Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas potenciāla novērtējums, ieviešot ceturtās paaudzes siltumapgādes sistēmas

Līgumdarba atskaite

Rīga, 2018

Līguma numurs: IL/53/2018 no 9.9.2018.

Pasūtītājs: Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija

Autori:

Inženierzinātņu doktors Dagnija Blumberga

Inženierzinātņu maģistre Ieva Pakere

Inženierzinātņu doktors Dace Lauka

Kvalitātes kontrole

Inženierzinātņu doktors Ivars Veidenbergs

Apstiprina

Inženierzinātņu doktors Dagnija Blumberga

Ievads

Priekšizpēte veikta projektu konkursa idejas iespējamai attīstīšanai Emisijas kvotu izsolīšanas instrumenta ietvaros attiecībā uz siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanu, ieviešot ceturtās paaudzes siltumapgādes sistēmas.

Darba uzdevumi:

2.1. Sagatavot aprakstu par 4.paaudzes siltumapgādes sistēmas (4PSS) ieviešanas galvenajiem elementiem un pārskatu par citu Eiropas Savienības valstu pieredzi 4PSS ieviešanā, t.sk. ieviešanas mehānismiem un atbalsta instrumentiem.

2.2. Sagatavot novērtējumu par 4PSS risinājumu potenciālo ieguldījumu Latvijas klimata un enerģētikas satvara mērķu izpildē, t.sk. novērtēt, cik daudz papildus siltumnīcefekta gāzu (SEG) samazinājumus šādas pieejas izmantošana sniegtu Latvijai un cik izmaksefektīvi pasākumi tie būtu.

2.3. Izvērtēt, vai 4PSS risinājumu ieviešanas atbalstam būtu nepieciešamas izmaiņas Latvijas normatīvajā regulējumā, standartos u.tml., kā arī veikt SVID analīzi attiecībā uz 4PSS ieviešanu Latvijā.

2.4. Sagatavot argumentētus priekšlikumus iespējamā pilotprojektu konkursa 4PSS ieviešanā nosacījumiem personu ar invaliditāti biedrību īpašumā esošajās ēkām, t.sk.:

2.4.1. Vienam projektam nepieciešamo finansējumu, atbalsta intensitāti, atbalstāmās aktivitātes, SEG emisiju samazinājuma rādītāju u.tml.

2.4.2. Attiecināmajām un neattiecināmajām izmaksām;

2.4.3. Tehniskajām prasībām projektu gatavībai;

2.4.4. Projektu iesniegumu kvalitātes vērtēšanas kritērijiem (indikatoriem).

2.5. 2.1-2.4. punktos minētajiem aprakstiem, pārskatiem un novērtējumiem pievienot skaidri izsekojamu metodiku, izmantotās formulas, izskaidrot kritēriju un indikatoru pielietojumu. Visiem datiem un informācijai pievienot atsauces uz to avotiem.

2.6. Regulāri konsultēties ar Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas pārstāvjiem par darba uzdevuma veikšanu un ņemt vērā Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas komentārus.

Saturs

IEVADS 3

SATURS 4

1.CENTRALIZĒTĀS SILTUMAPGĀDES SISTĒMAS ATTĪSTĪBAS TENDENCES 5

1.1.CETURTĀS PAAUDZES SILTUMAPGĀDES SISTĒMAS IEVIEŠANAS GALVENIE ELEMENTI 6

1.1.1.Siltuma patērētājs....8

1.1.2.Siltumtīkli....12

1.1.3.Siltuma avots....16

1.2. CITU EIROPAS SAVIENĪBAS VALSTU PIEREDZE 4PSS IEVIEŠANĀ 24

1.2.1. Pilotprojektu analīze....24

1.2.2. Ieviešanas mehānismi un atbalsta instrumenti....33

2.4PSS RISINĀJUMU POTENCIĀLAIS IEGULDĪJUMS UZ LATVIJAS KLIMATA UN ENERĢĒTIKAS SATVARA MĒRĶU IZPILDI 37

2.1. SILTUMENERĢIJAS ZUDUMU SAMAZINĀŠANA PĀRVADES TĪKLOS 40

2.2. IZSTRĀDĀTĀS ELEKTROENERĢIJAS DAUDZUMA PAAUGSTINĀŠANA 41

2.3. KONDENSĀCIJAS EKONOMAIZERA DARBĪBAS EFEKTIVITĀTES PAAUGSTINĀŠANĀS BIOMASAS KATLU MĀJĀS 42

2.4. DABASGĀZES AIZVIETOŠANA AR ATJAUNOJAMAJIEM ENERGORESURSIEM 43

3. 4PCSS RISINĀJUMU IEVIEŠANAS ATBALSTA VĒRTĒJUMS 46

3.1.NEPIECIEŠAMĀS IZMAIŅAS LATVIJAS NORMATĪVAJĀ REGULĒJUMĀ UN STANDARTOS 46

3.2.SVID ANALĪZE ATTIECĪBĀ UZ 4PCSS IEVIEŠANU LATVIJĀ 49

4.ARGUMENTĒTI PRIEKŠLIKUMI IESPĒJAMĀ PILOTPROJEKTU KONKURSA 4PCSS IEVIEŠANĀ NOSACĪJUMIEM PERSONU AR INVALIDITĀTI BIEDRĪBU ĪPAŠUMĀ ESOŠAJĀS ĒKĀM 53

4.1. VIENAM PROJEKTAM NEPIECIEŠAMAIS FINANSĒJUMS, ATBALSTA INTENSITĀTE, ATBALSTĀMĀS AKTIVITĀTES, SEG EMISIJU SAMAZINĀJUMA RĀDĪTĀJS 53

