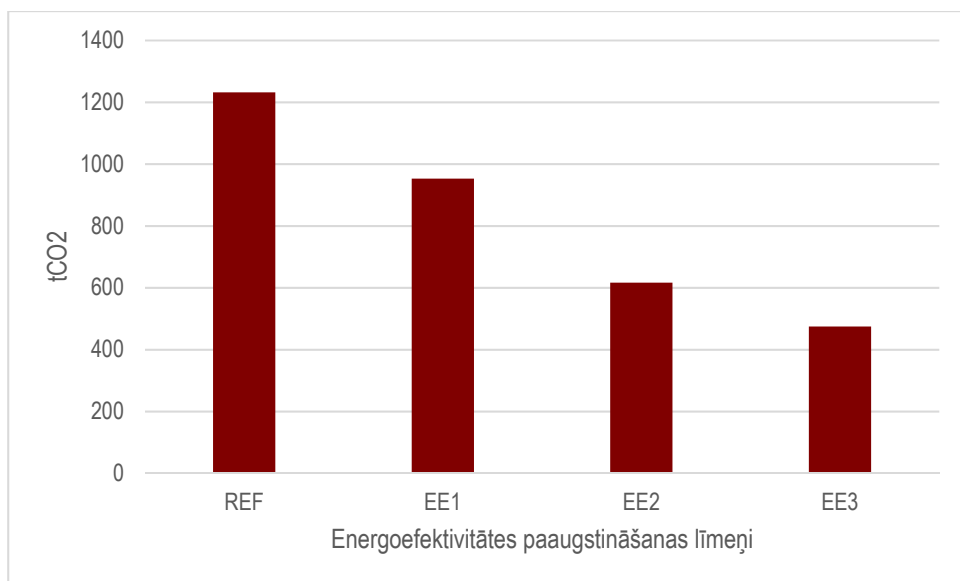


6.45. att. Elektroenerģijas patēriņš un AER (PV +BiPV) piemēripētes kvartālā. Scenārijs 4

4.scenārija grafikā redzams, ka tikai atsevišķas dienas gadā elektroenerģijas patēriņu var nosegt pilnībā no uzstādīto AER tehnoloģiju (PV + PVT) saražotās enerģijas, kas norāda, ka pie šāda siltumenerģiju un elektroenerģiju ražojošu tehnoloģiju sadalījuma, nav nepieciešamības pēc elektroenerģijas uzglabāšanas sistēmām – ne īstermiņa, ne ilgtermiņa.

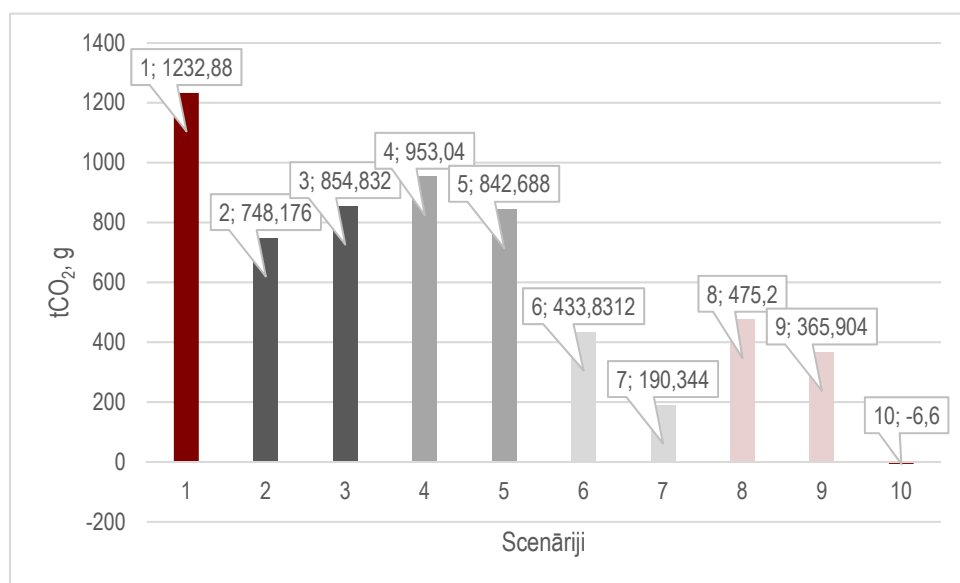
6.3. CO₂ samazinājums scenārijos

Aprēķinos turpmāk tiek pieņemts CO₂ faktors 264 gCO₂/kWh (Siltumenerģija no centralizētās siltumapgādes sistēmas, saražota no fosilajiem kurināmajiem bez koģenerācijas, saskaņā ar MK 222). 6.46. attēls zemāk attēlo CO₂ līmeni esošajā situācijā un samazinājumu dažādos energoefektivitātes paaugstināšanas līmeņos (apkure).



6.46. att. CO₂ emisiju līmenis (tCO₂/g) esošajā situācijā un dažādos energoefektivitātes paaugstināšanas līmeņos (apkure)

Savukārt izstrādātie scenāriji, kuros energoefektivitātes līmeņi kombinēti ar AER tehnoloģijām tiek apskatīts neto patēriņš no centralizētās siltumapgādes (PVT saražotā enerģijai CO₂ emisiju faktors 0) un atspoguļots 6.47. attēlā zemāk. 10. scenārijā, samazinot centralizētās neto siltumapgādes enerģijas patēriņu (augstākais energoefektivitātes līmenis + Max AER) iegūst CO₂ līmeni, kas tuvs nullei.



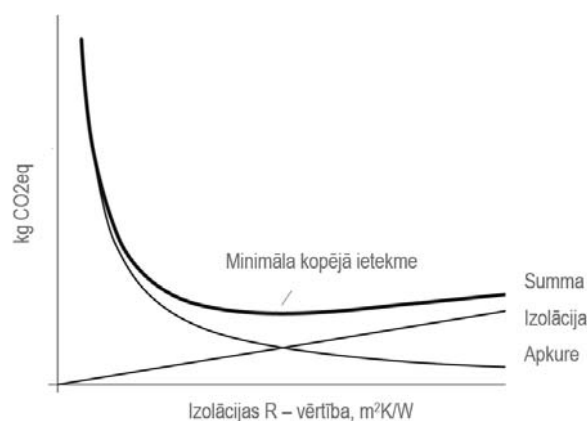
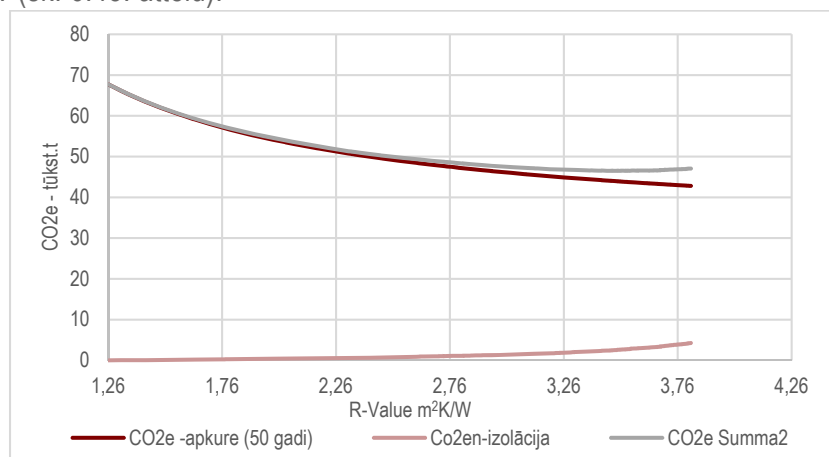
6.47. att. CO₂ emisiju līmenis (tCO₂/g) esošajā situācijā un izstrādātajos scenārijos (energoefektivitātes paaugstināšana + AER) (neto apkure no centralizētās siltumapgādes)

CO₂ aprīte

Piedāvātie scenāriji siltumapgādei ir kompleks risinājumu kopums, kas sastāv no siltuma zudumu samazināšanas norobežojošajā čaulā (norobežojošo konstrukciju siltināšana, logu / durvju nomaīņa), ventilācijas sistēmas (gaisa apmaiņas kārta, siltuma atgūšanas efektivitāte), AER tehnoloģijas.

Pētījumā izvirzot mērķus ietvertā CO₂ analīzes veikšanai secināts, ka no piedāvātā komplekso risinājumu kopuma sienu siltumizolācijas apskatam ir viszemākā nenoteiktība salīdzinot ar pārējiem veiktajiem pasākumiem. Tā piemēram – vienu un to pašu logu U vērtību var nodrošināt dažādas kompozīcijas logi, kuru izvēli ietekmē arī arhitektoniskais risinājums. Tā pat arī ventilācijas sistēmas risinājumus var iegūt tikai jau projektēšanas līmenī, izpētes līmenī veiktie pieņēmumi par gaisa apmaiņas kārtu un sistēmas efektivitāti neatspoguļo tehniskos risinājumus. Pie tam, logu nomaīņa ir saistīta ne tikai ar ekspluatācijas izmaksu samazināšanu, bet arī ar termālo komfortu – jo zemāka logu U vērtība, jo augstāka ir tā virsmas temperatūra un augstāks komforts (vienmērīgāka virsmu un telpas temperatūras attiecība). Tā pat arī ventilācijas sistēmas ierīkošana ne tikai samazinātu ekspluatācijas izmaksas bet arī paaugstinātu gaisa kvalitāti telpās, nepieļaujot CO₂ koncentrācijas palielināšanos telpā virs labas gaisa kvalitātes robežatzīmes, kas īpaši aktuāli ir kļuvis C-19 pandēmijas apstākļos. Atbilstoša ventilācijas sistēma samazina risku saslimt ar infekcijas slimībām, kas apkārtējā vidē izplatās pa gaisu vai gaisa pilienu veidā.

Tādēļ CO₂ novērtējums veikts siltumizolācijas slāņa variācijām, apskatot siltumizolācijas ražošanā ietvertu CO₂ un siltumizolācijas kalpošanas laikā (50 gadi) radušos apkures samazinājuma radīto CO₂ ietaupījumu, redzams, ka optimālā vidējā R vērtība ir ~3,5m²K/W (sk. 6.48. attēlu).



6.48.att. Augšā CO₂ novērtējums (Izolācijas R vērtība pret ietaupīto apkurei 50gadi). Apakšā principiāla shēma optimum noteikšanai

Uz LCA balstīto aprēķinu pieņēmumi: 1) izolācijas materiālu siltumtehniskās īpašības, tostarp siltuvadītspēja, nemainās 50 gadu laikā; 2) izolācijas materiāla izmantošanas fāze netiek ņemta vērā un tiek pieņemts, ka apkope / uzturēšana netiek veikta; 3) materiālu utilizācijas ietekme (dzīves cikla beigu posmā) netiek ņemta vērā kā nenozīmīga. Saskaņā ar veikto literatūras pārskatu, kā arī Ecoinvent datu kopām, izolācijas materiālu utilizācijas posma GWP ir robežās starp 0,3 (akmensvate) - 2 (PU)% no izolācijas materiālu ražošanas fāzes. Apkurei pieņemts: * siltuma ražošana un sadale gala lietotājam (attālums līdz gala lietotājam ir izvēlēts kā vidējais rādītājs Latvijai); 2) siltuma ražošana - uz dabasgāzi balstīta siltuma ražošana (Ecoinvent datu bāze, 2010), kas atspoguļo esošos Latvijai specifiskos siltumapgādes parametrus tai skaitā energoavotu īpatsvaru. LCA vispārīgie pieņēmumi: 1) tiek izmantota fizikālo raksturlielumu sadalījuma metodi. Lai veiktu papildu izpēti, būtu detalizēti jāanalizē ekonomiskās vērtības sadalījums, ņemot vērā ēku energoefektivitātes ekonomisko raksturu (izolācijas materiālu izmaksas, personāla izmaksas utt.) un enerģijas ražošanas aspektus (kurināmā izmaksas, elektroenerģijas izmaksas utt.); 2) LCA krājumu pamatā, pieejamības robežās izmantoti Ecoinvent datu bāzes dati, kas atspoguļo Latvijas apstākļus, vai LCA literatūras pārskata dati.

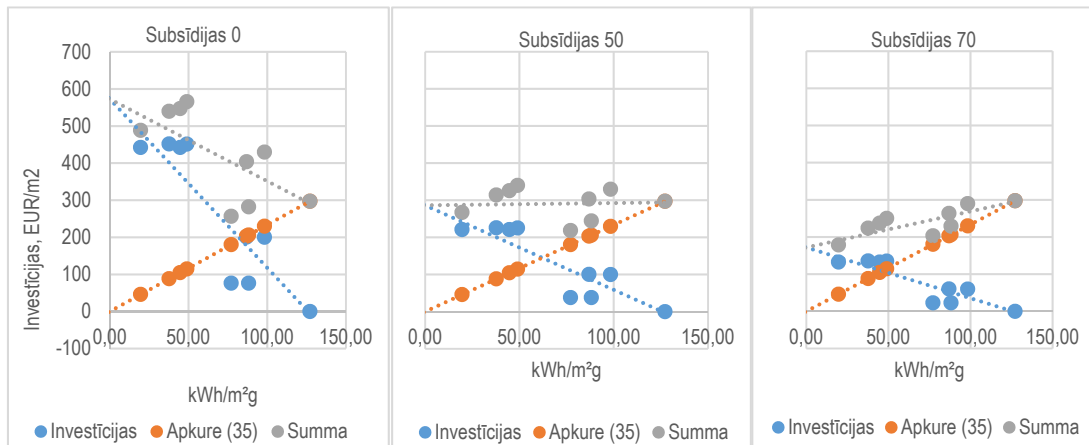
Interese sabiedrībā, uzņēmumos par CO₂ ietekmes novērtēšanu aug, tādēļ būtu lietderīgi nacionālā līmenī izstrādāt būvniecībā biežāk lietoto būvniecības materiālu CO₂ ietekmes katalogu.

6.4. Izmaksu, ieguvumu analīze

Veidojot pasākumu kopumu energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumu un AER tehnoloģiju izvietošanas scenārijiem secināts, ka vienas un tās pašas īpatnējās apkurei nepieciešamās līmeņatzīmes sasniegšanai ir iespējami dažādi pasākumu kopumi – piemēram labāka tehniskā snieguma logi kombinācijā ar vājāka snieguma ventilācijas risinājumiem un pret vājāka snieguma logiem kombinācijā augstāka snieguma ventilācijas sistēmu. Iesaistot siltumizolācijas slāņa tipu un biezuma izmaiņas, vienas līmeņatzīmes sasniegšana iespējama daudzās variācijās. Pie tam, līdzīgi kā CO₂ novērtējumā, robustākās izmaksas ir siltumizolācijas slānim. Pārējās izmaksas saistītas ar projektam specifiskiem risinājumiem izvēloties konkrētos produktus, gan pēc to siltumtehniskās veiktspējas, gan estētiskiem kritērijiem (logi), gan tehniski funkcionāliem risinājumiem (ventilācijas sistēmas), tādēļ zinātniskās izpētes līmenī nosakāmas tikai indikatīvas ar lielu nenoteiktības pakāpi. Izmaksu aprēķins balstīts tirgus energoefektivitātes paaugstināšanas projektu izmaksu analīzē līdz 2020. un tirgus izpētē. Tomēr, palielinoties kopējām investīcijām būvniecības sektorā, kas saistīta ar C-19 seku likvidēšanu, ir notikušas izmaksu svārstības, tās gan pieaugušās, gan palielinājusies izmaksu izkliede. Tādēļ izmaksu aprēķins apskatāms vien kā tendence. Arī izmaksu aprēķinā būtu lietderīgs izmaksu katalogs nacionālā līmenī.

Attēlos zemāk parādīta izmaksu ieguvumu analīze piedāvātajiem scenārijiem. Redzams, ka investīcijas attiecībā pret sasniedzamo energoefektivitātes līmeni kWh/m²g neseko lineārai funkcijai. Izmaksu attēlojums grafikā veido izkaisītu vērtību kopumu, kas novirzās lēcienveidīgi, kas saistīts ar izmaksu variācijām, kas aprakstītas iepriekš. Attiecīgi arī iegūtā izmaksu summa 35 gados seko izmaksu izkaisītajam raksturam. Iegūtie rezultāti

aplūkojami kā tendenču vērtējums. Redzams, ka bez subsīdijām optimālais izmaksu līmenis atbilst $\sim 80 \text{ kWh/m}^2\text{g}$, ar 50% subsīdijām $\sim 60 \text{ kWh/m}^2\text{g}$ un ar 70% subsīdijām $\sim 45 \text{ kWh/m}^2\text{g}$.



6.50. att. Scenāriju izmaksu analīze

Energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumu izmaksu un ieguvumu analīzē tiek pieņemts, ka visas izmaksas saistītas ar ietekmi uz enerģijas patēriņa samazinājumu. Tomēr daļa izmaksu saistītas ar ēkas vidusmūža atjaunošanu – tehnisko defektu novēršana, apdares materiālu un nokalpojušo elementu / nomaiņa un ar to saistītas izmaksas – darba spēks, novietnes tehniskais aprīkojums – stalažas, aizsargbarjeras utt. Energoefektivitātes pasākumu izmaksu un ieguvumu analīzē apskatot tikai pasākumus, kam ir ietekme uz energoefektivitātes līmeni, optimums grafikā novirzītos vairāk pa kreisi.

Kā aprakstīts iepriekš, nevienā no iekļautajiem scenārijiem nav iespējams sasniegt pozitīvas enerģijas bilances līmeni kvartālā. 10. scenārijā, kurā apkurei nepieciešamā daļa no centralizētās siltumapgādes (neto) samazināta līdz 0, nav iespējams segt elektroenerģijas patēriņu ar uz vietas esošo AER saražoto enerģiju. Lai testētu robežapstākļus, tik veikts papildu aprēķins ar uzlabotām vērtībām attiecībā pret EE3 energoefektivitātes līmeni – tika pieņemts, ka ventilācijas sistēmas efektivitāte ir augstāka, tika pieņemts, ka logu nomaiņā zemākā kultūrvēsturiskā līmeņa ēkās tiek izmantoti vakuuma pakešu logi, savukārt vidējā līmeņa ēkās pieņemta U vērtība $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ un papildus tika apskatītas divas inovatīvu siltumizolācijas materiālu alternatīvas – aerogēlu un vakuuma siltumizolāciju. Rezultātā iegūts, ka elektroenerģijas ražošanai palielinātā PV paneļu platība palielinātu elektroenerģijas ražošanu, atstājot 10% iztrūkumu nepieciešamās elektroenerģijas segšanai.

Tādējādi tiek secināts, ka pētījuma izvirzītā hipotēze, ka ir iespējams sasniegt pozitīvas enerģijas bilances līmeni piemērizpētes kvartālā, neizpildās. Proti, pat apskatot intensīvus energoefektivitātes paaugstināšanas risinājumus, nav iespējams ar uz vietas izvietoto AER tehnoloģiju saražoto enerģiju segt gan siltumapgādei, gan elektroapgādei nepieciešamo enerģiju piemērizpētes. Papildu jāņem vērā, ka, lai arī datu centrs kalpo kā atlikumsiltuma avots, tas ir arī viens no lielākajiem elektroenerģijas patērētājiem kvartālā. Viens no projekta mērķiem bija apskatīt atlikumsiltuma atgūšanas potenciālu un iegūtā analīze ļauj novērtēt atlikumsiltuma ietekmi izstrādātajos scenārijos. Pārnesot izpētē gūtās atziņas uz citiem kvartāliem, jāņem vērā, ka atlikumsiltuma atgūšanas daļa kvartālos ar

mazākas jaudas atlikumsiltuma avotiem būs zemāka, bet zemāks būs arī elektroenerģijas pieprasījums.