4.2. ATTIECINĀMĀS UN NEATTIECINĀMĀS IZMAKSAS 57

4.3. TEHNISKĀS PRASĪBAS PROJEKTU GATAVĪBAI 58

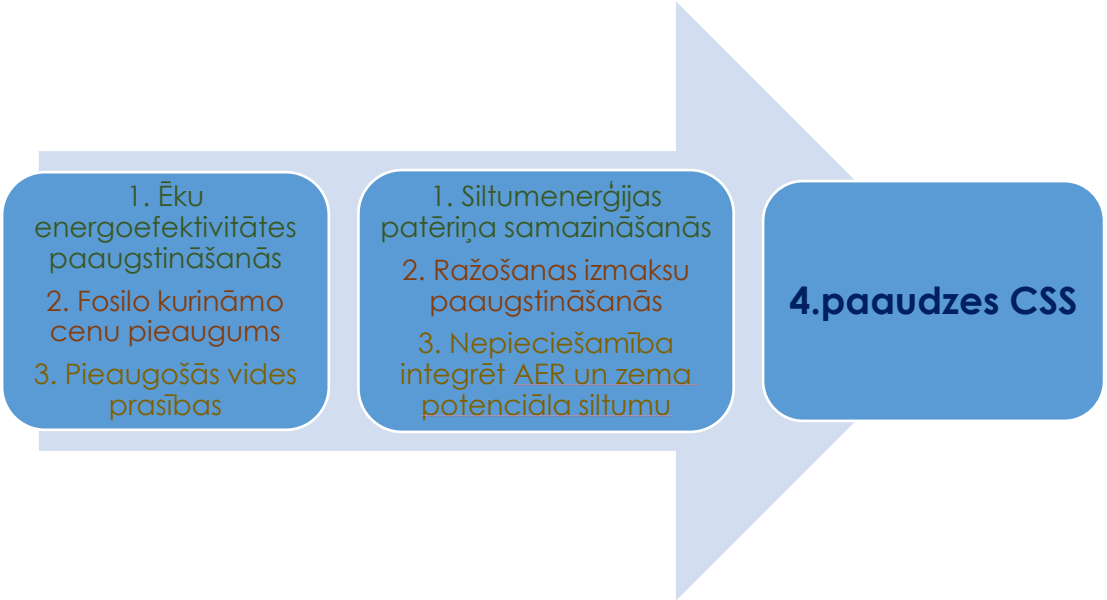
4.4. PROJEKTU IESNIEGUMU KVALITĀTES VĒRTĒŠANAS KRITĒRIJI 60

IZMANTOTĀ LITERATŪRA 68

1. Centralizētās siltumapgādes sistēmas attīstības tendences

Energoefektivitātes paaugstināšana un energosistēmu sistēmu optimizēšana kļuvuši par nozīmīgiem pamatuzdevumiem, lai veicinātu enerģijas piegādes drošību un samazinātu kopējo ietekmi uz vidi. To veicina arī politiskie lēmumi un pieņemtie regulējumi gan Eiropas Savienības, gan nacionāla līmenī [1,2]. Vairāku zinātnieku pētījumos attīstīta ideja par 100% atjaunīgo energoresursu (AER) nodrošinātām energosistēmām [3-5]. Šādas koncepcijas sistēmas galvenokārt balstītas uz mainīgo AER (vēja, ģeotermālās, saules enerģijas) kombinēšanu ar patstāvīgākiem resursiem kā atkritumi un biomasa. Tomēr, lai samazinātu nepieciešamību pēc biomasas, ko primāri jāizmanto augstvērtīgāku produktu ražošanai, enerģētikas sistēmas ilgtspējīgas attīstības koncepcijai jāietver arī energoefektivitātes paaugstināšanu un enerģijas ietaupīšanu.

Daudzās valstīs, tai skaitā Latvijā, siltuma nodrošināšana ēkās un karstā ūdens sagatavošana ir viena no pamatvajadzībām. Šobrīd intensīvi tiek diskutēts par to, kā siltumapgādi optimizēt tā, lai pēc iespējas vairāk samazinātu fosilo energoresursu īpatsvaru un nodrošinātu izmaksu optimālu līmeni. Centralizētās siltumapgādes sistēmas (CSS) infrastruktūrai ir nozīmīga loma energoefektivitātes paaugstināšanai un pieejamo AER salāgošanā ar enerģijas patēriņu [6]. CSS esošās siltumtrases savieno ēkas dažādās pilsētu un citu apdzīvotu vietu teritorijās, līdz ar to, siltumenerģija var tikt piegādāta no dažādām centralizētām katlu mājām vai vairākiem mazākiem siltuma avotiem. Šī pieeja ļauj izmantot jebkuru siltuma avotu. CSS iekļaušana turpmākajās ilgtspējīgas attīstības reģionos ļauj plaši izmantot koģenerāciju un liekā siltuma izmantošanu no industriālajiem procesiem, kā arī iekļaut energobilancē apkārtējās vides un saules siltumenerģiju. Nākotnē, industriālie procesi, kuros rodas siltums, varētu būt arī biomasas pārveidošanu biogāzē un/vai dažādās transporta biodegvielas.



1.1.att. 4.paaudzes CSS attīstības virzītājspēki

Jēdzienu "4. paaudzes siltumapgādes sistēma" (4PSS) pirmo reizi izmantoja prof. Svens Verners 2014. gadā [7]. Viņš definēja hipotēzi, ka centralizētajai siltumapgādei un dzesēšanai ir svarīga loma nākotnes ilgtspējīgajās enerģijas sistēmās, bet, lai saglabātu sistēmas konkurētspēju, tai nepieciešams pielāgoties un ieviest jaunus tehnoloģiskos un stratēģiskos risinājumus. Esošajām siltumapgādes sistēmām nepieciešamas radikālas izmaiņas, samazinot siltumnesēja temperatūru tīklos un pielāgojoties energoefektīvo ēku siltumenerģijas patēriņam un kļūstot par daļu no kopējās "viedās" energosistēmas [7].

Nākotnes CSS infrastruktūra jāizstrādā nevis pašreizējai energosistēmai, bet gan nākotnes sistēmai. Viens no turpmākajiem attīstības uzdevumiem būs integrēt centralizēto siltumapgādi kopējā energosistēmā mijiedarbojoties ar elektroenerģijas un transporta nozari [8]. Šāda nākotnes sistēma tiek dēvēta par viedu enerģētikas sistēmu, t.i., enerģētikas sistēmu, kurā viedās elektroenerģijas, siltuma un gāzes tīkli tiek kombinēti un koordinēti, lai identificētu sinerģiju starp tām, lai panāktu optimālu risinājumu katrai plūsmai kā arī kopējai energosistēmai [9]. Pārejai no pašreizējām fosilā kurināmā un kodolenerģētikas sistēmām uz nākotnes ilgtspējīgām enerģētikas sistēmām ir nepieciešama plaša mainīgo AER integrācija. Tas prasa tehnoloģiskās un stratēģiskās plānošanas izmaiņas energoapgādē. Viedajās energosistēmās galvenā uzmanība tiek pievērsta elektroenerģijas, apkures, dzesēšanas un transporta sektoru mijiedarbībai, kā arī patēriņa slodžu un enerģijas uzkrāšanas sistēmu salāgošanai. Lai to panāktu, nepieciešams saskaņot vairāku viedo infrastruktūru darbību - elektroenerģijas tīkliem, centralizētās siltumapgādes un dzesēšanas tīkliem, gāzes tīkliem un dažādām degvielas infrastruktūrām.