6.5. Kvartāla reģenerācija - iespēja paaugstināt arhitektūras un pilsēt būvniecisko kvalitāti

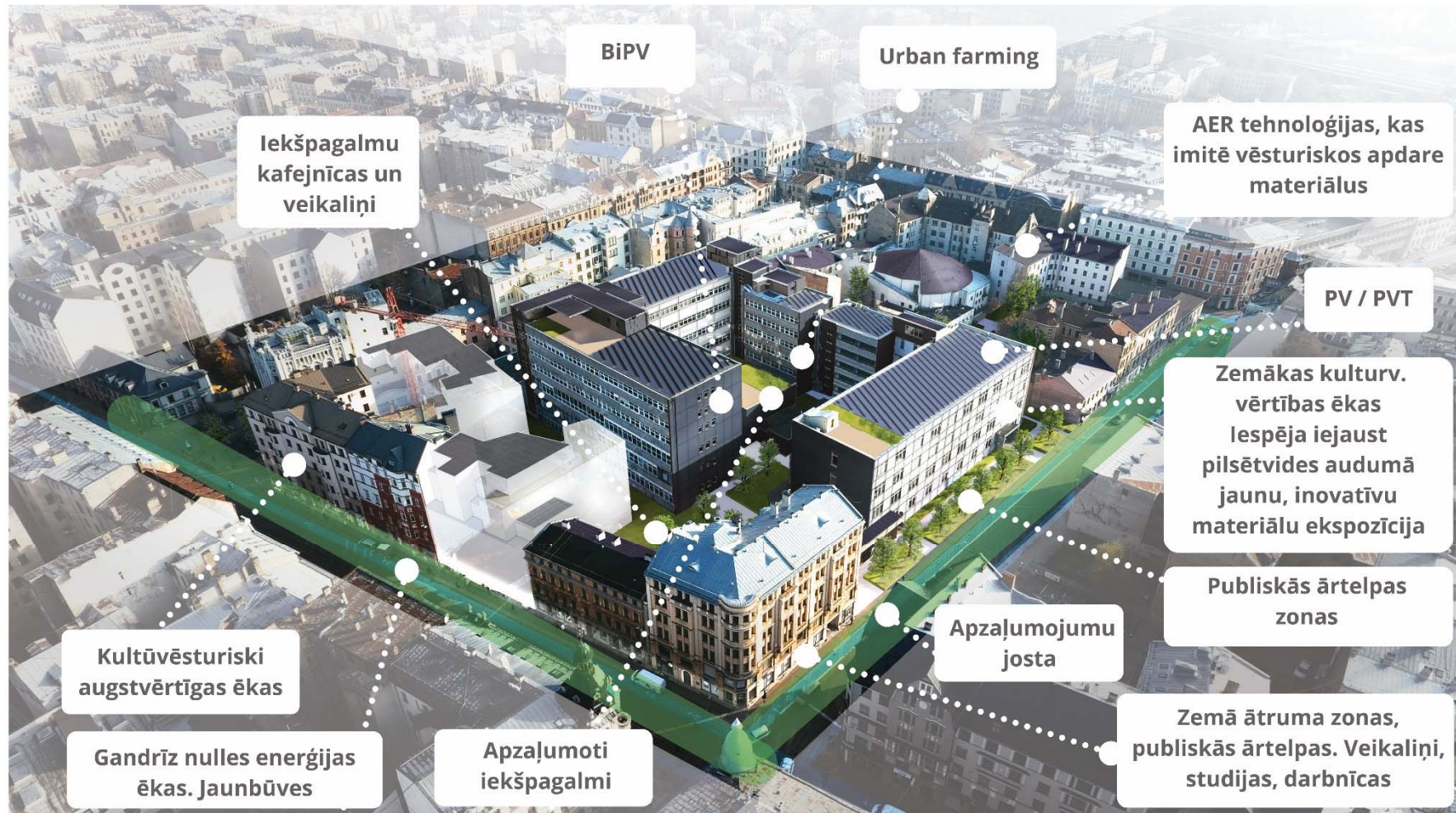
Kā aicina jaunais Eiropas Bauhaus princips (The new European Bauhaus) [2] – nākotnes attīstības perspektīvas jāapskata kompleksā risinājumu ietvarā. Risinājumiem jābūt pievilcīgiem, ilgtspējīgiem un tie jārada ar sabiedrisku labumu, gan kopradot, gan risinājumos veidojot iekļaujošu vidi, kas apmierina dažādu sabiedrības pārstāvju vajadzības un intereses.

Gan ēku, gan pilsēt būvnieciskā līmeni atjaunošanas proejkti ar energoefektivitātes paaugstināšanu uzskatāmi par iespēju uzlabot esošo vidi – paaugstināt vides pieejamību, funkcionālo daudzveidību, kultūras dialogu, uzlabot dzīves kvalitāti, radot pilsētās struktūras, kas nodrošina pozitīvu pieredzi (liveability). Apskatot piemēripētes kvartāla reģenerācijas iespējas, saskatāms potenciāls vides uzlabošanai:

- 1) Padomju gadu arhitektūrai piešķirt jaunu estētisko veidolu, kas, izmantojot mūsdienīgus risinājumus, varētu kalpo par pievilcīgu paraugrisinājumu BiPV un citu iznovatīvu risinājumu izmantošanai ēku pārbūvēs;
- 2) Gan ielas frontē, gan iekšpagalmu struktūrās meklēt iespējas paaugstināt apzaļumojuma līmeni, kas rada pozitīvu sensoro pieredzi;
- 3) Radot iespējas ērti pārvietojoties pilsētā nelielā ātrumā, veidojot kājāmgājējiem atbalstošāku vidi un tādējādi palielinot gājēju plūsmas iespējams paaugstināt mazo uzņēmumu piesaisti;
- 4) Sadalot vienmērīgāk ielas telpu starp automašīnām un pārējiem satiksmes dalībniekiem (kājāmgājējiem, velosipēdistiem), palielinot apdzīvojamo telpu ielas līmenī, varētu iegūt vairāk telpas pilsētvides dažādošanai, radot iespēju uzskavēties, atpūsties, pastaigāties, gūstot pozitīvu sensoro pieredzi;
- 5) Kvartālu iekšpagalmos iespējams attīstīt jaunas sabiedriskas struktūras, piemēram urban gardening un citas;
- 6) Gan ielas frontē, gan iekšpagalmu struktūrās meklēt iespējas radīt iedzīvotājiem un pilsētas viesiem pasīvai un aktīvai atpūtai, kopā būšanai.

Šo un citu dzīves kvalitātes paaugstināšanas jautājumu risināšanai, atbilstoši katras konkrētās situācijas specifikai, jāklūst par ikdienas praksi gan jaunu risinājumu izstrādē, gan arī veicot pārbūves, tādējādi bagātinot vidi mums apkārt.

Ekonomiskā analīze alternatīvu salīdzināšanai atspoguļo tikai materiālo ieguvumu. Tomēr, apskatot risinājumus, kas veidos dzīves telpu nākamajiem 10, 20, 30... gadiem, gan to plānošanā, gan izvērtēšanā jāņem vērā nemateriālie ieguvumi sabiedrības attīstībai kopumā. Attēlā zemāk konceptuāla vīzija piemēripētes kvartāla attīstībai.



6.51.att. Kvartāla attīstības koncepcija – kvartāla reģenerācija kā pilsētvides uzlabošanas iespēja

VPP-EM-EE-2018/1-0003



Ēku energoefektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana

7. ATSKAITE PAR POLITIKAS REKOMENDĀCIJĀM GANDRĪZ NULLES ENERĢIJAS PATĒRIŅA ĒKU BŪVNICĪBAS ATTĪSTĪBAI, BALSTOTIES UZ RIGA PEB ATZIŅĀM

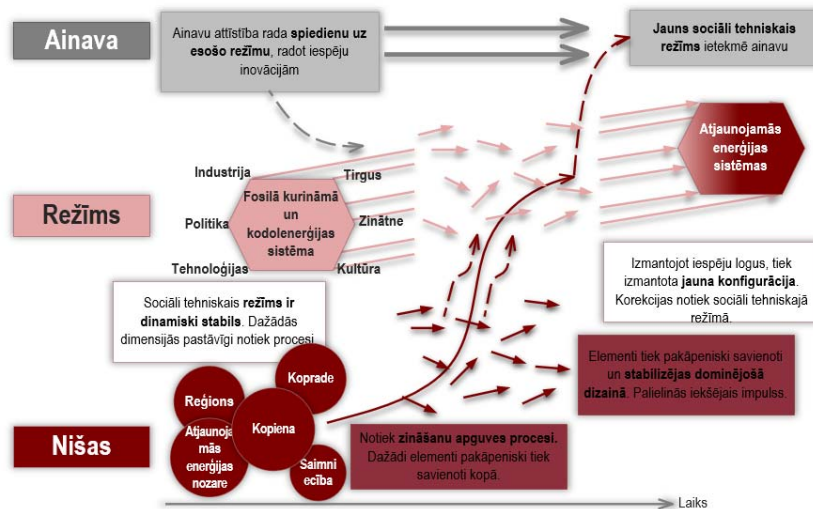
Lai gan cilvēce ir piedzīvojusi dažādas enerģētikas pārejas, pārejai uz atjaunojamo enerģiju nav vēsturiska precedenta, jo tajā vienlaikus ir jārisina gan tehnoloģiskie, gan ekonomiskie, gan vides, gan arī sociālie jautājumi [183]. Tā ir sociāli-tehniskā pāreja, kam nepieciešama ne tikai tehnoloģiskas inovācijas un izmaiņas, bet arī institucionālas pārmaiņas [184], tajā skaitā, politikas un regulējumi, uzskati un vērtības, gaidas, pārvaldības struktūras, mācīšanās prakse un tirgus struktūras [185]. To atspoguļo arī enerģijas pārejas empīriskie gadījumu pētījumi [186], [187]. Sociāli-tehniskās pārejas saskaras ar daudziem šķēršļiem, tajā skaitā, ekonomiskiem, politiskiem un uzvedības faktoriem, kas rada lielas problēmas jebkuras dominējošās tehnoloģiskās paradigmas maiņai [188]. Šie šķēršļi ir ļoti atkarīgi no ģeogrāfiskā, vēsturiskā, kultūras, ekonomiskā, vērtību un normu konteksta un tāpēc to identificēšana, izprašana un novēršana, ir kritiski svarīga enerģētikas pārejai uz klimataneitralitāti.

Sociāli-tehniskās pārejas rodas, attīstībai notiekot vairākos līmeņos – kontekstā, režīmā un nišā [189], [186], [190]. 7.1. attēlā parādīta šo līmeņu mijiedarbība. Konteksta līmenis ietver enerģētikas sistēmai ārējos faktorus, piemēram, klimata pārmaiņas vai naftas cenas. Ārējie faktori ietekmē lēmumus, kas tiek pieņemti sistēmā, bet ir ārpus sistēmas dalībnieku kontroles. Konteksta līmenī darbojas makroekonomiskās tendences (klimata pārmaiņas, fosilā kurināmā cenas), socioekonomiskās tendences (recesija, bezdarbs, sociālais netaisnīgums), makro politiskās tendences (nacionālā likumdošana par atjaunojamiem energoresursiem un klimata pārmaiņām) un dziļie kultūras patēriņi (tendence uz decentralizētu enerģētikas sistēmu).

Režīma līmenis ietver dominējošās tehnoloģijas, tirgu, regulējošās struktūras, nozarē pastāvošos darbības veidus, sociālās un kultūras normas. Šo faktoru saskaņošana režīma līmenī veido tehnoloģiju attīstību, ko parasti raksturo pakāpeniskas izmaiņas. Tādēļ faktoru, kas nav tehnoloģiski, piemēram, institucionālo un kultūras, veidošanās ir svarīgs priekšnoteikums režīma maiņai. Režīma līmenī notiek noteikumu maiņa, t.sk. uzskatu sistēmas maiņa, problēmu definēšanas maiņa, valdošo principu maiņa, attiecību maiņa, uzvedības normu maiņa, standartu maiņa un likumu maiņa. Tam seko tehnoloģiju maiņa uz atjaunojamiem energoresursu tehnoloģijām un tās papildinošajām tehnoloģijām. Šī līmeņa pēdējais posms ir izmaiņas, kas notiek sociālajos tīklojumos, kur ienāk jauni tirgus dalībnieki un jaunās tehnoloģijas gūst virsroku pār esošo režīmu.

Nišas līmenis ir inovāciju avots, jo tajā aizsargātā vidē un tirgus nišās veidojas inovatīvas enerģētikas prakses un tehnoloģiskie risinājumi, kuri spēj izaicināt dominējošo režīmu. Nišas līmenī notiek mācīšanās process, kura laikā notiek eksperimentēšana ar dažādiem risinājumiem, īpašumtiesībām, finansējumiem, juridiskajām formām un pārvaldības modeļiem. Tajā notiek arī cenas un veiktspējas uzlabojumi un jaunu tehnoloģiju radīšana. Pēc tam nepieciešams iegūt atbalstu no grupām, kam pieder vara, t.sk. energouzņēmumi, tehnoloģiju piegādātāji utt. un jānostiprina tirgus nišas. Nišas līmenim ir izšķiroša loma enerģētikas pārejai uz klimata neitralitāti. Lai gan ir pētījumi, ka nišas saskaras ar milzīgām grūtībām, lai tās nonāktu režīma līmenī [191], [192], ir notikušas

daudzas pozitīvas pārmaiņas enerģētikas pārejā uz zema oglekļa enerģētiku [193]. Pētījumi, kuros izmantota daudzlīmeņu analīzes metode, rāda, ka šobrīd enerģētikas kopiena ietilpst nišas līmenī [194].



7.1.att. Sociāli-tehniskās pārejas līmeņu mijiedarbība [190]

No vienas puses – tradicionālos ēku energoefektivitātes paņēmienus var uzskatīt par ierastu praksi “režīma” līmenī, bet, no otras puses, ar energorenovācijas ātrumu 1%, kas ir zem 3 % mērķa, kas noteikts Energoefektivitātes direktīvā [195], [196], būs grūti sasniegt izvirzītos dekarbonizācijas mērķus. 75 % no esošā ES ēku fonda ir neefektīvi. 50 % tika uzbūvēti pirms energoefektivitātes standartu izstrādes 1970. gados, un 85–95 % ēku joprojām tika ekspluatētas 2050. gadā [14]–[16]. Tiek izvirzīti jauni, stingrāki mērķi, jo iepriekšējie netiek izpildīti. Jaunākie ES Ēku energoefektivitātes direktīvas grozījumi paredz dekarbonizēt esošo ēku fondu, samazinot enerģijas patēriņu, veicot padziļinātu esošo ēku renovāciju un pārejot uz oglekļa mazietilpīgu energoapgādi [197]. Šeit parādās "nišas" līmenis - esošā ēku fonda dekarbonizācijā. Kā paātrināt renovācijas procesu, kā visefektīvāk dekarbonizēt esošo ēku fondu, kādas ir inovatīvas pieejas, kā mainīt esošo paradigmu – tie ir šobrīd aktuālie jautājumi. Zinātniskajos rakstos tiek pētīti dažādi virzieni, kas veicinātu mērķu sasniegšanu: scenāriji saistībā ar centralizētās siltumapgādes attīstību [198] un centralizētās siltumapgādes sistēmu dekarbonizāciju izmantojot elektrifikācijas [199]–[201] un bioenerģijas tehnoloģijas [202], saules enerģijas centralizēto siltumapgādes sistēmu [203]; tiek pilveidoti esošā ēku fonda dekarbonizācijas simulācijas rīki [204]–[206]; tiek apskatīti arī kompromisi starp ekonomikas izaugsmi un ietekmi uz vidi [207], kā arī oglekļa cenas noteikšanu [208]. Cita būtiska izpētes joma ir pati ēku renovācija: tā piemēram ir ieviesta Ilgtspējīgas ēku renovācijas (IĒR) pieeja, pievēršot uzmanību ne vien enerģijas patēriņa samazināšanai renovācijā, bet arī iekļaujot trīs izšķirošus aspektus renovācijas projektā – vides, ekonomisko un sociālo – un veicinot dzīves cikla domāšanu [209]; meklējot optimālus renovācijas scenārijus, atšķirība starp videi nekaitīgiem un finansiāli optimāliem renovācijas scenārijiem ir atrodama, balstoties uz dzīves cikla izvērtējumu [210]. Citā pētījumā [211], ar norādi, ka iegūti no ierastās prakses atšķirīgi rezultāti, secināts, ka apkures sistēmas nomainīšana sniedz lielāku vides / ekonomisko piensumu, salīdzinot ar ēkas

pilnīgu renovēšanu. Pieejamais plašais pētījumu klāsts, kas gan izceļ esošo prakšu priekšrocības, gan arī trūkumus, liecina, ka ir nepieciešamas jaunas pieejas ēku renovācijā.

Lielākā daļa esošā dzīvojamā fonda ir koncentrēta pilsētās, līdz ar to pilsētas struktūras ir atbildīgas par 70 % no pasaules SEG, aizņemot vien 2–3 % no pasaules zemes platības. Tādējādi pilsētas ir kļuvušas par energoefektivitātes politiku un rīcības plānu mērķi. Eiropas energotehnoloģiju stratēģiskais plāns (SET-plāns) [27] ir orientēts uz viedajām pilsētām un kopienām. Plānā ir definēta pozitīvās enerģijas bilances kvartālu koncepcija, kas nodrošinātu apkaimju, mikrorajonu un pilsētu dekarbonizāciju [212], [213]. Pozitīvās enerģijas bilances kvartāli, apkaimes un mikrorajoni ir paredzēti ne vien, lai saražotu lielāka apjoma enerģiju, nekā kvartālam nepieciešams, bet arī, lai darbotos kā slodzes izlīdzināšanas sistēma, kas atbalsta enerģētisko elastību, lietderīgi izmantojot īstermiņa un ilgtermiņa enerģijas uzkrāšanas priekšrocības [214]. Kā jauna koncepcija pozitīvās enerģijas bilances kvartāli nereti saskaras ar dažādiem izaicinājumiem. To skaitā [28] ir politiski, ekonomiski, tehniski, telpiski u.c. apgrūtinājumi, kuru risināšanai ir nepieciešama iesaistīto pušu savstarpēja komunikācija. Taču [213] ir norādīts, ka eventuāli pozitīvās enerģijas bilances kvartāli varētu novest pie pozitīvās enerģijas bilances apkaimēm un mikrorajoniem, tādējādi tuvojoties zema oglekļa emisiju līmeņa sabiedrībai pilsētās. Kopumā ir sagaidāms [212], ka pozitīvās enerģijas bilances kvartāli stimulēs atjaunojamo energoresursu (AER) izmantošanu un arī veicinās energoefektivitātes uzlabošanu konkrētajos pozitīvās enerģijas bilances kvartālos. Tādējādi ar AER palīdzību pozitīvās enerģijas bilances kvartāla lietošanas mērķis varētu būt sasniedzams.

Pētījumos ir vērojams, ka papildus atsevišķu ēkas norobežojošo konstrukcijas elementu izpētei, uzmanība tiek vērsta uz lielāka mēroga struktūrām - pilsētas kvartālu, apkaimi vai mikrorajonu. *Nematchoua et al* [215] secinājuši, ka Beļģijas Valonijas reģiona piemēripētes apkaimēs enerģijas patēriņu var samazināt par 90 %, ja izmanto masīvus energoefektivitātes pasākumus – ēku pilnīgu renovāciju, elektrificējot mobilitāti un saules enerģijas paneļus. *Jansen et al* [216] Eiropas pētniecības projektā “Viedo pilsētu sala” (‘Smart Urban Isle’) secina, ka labāku energoefektivitātes līmeni var sasniegt ēkām mijiedarbojoties energoefektivitātes pasākumu ieviešanā apkaimes līmenī, salīdzinot ar šo pasākumu ieviešanu atsevišķas ēkas līmenī, un akcentē, cik svarīgas ir ļoti zemas temperatūras energosistēmas, kas piedāvā papildu enerģijas plūsmas optimizāciju.