1.1. Ceturtās paaudzes siltumapgādes sistēmas ieviešanas galvenie elementi

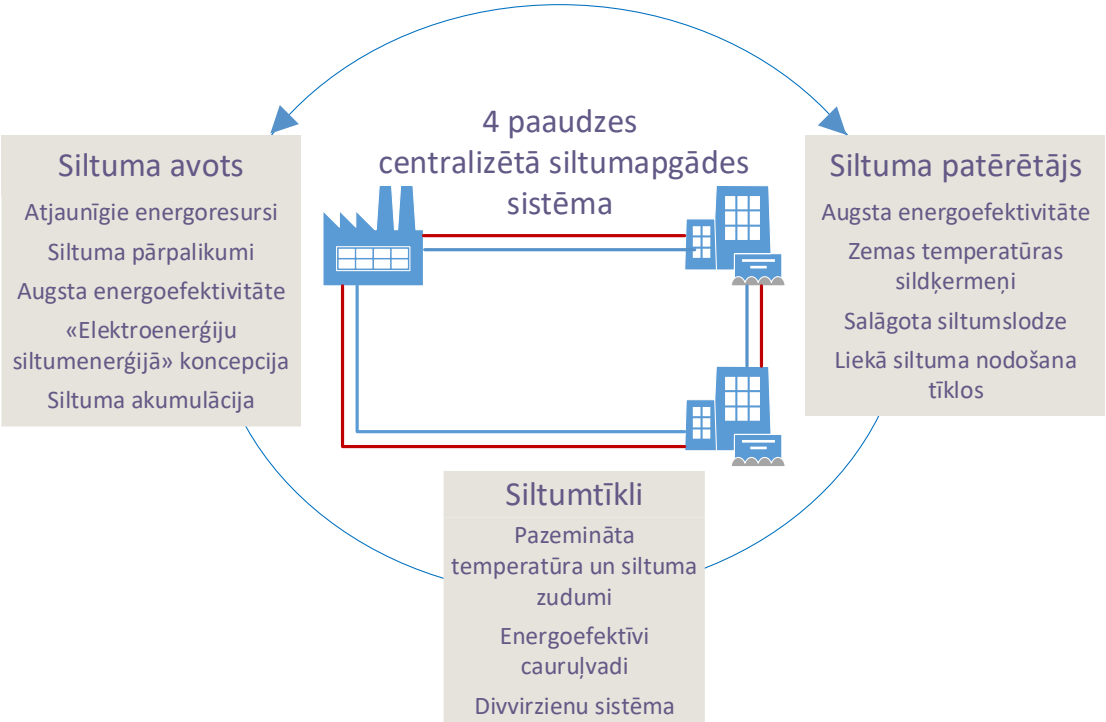
4.paaudzes siltumapgādes sistēma (4PSS) ir centralizētās siltumapgādes sistēmas koncepcija, kas paredz temperatūras pazeminēšanu tīklos, atjaunojamo energoresursu un zema potenciāla siltumenerģijas pārpalikumu integrēšanu, lai nodrošinātu ilgtspējīgu siltumapgādi un būtu daļa no "viedās enerģētikas sistēmas".

CSS konkurētspēja rodas no siltumenerģijas ražošanas un tās piegādes efektivitātes nosacījumu kombinācijas. Svarīgs priekšnoteikums optimālai siltumenerģijas piegādei ir tas, ka siltuma pieprasījums jākoncentrē, lai samazinātu sadales izmaksas un siltuma zudumus. Zema siltuma blīvuma apgabalos rodas relatīvi lielākas sadales izmaksas. Lai nākotnē varētu saglabāt savu lomu ilgtspējīgas enerģijas sistēmās, CSS būs jārisina sekojošas problēmas [10]:

- Piegādāt zemas temperatūras siltumu telpu apkurei un karstā ūdens sagatavošanai esošajās ēkās, renovētās ēkās un jaunās ēkās ar zemu enerģijas patēriņu;
- Piegādāt siltumu tīklos ar zemiem siltumenerģijas zudumiem;
- Izmantot siltumu no zemas temperatūras avotiem un integrēt atjaunojamus siltuma avotus, piemēram, saules un ģeotermālo siltumu.

- Spēt būt integrētas viedās enerģētikas sistēmas daļai, ieskaitot integrētu 4. paaudzes centralizētās dzesēšanas nodrošināšanu.
- Nodrošināt piemērotu darbības plānošanu un izmaksas, kā arī stratēģiski plānot investīcijas attīstības procesam.

CSS sastāv no trīs pamatelementiem- siltuma avota, siltumtīkliem un siltuma patērētājiem. Visiem šiem elementiem ir noteikta loma kopējā sistēmas attīstībā, un pāreja uz 4PSS ietver pārmaiņas katrā no tiem.



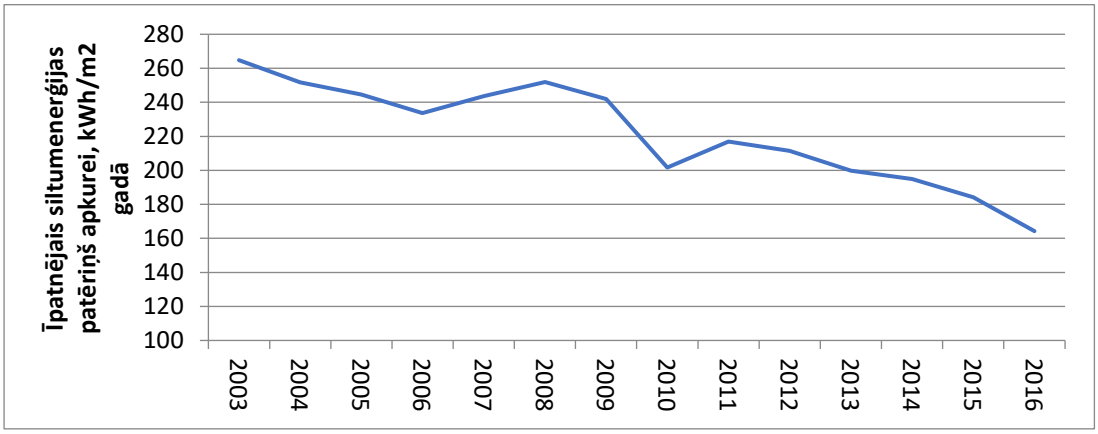
1.2. att. 4PSS elementu savstarpējā mijiedarbība

1.2.attēlā redzama mijiedarbība starp visiem CSS elementiem. Siltumenerģijas temperatūras pazemināšana tīklos iespējama un izdevīga ir tajos gadījumos, kad ir attiecīgi pielāgots patērētājs (paaugstināta ēku energoefektivitāte un integrēti zemas temperatūras sildķermeņi) [11].

Tā kā energoefektīvu ēku siltumenerģijas patēriņš ir neliels, tās pieslēgt standarta siltumapgādes sistēmai, kas darbojas temperatūras grafikā 90/70 bieži vien nav ekonomiski izdevīgi, jo šādai centralizētai siltumapgādes sistēmai ir fiksētas izmaksas augsto kapitālieguldījumu dēļ. Standarta siltumapgādes sistēma ir projektēta, lai nosegtu augstu siltumenerģijas patēriņu - ir lieli cauruļvadu diametri un augstas siltumnesēja temperatūras. Samazinoties siltumenerģijas patēriņam, siltumapgādes sistēmā iespējams izmantot siltumnesēju ar zemāku temperatūru, samazināt cauruļvadu diametrus, nodrošinot optimālu siltumnesēja plūsmas ātrumu [12,13]. Kā siltuma avots pie pazemināta temperatūras tīklos var efektīvi kalpot atjaunīgie energoresursi (saules enerģija, apkārtējās vides siltums u.tml.), ka arī var tikt izmantota zema potenciāla siltumenerģija.