Ala-Juusela et al [217], atpoguļojot pirmo mēģinājumu novērtēt pozitīvās enerģijas bilances apkaimes, identificēja svarīgākos efektivitātes rādītājus (key performance indicators) pozitīvās enerģijas bilances apkaimju kvalitātes vērtēšanai. Pētnieki kā būtiskāko noteikuši lokāli saražotās enerģijas īpatsvara faktoru, ko kombinē ar gada slodžu nesakritības attiecību; maksimālo ikstundas enerģijas pārpalikumu; maksimālo ikstundas enerģijas deficītu; meneša griezumā attiecību starp stundas maksimālo un minimālo enerģijas pieprasījumu. *Ala-Juusela* secina, ka ir nepieciešami turpmākie pētījumi gan par enerģijas bilances aspektiem un ietekmi uz vidi, gan arī kopējām pasākumu izmaksām.

Projektā ASSET (*Advanced System Studies for Energy Transition*) [218] ir definēts plašāks galveno snieguma rādītāju apjoms, iekļaujot tehniskos, finansiālos un vides galvenos snieguma rādītājus. Pamatojoties uz šiem rādītājiem, par augstākās kategorijas pozitīvas enerģijas bilances kvartāliem ir atzīti plus enerģijas ciemati (Vildpoldsrīda, Vācija) [219]–[221]; HIKARI (Liona, Francija) [222] un Eiga sala (Eiga sala, Lielbritānija (Skotija)) [223], [224].

Nākamajā sadaļā ir sniegts detalizētāks apraksts piemēriem Eiropā.

7.1. Pozitīvās enerģijas bilances kvartālu projekti Eiropā

Eiropas Komisija pētniecības un inovācijas programmas “Apvārsnis 2020” ietvaros ir finansējusi vairākus viedo pilsētu un kopienu “bākas” projektus (lighthouse projects). Šie piemērprojekti var veidot pamatu pozitīvās enerģijas bilances kvartālu projektu attīstībai Eiropas Savienībā [225]. Viedo pilsētu galvenais mērķis ir ieviest jaunās tehnoloģijas visās cilvēku ikdienas dzīves jomās, lai pilsētas infrastruktūru padarītu efektīvāku [226]. Viedās enerģētikas sistēmas ar aktīvu / adaptīvu energoapgādes tīklu ir viena no būtiskām raksturīgajām tehnikām, ko izmanto pozitīvās enerģijas bilances kvartālu īstenošanā [227].

Eiga sala

Attālās atrašanās vietas dēļ sala nav savienota ar Skotijas energosistēmu, tāpēc enerģijas iegūšanai un savas ikdienas dzīves nodrošināšanai salas iedzīvotājiem jāizmanto dīzeļģeneratori. 2008. gadā salas enerģijas pieprasījuma apmierināšanai salinieki sāka izmantot savu mikro tīklu. Turklāt salas iedzīvotāji nodibināja uzņēmumu “Eigg Electric”, kas vada un uztur enerģijas ražošanu, tādējādi izveidojot Enerģētikas kopienu. Enerģētikas kopienai ir šādi atjaunojamie energoresursi: hidroenerģija, vēja turbīnas un saules enerģijas paneļi [228]. Tālāk 7.1. tabulā ir norādītas Eiga salas pozitīvās enerģijas bilances kvartāla galvenās raksturīgās pazīmes.

7.2. tabula. Eiga salā izmantotā pozitīvās enerģijas bilances kvartāla informācija

Pazīme	Enerģētikas autonomija	AER daļa	Pozitīvās enerģijas bilances kvartālā lietotie AER	Jaukts ēku lietojums	Uzglabāšanas risinājums
Eiga sala	100 %	98 %	Hidroenerģija, vējš, saule	JĀ	Akumulators

Saliniekiem ir noteikti ierobežojumi, māsaimniecība var izmantot maksimāli 5 kW (pietiekams daudzums tējkannas un veļas mazgājamās mašīnas vienlaicīgai lietošanai), savukārt uzņēmumi var izmantot maksimāli 10 kW. Tā kā no AER ražotā enerģija nav konstanta un var būt zināmi pārtraukumi vai AER enerģijas ražošanas uzņēmumi ir tehniskajā apkopē, atbalstam ir paredzēti divi 80 kW dīzeļģeneratori [228].

Šo konkrēto pozitīvās enerģijas bilances kvartālu nevar pilnībā uzskatīt par klasisko pozitīvās enerģijas bilances kvartālu, jo sala nav pievienota cietzemes tīklam, tāpēc potenciālo enerģijas pārpalikumu nevar eksportēt ārpus salas.

Maka sala

Nākamais projekts ir cieši saistīts ar iepriekš minēto, jo Maka sala atrodas līdzās Eiga salai. Taču projekta sliktās uzturēšanas dēļ (problēmas ar invertoriem, uzlādes ierīcēm un akumulatoriem), tas nav uzskatāms par labu pozitīvās enerģijas bilances kvartāla piemēru. Tomēr kopumā sistēma ir līdzīga iepriekš minētajam Eiga salas projektam.

7.3. tabulā ir norādītas attiecīgās pozitīvās enerģijas bilances kvartāla galvenās raksturīgās pazīmes [229].

7.4. tabula. Maka salas pozitīvās enerģijas bilances kvartāla raksturīgās pazīmes

Pazīme	Enerģētikas autonomija	AER daļa	Pozitīvās enerģijas bilances kvartālā lietotie AER	Jaukts ēku lietojums	Uzglabāšanas risinājums
Maka sala	100 %	Nav zināms	Vējš, saule	JĀ	Siltumenerģijas uzkrāšana; akumulators

Plus enerģijas ciemats

Vildpoldersdā (Vācija) jau 1999. gadā tika noteikts ilgtspējīgas attīstības plāns, kurā uzmanība tika pievērsta: 1) atjaunojamās enerģijas tehnoloģijām un energoefektivitātei, 2) ekoloģiskiem un vietējiem būvmateriāliem jaunu ēku celtniecībai (galvenokārt kokmateriāli) un 3) ūdens resursu aizsardzībai un notekūdeņu attīrīšanai. Papildus pašvaldības plāniem sociālās grupas ierosināja kopienas mēroga uzņēmējdarbības plānus un ieguldīja līdzekļus enerģijas ražošanas uzņēmumos. Sākotnējais mērķis bija līdz 2020. gadam panākt 100 % AER izmantošanu, taču šis mērķis tika sasniegts jau 2012. gadā. Turklāt tagad pilsētiņā tiek ražots gandrīz piecas reizes vairāk enerģijas, nekā tā patērē, un finansiālais ieguvums no enerģijas pārpalikuma ir 4 miljoni eiro gadā. Pilsētiņa nav apstājusies pie sasniegtā, bet turpina attīstīt jaunas vīzijas par attīstību nākotnē e-mobilitātē un vēl lielākā AER tehnoloģiju izmantošanā, tagad augšupvērsti nosakot, ka ikvienai ēkai jāklūst par elektrostaciju [220], [221], [230].

7.5. tabula. Vācijas plus enerģijas ciemata pozitīvās enerģijas bilances kvartāla pazīmju informācija

Pazīme	Enerģētikas autonomija	AER daļa	Pozitīvās enerģijas bilances kvartālā lietotie AER	Jaukts ēku lietojums	Uzglabāšanas risinājums
Plus enerģijas ciemats	100 %	100 %	Vējš; saules enerģija, biomasas, hidroenerģija, biogāze.	JĀ	Akumulators

Liona, Francija – Hikari

Kādā Lionas rajonā ir tipisks pilsētas kvartāls, kas atbilst pozitīvās enerģijas bilances kvartāla definīcijai, proti, tajā ir dažāda tipa vai jaukta lietojuma ēkas, t.i., vairākas dzīvojamās ēkas, biroji un veikali, taču tikai trijām tajā esošajām celtnēm kopējā platība ir 12 500 m². Kaut gan projekts ir uzsākts agrāk, ēkas ir izmantojamas no 2015. gada [231]. AER sistēmas ir iekļautas ēku būvprojektā – uz jumta un pie fasādēm saules enerģijas paneļi nodrošina attiecīgi 168 kW un 21 kW. Kopumā ēku kvartāls ir projektēts tā, lai būtu 0,2 % lieli enerģijas pārpalikumi, tomēr maksimumslodzes garantēšanai nelielā apjomā tiek izmantoti gāzes katli [232].

7.6. tabula. HIKARI projekts (Liona, Francija) un informācija par pozitīvās enerģijas bilances kvartālā izmantotajām tehnoloģijām

Pazīme	Enerģētikas autonomija	AER daļa	Pozitīvās enerģijas bilances kvartālā lietotie AER	Jaukts ēku lietojums	Uzglabāšanas risinājums
Hikari	100 %	~100 % (vairāki gāzes katli maksimumslodzes pieprasījuma nodrošināšanai)	Saules enerģija, biomasa (rapšu eļļa), gruntsūdens	JĀ	Elektroenerģija – akumulators, Siltumenerģija – siltuma uzkrāšanas tvertnes (latenais siltums)

Pirmajos gados, kas aizvadīti, dzīvojot HIKARI kvartālā, ir secināts, ka, tā kā kvartāls ir būvēts uz kopdarba un kopienas koncepcijas pamata, arī tā ekspluatācijai jānotiek tāpat, – nepieciešamas jaunas pārvaldības formas [222]. Daži iespējamie risinājumi varētu būt platforma vai forums kopīgai lēmumu pieņemšanai, pieredzes apmaiņai, cerībām un nākotnes vīzijām un mehānismi dažādu jaukta tipa ēku kvartālā dzīvojošo grupu pienācīgai interešu izvērtēšanai.

Samsø

Saskaņā ar pētniecības programmu “Apvārsnis 2020” Samsø (Dānija) tika izveidots viedās salas enerģētikas sistēmu projekts “SMart IsLand Energy systems” (SMILE). Viens no projekta mērķiem bija panākt, lai ar salmiem kurināmās elektrostacijas nodrošinātu ar atjaunojamiem energoresursiem [233]. Galvenā informācija par iniciatīvu ir sniegta 7.5. tabulā.

7.7. tabula. SMILE projekts, Samsø salas (Dānija) pozitīvās enerģijas bilances kvartāla raksturīgās pazīmes

Pazīme	Enerģētikas autonomija	AER daļa	Pozitīvās enerģijas bilances kvartālā lietotie AER	Jaukts ēku lietojums	Uzglabāšanas risinājums
SMILE salas	Fosilā kurināmā neizmantošana 2030. gadā	50 % apkures 70 % elektroenerģijas	Saules enerģija, vējš, biomasa, ģeotermālais siltums	JĀ	Centralizēta akumulatoru baterijas uzglabāšanas sistēma

Projekta īstenošanas gaitā tika salīdzinātas divas enerģijas akumulēšanas sistēmas – akumulatoru baterijas enerģijas akumulēšanas sistēma un siltumenerģijas uzglabāšanas sistēma. Attiecībā uz Samsø projektu tika secināts, ka konkrētajā vietā finansiāli ir izdevīgāk izmantot siltumenerģijas uzglabāšanu, kas integrēta viedās enerģētikas sistēmās un sedz plašu enerģijas pieprasījuma spektru. Akumulatoru baterijas enerģijas akumulēšanas sistēma ir paredzēta tikai elektroenerģijas uzglabāšanai, taču tā varētu līdzsvarot enerģijas eksporta un importa bilanci [234]. Cits jautājums, kas vērtēts, pamatojoties uz Samsø projektu, ir individuālas enerģijas uzkrāšanas salīdzinājums ar kolektīvo enerģijas uzkrāšanu baterijās. Tika secināts, ka kolektīvais risinājums ir izdevīgāks, taču individuālais risinājums ir motivējošāks [235].

Samsø projekta pēcprojekta stadijā ir secinājumi, kas attiecas ne tikai uz tehnoloģiskā, bet arī sociālā stāvokļa uzlabošanu. Uzsvērts, ka sociāli tehnoloģiskajā pārejā

spēcīga sabiedriskā iesaistīšanās, kuras pamatā ir konkrētās vietas specifika un vietējās zināšanas, varētu garantēt labākas izredzes gūt panākumus [236].

Visu iepriekš minētajās iniciatīvās izmantoto tehnoloģiju apkopojums ir dots 7.8. tabulā.

7.9. tabula. Norādītajos pozitīvās enerģijas bilances kvartālos izmantotās AER tehnoloģijas

Iniciatīvas / pilsētas / projekti	Pozitīvās enerģijas bilances kvartālā izmantotā tehnoloģija								
	Saules enerģija	Ģeotermālā	Biomasa	Vējš	Hidroenerģija	Cita tehnoloģija	Elektroenerģijas uzkrāšana	Siltumenerģijas uzkrāšana	
Eiga sala [228]	x	-	-	x	x	-	x	-	
Maka sala [229]	x	-	-	-	-	-	x	x	
Plus enerģijas ciemats [220]	x	-	x	x	x	x	x	-	
Hikari [237]	x	x	-	-	-	x	x	x	
SMILE salas[234]	x	x	x	x	-	-	x	-	

7.2. Pozitīvās enerģijas bilances rajonu projekti Eiropā

Kā norādīts iepriekš, pozitīvās enerģijas bilances kvartāli eventuāli novedīs pie pozitīvās enerģijas bilances rajoniem un tāpēc ir jāizvērtē arī pozitīvās enerģijas bilances rajoni.

Pozitīvās enerģijas bilances rajona īstenošanā Grēningenes pilsētā H2020 projektā Nr. 824418, kam tika dots nosaukums "Pilsētas veidošana", piedalījās divi pilsētas rajoni – Ziemeļu Grēningene un Dienvidu Grēningene. Šajos divos rajonos ir dažāda tipa ēkas, piemēram, dzīvojamās ēkas, rūpniecības ēkas, universitātes pilsētiņa un dažādas sabiedriskās ēkas utt. Turklāt, lielākā daļa ēku šajos rajonos ir celtas ap pagājušā gadsimta astoņdesmitajiem gadiem.

Viena no pozitīvās enerģijas bilances kvartāla īstenošanas raksturīgām pazīmēm abos Grēningenes rajonos ir esošā dzīvojamā fonda modernizācija, atjaunojot ēku sienas, jumtus, logus un ieviešot modernas tehnoloģijas. AER koncepcijas pamatā ir saules enerģijas paneļi uz ēku jumtiem un saules siltumenerģijas paneļi + siltumsūkņi. Turklāt siltumsūkņi ir tieši savienoti ar ģeotermālo centralizētās siltumapgādes sistēmu. Īpaši saules enerģijas paneļi ir integrēti veloceliņa "SolaRoad" virsmā un ir plānots ražot aptuveni 60 MWh gadā. Lai izmantotu enerģijas pārpalikumus maksimumslodzes garantēšanai, enerģijas pārpalikumi tiek uzkrāti. Bez tam rajonos savāko notekūdeņu attīrīšanai ir apsvērta biogāzes biotehnoloģiju apstrādes izmantošana. Tāpat abos Grēningenes rajonos ir plānots izveidot ar viedtīklu savienotu īpašu automatizētu uzlādes sistēmu, kas paredzēta elektriskajiem transportlīdzekļiem [238], [239].

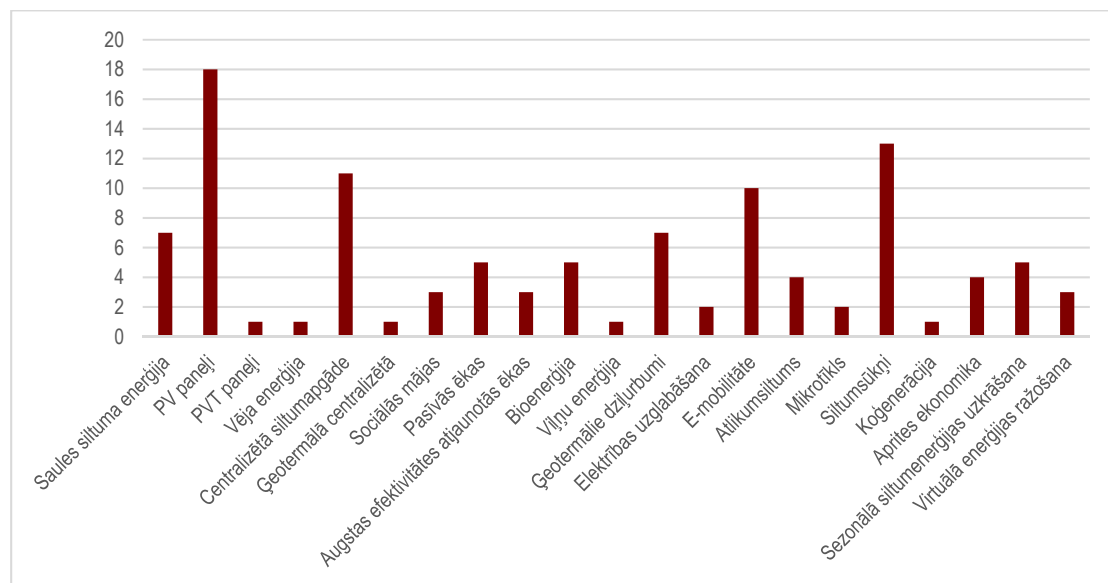
Vēl viena pilsēta H2020 projektā Nr. 824418 "Pilsētas veidošana" ir Oulu Somijā (Kaukovainio). Tajā ir aptuveni 4700 iedzīvotāju, un dzīvojamo fondu galvenokārt veido daudzstāvu dzīvojamās ēkas un privātmājas. Pozitīvās enerģijas bilances ķēdē Kaukovainio ir piecas ēkas – četras dzīvojamās ēkas un viens tirdzniecības centrs. Lai sasniegtu pozitīvās enerģijas bilances rajonu – ir apsvērti ēku energoefektivitātes pasākumi, atlikumsiltuma atgūšana no tirdzniecības centra izplūdes gaisa un dzesēšanas sistēmām, kā arī no notekūdeņiem, saules enerģijas paneļi, kas uzstādīti uz ēku jumtiem un sienām, siltumsūkņi

un enerģijas uzkrāšana (tvertnes un grunts). Pozitīvās enerģijas bilance ir sasniegta ar plašu enerģijas ražošanu un enerģijas importu (elektroenerģija) un eksportu (siltumenerģija) [238], [240], [241].

7.10. tabula. Pozitīvās enerģijas bilances rajonos izmantoto AER tehnoloģiju apkopojums

Pozitīvās enerģijas bilances rajona attiecīgajā pilsētā izmantotās tehnoloģijas	Pilsēta						
	Grēningene	Basanodelgrapa	Leona	Oulu	Kadikēja	Ļubļina	Vidina
Saules enerģija	X	X	-	X	X	X	X
Saules siltumenerģija	X	X	-	X	X	-	X
Ēku modernizācija	X	-	X	X	X	X	X
Viedie termostati un sensori	X	X	-	X	-	X	-
Ģeotermālā apkure	X	-	X	X	-	-	-
Biogāzes tehnoloģija	X	-	-	X	-	-	-
Biomasa	-	-	X	-	-	-	-

IEA-EBC programmā (Starptautiskās Enerģētikas aģentūras programma “Enerģija ēkās un kopienās”) ir apkopoti pozitīvās enerģijas bilances rajona lietojumi visā pasaulē. Tālāk dotajā tabulā (7.11. tabula) ir raksturoti projektos izmantotie, ierosinātie un plānotie pasākumi, lai sasniegtu pozitīvās enerģijas bilances rajona līmeni. Visos projektos ir lietota vairāk nekā viena tehnoloģija, lai palielinātu attiecīgās vietas/rajona enerģētikas autonomiju. Trīs visbiežāk lietotās tehnoloģijas ir saules enerģijas paneļi, siltumsūkņi un centralizētās siltumapgādes tīkli. No visiem 22 projektiem tikai astoņos ir ziņots, ka izvēlētajos pasākumos ir iekļauti pasākumi, kas saistīti ar ēku fondu – jaunbūves, renovētas ēkas vai sociālās mājas (7.2. attēls). Tas liecina, ka uz vietas pieejamo AER izmantošana kombinācijā ar kompleksu ēku renovāciju ir nepietiekoši izpētīta niša.



7.2. att. Pozitīvās enerģijas bilances rajonos izmantotās tehnoloģijas

Aprakstītajos piemēros ir redzams, ka daudzos projektos, kas balstīti uz līdzīgu pozitīvas enerģijas vienības koncepciju, ir tomēr plašas interpretācijas, ko tas sevī ietver. Koncepcijas tālākā attīstībā Eiropā un pasaulē būtu lietderīgi ieviest saprotamāku taksonomiju, kas ietvertu projekta mērogu (novietnes platība, apkurināmā platība,), enerģijas ražošana/uzkrāšana objektā/ārpus objekta, ēku energoefektivitātes līmenis (jaunbūves un renovācijas), projekta energovadības sistēmas, kā arī projekta sociālā ietekme.

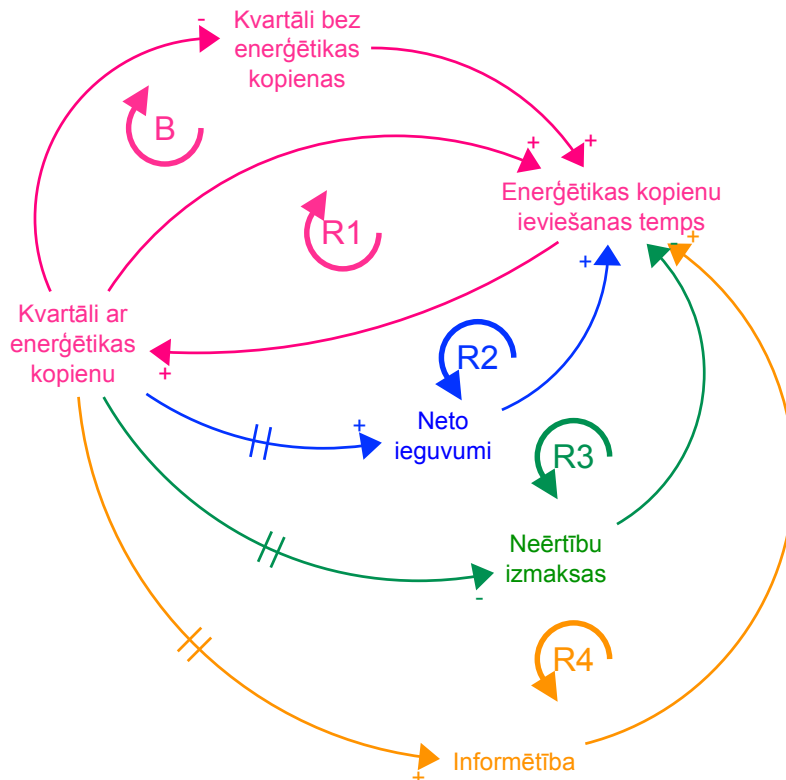
7.8 tabula. Pozitīvās enerģijas bilances rajonu sasniegšanai paredzētie pasākumi projektos visā pasaulē

	Saules siltuma enerģija	PV paneli	PVT paneli	Vēja enerģija	Centr. siltumapgāde	Geo Termāla centr.	Sociālās mājas	Pasīvās ēkas	Augstas Efektivitātes atjaunotās ēkas	Bio-enerģija	Vīņu enerģija	Geotermālie dziļurbumi	Elektrības uzglabāšana	E-mobilītāte	Atlikumsiltums	Mikrotīkls	Siltumsūkņi	Ko-generācija	Aprites ekonomikas	Sezonālā siltum-enerģijas uzkrāšana	Virtuālā enerģijas ražošana	SUM per project
Olande		1		1						1	1	1	1					1				7
Karkefū		1						1						1					1			4
Grēningene		1	1		1				1	1		1			1		1					8
Oulu					1							1					1			1		4
Limerika	1													1			1		1			4
Amsterdama		1			1					1		1		1		1	1					7
Bilbao		1				1								1			1					4
Alkmāra	1	1			1									1			1		1			6
Evora		1												1								2
Espo		1										1		1							1	5
Leipciga	1				1								1							1	1	5
Santakoloma Gramenete		1			1																	2
Loopkantsestraat		1					1					1					1					4
Geneis	1	1					1	1	1	1				1		1	1			1		10
Ammerud		1			1			1						1								4
Orhūsa		1			1		1															3
Ārana	1	1															1					3
Turku Graz		1			1										1		1					4
Brunnhög (Lunda)	1	1			1										1		1					5
Orhūsa		1			1					1				1	1		1		1		1	8
Okotoks, Alberta	1							1												1		3
Arvada, Kolorādo		1						1	1			1					1					5
SUMMA projektos	7	18	1	1	11	1	3	5	3	5	1	7	2	10	4	2	13	1	4	5	3	

Aprakstītie PEB piemēri Eiropā ir pilotprojekti jeb “bāku” projekti (lighthouse project). Piedāvātie risinājumi vēl nevar tik uzskatīti par “režīma” līmeņa risinājumiem. Jautājums ir, kā veikt pāreju uz augstāku energoefektivitātes līmeni, uz plašāku tvērumu, saistot ierastos ēku energoefektivitātes pasākumus ar ražojošiem patērētājiem, enerģijas kopienām, atjaunojamo energoresursu izmantošanu ēkas novietnē vai tuvu tai. Plaši izplatīts ir uzskats, ka sociāli-tehniskās pārejas temps ir atkarīgs tikai no izmaksām. Tomēr izmaksas nav vienīgais faktors, kas nosaka tehnoloģisko pārmaiņu ātrumu. Tehnoloģiskā veiktspēja jeb spēja sniegt jaunus energopakalpojumus ir galvenais dzinējspēks jauno tehnoloģiju sākotnējā ieviešanā, pat tad, ja izmaksas ir augstākas par esošajām tehnoloģijām [242]. Tehnoloģiju aizstāšanas spēja ir vēl viens būtisks faktors, kas nosaka pārejas tempu. Lai gan atjaunojamos energoresursus var uzskatīt tikai par daļējiem esošo tehnoloģiju aizstājējiem, jo tiem ir nepieciešamas papildu tehnoloģijas, piemēram, enerģijas uzglabāšana, taču to straujā attīstība, kā arī enerģijas sistēmu elastības izmantošana būtiski samazina šo šķērslus un nodrošina pārejas tempa pieaugumu.

Groningenas universitātes pētnieki ir veikuši zinātnisko publikāciju analīzi par enerģētikas kopienu pētījumiem [194]. Viņi secina, ka tā ir salīdzinoši jauna pētniecības joma un tā ir attīstības sākuma stadijā, jo lielākā daļa pētījumu par šo tēmu ir publicēti no 2012. līdz 2017. gadam. Enerģētikas kopienu līdzšinējie pētījumi izmanto dažādas metodes, taču populārākās no tām ir pārvaldības pētījumi, enerģētikas plānošana, pārejas pētījumi un socioloģiskās pieejas. Veiktie pētījumi ietver enerģētikas kopienu analīzi no dažādām perspektīvām, sākot no dalībnieku individuālajām motivācijām pievienoties šīm grupām, vietējās kopienas iniciatīvu organizēšanas, to attiecībām ar vietējām pašvaldībām, reģionālajām atbalsta organizācijām un tīkliem, līdz valsts politikai, kuras mērķis ir stimulēt decentralizēta kopienas enerģijas ražošana. Analīzē tiek secināts, ka sociālajos pētījumos netiek pievērta uzmanība enerģētikas kopienu plānotajam kvantitatīvajam ieguldījumam enerģētikas pārejā. Lai gan pastāv acīmredzama korelācija starp nacionālā līmeņa un vietējā līmeņa politikām, tomēr trūkst pētījumu par šo jomu. Savukārt, Grācas Tehniskās universitātes veiktajā zinātnisko publikāciju analīzē par enerģētikas kopienām [243], secināts, ka lielākajā daļā analizēto publikāciju enerģētikas kopienas fokusējas tikai uz vietu taupošām un viegli uzstādāmām tehnoloģijām, un galvenais akcents tiek likts uz saules paneļiem (PV) un elektroenerģijas uzglabāšanu.

Līdzīgi kā pasaulē, arī Latvijā enerģētikas kopienas atrodas nišas līmenī pašā procesa sākumā (skat. 7.3. attēls). 7.3.attēlā ir parādīta cēlonisko cilpu diagramma, kas ir izveidota Valsts Pētījumu programmas projekta “Energoefektivitātes rīcībpolitikas novērtējums un analīze” (VPP-EM-EE-2018/1-0004) ietvaros par energoefektivitātes cēloņsakarībām, kas nosaka energoefektivitātes pasākumu ieviešanas tempu un ir adaptēta enerģētikas kopienu veidošanas procesam vēsturiskās apbūves kvartālos.



7.3.att. Cēlonisko cilpu diagramma enerģētikas kopienas veidošanās procesam vēsturiskās apbūves kvartālā

Šo sistēmu darbina četras pastiprinošās cilpas (R1 līdz R4) un viena balansējošā cilpa B. Viskritiskākais parametrs šajās cilpās ir enerģētikas kopienu ieviešanas temps. Galvenie krājumi ir kvartāli, kuros ir enerģētikas kopienas un tādi, kuros to nav. Kopienu ieviešanas temps palielina kvartālu skaitu ar enerģētikas kopienām tempā, kas ir atkarīgs no informētības, neto ieguvumiem un neērtības izmaksām. Neto ieguvumi tiek aprēķināti kā finansiāli ieguvumi no enerģētikas kopienas ieviešanas. Tomēr temps ir lēns, pat ja finansiālais ieguvums ir acīmredzams. Iemesls ir šķēršļi, kas attur no kopienu veidošanas, un neērtības izmaksas atspoguļo šos šķēršļus naudas izteiksmē.

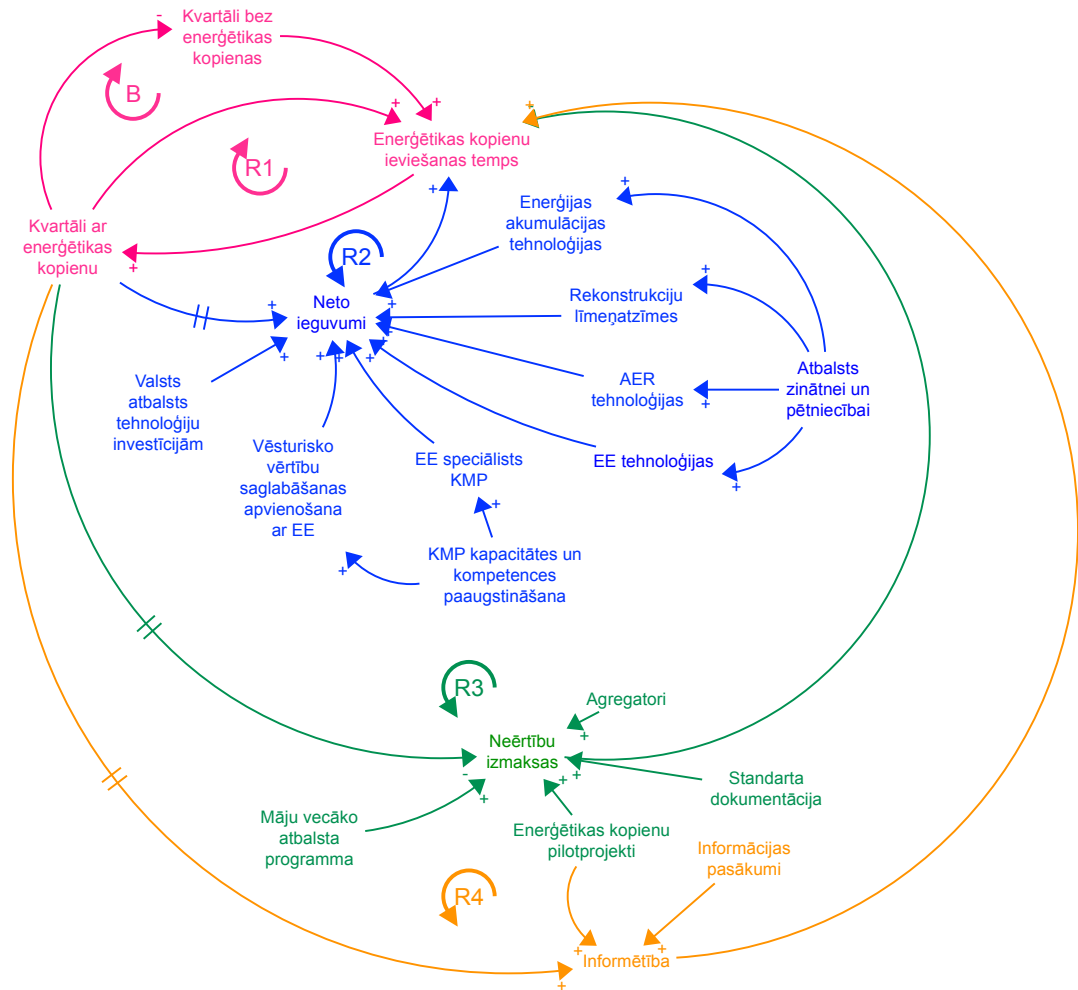
Cilvēki tiek informēti par enerģētikas kopienas nozīmi izpratnes veidošanas procesā (pastiprinošā cilpa R4). Sākumā šo procesu var veicināt ar informatīvām kampaņām, bet vēlākos posmos šī cilpa kļūst par mutvārdu efektu, kas palielina potenciālo projektu skaitu. Potenciālie projekti rada pieprasījumu un ietekmē neto ieguvumus. Jo lielāks ir energokopienas skaits, jo lielāki neto ieguvumi (pastiprinošā cilpa R2), pateicoties lielākam enerģijas ietaupījumam, ar AER saražotajai enerģijai un samazinātām investīciju izmaksām. Izmaksas tiek samazinātas, pateicoties apjoma radītiem ietaupījumiem, pieredzes uzkrāšanai un jaunu uzņēmumu ienākšanai tirgū, ja citi faktori paliek nemainīgi. Šim procesam ir vajadzīgs laiks, kas nepieciešams materiālu un tehnoloģiju piegādātājiem, lai palielinātu jaudu. Ja izmaksas ir augstas ārējo faktoru, tirgus traucējumu vai nepietiekama piedāvājuma dēļ, samazinās neto ieguvumi un līdz ar to arī enerģētikas kopienu ieviešanas temps. Samazinoties izmaksām, palielinās pieprasījums pēc enerģētikas kopienu projektiem, kas samazina izmaksas vēl vairāk. Tā kā laiks starp notikumu un brīdi, kad tas

ir uztverts, bieži ir salīdzinoši ilgs, cilpā tiek iekļauta informācijas novēlojums, kas var ilgt daudzus gadus.

Palielinot kvartālu skaitu ar enerģētikas kopienām pastiprinošajā cilpā R3 (neērtību izmaksu cilpa), samazinās neērtību izmaksas. Tāpat kā neto ieguvumi, arī neērtību izmaksu uztveršanai un apstrādei nepieciešams laiks, tādējādi radot informācijas novēlojumu sistēmā. Samazinoties neērtību izmaksām, palielinās enerģētikas kopienas veidošanas temps. Kopienas skaits palielinās, kad temps palielinās, lai gan tas notiek ar novēlojumu (materiālu novēlojums).

Balansējošā cilpa B palēnina visas trīs pastiprinošās cilpas ar novēlojumu. Palielinoties enerģētikas kopienas skaitam, samazinās to kvartālu skaits, kuros nav izveidota enerģētikas kopiena. Rezultātā ieviešanas temps samazinās, jo ir mazāk kvartālu, kuros vēl nav enerģētikas kopienas. Kvartālu skaitu bez enerģētikas kopienas ietekmē kopējais kvartālu skaits. Šī cilpa sāk darboties ļoti vēlu, tikai difūzijas procesa pašās beigās.

Šobrīd Latvijā pastāvošā politika neveicina enerģētikas kopienas veidošanos, tāpēc ir jāatrod tādi politikas instrumenti, kas varētu uzsākt un veicināt šādu kopienas veidošanos un palielinātu to lomu enerģētikas pārejā, kas attēlota 1.att. Lai to paveiktu, ir būtiski jāstiprina visas četras pastiprinošās cilpas, jo šobrīd tās ir vājas un nespēj nodrošināt, ka sistēma izkustas no sākotnējā līdzsvara, kas atrodas nišas līmenī. 7.4.attēlā parādīta cēlonisko cilpu diagramma enerģētikas kopienas veidošanās procesam vēsturiskās apbūves kvartālā ar dažādiem politikas pasākumiem, kas nepieciešami, lai enerģētikas kopienas aktivizētu nišas līmenī, kā arī nodrošinātu to pāreju uz režīma līmeni.



7.4.att. Cēlonisko cilpu diagramma enerģētiskās kopienas veidošanās procesam vēsturiskās apbūves kvartālā ar nepieciešamajām politikām (EE – energoefektivitāte; KMP – Kultūras mantojuma pārvalde; AER – atjaunojamie energoresursi)

Neto ieguvumu cilpu R2 var būtiski pastiprināt ar vairākiem politikas pasākumiem. Pirmais pasākums ir Kultūras mantojuma pārvaldes kompetences un kapacitātes paaugstināšana par energoefektivitāti, atjaunojamiem energoresursiem, Bauhaus un Baukultur koncepcijām. Tas palielinātu iespējas paaugstināt ēku energoefektivitāti, iegūt atjaunojamo enerģiju un vienlaikus saglabājot ēku vēsturisko vērtību. Papildus tam, kapacitātes un kompetences paaugstināšana var notikt, izveidojot štata vietu vai arī iepērkot energoefektivitātes speciālista ārpakalpojumus, kas ļautu padziļināti sekot līdzi jaunākajiem zinātniskajiem pētījumiem un vērtēt to ieviešanu reālos projektos. Bauhaus un Baukultur koncepciju izmantošana enerģētiskās kopienas veidošanas procesā vēsturiskajā apbūvē ļautu ņemt vērā arī tādus būtiskus aspektus kā dzīva, droša, ilgtspējīga un veselīga pilsēta [244]. Otrs politikas pasākums, kas būtiski samazinātu neto izmaksas, ir valsts atbalsts zinātnei un pētniecībai. Tas ļautu attīstīt jaunas atjaunojamo energoresursu, enerģijas akumulācijas un energoefektivitātes tehnoloģijas, kā arī veikt pētījumus par šo tehnoloģiju integrēšanu vēsturiskajā pilsētu apbūvē, t.sk. jā sagatavo augsne tehnoloģiju ienākšanai vēsturiskajā

centrā (jumti, brandmūri, mazāk vērtīgu ēku iekšpagalmu fasādes utt.). Attīstoties enerģijas akumulācijas tehnoloģijām, regulāri jāveic analīze par to lietojumu ēku pagalmos, pagrabos, kā arī attālinātas atjaunojamās enerģijas ražošanas iespējas kvartāla vajadzību segšanai. Inovatīvas energoefektivitātes tehnoloģijas, kā arī vēsturisko ēku siltināšana no iekšpuses ir būtiski tehnoloģiski pasākumi, kuru izmantošana var palielināt neto ieguvumus. Papildus tam, finansējums zinātnei un pētniecībai ļautu zinātniski pamatot rekonstrukciju līmeņatzīmes līmeņus dažādai vēsturiskajai apbūvei, kas šobrīd nesekmē enerģētikas kopienu veidošanos, jo ir pārāk stingri ierobežojumi. Trešais politikas pasākums neto ieguvumu cilpas stiprināšanai ir valsts atbalsts tehnoloģiju investīciju segšanai. Atbalsts būtiski samazina izdevumus un paaugstina neto ieguvumus, kas padara projektus pievilcīgākus.