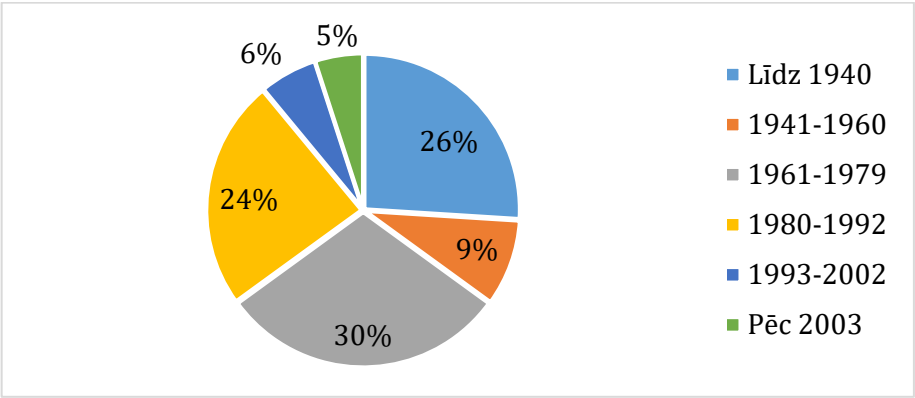
1.1.1. Siltuma patērētājs

Šobrīd Latvijā vidējais ēku siltumenerģijas patēriņš ir ap 160 kWh/m², kas ir krietni virs Latvijas likumdošanā noteiktajām prasībām [14]. 1.3.attēlā redzams, ka vidējais ēku īpatnējais siltumenerģijas patēriņš apkurei kopš 2003. gada samazinājies no 264 kWh/m² līdz 184 kWh/m². Paredzams, ka šāda tendence turpināsies arī turpmāk. Šādu samazinājumu veicinājusi ēku renovācija, ka arī jaunu energoefektīvu ēku būvniecība.



1.3.att. Vidējā ēku siltumenerģijas patēriņa apkurei izmaiņu tendences Latvijā [15]

Nozīmīgākais faktors, kas nosaka Latvijas ēku attīstības tendences ir ēku vecuma struktūra (sk.1.4.att.). Pēc Centrālās statistikas pārvaldes datiem [16] lielākā daļa (aptuveni 63%) Latvijas ēku celtas Padomju laikos, laika posmā no 1941.līdz 1992.gadam. Aptuveni 26% ēku Latvijā celtas līdz 1940.gadā, bet aptuveni 11% celtas pēc 1993.gada. Šis faktors jāņem vērā plānojot siltumapgādes sistēmas attīstības tendences, jo lielākā daļa Padomju laikos celto ēku ir pievienotas CSS. Tuvākajos gados šīs ēkas būtu jārenovē, kas ievērojami samazinātu siltumenerģijas patēriņu un līdz ar to, arī pieprasījumu pēc siltumenerģijas.



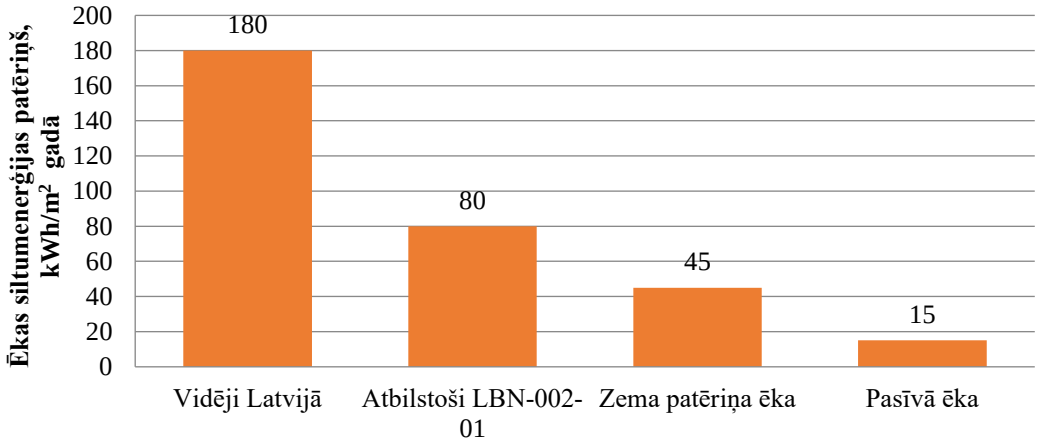
1.4.att. Ēku vecuma struktūra Latvijā

MK noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-01 [17], nosaka siltumtehnisko parametru atsauces vērtības ārējām norobežojošajām konstrukcijām jaunbūvējamām, rekonstruējamām un renovējamām ēkām. Izpildot šajos

noteikumos ietvertās prasības, ēkas siltumenerģijas patēriņam būtu jāatbilst 70-80 kWh/m^2 gadā.

Zema enerģijas patēriņa ēkas

Apzinoties ēku augstās ekspluatācijas izmaksas, jau šobrīd Latvijā tiek plānotas un būvētas ēkas, kuru siltumenerģijas patēriņš ir krietni zem likumdošanā noteiktajām prasībām. 1.5.attēlā redzams siltumenerģijas patēriņa salīdzinājums dažāda veida ēkām. Zema patēriņa ēku un pasīvo ēku jēdzieni un darbības rādītāji šobrīd Latvijas likumdošanā nav definēti. MK noteikumos par ēku energosertifikāciju minēts jēdziens „gandrīz nulles enerģijas ēka", kura patērē zem 30 kWh/m^2 gadā apkures vajadzībām, bet ēku vērtēšanas skalā kā A klases ēkas noteiktas ēkas, kas patērē zem 40 kWh/m^2 gadā [18].



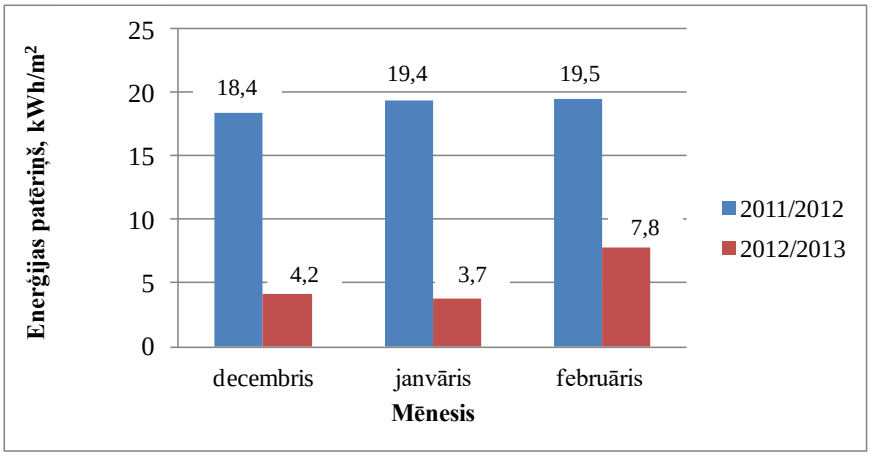
1.5.att. Siltumenerģijas patēriņš dažāda veida ēkās Latvijā [19]

Lai panāktu zemu ēku siltumenerģijas patēriņu, tiek izmantoti dažādi tehniskie risinājumi un energoefektivitātes pasākumi. Lai samazinātu siltuma zudumus caur norobežojošajām konstrukcijām, tiek izmantots biezāks siltumizolācijas slānis, pazemināta ēkas gaisa caurlaidība, izmantoti logi un durvis ar pazemīnātu siltumcaurlaidības koeficientiem, ierīkota efektīva ēku ventilācijas sistēma. Pasīvo ēku projektēšanas stadijā īpaši tiek piedomāts pie ēkas formas, kam jābūt maksimāli kompaktai, lai samazinātu zudumus, un novietojuma, lai maksimāli izmantotu saules siltuma ieguvumus. Īpaša uzmanība tiek pievērsta arī tam, lai samazinātu nepieciešamo enerģijas daudzumu ēkas ventilācijai. Tiek izmantoti dažādi pasīvie un aktīvie noēnojumu veidi, lai kontrolētu saules ieguvumus ēkā. [19]

Pasīvo ēku gadījumā iespējami jauni risinājumi ēku apkures sistēmā. Ja sienu un logu termiskā pretestība ir pietiekami liela, tad sildķermeņus var arī nenovietot pie ārējām konstrukcijām, bet gan konstruēt tā, lai maksimāli saīsinātu cauruļvadu garumus. Zema patēriņa un pasīvajās ēkās biežāk tiek izmantota grīdas apkure. Kā siltuma avots šādās ēkās pārsvarā tiek izmantota individuālā apkure, izmantojot alternatīvos energoresursus- biomasu, saules enerģiju, siltumsūkni.

Citu valstu pieredze rāda, ka zema patēriņa un pasīvo ēku koncepcija ļauj samazināt ēku ekspluatācijas izmaksas un radīto ietekmi uz vidi, tomēr šādu ēku būvniecība izmaksas ir krietni augstākas. Šobrīd visvairāk pasīvo ēku ir uzbūvētas Vācijā un Austrijā, tomēr šī koncepcija attīstīta arī ziemeļvalstīs, piemēram, Dānijā. [19]

Šobrīd Latvijā ir uzbūvētas un renovētas vairākas ēkas, kas tuvojas pasīvās ēkas standartiem. Viens no piemēriem ir Ventspils pilsētas domes ēka, kurai 2012.gadā tika veikta renovācija, uzlabojot ēkas norobežojošo konstrukciju siltumtehniskos parametrus un ēkas blīvumu, kā arī ieviešot mehānisko ventilācijas sistēmu un gaisa mitrināšanas kameru. [20] Ventspils domes ēkas siltumenerģijas patēriņš pirms un pēc renovācijas parādīts 1.6. attēlā. Redzams, ka ēkas patēriņš salīdzinot trīs dažādus ziemas mēnešus pirms un pēc renovācijas ir samazinājies par aptuveni 60-80%, kas ir ļoti augsts rādītājs. Veicot vienkāršo ēku renovāciju, iespējams iegūt 25-30% siltumenerģijas ietaupījumu. [20]



1.6. att. Ventspils domes ēkas siltumenerģijas patēriņš pēc renovācijas [20]

Pozitīvs piemērs daudzdzīvokļu ēku gadījumā ir Ērgļu arodvidusskolas dienesta viesnīcas renovācija ar pasīvās ēkas komponenšu izmantošanu. Ēku renovējot, tika uzstādīta ventilācijas sistēma ar siltuma atgūšanu, cauruļvadi un maģistrālie vadi tika iebūvēti ēkas siltumizolācijas slānī, kā arī tika izmantoti citi inovatīvi tehnoloģiskie risinājumi. Pēc ēkas renovācijas siltumenerģijas patēriņš karstā ūdens un apkures vajadzībām sasniedza 25 kWh/m^2 gadā [21].

Šādi veiksmīgu ļoti zema patēriņa ēku piemēri stimulē arī citu ēku būvniecībā un renovācijā ieguldīt lielākas investīcijas, lai samazinātu izdevumus ēkas ekspluatācijas laikā. Līdz ar to, paredzams, ka zema un ļoti zema patēriņa ēku būvniecība turpmāko gadu laikā attīstīties aizvien straujāk, kas nozīmē, ka nepieciešams papildus analizēt optimālu siltumapgādes sistēmu šādās ēkās.

Aprakstītās ēku attīstības tendences Latvijā liecina, ka skatoties ilgtermiņa perspektīvā, būs nepieciešamas ievērojamas izmaiņas arī esošajā CSS, kam būs jāpielāgojas zemāka patēriņa siltuma slodzei.

Sildķermeņu pielāgošana

Lai ēku siltuma patēriņu būtu iespējams segt ar zemas temperatūras turpgaitas siltumnesēju, nepieciešams pielāgot patērētāja sildelementus. Par optimālu sildelementu izvēli zemas temperatūras CSS gadījumā veikti vairāki pētījumi, jo tas ir būtisks faktors, kas ietekmē šādu sistēmu attīstību [22-24].

Zemas temperatūras siltumapgādes sistēmas gadījumā pie patērētāja iespējams uzstādīt dažādus sildelementus [25]:

- Radiatorus ar lielāku sildvirsmas izmēru;
- Radiatorus ar papildus ventilācijas iekārtu;
- Apsildāmās grīdas, griestus un/vai sienas.

Projektējot apkures sistēmu jaunās ēkās un izvēloties kā sildelementus izmantot radiatorus, to izmērs tiek noteikts balstoties uz siltumnesēja un iekštelpu temperatūras starpību. Ja šī temperatūru starpība tiek samazināta, būtu nepieciešams palielināt sildvirsmas lielumu, lai telpā atdotu pietiekamu siltuma daudzumu [25]. Tomēr daudzos gadījumos ēku apkures projektēšanas posmā izvēlēto radiatoru izmērs tiek noteikts lielāks nekā nepieciešams [26]. Šādos gadījumos pāreja uz zemas temperatūras siltumapgādes sistēmu neradītu nepieciešamību mainīt sildelementu izmēru. Šāda situācija jau novērtēta mājokļos Somijā. [22]

Cits risinājums ir izvēlēties inovatīvu radiatoru risinājumu, kurš aprīkots ar ventilācijas iekārtu aiz tās. Ventilators nodrošina piespiedu konvekciju caur radiatora virsmu un tādā veidā iespējams izmantot siltumnesēju ar zemāku temperatūru. Pētījumos pierādīts, ka cauri radiatoram plūstošais gaiss var uzsilt par aptuveni 30 grādiem [23]. Zviedru pētījumā pierādīts [23], ka līdzvērtīgi siltumatdeves rādītāji novērojami pie siltumnesēja temperatūrām gan 55°C, gan 35°C.

Attīstoties zemas temperatūras siltumapgādes sistēmām, attīstās arī radiatoru darbības rādītāji. Piemēram, zviedru zinātnieki strādā pie jauna radiatoru dizaina, kura siltumatdeves koeficients ir daudz augstāks, līdz ar to iespējams izmantot zemāku siltumnesēja temperatūru [24].

Būvējot jaunas ēkas ar zemu siltumenerģijas patēriņu, aizvien biežāk telpu apsildei izmanto tādus apkures elementus, kā apsildāmās grīdas, sienas un/vai griestus. Šādu sildķermeņu darbībai optimāla siltumnesēja temperatūra ir 35-45 grādi. Ja ēka ir pieslēgta CSS ar standarta temperatūras grafiku, siltumnesēja temperatūra šādiem sildelementiem ir pārāk augsta. Ēkās, kurās patērētājs vēlas izvietot šādus sildķermeņus, nepieciešams papildus kontūrs, kurā siltumnesēja temperatūra tiek pazemināta vai nepieciešams izvēlēties elektriski apsildāmās grīdas, sienas vai griestus [22].

Lai gan Latvijā zemas temperatūras sildelementi tikai pamazām kļūst populāri, vairāki zinātnieki savos pētījumos pierādījuši [24,27], ka zemas temperatūras apkures sistēmas var uzlabot iekštelpu klimatu, nodrošinot zemāku gaisa plūsmas ātrumu un zemākas temperatūras atšķirības telpas slāņos, salīdzinot ar parastajiem radiatoriem. Šis aspekts būtu jāņem vērā attīstītājiem izvēloties piemērotāko apkures veidu jaunbūvējamās ēkās.