Neērtību izmaksu pastiprinošo cilpu var stiprināt četriem politikas pasākumiem. Pirmais pasākums ir enerģētikas kopienu pilotprojektu izveidošanu. Šis pasākums būtiski samazinātu neērtību izmaksas, kas ir saistītas ar bailēm no nezināmā. Šiem projektiem vajadzētu ietvert visus aspektus, kas ir saistīti ar enerģētikas kopienas izveidi vēsturiskajā apbūvē, t.sk. enerģijas patēriņa samazināšana, nesamazinot apbūves kultūrvēsturisko vērtību, enerģijas ražošana no atjaunojamiem energoresursiem enerģijas akumulācija, un enerģijas sistēmas elastība. Otrs politikas pasākums ir māju vecāko atbalsta programmas izveide, kas sniegtu visu māju vecākajiem nepieciešamo atbalstu, veidojot enerģētikas kopienas, t.sk. informatīvo, finansiālo, juridisko, tehnisko utt. Standarta dokumentācija, kas ir pieejama ikvienam interesentam par enerģētikas kopienu un tās dažādajiem aspektiem, būtiski mazinātu neērtību izmaksas, kas saistītas ar zināšanu trūkumu par šo procesu. Internetā pieejami aprēķinu rīki varētu kalpot kā atbalsta instrumenti šajā procesā. Agregatori var spēlēt svarīgu lomu enerģijas kopienu veidošanā un uzturēšanā, jo var piedāvāt dažādās funkcijas, sākot no kopienas enerģijas plūsmas un vietējā tirgus pārvaldības līdz enerģijas tirdzniecībai ar tīklu. Agregatoru izmantošana ir labs veids, kā atvieglot enerģētisko kopienu veidošanos, īpaši cilvēkiem bez inženierzinātņu izglītības.

Informācijas cilpa R4 spēlē būtisku lomu cilvēku izpratnes veidošanas procesā un izglītošanā par enerģētikas kopienas nozīmi. Sākumā šo procesu var veicināt ar informatīvām kampaņām, kas ir precīzi mērķētas uz mērķauditoriju, bet vēlākos posmos šī cilpa kļūst par mutvārdu efektu, kas palielina potenciālo projektu skaitu.

Izmantotā literatūra

- [1] IPCC, "Special Report: Global Warming of 1.5 °C," 2018.
- [2] E. Brondízio, J. Settele, S. Diaz, and T. H. Ngo, "The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem services," 2019.
- [3] S. Tong and K. Ebi, "Preventing and mitigating health risks of climate change," *Environ. Res.*, vol. 174, pp. 9–13, Jul. 2019.
- [4] M. M. Vogel, J. Zscheischler, R. Wartenburger, D. Dee, and S. I. Seneviratne, "Concurrent 2018 hot extremes across Northern Hemisphere due to human-induced climate change," *Earth's Futur.*, p. 2019EF001189, 2019.
- [5] S. I. Seneviratne *et al.*, "The many possible climates from the Paris Agreement's aim of 1.5 °C warming," *Nature*, vol. 558, no. 7708, pp. 41–49, Jun. 2018.
- [6] Y. Gao, X. Gao, and X. Zhang, "The 2 °C Global Temperature Target and the Evolution of the Long-Term Goal of Addressing Climate Change—From the United Nations Framework Convention on Climate Change to the Paris Agreement," *Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 272–278, Apr. 2017.
- [7] UNFCCC, "Paris Agreement," 2015.
- [8] UNFCCC, "Adoption of the Paris Agreement," 2015.
- [9] European Commission, "Energy 2020. A strategy for competitive, sustainable and secure energy."
- [10] European Commission, "E U R O P E 2 0 2 0 A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth," 2020.
- [11] Eiropas Komisija, "Tīru planētu -- visiem! Stratēģisks Eiropas ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku," 2018.
- [12] "Latvijas Nacionālais attīstības plāns 2014. - 2020.," 2014.
- [13] "Latvijas nacionālais attīstības plāns 2021. – 2027. gadam," 2021.
- [14] Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments, "Rīgas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam," p. 90, 2014.
- [15] IEA, "2018 Global Status Report. Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector," 2018.
- [16] IPCC, "What the IPCC special report on global warming of 1.5°C means for cities urban policy makers," 2018.
- [17] A. Schneider, M. A. Friedl, and D. Potere, "A new map of global urban extent from MODIS satellite data," *Environ. Res. Lett.*, vol. 4, no. 4, p. 044003, Dec. 2009.
- [18] A. Gouldson *et al.*, "Exploring the economic case for climate action in cities," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 35, pp. 93–105, Nov. 2015.
- [19] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*. 2014.
- [20] IEA, *World Energy Outlook 2008*. OECD/IEA, 2008.

- [21] UN, "Hot Cities: Battle-Ground for Climate Change CHANGE," *UN Habitat, Glob. Rep. Hum. Settl.*, no. March, p. 2, 2011.
- [22] IRENE, "Cities, towns & renewable energy: Yes in my front yard," *Cities, Towns Renew. Energy Yes My Front Yard*, vol. 9789264076, no. October 2016, pp. 1–186, 2016.
- [23] Z. Mi *et al.*, "Cities: The core of climate change mitigation," *J. Clean. Prod.*, vol. 207, pp. 582–589, Jan. 2019.
- [24] É. Mata, J. Wanemark, V. M. Nik, and A. Sasic Kalagasidis, "Economic feasibility of building retrofitting mitigation potentials: Climate change uncertainties for Swedish cities," *Appl. Energy*, vol. 242, pp. 1022–1035, May 2019.
- [25] C. M. Dent, C. S. E. Bale, Z. Wadud, and H. Voss, "Cities, energy and climate change mitigation: An introduction," *Cities*, vol. 54, pp. 1–3, May 2016.
- [26] A. Gouldson *et al.*, "Cities and climate change mitigation: Economic opportunities and governance challenges in Asia," *Cities*, vol. 54, pp. 11–19, May 2016.
- [27] Directorate-General for Research and Innovation (European Commission); Joint Research Centre (European Commission), "Strategic Energy Technology (SET) Plan," 2017.
- [28] B. Alpagut, Ö. Akyürek, and E. M. Mitre, "Positive Energy Districts Methodology and Its Replication Potential," *Proceedings*, vol. 20, no. 1, p. 8, 2019.
- [29] L. Asere and A. Blumberga, "Energy efficiency – indoor air quality dilemma in public buildings," *Energy Procedia*, vol. 147, pp. 445–451, Aug. 2018.
- [30] L. Asere, T. Mols, and A. Blumberga, "Assessment of Indoor Air Quality in Renovated Buildings of Liepāja Municipality," *Energy Procedia*, vol. 91, pp. 907–915, Jun. 2016.
- [31] LV MK, *Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-15 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika"*.
- [32] LV MK, *Noteikumi par ēku energosertifikāciju*.
- [33] "EUR-Lex - 32018L0844 - EN - EUR-Lex."
- [34] M. Pärssinen, M. Wahlroos, J. Manner, and S. Syri, "Waste heat from data centers: An investment analysis," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 44, pp. 428–444, Jan. 2019.
- [35] A. L. Webb, "Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77. Elsevier Ltd, pp. 748–759, 2017.
- [36] M. Posani, M. D. R. Veiga, and V. P. de Freitas, "Towards Resilience and Sustainability for Historic Buildings: A Review of Envelope Retrofit Possibilities and a Discussion on Hygric Compatibility of Thermal Insulations," *Int. J. Archit. Herit.*, vol. 15, no. 5, pp. 807–823, 2021.
- [37] A. Martínez-Molina, I. Tort-Ausina, S. Cho, and J. L. Vivancos, "Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 61, pp. 70–85, Aug. 2016.
- [38] A. G. Ruggeri, L. Gabrielli, and M. Scarpa, "Energy retrofit in european building portfolios: A review of five key aspects," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 18. MDPI, Sep-2020.
- [39] M. Angrisano, F. Fabbrocino, P. Iodice, and L. F. Girard, "The evaluation of historic building energy retrofit projects through the life cycle assessment," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 15, Aug. 2021.
- [40] S. Lidelöw, T. Örn, A. Luciani, and A. Rizzo, "Energy-efficiency measures for heritage buildings: A literature review," *Sustainable Cities and Society*, vol. 45. Elsevier Ltd, pp. 231–242, Feb-2019.

- [41] R. Paschoalin and N. Isaacs, "Applying international guidelines on historic building's retrofit in new zealand: A critical context view," *Heritage*, vol. 4, no. 4, pp. 3697–3711, Dec. 2021.
- [42] S. A. Orr, J. Richards, and S. Fatorić, "Climate Change and Cultural Heritage: A Systematic Literature Review (2016–2020)," *Hist. Environ. Policy Pract.*, vol. 12, no. 3–4, pp. 434–477, 2021.
- [43] V. Marincioni *et al.*, "How can scientific literature support decision-making in the renovation of historic buildings? An evidence-based approach for improving the performance of walls," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 4. MDPI, pp. 1–21, Feb-2021.
- [44] A. Buda *et al.*, "Conservation-compatible retrofit solutions in historic buildings: An integrated approach," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 5. MDPI AG, Mar-2021.
- [45] O. K. Akande, D. Odeleye, and A. Coday, "Energy efficiency for sustainable reuse of public heritage buildings: The case for research," *Int. J. Sustain. Dev. Plan.*, vol. 9, no. 2, pp. 237–250, 2014.
- [46] G. Tsoumanis, J. Formiga, N. Bilo, P. Tsarchopoulos, D. Ioannidis, and D. Tzouvaras, "The smart evolution of historical cities: Integrated innovative solutions supporting the energy transition while respecting cultural heritage," *Sustain.*, vol. 13, no. 16, Aug. 2021.
- [47] C. S. Polo López and F. Frontini, "Energy efficiency and renewable solar energy integration in heritage historic buildings," in *Energy Procedia*, 2014, vol. 48, pp. 1493–1502.
- [48] Y. D. Aktas, "Cities and urban heritage in the face of a changing climate," *Atmosphere*, vol. 12, no. 8. MDPI AG, Aug-2021.
- [49] L. F. Cabeza, A. de Gracia, and A. L. Pisello, "Integration of renewable technologies in historical and heritage buildings: A review," *Energy and Buildings*, vol. 177. Elsevier Ltd, pp. 96–111, Oct-2018.
- [50] B. Moshfegh, P. Rohdin, V. Milic, A. Donarelli, P. Eriksson, and T. Broström, "Energy Efficiency in Historic Buildings," 2018.
- [51] B. Onecha, A. Dotor, and C. Marmolejo-Duarte, "Beyond cultural and historic values, sustainability as a new kind of value for historic buildings," *Sustain.*, vol. 13, no. 15, Aug. 2021.
- [52] O. K. Akande, D. Odeleye, A. Coday, and C. JimenezBescos, "Performance evaluation of operational energy use in refurbishment, reuse, and conservation of heritage buildings for optimum sustainability," *Front. Archit. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 371–382, Sep. 2016.
- [53] N. Atmaca, A. Atmaca, and A. İ. Özçetin, "The impacts of restoration and reconstruction of a heritage building on life cycle energy consumption and related carbon dioxide emissions," *Energy Build.*, vol. 253, Dec. 2021.
- [54] G. G. Akkurt *et al.*, "Dynamic thermal and hygrometric simulation of historical buildings: Critical factors and possible solutions," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 118. Elsevier Ltd, Feb-2020.
- [55] G. Ciulla, A. Galatioto, and R. Ricciu, "Energy and economic analysis and feasibility of retrofit actions in Italian residential historical buildings," *Energy Build.*, vol. 128, pp. 649–659, Sep. 2016.
- [56] J. Zagorskas, G. M. Paliulis, M. Burinskiene, J. Venckauskaite, and T. V. Rasmussen, "Energetic refurbishment of historic brick buildings: Problems and opportunities," *Environ. Clim. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 20–27, 2013.
- [57] D. Antolinc, K. Černe, and Z. Jagličić, "Risk of using capillary active interior insulation in a cold climate," *Energies*, vol. 14, no. 21, Nov. 2021.
- [58] M. Harrestrup and S. Svendsen, "Full-scale test of an old heritage multi-storey building

- undergoing energy retrofitting with focus on internal insulation and moisture,” *Build. Environ.*, vol. 85, pp. 123–133, Feb. 2015.
- [59] T. Odgaard, S. P. Bjarløv, and C. Rode, “Interior insulation – Experimental investigation of hygrothermal conditions and damage evaluation of solid masonry façades in a listed building,” *Build. Environ.*, vol. 129, pp. 1–14, Feb. 2018.
- [60] V. Murgul, “Solar energy systems in the reconstruction of heritage historical buildings of the northern towns (for example saint-petersburg),” *J. Appl. Eng. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 121–128, 2014.
- [61] S. De Medici, “Italian architectural heritage and photovoltaic systems. Matching style with sustainability,” *Sustain.*, vol. 13, no. 4, pp. 1–23, Feb. 2021.
- [62] E. Lucchi, C. S. Polo Lopez, and G. Franco, “A conceptual framework on the integration of solar energy systems in heritage sites and buildings,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 949, no. 1.
- [63] F. Berg, A. C. Flyen, Å. L. Godbolt, and T. Broström, “User-driven energy efficiency in historic buildings: A review,” *Journal of Cultural Heritage*, vol. 28. Elsevier Masson SAS, pp. 188–195, Nov-2017.
- [64] H. Ben and K. Steemers, “Energy retrofit and occupant behaviour in protected housing: A case study of the Brunswick Centre in London,” *Energy Build.*, vol. 80, pp. 120–130, 2014.
- [65] C. J. Barnhart and S. M. Benson, “On the importance of reducing the energetic and material demands of electrical energy storage,” *Energy Environ. Sci.*, vol. 6, no. 4, pp. 1083–1092, Mar. 2013.
- [66] C. Lamnatou, D. Chemisana, and C. Cristofari, “Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and the environment,” *Renew. Energy*, Nov. 2021.
- [67] Q. Meng, Y. Xi, X. Ren, H. Li, L. Jiang, and L. Yang, “Thermal Energy Storage Air-conditioning Demand Response Control Using Elman Neural Network Prediction Model,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 76, p. 103480, Jan. 2022.
- [68] P. Liu, W. Wu, B. Du, G. hua Tian, and Y. feng Gong, “Study on the heat and moisture transfer characteristics of aerogel-enhanced foam concrete precast wall panels and the influence of building energy consumption,” *Energy Build.*, vol. 256, p. 111707, Feb. 2022.
- [69] M. Mehdinejad, H. Shayanfar, and B. Mohammadi-Ivatloo, “Decentralized blockchain-based peer-to-peer energy-backed token trading for active prosumers,” *Energy*, p. 122713, Nov. 2021.
- [70] D. Strepparava, L. Nespoli, E. Kapassa, M. Touloupou, L. Katelaris, and V. Medici, “Deployment and analysis of a blockchain-based local energy market,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 99–113, Nov. 2022.
- [71] D. A. Asaleye, M. Breen, and M. D. Murphy, “A Decision Support Tool for Building Integrated Renewable Energy Microgrids Connected to a Smart Grid,” *Energies 2017, Vol. 10, Page 1765*, vol. 10, no. 11, p. 1765, Nov. 2017.
- [72] M. Mühlbauer, “Smart building-integrated photovoltaics (BIPV) for Qatar,” *QScience Connect*, vol. 2017, no. 1, Special Issue on Shaping Qatar’s Sustainable Built Environment-Part I, p. 3, Apr. 2017.
- [73] M. Sechilariu, B. Wang, and F. Locment, “Building integrated photovoltaic system with energy storage and smart grid communication,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, no. 4, pp. 1607–1618, 2013.

- [74] H. Wang, K. Meng, Z. Y. Dong, Z. Xu, F. Luo, and K. P. Wong, "A MILP approach to accommodate more Building Integrated Photovoltaic system in distribution network," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2015-September, Sep. 2015.
- [75] G. Gašparović, S. Kilkis, G. Krajačić, and N. Duić, "Campus and community micro grids integration of building integrated photovoltaic renewable energy sources: Case study of Split 3 area, Croatia - Part A," *Therm. Sci.*, vol. 20, no. 4, pp. 1135–1145, 2016.
- [76] S. Mei *et al.*, "Paving the Way to Smart Micro Energy Internet: Concepts, Design Principles, and Engineering Practices," Dec. 2016.
- [77] "Ventilation and Indoor Air Quality | NCHH." [Online]. Available: <https://nchh.org/information-and-evidence/learn-about-healthy-housing/health-hazards-prevention-and-solutions/ventilation-and-indoor-air-quality/#:~:text=Proper ventilation helps improve indoor,or act as health hazards.> [Accessed: 06-Jan-2022].
- [78] Y. Cao, S. Pourhedayat, H. S. Dizaji, and M. Wae-hayee, "A comprehensive optimization of phase change material in hybrid application with solar chimney and photovoltaic panel for simultaneous power production and air ventilation," *Build. Environ.*, vol. 197, p. 107833, Jun. 2021.
- [79] V. Ljungdahl *et al.*, "Phase change material based ventilation module - Numerical study and experimental validation of serial design," *Energy*, vol. 234, p. 121209, Nov. 2021.
- [80] P. Krane, D. Ziviani, J. E. Braun, N. Jain, and A. Marconnet, "Techno-economic analysis of metal-hydride energy storage to enable year-round load-shifting for residential heat pumps," *Energy Build.*, vol. 256, p. 111700, Feb. 2022.
- [81] N. Carbonare, T. Pflug, C. Bongs, and A. Wagner, "Design and implementation of an occupant-centered self-learning controller for decentralized residential ventilation systems," *Build. Environ.*, vol. 206, p. 108380, Dec. 2021.
- [82] P. Saini, B. Paolo, F. Fiedler, J. Widén, and X. Zhang, "Techno-economic analysis of an exhaust air heat pump system assisted by unglazed transpired solar collectors in a Swedish residential cluster," *Sol. Energy*, vol. 224, pp. 966–983, Aug. 2021.
- [83] C. E. Inc, "Calculating SolarWall(R) Solar Air Heating System Savings." [Online]. Available: <https://www.solarwall.com/>. [Accessed: 06-Jan-2022].
- [84] D. Zhuang *et al.*, "A performance data integrated BIM framework for building life-cycle energy efficiency and environmental optimization design," *Autom. Constr.*, vol. 127, p. 103712, Jul. 2021.
- [85] H. Wu *et al.*, "Engineering a superinsulating wall with a beneficial thermal nonuniformity factor to improve building energy efficiency," *Energy Build.*, vol. 256, p. 111680, Feb. 2022.
- [86] "The Sustainable energy floor." [Online]. Available: <https://nchh.org/information-and-evidence/learn-about-healthy-housing/health-hazards-prevention-and-solutions/ventilation-and-indoor-air-quality/#:~:text=Proper ventilation helps improve indoor,or act as health hazards.> [Accessed: 06-Jan-2022].
- [87] R. R. Moussa, W. S. E. Ismaeel, and M. M. Solban, "Energy generation in public buildings using piezoelectric flooring tiles; A case study of a metro station," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 77, p. 103555, Feb. 2022.
- [88] K. Alanne and S. Sierla, "An overview of machine learning applications for smart buildings," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 76, p. 103445, Jan. 2022.
- [89] S. Sajid *et al.*, "Blockchain-based decentralized workload and energy management of geo-distributed data centers," *Sustain. Comput. Informatics Syst.*, vol. 29, Mar. 2021.