1.1.2. Siltumtīkli

Lai patērētājus ar zemu siltumenerģijas patēriņu būtu izdevīgi pievienot CSS, nepieciešams pēc iespējas samazināt siltuma zudumus tīklos, jo tie tieši ietekmē sistēmas ekonomisko izdevīgumu. Siltuma zudumus tīklos ietekmē tādi faktori kā siltumnesēja temperatūra, cauruļvadu izmēri, siltumtrases garums un izvietojums, plūsmas ātrums un citi. Lai gan zemas temperatūras siltumapgādes sistēmas gadījumā pārvades siltuma zudumi jau tiek samazināti pazemināta siltumnesēja temperatūras dēļ, tos vēl vairāk iespējams samazināt, optimizējot cauruļvadu izmērus un palielinot cauruļu izolācijas slāni.

Siltumnesēja temperatūra

Latvijā sastopama divu veidu siltumtīklu parametru regulēšana: kvalitatīvā un kvalitatīvi kvantitatīvā. Pie kvalitatīvās regulēšanas sistēmas maina ūdens temperatūru tīklā, bet ūdens plūsmas daudzums paliek nemainīgs. Tas nodrošina sistēmas hidraulisko stabilitāti. Kvalitatīvi-kvantitatīvā regulēšana paredz mainīt gan temperatūru, gan plūsmu. Tas dod iespēju samazināt elektroenerģijas patēriņu siltumnesēja pārsūknēšanai. Lielākajā Latvijas CSS Rīgā ir lielākoties ir ierīkoti automātiskie siltummezgli, kas nodrošina apkures un karstā ūdens padevi. Pirms tam, siltumtrasēs siltumnesēja plūsma bija nemainīga, mainījās tikai siltumnesēja temperatūra. Tādejādi, ir notikusi pāreja no kvalitatīvās uz kvantitatīvo regulēšanas metodi, kā arī radusies iespēja apvienot šīs abas metodes pārejot uz kvantitatīvi – kvalitatīvo regulēšanas sistēmu.

Pārejot uz kvantitatīvi – kvalitatīvo regulēšanas sistēmu, siltumtrasēs plūst siltumnesējs ar mainīgu turpgaitas temperatūru un regulējamu plūsmu. Tā rezultātā tiek stabilizēti siltumapgādes hidrauliskie režīmi, samazināts cirkulējošā siltumnesēja caurplūdes apjoms, samazināta siltumnesēja turpgaitas temperatūra, kā rezultātā samazinās enerģijas patēriņš un zudumi.

Siltumtīklu turpgaitas un atgaitas ūdens optimāla temperatūra ir viens no svarīgākajiem jautājumiem, kuru risina visi siltumapgādes uzņēmumi vairāku iemeslu dēļ [28]:

- Turpgaitas un atgaitas temperatūras izvēle ietekmē siltumtīklu cauruļvadu diametrus. Jo augstāka ūdens temperatūra turpgaitā, jo ar mazāku ūdens daudzumu var transportēt nepieciešamo siltuma daudzumu, un mazāka diametra cauruļvadi ir nepieciešami;
- No otras puses, palielinot ūdens temperatūru tīklos, pieaug temperatūru starpība un palielinās siltuma zudumi no virsmas.

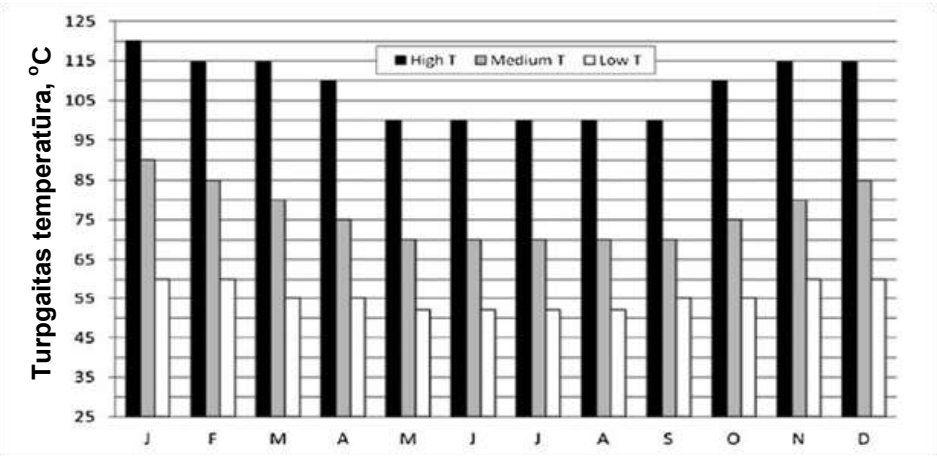
Ā. Žīgura promocijas darbā „Centralizētās siltumapgādes sistēmu efektivitāte" [29] reālos apstākļos izpētīta un novērtēta dažādu pasākumu un tehnisko risinājumu lietderība centralizēto siltumapgādes sistēmu nozīmīgajā elementā – siltumtīklu darbības drošumā un efektivitātes paaugstināšanā. Promocijas darbā analizēta būtiskākais trūkums – siltumenerģijas zudumu rašanās un to novēršanas praktiskie aspekti, eksperimentāli pētīti siltumnesēja temperatūras pazemināšanas pozitīvie un negatīvie aspekti. Viens no Žīgura secinājumiem ir, ka turpgaitas siltumnesēja temperatūras pazemināšana ļauj samazināt centralizētās siltumapgādes sistēmas zudumus. Ja šī temperatūra tiek

pazemināta par 2°C vasaras sezonā, zudumus iespējams samazināt par apmēram 2,2%, savukārt, ja apkures sezonas laikā tiek mainīts temperatūras režīms no 130°C - 70°C uz 115°C - 70°C, tad siltuma zudumu samazinājums sasniedz 5%. [29]

Atkarībā no siltumtīklu ūdens temperatūras līmeņa, pasaulē definē sekojošas siltumapgādes sistēmas:

- pirmās paaudzes CSS tīkli(1th generation): siltumnesējs – tvaiks;
- otras paaudzes CSS tīkli (2th generation): siltumnesējs – ūdens ar temperatūru augstāku par 100 ^{0}C;
- trešās paaudzes CSS tīkli (3th generation): siltumnesējs – ūdens ar temperatūru zem 100 ^{0}C;
- ceturtās paaudzes CSS tīkli (4th generation): siltumnesējs – ūdens ar turpgaitas temperatūru 60-40^{0}C un atgaitas temperatūru 30-25 ^{0}C [28].