- [90] S. Tuomela, M. de Castro Tomé, N. Iivari, and R. Svento, "Impacts of home energy management systems on electricity consumption," *Appl. Energy*, vol. 299, p. 117310, Oct. 2021.
- [91] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy Build.*, vol. 40, no. 3, pp. 394–398, 2008.
- [92] Māris Kļaviņš and J. Zaļoksnis, *Klimats un ilgtspējīga attīstība*. LU Akadēmiskais apgāds, 2016.
- [93] V. Muteri *et al.*, "Review on life cycle assessment of solar photovoltaic panels," *Energies*, vol. 13, no. 1, 2020.
- [94] K. M. Schneider A and T. E. Kuhn, "Building-Integrated Photovoltaics Moves from the Niche to the Mass Market Industrial manufacture of solar building components and their integration into the building planning process Photovoltaic Building Components: Multiple Advantages for Building Owner."
- [95] H. Alrawashdeh and T. Stathopoulos, "Wind loads on solar panels mounted on flat roofs: Effect of geometric scale," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 206, no. July, p. 104339, 2020.
- [96] "Monocrystalline and polycrystalline solar panels: what you need to know." .
- [97] P. Heinstejn, C. Ballif, and L. E. Perret-Aebi, "Building integrated photovoltaics (BIPV): Review, potentials, barriers and myths," *Green*, vol. 3, no. 2, pp. 125–156, 2013.
- [98] G. Kavlak, J. Mcnerney, and J. E. Trancik, "Evaluating the causes of cost reduction in photovoltaic modules," *Energy Policy*, vol. 123, pp. 700–710, 2018.
- [99] J. E. Trancik and D. Cross-Call, "Energy Technologies Evaluated against Climate Targets Using a Cost and Carbon Trade-off Curve."
- [100] M. A. Green, "How Did Solar Cells Get So Cheap?," *Joule*, vol. 3, no. 3, pp. 631–633, Mar. 2019.
- [101] Michael Powalla, "Thin-Film solar cells and modules." .
- [102] The Danish Energy Agency and Energinet, "Technology Data - Generation of Electricity and District heating," p. 414, 2016.
- [103] "Perovskīts." .
- [104] Centaur Media, *Sustainable Homes: The Homebuilding & Renovating Guide*. 2014.
- [105] D. A. Katsaprakakis, *Power Plant Synthesis*. 2020.
- [106] D. Blaney, *Groundwater Quantity and Quality*. 2016.
- [107] A. Del Amo, A. Martínez-Gracia, T. Pintanel, A. A. Bayod-Rújula, and S. Torné, "Analysis and optimization of a heat pump system coupled to an installation of PVT panels and a seasonal storage tank on an educational building," *Energy Build.*, vol. 226, p. 110373, 2020.
- [108] BRE National Solar Centre and Delta-ee, "Hybrid Solar Photovoltaic Thermal Panels," *Evid. Gather. – Low Carbon Heat. Technol.*, p. 69, 2016.
- [109] I. M. Alarifi, "Advanced selection materials in solar cell efficiency and their properties - A comprehensive review," *Mater. Today Proc.*, Apr. 2021.
- [110] R. Contreras Lisperguer, E. Muñoz Cerón, J. de la Casa Higuera, and R. D. Martín, "Environmental Impact Assessment of crystalline solar photovoltaic panels' End-of-Life phase: Open and Closed-Loop Material Flow scenarios," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 23, pp. 157–173, Jul. 2020.
- [111] H.-L. Daniela-Abigail *et al.*, "Does recycling solar panels make this renewable resource

- sustainable? Evidence supported by environmental, economic, and social dimensions,” *Sustain. Cities Soc.*, p. 103539, Nov. 2021.
- [112] M. Wang *et al.*, “Comparison of energy performance between PV double skin facades and PV insulating glass units,” *Appl. Energy*, vol. 194, pp. 148–160, 2017.
- [113] M. C. Brito, S. Freitas, S. Guimarães, C. Catita, and P. Redweik, “The importance of facades for the solar PV potential of a Mediterranean city using LiDAR data,” *Renew. Energy*, vol. 111, pp. 85–94, 2017.
- [114] “Schüco building-integrated photovoltaics (BIPV).” .
- [115] “Facade Installation Bibbiena.” .
- [116] E. Novak and J. Vcelak, “Building Integrated Photovoltaics (BIPV) in Line with Historic Buildings and Their Heritage Protection,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 290, no. 1, 2019.
- [117] Solaxess, “Fiche technique de module comprenant notre film nano technologique Spécifications modules PV blancs (HJT).” p. 100, 2018.
- [118] J. Green, “Jetson Green - Snack on the Sun with a Solar Sandwich,” 2011. .
- [119] Y. Luo, L. Zhang, M. Bozlar, Z. Liu, H. Guo, and F. Meggers, “Active building envelope systems toward renewable and sustainable energy,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 104, pp. 470–491, Apr. 2019.
- [120] M. A. Paya-Marin, *Solar Air Collectors for Cost-Effective Energy-Efficient Retrofitting*. Elsevier Ltd, 2017.
- [121] R. S. Aouf, “O-Wind Turbine captures energy even in the middle of dense cities,” 2018. .
- [122] “Mini eolico verticale di design - Enessere.” .
- [123] J. M. Mercado-Colmenero, M. A. Rubio-Paramio, F. Guerrero-Villar, and C. Martin-Doñate, “A numerical and experimental study of a new Savonius wind rotor adaptation based on product design requirements,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 158, pp. 210–234, Feb. 2018.
- [124] “Aeroleaf technology - New World Wind : New World Wind.” .
- [125] “Nature inspired wind turbine | Off Grid Energy Independence.” .
- [126] M. S. Emeara, A. F. AbdelGawad, and E. H. Ahmed, “Hybrid Renewable Energy System for A Sustainable House-Power-Supply,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 87, no. 1, pp. 91–107, Sep. 2021.
- [127] “Remember that ‘wind tree’? It’s worse than we thought. - SACE | Southern Alliance for Clean EnergySACE | Southern Alliance for Clean Energy.” .
- [128] “Wind Turbine Tree - Aeroleaves | NewWind - Arch2O.com.” .
- [129] “Mini Turbine ‘Wind Trees’ Could Generate Power for Homes, Electric Cars | HowStuffWorks.” .
- [130] F. Turbines, “Flower Turbines.”
- [131] J. Liu, H. Lin, and J. Zhang, “Review on the technical perspectives and commercial viability of vertical axis wind turbines,” *Ocean Eng.*, vol. 182, pp. 608–626, Jun. 2019.
- [132] C. R. Nagla J., Saveljevs P., *SILTUMTEHNIKAS PAMATI*. Riga: Zvaigzne, 1981.
- [133] D. Blumberga, *Siltuma sūkņi*. 2008.
- [134] S. A. K. Keith E. Herold, Reinhard Radermacher, *Absorption Chillers and Heat Pumps*. 2016.

- [135] W. Grassi, *Heat Pumps: Fundamentals and Applications*. 2018.
- [136] M. R. Ally, V. Sharma, and O. Abdelaziz, "Exergy analysis of electrically- and thermally-driven engines to drive heat pumps: An exhaustive comparative study," *Int. J. Refrig.*, vol. 76, pp. 313–327, 2017.
- [137] H. L. Von Cube and F. Steimle, *Heat Pump Technology*. 1981.
- [138] A. Ponshanmugakumar and R. Rajavel, "Experimental analysis of vapour absorption generator integrated with thermal energy storage system," *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 1158–1167, 2019.
- [139] H. Jouhara, N. Khordehgah, S. Almahmoud, B. Delpech, A. Chauhan, and S. A. Tassou, "Waste heat recovery technologies and applications," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 6, pp. 268–289, Jun. 2018.
- [140] R. Goldstick and A. Thumann, *Principles of Waste Heat Recovery*. 1986.
- [141] B. Kazimierz, T. Dyakowski, and M. L., *Heat Pumps*. 2013.
- [142] J. M. Jebamalai, "4DHC technology guide | Interreg NWE."
- [143] U. Persson, H. Averfalk, S. Nielsen, and D. Moreno, "Project Documents & Newsletter - ReUseHeat."
- [144] A. S. G. Andrae and T. Edler, "On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030," *Challenges 2015, Vol. 6, Pages 117-157*, vol. 6, no. 1, pp. 117–157, Apr. 2015.
- [145] N. Rasmussen, "Calculating Total Cooling Requirements for Data Centers," *White Pap. 25 Revis. 3*, p. 7, 2011.
- [146] ASHRAE, "Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices," *Standard*, pp. 1–60, 2016.
- [147] J. Pelda and S. Holler, "Spatial distribution of the theoretical potential of waste heat from sewage: A statistical approach," *Energy*, vol. 180, pp. 751–762, 2019.
- [148] Ministry of Economics, "Internal Water Supply and Sewerage of Buildings." Cabinet of Ministers, 2015.
- [149] O. Grimailova, "Siltuma atgūšana no notekūdeņiem," vol. 4, no. 33, pp. 56–58.
- [150] Q. Zhang, X. Fan, W. Zhang, and Z. Wang, "Utilization Potential and Economic Feasibility Analysis of Bathing Sewage and its Heat Generated in Colleges and Universities," *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 1244–1250, 2017.
- [151] "Technology Roadmap Energy storage," Paris, 2014.
- [152] C. Luisa F., *Advances in Thermal Energy Storage Systems: Methods and Applications*. 2015.
- [153] I. Dinçer and M. A. Rosen, *Thermal Energy Storage (TES) Methods 3.1 Introduction*. 2011.
- [154] I. Sarbu and C. Sebarchievici, "A Comprehensive Review of Thermal Energy Storage," *Sustain. 2018, Vol. 10, Page 191*, vol. 10, no. 1, p. 191, Jan. 2018.
- [155] I. Dincer and M. A. Ezan, "Energy Storage Methods," *Green Energy Technol.*, pp. 35–56, 2018.
- [156] T. Allison, N. R. Smith, and Z. Ma, "Introduction to energy storage," *Therm. Mech. Hybrid Chem. Energy Storage Syst.*, pp. 1–25, Jan. 2021.
- [157] "Energy storage-the role of electricity," Brussels, 2017.

- [158] C. Jankowiak, A. Zacharopoulos, C. Brandoni, P. Keatley, P. MacArtain, and N. Hewitt, "The role of domestic integrated battery energy storage systems for electricity network performance enhancement," *Energies*, vol. 12, no. 20, pp. 1–27, 2019.
- [159] G. Gregori *et al.*, "Innovation in batteries and electricity storage A global analysis based on patent data |," 2020.
- [160] Z. Yang *et al.*, "Electrochemical energy storage for green grid," *Chem. Rev.*, vol. 111, no. 5, pp. 3577–3613, 2011.
- [161] M. Skyllas-Kazacos, M. H. Chakrabarti, S. A. Hajimolana, F. S. Mjalli, and M. Saleem, "Progress in flow battery research and development," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 158, no. 8, pp. 7–10, 2011.
- [162] R. Dufo-López, S. Marquino Leonar, J. L. Bernal-Agustín, J. S. Artal-Sevil, and J. A. Domínguez-Navarro, "Comparison of li-ion battery ageing models applied in photovoltaic stand-alone systems," *Renew. Energy Power Qual. J.*, vol. 1, no. 15, pp. 694–697, 2017.
- [163] N. Aljuboori, S. Alsabbah, S. Ismaeel, and A. Al-khazraji, "A novel battery energy storage system (BESS) using refurbished and certified li-ion batteries," in *3rd Smart Cities Symposium*, 2020, pp. 521-526,.
- [164] L. Lu, X. Han, J. Li, J. Hua, and M. Ouyang, "A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles," *J. Power Sources*, vol. 226, pp. 272–288, 2013.
- [165] V. Augustyn *et al.*, "High-rate electrochemical energy storage through Li + intercalation pseudocapacitance," *Nat. Mater.*, vol. 12, no. 6, pp. 518–522, 2013.
- [166] "BATSTORM Battery-based energy storage roadmap," 2018.
- [167] E. M. Gui and I. MacGill, "Typology of future clean energy communities: An exploratory structure, opportunities, and challenges," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 35, no. October 2017, pp. 94–107, 2018.
- [168] N. Verkade and J. Höffken, "Collective Energy Practices: A Practice-Based Approach to Civic Energy Communities and the Energy System," *Sustain. 2019, Vol. 11, Page 3230*, vol. 11, no. 11, p. 3230, Jun. 2019.
- [169] F. W. Geels, "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study," *Res. Policy*, vol. 31, no. 8–9, pp. 1257–1274, Dec. 2002.
- [170] C. Park and W. G. Heo, "Review of the changing electricity industry value chain in the ICT convergence era," *J. Clean. Prod.*, vol. 258, p. 120743, Jun. 2020.
- [171] Z. (John) Zhai, M. L. L. Abarr, S. N. J. Al-Saadi, and P. Yate, "Energy Storage Technologies for Residential Buildings," *J. Archit. Eng.*, vol. 20, no. 4, p. B4014004, Dec. 2014.
- [172] IRENA (2020), "INNOVATION OUTLOOK THERMAL ENERGY STORAGE About IRENA," Abu Dhabi, 2020.
- [173] A. et al Pérez, "Technology Data - Energy Storage," *BMC Public Health*, p. 37, 2017.
- [174] J. Li, X. Li, R. Du, Y. Wang, and J. Tu, "A new design concept of thermal storage tank for adaptive heat charging in solar heating system," *Applied Thermal Engineering*, vol. 165. 2020.
- [175] B. Fakhim, M. Behnia, S. W. Armfield, and N. Srinarayana, "Cooling solutions in an operational data centre: A case study," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 31, no. 14–15, pp. 2279–2291, Oct. 2011.
- [176] J. F. Karlsson and B. Moshfegh, "Investigation of indoor climate and power usage in a data center," *Energy Build.*, vol. 37, no. 10, pp. 1075–1083, Oct. 2005.
- [177] K. P. Lee and H. L. Chen, "Analysis of energy saving potential of air-side free cooling for data

- centers in worldwide climate zones," *Energy Build.*, vol. 64, pp. 103–112, Sep. 2013.
- [178] S. Zimmermann, I. Meijer, M. K. Tiwari, S. Paredes, B. Michel, and D. Poulikakos, "Aquasar: A hot water cooled data center with direct energy reuse," *Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 237–245, Jul. 2012.
- [179] P. Huang *et al.*, "A review of data centers as prosumers in district energy systems: Renewable energy integration and waste heat reuse for district heating," *Applied Energy*, vol. 258. Elsevier Ltd, Jan-2020.
- [180] A. Capozzoli and G. Primiceri, "Cooling systems in data centers: State of art and emerging technologies," in *Energy Procedia*, 2015, vol. 83, pp. 484–493.
- [181] K. Ebrahimi, G. F. Jones, and A. S. Fleischer, "A review of data center cooling technology, operating conditions and the corresponding low-grade waste heat recovery opportunities," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31. Elsevier Ltd, pp. 622–638, 2014.
- [182] T. Lu, X. Lü, M. Remes, and M. Viljanen, "Investigation of air management and energy performance in a data center in Finland: Case study," *Energy Build.*, vol. 43, no. 12, pp. 3360–3372, Dec. 2011.
- [183] S. Sgouridis and D. Csala, "A framework for defining sustainable energy transitions: Principles, dynamics, and implications," *Sustain.*, vol. 6, no. 5, pp. 2601–2622, 2014.
- [184] F. W. Geels, "From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory," *Res. Policy*, vol. 33, no. 6–7, pp. 897–920, Sep. 2004.
- [185] D. Loorbach, "Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework," *Governance*, vol. 23, no. 1, pp. 161–183, Jan. 2010.
- [186] G. Verbong and F. Geels, "The ongoing energy transition : lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960-2004)," *Energy Policy*, vol. 35, no. 2, pp. 1025–1037, Feb. 2007.
- [187] J. Barton *et al.*, "Transition pathways for a UK low-carbon electricity system: Comparing scenarios and technology implications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, pp. 2779–2790, Feb. 2018.
- [188] B. K. Sovacool, Sovacool, and B. K., "Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States," *Energy Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4500–4513, 2009.
- [189] F. Kern and A. Smith, "Restructuring energy systems for sustainability? Energy transition policy in the Netherlands," *Energy Policy*, vol. 36, no. 11, pp. 4093–4103, 2008.
- [190] C. Clement, "Renewable Energy Transition: Dynamic Systems Analysis, Policy Scenarios, and Trade-offs for the State of Vermont," *Grad. Coll. Diss. Theses*, Jan. 2016.
- [191] A. Smith, A. Stirling, and F. Berkhout, "The governance of sustainable socio-technical transitions," *Res. Policy*, vol. 34, no. 10, pp. 1491–1510, Dec. 2005.
- [192] A. Smith, J. P. Voß, and J. Grin, "Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges," *Res. Policy*, vol. 39, no. 4, pp. 435–448, May 2010.
- [193] "The Triple Challenge for Europe," *Triple Chall. Eur.*, Nov. 2015.
- [194] C. Scheuer *et al.*, "Scientific approaches of community energy: a literature review," *Phys. Educ. Sport Child. Youth with Spec. Needs Res. – Best Pract. – Situat.*, pp. 343–354, 2019.
- [195] European Parliament, "The Energy Efficiency Directive (2012/27/EU)," 2012.
- [196] European Commission, "A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs,

- improving lives,” 2020.
- [197] ES, *EIROPAS PARLAMENTA UN PADOMES DIREKTĪVA, ar ko groza Direktīvu 2010/31/ES par ēku energoefektivitāti un Direktīvu 2012/27/ES par energoefektivitāti.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>, 2018, p. 17.
- [198] M. Pagani, P. Maire, W. Korosec, N. Chokani, and R. S. Abhari, “District heat network extension to decarbonise building stock: A bottom-up agent-based approach,” *Appl. Energy*, vol. 272, p. 115177, Aug. 2020.
- [199] L. Frank, K. Jacob, and R. Quitzow, “Transforming or tinkering at the margins? Assessing policy strategies for heating decarbonisation in Germany and the United Kingdom,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 67, p. 101513, Sep. 2020.
- [200] G. Thomaßen, K. Kavvadias, and J. P. Jiménez Navarro, “The decarbonisation of the EU heating sector through electrification: A parametric analysis,” *Energy Policy*, vol. 148, p. 111929, Jan. 2021.
- [201] R. Lowes, J. Rosenow, M. Qadrdan, and J. Wu, “Hot stuff: Research and policy principles for heat decarbonisation through smart electrification,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 70, p. 101735, Dec. 2020.
- [202] M. Jordan, M. Millinger, and D. Thrän, “Robust bioenergy technologies for the German heat transition: A novel approach combining optimization modeling with Sobol’ sensitivity analysis,” *Appl. Energy*, vol. 262, p. 114534, Mar. 2020.
- [203] D. Tschopp, Z. Tian, M. Berberich, J. Fan, B. Perers, and S. Furbo, “Large-scale solar thermal systems in leading countries: A review and comparative study of Denmark, China, Germany and Austria,” *Applied Energy*, vol. 270. Elsevier Ltd, p. 114997, Jul-2020.
- [204] G. Sousa, B. M. Jones, P. A. Mirzaei, and D. Robinson, “An open-source simulation platform to support the formulation of housing stock decarbonisation strategies,” *Energy Build.*, vol. 172, pp. 459–477, Aug. 2018.
- [205] F. Jalil-Vega, I. G. Kerdan, and A. K. Hawkes, “Spatially-resolved urban energy systems model to study decarbonisation pathways for energy services in cities,” *Appl. Energy*, vol. 262, 2020.
- [206] S. G. Simoes *et al.*, “InSmart – A methodology for combining modelling with stakeholder input towards EU cities decarbonisation,” *J. Clean. Prod.*, vol. 231, pp. 428–445, Sep. 2019.
- [207] M. Conci, T. Konstantinou, A. van den Dobbelen, and J. Schneider, “Trade-off between the economic and environmental impact of different decarbonisation strategies for residential buildings,” *Build. Environ.*, vol. 155, pp. 137–144, May 2019.
- [208] E. Tvinnereim and M. Mehling, “Carbon pricing and deep decarbonisation,” *Energy Policy*, vol. 121, pp. 185–189, Oct. 2018.
- [209] C. Passoni, A. Marini, A. Belleri, and C. Menna, “Redefining the concept of sustainable renovation of buildings: State of the art and an LCT-based design framework,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 64, p. 102519, Jan. 2021.
- [210] L. Van Gulck, S. Van de Putte, M. Delghust, N. Van Den Bossche, and M. Steeman, “Environmental and financial assessment of façade renovations designed for change: developing optimal scenarios for apartment buildings in Flanders,” *Build. Environ.*, vol. 183, p. 107178, Oct. 2020.
- [211] A. Galimshina *et al.*, “Statistical method to identify robust building renovation choices for environmental and economic performance,” *Build. Environ.*, vol. 183, p. 107143, Oct. 2020.



- [212] S. Backe, P. Crespo, and A. Tomasgard, "Local Flexibility Markets in Smart Cities : Interactions between Positive Energy Blocks," no. 1, pp. 25–29, 2019.
- [213] Temporary Working Group of the European Strategic Energy Technology, "Set-plan Action no 3.2. Implementation Plan Europe to become a global role model in integrated , innovative solutions for the planning , deployment , and replication of Positive Energy Districts," no. June, 2018.
- [214] Å. Hedman *et al.*, "IEA EBC Annex83 Positive Energy Districts," *Build. 2021, Vol. 11, Page 130*, vol. 11, no. 3, p. 130, Mar. 2021.
- [215] M. K. Nematchoua, A. Marie-Reine Nishimwe, and S. Reiter, "Towards nearly zero-energy residential neighbourhoods in the European Union: A case study," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 135, p. 110198, Jan. 2021.
- [216] S. Jansen, S. Mohammadi, and R. Bokel, "Developing a locally balanced energy system for an existing neighbourhood, using the 'Smart Urban Isle' approach," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 64, p. 102496, Jan. 2021.
- [217] M. Ala-Juusela, T. Crosbie, and M. Hukkala, "Defining and operationalising the concept of an energy positive neighbourhood," 2016.
- [218] P. De Radiguès, "a s s e t Best Existing Positive Energy Blocks."
- [219] N. El Bassam, P. Maegaard, and M. L. Schlichting, "Current Distributed Renewable Energy Rural and Urban Communities," in *Distributed Renewable Energies for Off-Grid Communities*, Elsevier, 2013, pp. 215–283.
- [220] 100% RES Communities, "Wildpoldsried / Wildpoldsried / Oberallgäu / Schwaben / Bayern / Germany / Europe - 100 % RES," 2018. .
- [221] "Wildpoldsried, Germany – 100% Renewable Energy Atlas." .
- [222] N. van der Grijp *et al.*, "Demonstration projects of Nearly Zero Energy Buildings: Lessons from end-user experiences in Amsterdam, Helsingborg, and Lyon," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 49, pp. 10–15, Mar. 2019.
- [223] Z. Chmiel and S. C. Bhattacharyya, "Analysis of off-grid electricity system at isle of eigg (Scotland): Lessons for developing countries," *Renew. Energy*, vol. 81, pp. 578–588, Sep. 2015.
- [224] R. Martin, "Making sense of renewable energy: Practical knowledge, sensory feedback and household understandings in a Scottish island microgrid," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 66, p. 101501, Aug. 2020.
- [225] A. Jones, P. Ström, B. Hermelin, and G. Rusten, "Services and the green economy," *Serv. Green Econ.*, pp. 1–326, 2016.
- [226] P. Cardullo and R. Kitchin, "Smart urbanism and smart citizenship: The neoliberal logic of 'citizen-focused' smart cities in Europe," *Environ. Plan. C Polit. Sp.*, vol. 37, no. 5, pp. 813–830, 2019.
- [227] A. Akande, P. Cabral, P. Gomes, and S. Casteleyn, "The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 44, pp. 475–487, 2019.
- [228] Eigg Electric, "Eigg Electric - The Isle of Eigg," 2019. .
- [229] Isle of Muck, "Isle of Muck | Wind & Sun," 2019. .
- [230] T. Kraubitz, P. Scheibstock, G. Guillen, and J. von Bergmann, "PLUS ENERGY BUILDINGS & DISTRICTS climate change adaptation A cookbook for different formats and target groups 2 Plus Energy Buildings and Districts CONTENTS," Berlin, Germany, 2019.

- [231] N. van der Grijp *et al.*, “Demonstration projects of Nearly Zero Energy Buildings: Lessons from end-user experiences in Amsterdam, Helsingborg, and Lyon,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 49, no. May 2018, pp. 10–15, 2019.
- [232] L. Roccamena, M. El Mankibi, and N. Stathopoulos, “Development and validation of the numerical model of an innovative PCM based thermal storage system,” *J. Energy Storage*, vol. 24, p. 100740, Aug. 2019.
- [233] J. Jantzen and B. Bak-Jensen, “SMILE Smart Island Energy Systems Deliverable D3.1 Specifications and Data Report for the Samsø Demonstrator Document Details,” 2017.
- [234] H. M. Marczinkowski and P. A. Østergaard, “Evaluation of electricity storage versus thermal storage as part of two different energy planning approaches for the islands Samsø and Orkney,” *Energy*, vol. 175, no. 2019, pp. 505–514, 2019.
- [235] H. M. Marczinkowski and P. A. Østergaard, “Residential versus communal combination of photovoltaic and battery in smart energy systems,” *Energy*, vol. 152, pp. 466–475, Jun. 2018.
- [236] T. M. Skjølvold, M. Ryghaug, and W. Throndsen, “European island imaginaries: Examining the actors, innovations, and renewable energy transitions of 8 islands,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 65, p. 101491, Jul. 2020.
- [237] I. Lyon and C. Management, “Case Study : Smart Community Demonstration Project in Lyon , France,” 2016.
- [238] Making City, “City profiles – Making City,” 2020. .
- [239] A. Magrini, G. Lentini, S. Cuman, A. Bodrato, and L. Marengo, “From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example,” *Dev. Built Environ.*, vol. 3, p. 100019, Aug. 2020.
- [240] V. Leite *et al.*, Eds., “Efficient, Sustainable, and Fully Comprehensive Smart Cities. II Ibero-American Congress of Smart Cities (ICSC-CITIES 2019).,” in *II Ibero-American Congress of Smart Cities*, 2019, p. 31.
- [241] S. Rueda Castellanos and X. Oregi, “Positive Energy District (PED) Selected Projects Assessment, Study towards the Development of Further PEDs,” *Environ. Clim. Technol.*, vol. 25, no. 1, pp. 281–294, Jan. 2021.
- [242] A. Grubler, Grubler, and Arnulf, “Energy transitions research: Insights and cautionary tales,” *Energy Policy*, vol. 50, no. C, pp. 8–16, Nov. 2012.
- [243] L. Gruber, U. Bachhiesl, and S. Wogrin, “The current state of research on energy communities,” *Elektrotechnik und Informationstechnik*, vol. 138, no. 8, pp. 515–524, Dec. 2021.
- [244] Gēls.J, *Pilsētas cilvēkiem*. J.Rozes apgāds, Rīga, 2018.

PIELIKUMI

Pielikums I

Krišjāņa Barona iela 28

Pamatdati	
Adrese: Kr. Barona iela 28	 Autoru foto  https://www.bing.com/maps
Kadastra Nr. 01000300060001	
Piederība: Jaukta statusa kopīpašums	
Virszemes stāvu skaits: 4	
Būvniecības dati: 1912	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Kultūrvēsturiski vērtīga ēka (RVC KM SAP, 2017)
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFECTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I	II
	Vispārējais normatīvais regulējums	Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	

VPP-EM-EE-2018/1-0003

Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot pagalma fasādes aizsargājamās vērtības
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas)
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaiņa	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaiņa (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	

AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Krišjāņa Barona iela 28A

Pamatdati	
Adrese: Kr. Barona iela 28A	
Kadastra Nr. 01000300060002	
Piederība: Jauktas īpašumtiesības	
Virszemes stāvu skaits: 6	
Būvniecības dati: 1914. arh. Eižens Laube	
Auru foto https://www.bing.com/maps	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	Vietējas nozīmes Arhitektūras piemineklis, aizsardzības Nr. 7475
Kultūrvēsturiskā vērtība	
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētbūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā

Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVĪTĒS PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI



	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana		
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana		
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainīšana	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainīšana (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)

Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķizes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujamas marķizes 1. stāvā, precizējot aizsargājamo vērtību sastāvu pa fasādēm (ielas/pagalma/sānu)
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (MIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapraksta palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Krišjāņa Barona iela 30

Pamatdati

VPP-EM-EE-2018/1-0003

Adrese: Kr. Barona iela 30		
Kadastra Nr. 01000300059		
Piederība: Pilnībā sadalīts dzīvokļu īpašumos		
Virszemes stāvu skaits: 5		
Būvniecības dati: 1910	Autoru foto	https://www.bing.com/maps

Kultūrvēsturiskais novērtējums

NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Kultūrvēsturiski ļoti vērtīga ēka
Aizsargājamās vērtības	<p>Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)</p> <p>Obligāti saglabāt: fasādes dekoratīvas flīzes apdari fasādes augšējā pusē, dabīga granīta dekoratīvo apdari – logu dekoratīvie elementi, cokols un dzega, galvenās ieejas granīta portālu, kā arī galvenās ieejas kāpņu telpas (1. stāva līmenī) sienas keramikas flīzes apdari, metāla / koka margas un grīdas betona flīzes visos kāpņu telpas līmeņos (NKMP, 2021a)</p>

Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts

Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

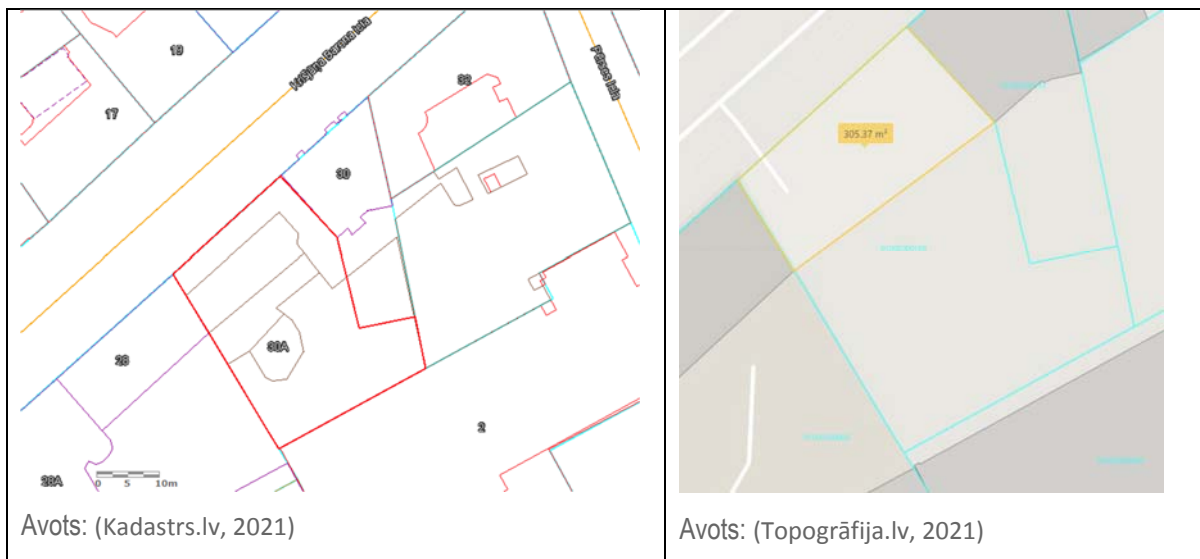
ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I	II
	<p>Vispārējais normatīvais regulējums</p>	<p>Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem</p>

Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4). Terase uz pagalma pusi ir jauns veidojums, līdz ar to pieļaujama, ja funkcionāli iespējams (grīdas līmeņu starpība, izejas augstums)	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainīšana	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainīšana (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķizes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujamas marķizes 1. stāvā, precizējot aizsargājamo vērtību sastāvu pa fasādēm (ielas/pagalma/sānu)
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		

PV paneļu izvietošana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietošana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu Izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapraksts palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Neapbūvēts zemes gabals Krišjāņa Barona ielā 30A



Pamatdati	
Adrese	Krišjāņa Barona 30A
Kadastra Nr.	01000300168
Kopējā platība	0.0916 ha
Piederība	Juridiska persona
Ēku skaits	Nav apbūvēts
Rīgas vēsturiskā centra un tā aizsardzības zonas teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumi	
Teritorijas izmantošanas veids	
Atļautais augstums un stāvu skaits	Atbilstoši perimetrālās apbūves nosacījumiem
Izsauļojuma nodrošināšanas prasības	Atbilstoši dzīvojamai apbūvei
Zemesgabala apbūves intensitātes paaugstināšanas iespējas	
Jauna apbūve gar ielu	Iespējama atbilstoši perimetrālās apbūves veidošanas nosacījumiem, apbūves laukumā vismaz 300 m ² (vidēji 12x25m), 5 pilnu stāvu augstumā un vienu jumta stāvu, ievērojot maksimāli atļauto dzegas līmeni 21,3m
Jauna apbūve pagalmā	Teorētiski iespējama, bet no insolācijas viedokļa nav ieteicama
Esošu ēku būvapjomu papildināšana	Nav apbūvēts

ĒKU ENERGOEFECTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMI		
	I	II
	Vispārējais normatīvais regulējums	Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši

VPP-EM-EE-2018/1-0003

		praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Nav attiecināms	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Jumta siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Nav attiecināms	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Nav attiecināms	
Logu / durvju nomaiņa	Nav attiecināms	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Pieļaujami, saskaņā ar būvprojektu	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Individuāli saskaņojams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Pieļaujama, ja nav redzams no publiskās ārtelpas (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Pieļaujama, ja neietekmē dzīvojamās vides kvalitāti un ir arhitektoniski saskaņīgi ar apkārtni (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu Izvietojšana iekšpagalmā	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307).	
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama (ja tehniski iespējama)	

Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Pieļaujama
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas	
Stāvu skaita palielināšana	Nav attiecināms
Dzegas paaugstināšana	



Krišjāņa Barona iela 32

Pamatdati	
Adrese: Kr. Barona iela 32	
Kadastra Nr. 01000300058001	
Piederība: Juridiska persona	
Virszemes stāvu skaits: 6	
Būvniecības dati: 1906	
	Autoru foto
	https://www.bing.com/maps
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā, potenciāls arhitektūras piemineklis
Kultūrvēsturiskā vērtība	Jāpieprasa kultūrvēsturiskās vērtības līmeņa novērtējums
Aizsargājamās vērtības	Atbilstoši potenciālajam statusam, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4). Terasē uz pagalma pusi ir jauns veidojums, līdz ar to pieļaujama, ja funkcionāli iespējams (grīdas līmeņu starpība, izejas augstums)	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	


Logu / durvju nomaiņa	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaiņa (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujamas marķīzes 1. stāvā, precizējot aizsargājamo vērtību sastāvu pa fasādēm (ielas/pagalma/sānu)
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapgoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Pamatdati	
Adrese: Pērses iela 2	 Autors foto  https://www.bing.com/maps
Kadastra Nr. 01000300060001	
Piederība: Valsts īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 6	
Būvniecības datī: 1973, 1976	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Ēka, kurai nav noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis (jāpieprasa KVVL)
Aizsargājamās vērtības	Balstoties uz prognozējamo KVVL, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Nē
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Jā
Pagalmā	Jā
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Nē

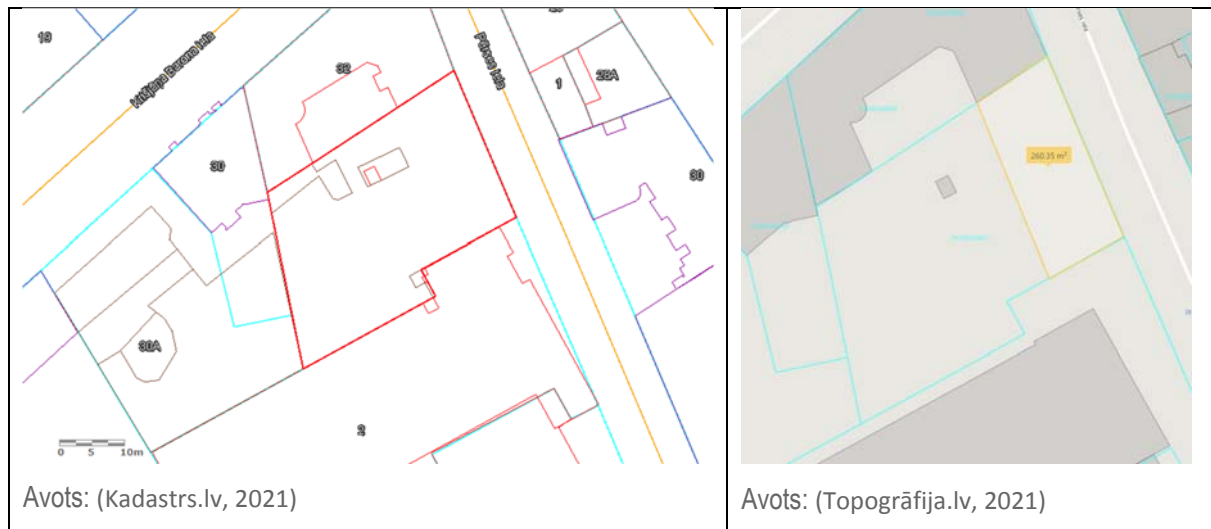
ĒKU ENERGOEFECTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, izmantojot tonāli un faktūras ziņā līdzvērtīgu ārējo apdari (pelēkais betons un sarkanais ķieģelis), piemēram,

		cementa, keramiskās u.c. apdares plāksnes analogos izmēros
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4). Pieņemot, ka šajā ēkā tādu nav, pieļaujama	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4).	Pieļaujama
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Pieļaujama
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaina	Ir iespējama (RVC SAN, 2004, p. 4. ¹)	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujami
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošu jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot

		ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām
Vēja ģen. izvietošana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Pieļaujama, ja neietekmē jumtu ainavu un nav redzams no publiskās ārtelpas
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	Pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam
AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama	
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Pieļaujama
Ēkas būvaprjoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	Pieļaujama pagalmā esošajam būvaprjomam orientējoši ne vairāk kā par 2 stāvie
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Neapbūvēts zemes gabals starp Kr. Barona ielu 32 un Pērses ielu 2



Avots: (Kadastrs.lv, 2021)

Avots: (Topogrāfija.lv, 2021)

Pamatdati

Adrese	-
Kadastra Nr.	01000300057
Kopējā platība	0.0974 ha
Piederība	Fiziska persona
Ēku skaits	Neapbūvēts

Rīgas vēsturiskā centra un tā aizsardzības zonas teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumi

Teritorijas izmantošanas veids	JC1
Aļautais augstums un stāvu skaits	Atbilstoši perimetrālās apbūves nosacījumiem
Izsauļojuma nodrošināšanas prasības	Atbilstoši dzīvojamai apbūvei

Zemesgabala apbūves intensitātes paaugstināšanas iespējas

Jauna apbūve gar ielu	Iespējama, ievērojot obligāto būvlaidi un perimetrālās apbūves nosacījumus. Orientējoši vismaz 260m ² apbūves laukuma platībā (~10,4x25m, bet ēkas platumu ieteicams palielināt līdz 12 m, ar atkāpēm no sānu robežām), 6 stāvu augstumā, dzegas augstumu saskaņojot zemes gabalam ar brandmūri piekļaujošās ēkas dzegas augstumu, ar logiem uz ielas un pagalma pusēm
Jauna apbūve pagalmā	Teorētiski iespējama, bet no insolācijas viedokļa nav ieteicama