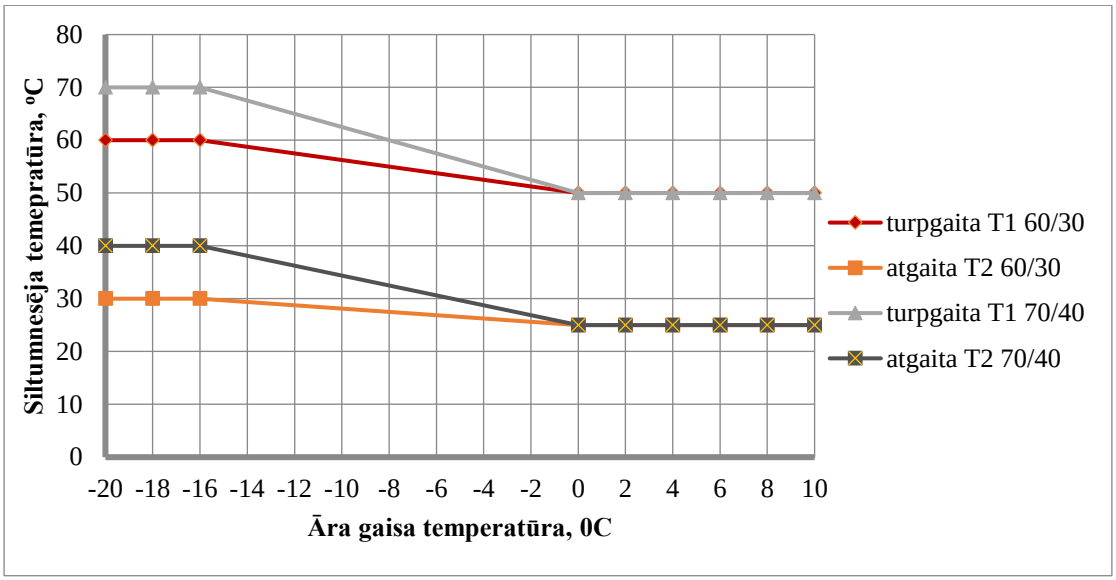
4PSS tīklu koncepcija paredzēta Ziemeļeiropas valstu klimatiskajiem apstākļiem un nodrošina patērētāju gan ar apkurei nepieciešamo siltumu, gan sedz karstā ūdens slodzi. Temperatūras līmenis 55-25 ^{0}C nozīmē vidējo temperatūras līmeni, kas saistīts ar šo temperatūras grafiku (starptautiskās publikācijās pieņemtais apzīmējums). Koncepcija paredz palielināt piegādes temperatūru apkures sezonā pie zemākām āra gaisa temperatūrām. Temperatūras līmenis šajā laika posmā ir atkarīgs no augstākas temperatūras pieejamības enerģijas avotā, ekonomiskajiem apsvērumiem un tehnoloģiskiem risinājumiem. Tipiskā turpgaitas temperatūra maksimālās slodzes periodos Ziemeļvalstīs varētu būt 60-75 ^{0}C [28].



1.7.att. Turpgaitas temperatūra T1 dažādiem temperatūras grafikiem [28]

1.7 attēlā redzami otrās, trešās un ceturtās paaudzes CSS tīklu turpgaitas temperatūras līmeņi. Ceturtās paaudzes sistēmu šajā grafikā raksturo maksimālā turpgaitas temperatūra (Latvijā pie -20,7 ^{0}C) 60-70 ^{0}C, un attiecīgi atgaitas temperatūra būtu aptuveni 30 ^{0}C.

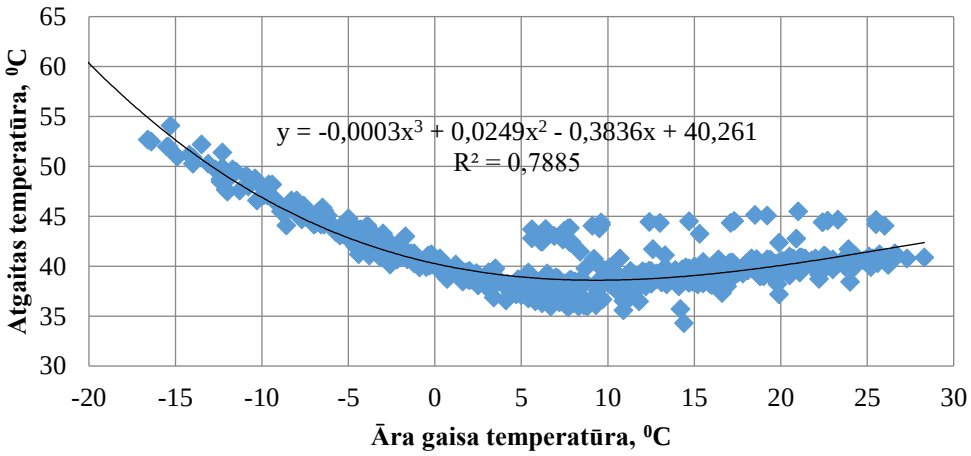
Ceturtās paaudzes iespējamie temperatūras grafiki Latvijas klimatiskajiem apstākļiem doti 1.8. attēlā.



1.8.att. Ceturtās paaudzes temperatūras grafiks 60/30 un 70/40

Latvijā jau šobrīd plaši tiek izmantotas trešās paaudzes CSS, kurā turpgaitas temperatūra svārstās no 90 ^{0}C līdz 80 ^{0}C dažādos lokālos tīklos, un atgaita - no 70 ^{0}C līdz 60^{0}C (1.8. attēls).

Patērētājam nodoto siltuma daudzumu ietekmē ne tik daudz turpgaitas temperatūra, kā temperatūras starpība starp turpgaitas un atgaitas plūsmām. Atgaitas temperatūrai pēdējā laikā tiek pievērsta lielāka nozīme, īpaši tur, kur uzstādīti kondensācijas tipa eknomaizeri [30] vai dūmgāzu kondensatori [31]. 1.9. attēlā redzama atgaitas ūdens tīkla temperatūra biomasas katlu mājā ar uzstādītu dūmgāzu ekonomaizeri.



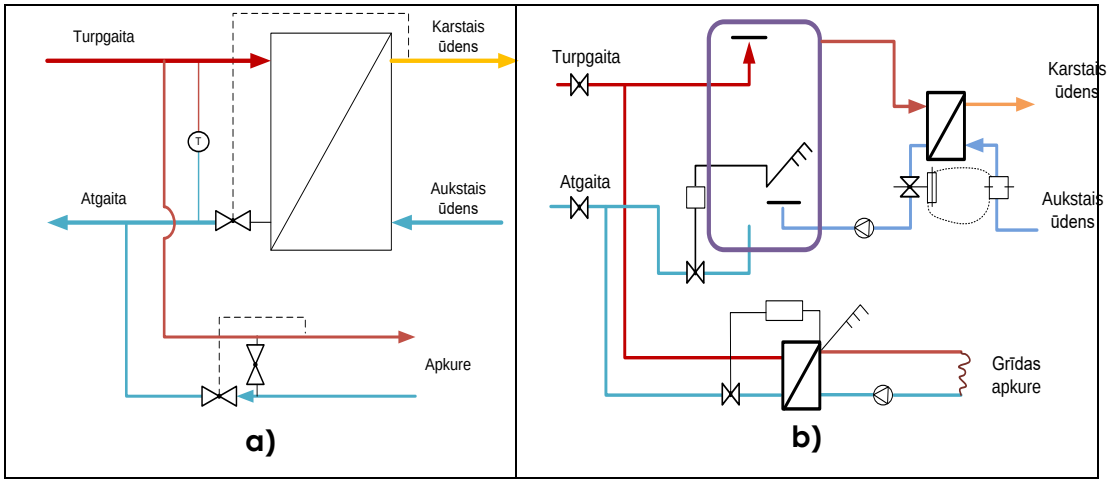
1.9. att. Atgaitas ūdens temperatūras piemērs [31]

1.9. attēls skaidri parāda izplatīto tendenci, kas ir tajos siltumtīklos, kur uzstādīti kondensatori vai kondensācijas tipa ekonomaizeri – temperatūras līmenis ir zemāks nekā standarta grafikā. Tas palielina temperatūras starpību (ΔT) starp turpgaitu un atgaitu un ļauj pilnīgāk izmantot latento siltumu kondensācijas ekonomaizerī.