VPP-EM-EE-2018/1-0003

Esošu ēku būvapjomu papildināšana	Nav apbūvēts
-----------------------------------	--------------

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMI		
	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Fasāžu siltināšana no iekšpusēs	Nav attiecināms	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Jumta siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Nav attiecināms	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Nav attiecināms	
Logu / durvju nomaina	Nav attiecināms	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Pieļaujami, saskaņā ar būvprojektu	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Individuāli saskaņojams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Pieļaujama, ja nav redzams no publiskās ārtelpas (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	

PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Pieļaujama, ja neietekmē dzīvojamās vides kvalitāti un ir arhitektoniski saskaņīgi ar apkārtni (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)
AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama (ja tehniski iespējama)
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Pieļaujama
Ēkas būvaprjoma palielināšanas iespējas	
Stāvu skaita palielināšana	Nav attiecināms
Dzegas paaugstināšana	

Pērses iela 8

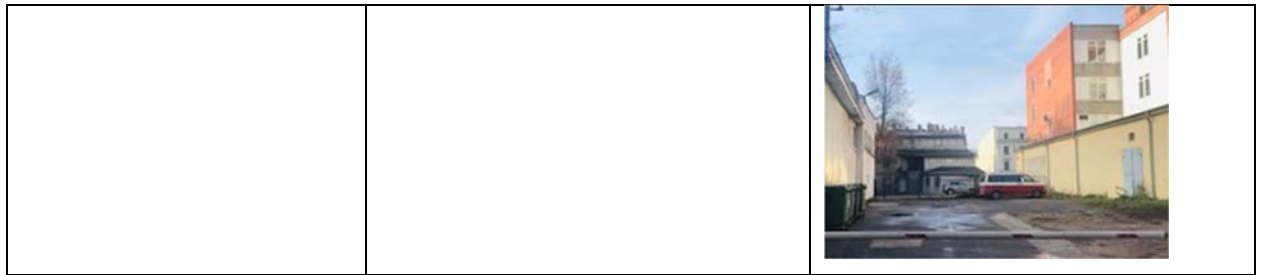
Pamatdati	
Adrese: Pērses iela 8	 <p>Autoru foto</p>  <p>https://www.bing.com/maps</p>
Kadastra Nr. 01000300055001	
Piederība: Juridiskas personas Īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 5	
Būvniecības dati: 1976	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Ēka, kurai nav noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis (jāpieprasa KVVL)
Aizsargājamās vērtības	Balstoties uz prognozējamo KVVL, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Nē

lelas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Jā
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Nē


ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
lelas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, izmantojot tonāli un faktūras ziņā līdzvērtīgu ārējo apdari (pelēkais betons un sarkanais ķieģelis), piemēram, cementa, keramikās u.c. apdares plāksnes analogos izmēros
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4). Pieņemot, ka šajā ēkā tādu nav, pieļaujama	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Pieļaujama
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	

Logu / durvju nomaiņa	Ir iespējama (RVC SAN, 2004, p. 4. ¹)	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļauts 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujami
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojuma iespējas		
PV paneļu izvietojuma uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošu jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām
Vēja ģen. izvietojuma uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Pieļaujama, ja neietekmē jumtu ainavu un nav redzams no publiskās ārtelpas
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojuma uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	Pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojuma iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama	
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Pieļaujama
Ēkas būvapraksta palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	Pieļaujama palīgēkām pagalmā, bet orientējoši ne vairāk kā par 1 stāvu
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	



Pērses iela 10/12

Pamatdati	
Adrese: Pērses iela 10/12	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  Autoru foto </div> <div style="text-align: center;">  https://www.bing.com/maps </div> </div>
Kadastra Nr. 01000300054001	
Piederība: Juridiskas personas īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 4	
Būvniecības dati: 1874	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojoša vēsturiska apbūve, kurai nav noteikts ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmenis
Aizsargājamās vērtības	Atbilstoši prognozējamajam kultūrvēsturiskās vērtības līmenim, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I	II
--	---	----

VPP-EM-EE-2018/1-0003

	Vispārējais normatīvais regulējums	Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas)
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaina	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaina (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	

Ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana		
Vēja ģen. izvietošana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu Izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Pērses iela 14

Pamatdati		
Adrese: Pērses iela 14	 Autoru foto	 https://www.bing.com/maps
Kadastra Nr. 01000300053001		
Piederība: Fiziskas personas īpašums		
Virszemes stāvu skaits: 3-4		
Būvniecības dati: 1909		
Kultūrvēsturiskais novērtējums		
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā	

VPP-EM-EE-2018/1-0003

Kultūrvēsturiskā vērtība	Kultūrvēsturiski vērtīga ēka
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsēt būvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas)
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	

Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainīšana	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainīšana (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (MIT University, 2017)	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	

izmantošana fasādēm un jumtiem	
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas	
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)

Neapbūvēts zemes gabals kvartāla dziļumā (blakus Pērses ielai 14)



Avots: (Kadastrs.lv, 2021)

Avots: (Topogrāfija.lv, 2021)

Pamatdati	
Adrese	-
Kadastra Nr.	01000300170
Kopējā platība	0.0545 ha
Piederība	Juridiskas personas īpašums
Ēku skaits	Neapbūvēts
Rīgas vēsturiskā centra un tā aizsardzības zonas teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumi	
Teritorijas izmantošanas veids	JC
Aļautais augstums un stāvu skaits	Atbilstoši iekšpagalmu apbūves nosacījumiem
Izsauļojuma nodrošināšanas prasības	Pēc izpētes (dzīv. apbūves īpatsvars nav noteikts)
Zemesgabala apbūves intensitātes paaugstināšanas iespējas	
Jauna apbūve gar ielu	Nav attiecināma
Jauna apbūve pagalmā	Teorētiski iespējama ~150 m ² apbūves laukuma platībā (orientējoši 5x30m) un līdz 4 stāvu augstumam, ar logiem uz DDA pusi, dzegas līmeni saskaņojot ar robežai piekļauto ēkas brandmūri no zemes gabala Pērses ielā 14, bet ja nenojauc zemes gabalā esošo

	zemo būvapjoma daļu no kinoteātra "Palladium", tad ievērojot pagalmu veidošanas noteikumus, potenciālā būvapjoma ārējais platums ir ~5 m, kas ir funkcionāli neefektīvs risinājums.
Esošu ēku būvapjomu papildināšana	Atkarīgs no juridisko īpašumtiesību statusa. Šobrīd zemes gabalā vienīgā esošā būve ir neliela daļa no kaimiņu zemes gabala ēkas (kinoteātris "Palladium")

ĒKU ENERGOEFECTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Fasāžu siltināšana no iekšpusēs	Nav attiecināms	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Jumta siltināšana	Nav ierobežojumu, atbilstoši spēkā esošajiem būvnormatīviem	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Nav attiecināms	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Nav attiecināms	
Logu / durvju nomaiņa	Nav attiecināms	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Pieļaujami, saskaņā ar būvprojektu	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		

VPP-EM-EE-2018/1-0003

PV paneļu izvietošana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Individuāli saskaņojams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)
Vēja ģen. izvietošana uz ēku jumtiem	Pieļaujama, ja nav redzams no publiskās ārtelpas (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Pieļaujama, ja neietekmē dzīvojamās vides kvalitāti un ir arhitektoniski saskanīgi ar apkārtni (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)
AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama (ja tehniski iespējama)
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Pieļaujama
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas	
Stāvu skaita palielināšana	Nav attiecināms
Dzegas paaugstināšana	

Pērses iela 16



Pamatdati	
Adrese: Pērses iela 10/12	 
Kadastra Nr. 01000300054001	
Piederība: Juridiskas personas īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 4	
Būvniecības dati: 1874	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojoša vēsturiska apbūve, kurai nav noteikts ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmenis

Aizsargājamās vērtības	Atbilstoši prognozējamajam kultūrvēsturiskās vērtības līmenim, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsēt būvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4).	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav attiecināms	Nav attiecināms
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	

Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaina	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaina (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapraksta palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana		

Pamatdati		
Adrese: Marijas iela 17	 Autoru foto	 https://www.bing.com/maps
Kadastra Nr. 01000300164001		
Piederība: Fiziskas personas īpašums		
Virszemes stāvu skaits: 2		
Būvniecības dati: 1880		
Kultūrvēsturiskais novērtējums		
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā	
Kultūrvēsturiskā vērtība	Ēka, kurai nav noteikts kultūrvēsturiskās vērtības līmenis (jāpieprasa KVVL)	
Aizsargājamās vērtības	Balstoties uz prognozējamo KVVL, aglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts		
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā	
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē	
Pagalmā	Nē	
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā	

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI		
	I	II
	Vispārējais normatīvais regulējums	Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Pieļaujama. Fasādes oriģinālā apdare nav saglabājusies. Šā brīža apdares slāņa biezums ap logailām liecina, ka ēka ir vai nu tikusi nosiltināta, vai arī apšūta ar jaunu apdari pa virsu jau esošajai. Fasādes vēsturiskās apdares	

	atjaunošanas gadījumā varētu uzlabot siltumizolācijas kvalitāti, nemainot šā brīža ārsienu biezumu	
Fasāžu siltināšana no iekšpusēs	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4). Pieņemot, ka šajā ēkā tādu nav, pieļaujama	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpusēs
Pagalma fasādes siltināšana	Pieļaujama	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaiņa	Ir iespējama (RVC SAN, 2004, p. 4. ¹)	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujami
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojanas iespējas		
PV paneļu izvietojana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošu jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām
Vēja ģen. izvietojana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Pieļaujama, ja neietekmē jumtu ainavu un nav redzams no publiskās ārtelpas

PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	Pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam
AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama	
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Pieļaujama
Ēkas būvapgoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (NKMP, 2021b; RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	Pieļaujama, izvērtējot konkrēto pilsētībūvniecisko situāciju, pārbūves rezultātā paaugstināt ēku līdz blakus esošo ēku dzegas līmeņiem (4 stāvi gar Dzirnavu ielu, 5 stāvi gar A. Čaka ielu.)
Dzegas paaugstināšana		

Marijas iela 19

Pamatdati		
Adrese: Marijas iela 19		
Kadastra Nr. 01000300163001		
Piederība: Fiziskas personas īpašums		
Virszemes stāvu skaits: 6		
Būvniecības dati: 1870		
Kultūrvēsturiskais novērtējums		
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā	
Kultūrvēsturiskā vērtība	Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojoša vēsturiska apbūve, kurai nav noteikts ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmenis	
Aizsargājamās vērtības	Atbilstoši prognozējamajam kultūrvēsturiskās vērtības līmenim, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis,	

	konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsēt būvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas)
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	

Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainā	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainā (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Pamatdati		
Adrese: Marijas iela 21	 Autoru foto	 https://www.bing.com/maps
Kadastra Nr. 01000300052001		
Piederība: Fiziskas personas īpašums		
Virszemes stāvu skaits: 6		
Būvniecības dati: 1910., arh. E.Frīendorfs, O.Lanckis		
Kultūrvēsturiskais novērtējums		
NKMP pieminekļu statuss	Vietējas nozīmes Arhitektūras piemineklis, 9216, 7624	
Kultūrvēsturiskā vērtība		
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Novietojums zemes gabalā, pilsētbūvnieciskais konteksts		
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā	
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē	
Pagalmā	Nē	
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā	

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI		
	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus

Fasāžu siltināšana no iekšpusēs	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana		
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana		
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainīšana	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainīšana (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujamas marķīzes 1. stāvā, precizējot aizsargājamo vērtību sastāvu pa fasādēm (ielas/pagalma/sānu)
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	

AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapgoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Marijas iela 21 Kinoteātra ēka zemes gabala dziļumā



Pamatdati	
Adrese: Marijas iela 21	 <p>Autoru foto</p> <p>https://www.bing.com/maps</p>
Kadastra Nr. 01000300052003	
Piederība: Juridiskas personas īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 3	
Būvniecības dati: 1913., 1925., 1957., 1965.	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	Kinoteātris "Palladium", vietējās nozīmes arhitektūras piemineklis Nr.9216,
Kultūrvēsturiskā vērtība	
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā

lelas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Jā
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
lelas fasādes siltināšana	Nav attiecināms	
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainīšana	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainīšana (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)

Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujamas marķīzes 1. stāvā, precizējot aizsargājamo vērtību sastāvu pa fasādēm (ielas/pagalma/sānu)
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav iespējams	
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapgoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Pamatdati	
Adrese: Dzirnavu iela 105	 Autoru foto
Kadastra Nr. 01000300063001	
Piederība: Juridiskas personas īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 4	
Būvniecības dati: 1968	
 https://www.bing.com/maps	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Ar nelielu kultūrvēsturisko vērtību
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētbūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Nē
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Jā
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Nē

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I	II
	Vispārējais normatīvais regulējums	Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN,	Pieļaujama, izmantojot tonāli un faktūras ziņā līdzvērtīgu ārējo apdari (pelēkais

	2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	betons un sarkanais ķieģelis), piemēram, cementa, keramiskās u.c. apdares plāksnes analogos izmēros
Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4). Pieņemot, ka šajā ēkā tādu nav, pieļaujama	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama
Sānu sienu, brandmūru siltināšana		Pieļaujama
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaiņa	Ir iespējama (RVC SAN, 2004, p. 4. ¹)	
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	Pieļaujami
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojanas iespējas		
PV paneļu izvietojana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam, piemēram, izmantojot enerģiju ģenerējošu jumta segumus, kā arī atbilstošās RVC TAN nodaļas papildinot ar prasībām konkrētām AER tehnoloģijām

Vēja ģen. izvietošana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	Pieļaujama, ja neietekmē jumtu ainavu un nav redzams no publiskās ārtelpas
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietošana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	Pieļaujama pagalma fasādēs, precizējot RVC TIAN un prasības vizuālajam risinājumam
AER tehnoloģisko iekārtu izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Pieļaujama	
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	Pieļaujama
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (NKMP, 2021b;	Pieļaujama, ja pieļauj apbūves rādītāji
Dzegas paaugstināšana	RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	

Dzirnau iela 107



Pamatdati		
Adrese: Dzirnavu iela 107		
Kadastra Nr. 01000300060001		
Piederība: Jaukta statusa kopīpašums		
Virszemes stāvu skaits: 4		
Būvniecības dati: 1899		
<p>Autoru foto https://www.bing.com/maps</p>		
Kultūrvēsturiskais novērtējums		
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā	
Kultūrvēsturiskā vērtība	Pilsētvides kultūrvēsturisko vērtību veidojoša vēsturiska apbūve, kurai nav noteikts ēkas kultūrvēsturiskās vērtības līmenis.	

Aizsargājamās vērtības	Atbilstoši prognozējamajam kultūrvēsturiskās vērtības līmenim, saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsēt būvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I Vispārējais normatīvais regulējums	II Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	
Fasāžu siltināšana no iekšpusēs	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpusēs, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas)
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināma	Nav attiecināma
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	

Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomaina	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomaina (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas marķīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	
AER tehnoloģisko iekārtu izvietojšana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapjoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	
Dzegas paaugstināšana		

Pamatdati	
Adrese: Dzirnau iela 109	 
Kadastra Nr. 01000300066001	
Piederība: Juridiskas personas īpašums	
Virszemes stāvu skaits: 4	
Būvniecības dati: 1875	
Autoru foto	
https://www.bing.com/maps	
Kultūrvēsturiskais novērtējums	
NKMP pieminekļu statuss	RVC teritorijā
Kultūrvēsturiskā vērtība	Kultūrvēsturiski vērtīga ēka
Aizsargājamās vērtības	Saglabājams ēkas apjoms, jumta forma, fasāžu apdare, oriģinālie vēsturiskie logi un durvis, konstruktīvā sistēma un plānojums, kā arī kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)
Novietojums zemes gabalā, pilsētībūvnieciskais konteksts	
Uz ielas sarkanās līnijas	Jā
Ielas frontē ar atkāpi no sarkanās līnijas	Nē
Pagalmā	Nē
Uz zemes gabala robežas ar kaimiņu zemes gabalu	Jā

ĒKU ENERGOEFECTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANAS PASĀKUMU SCENĀRIJI

	I	II
	Vispārējais normatīvais regulējums	Iespējamās darbības, balstoties uz sastopamajām prasībām atbilstoši praksē izdotajiem ēku īpašajiem noteikumiem
Norobežojošo konstrukciju energoefektivitātes paaugstināšanas iespējas		
Ielas fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	

Fasāžu siltināšana no iekšpuses	Saglabājami kultūrvēsturiski vērtīgie interjeri un iekārtas (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama fasādes siltināšana no iekšpuses, ja neskar kultūrvēsturiski vērtīgus interjerus
Pagalma fasādes siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama, precizējot fasādes aizsargājamās vērtības (RVC AZ TIAN, 2006) un (RVC SAN, 2004)
Sānu sienu, brandmūru siltināšana	Nav iespējama. Fasāžu apdare ir aizsargājama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 331; RVC SAN, 2004, p. 4).	Pieļaujama, precizējot RVC TIAN fasāžu prasības, kā arī citas tiesiskās normas (ja brandmūris ir tieši uz zemes gabala robežas
Balkonu, lodžiju, terašu siltināšana	Nav attiecināms	
Balkonu, lodžiju, terašu iestiklošana	Nav attiecināms	
Bēniņu pārseguma siltināšana	Pieļaujama	
Jumta siltināšana	Pieļaujama, nemainot jumta formu	
Logu/durvju remonts/blīvēšana	Pieļaujama	
Papildus logu/durvju vērtņu ierīkošana esošo ailu iekšpusē	Pieļaujama	
Logu / durvju nomainīšana	Nav pieļaujama oriģinālo vēsturisko logu un durvju nomainīšana (RVC SAN, 2004, p. 4)	Pieļaujama pagalma fasādēs, ja tie ir mazvērtīgi vai oriģinālo daļu zudums ir lielāks par 50% (RVC SAN, 2004, p. 6.2)
Logu ārējās noēnošanas pasākumi (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336.4.)	Teorētiski atļautas markīzes 1. stāvā un ar vienotu risinājumu visai ēkai sākot ar 2. stāvu (RVC AZ TIAN, 2006, p. 336, 337), bet var būt pretrunā ar aizsargājamām vērtībām	
Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izvietojšanas iespējas		
PV paneļu izvietojšana uz jumtiem vai enerģiju ģenerējošu jumta segumu (Tesla, 2021) izmantošana	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338, 637–638)	
Vēja ģen. izvietojšana uz ēku jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 640)	
PV paneļu un citu AE iekārtu izvietojšana uz ēku sienām	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 68, 338)	

AER tehnoloģisko iekārtu Izvietošana iekšpagalmā	Nav detalizēti atrunāts normatīvajos aktos	Pieļaujama, ja tehniski iespējama, ievērojot noteikumus (RVC AZ TIAN, 2006, p. 57, 307)
Enerģiju ģenerējošo stiklu (Onyx Solar, 2021) lietošana	Teorētiski interpretējams (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.3), bet visdrīzāk aizliegts (RVC SAN, 2004, p. 4). Logu stiklu jautājums nav precīzi atrunāts normatīvajos aktos	Nav pieļaujama
Enerģiju ģenerējošo krāsu (RMIT University, 2017) izmantošana fasādēm un jumtiem	Nav pieļaujama (RVC AZ TIAN, 2006, p. 334.1)	
Ēkas būvapgoma palielināšanas iespējas		
Stāvu skaita palielināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	Pieļaujama virs palīgēkām pagalma dziļumā, bet ne vairāk kā viena papildstāva augstumā un ne vairāk kā 75% garumā no esošās palīgēkas
Dzegas paaugstināšana	Nav pieļaujama (RVC SAN, 2004, p. 4, 5)	