Siltumtīklu un siltummezglu konfigurācija

Zemas temperatūras apkures sistēmas nodrošināšanai iespējams izmantot dažāda veida siltummezglus - ar tiešo vai netiešo pieslēgumu, integrējot akumulācijas tvertni u.tml. Tiešā pieslēguma gadījumā ar siltummaiņa palīdzību karstais siltumnesējs uzsilda auksto ūdeni siltumapmaiņas ceļā. Daļa karstā siltumnesēja tiek padota cirkulācijas kontūrā, lai nodrošinātu optimālu karstā ūdens padevi. Apkurei nepieciešamais siltums tiek padots tieši no tīkliem uz radiatoriem un grīdas apkuri [32]. Šāds siltummezgla risinājums samazina nepieciešamās investīcijas un siltummezgla izmērus, tomēr tiešais pieslēgums palielina siltuma zudumus, jo tiek uzstādīts balstoties uz maksimālo patērētāja slodzi [33].

Siltummezgla ar akumulācijas tvertni gadījumā turpgaitas ūdens no pārvades tīkliem tiek nogādāts tvertnē, kur atkarībā no patērētāja vajadzībām tas tiek padots patērētāja karstā ūdens slodzes segšanai. Daļa plūsmas tiek novirzīta uz grīdas apkures sistēmu telpu uzsildei. Nepieciešamā temperatūra tiek nodrošināta, sajaucot karsto ūdeni akumulācijas tvertnē ar atgaitas plūsmu. Sistēmā nepieciešams integrēt vairākus temperatūras sensorus un vārstuļi, kas regulējot plūsmu, nodrošina nepieciešamo iekštelpu temperatūru. Akumulācijas tvertnes ieviešana spēj izlīdzināt patērētāja pīķa slodzi un līdz ar to samazināt nepieciešamos cauruļu diametrus [33].



1.10.att. Dažādi izmantotie siltumapgādes sistēmas pieslēgumi ar siltummainis (a) un papildus ierīkojot siltuma akumulācijas tvertni (b) [34]

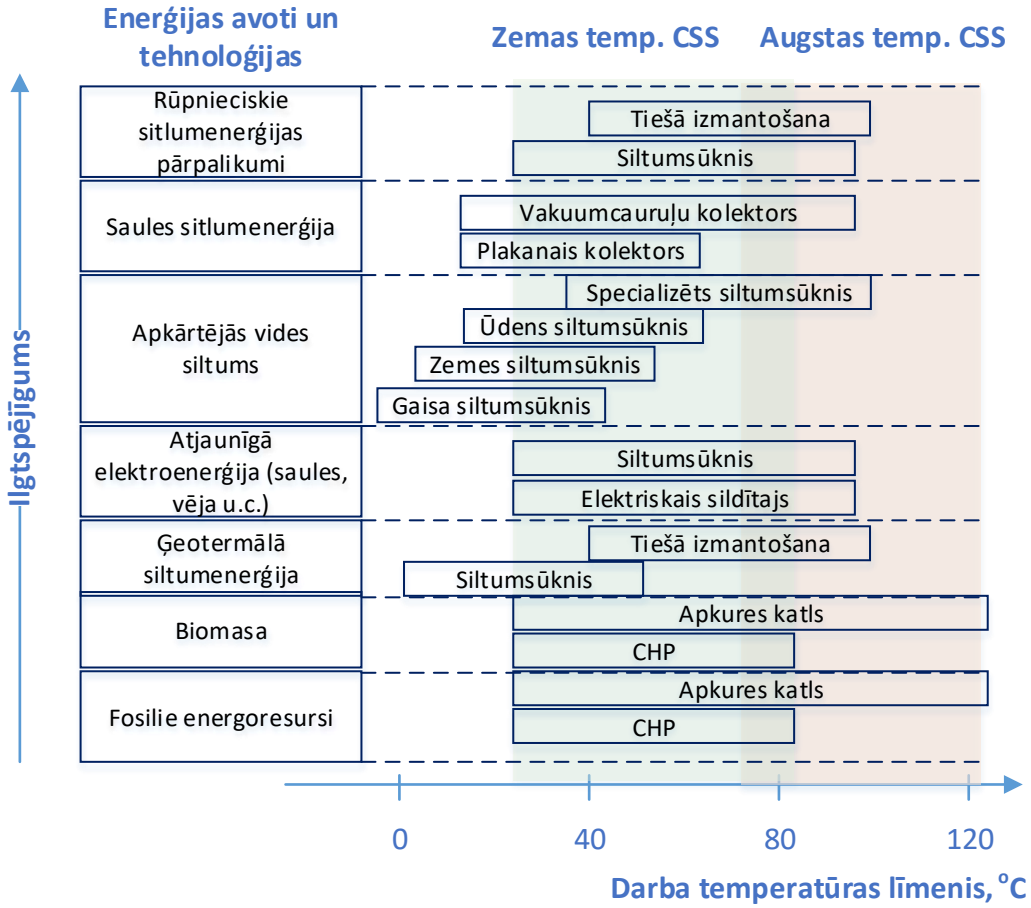
Vairākos pētījumos [35-37] analizētas iespējas pazemināt sagatavotā karstā ūdens temperatūru. Pēc Latvijas likumdošanas karstā ūdens temperatūra izdales vietā jānodrošina virs 55 °C grādiem, lai neveidotos bīstamās *Legionella* baktērijas [38]. Pēc Vācijas standarta W551 [39] karstā ūdens temperatūra var būt zem 50°C, ja kopējais cirkulējošā ūdens daudzums sistēmā (neieskaitot siltummaini) ir mazāks par 3 l. Tā kā pasīvo un zema patēriņa ēku gadījumā apkures sistēma un karstā ūdens padeve ir projektēta ar maksimāli maziem cauruļvadu diametriem, iespējams samazināt kopējo cirkulējošā ūdens daudzumu sistēmā un tas atbilst šim Vācu standartam [36]. Tas palielina 4PSS

efektivitāti, jo karstā ūdens sagatavošana līdz 50°C ir viena no vājajām vietām [32].

1.1.3. Siltuma avots

Pastāv daudz dažādu siltumenerģijas avotu un tehnoloģisko risinājumu siltumenerģijas ražošanai. Piemērotākā siltumavota izvēli ietekmē dažādi kritēriji un prioritātes. Pāreja uz zemas temperatūras siltumapgādi ļauj efektīvi izmantot zema potenciāla siltumenerģiju (siltumenerģijas pārpalikumi no rūpnieciskajiem procesiem, apkārtējās vides siltumu, saules enerģiju u.tml.) [40]. Līdz ar to, plānojot siltumapgādes sistēmas attīstību, nepieciešams identificēt pieejamos zemas temperatūras siltumavotus, kas var tikt izmantoti CSS siltumenerģijas patēriņa segšanai, jo tas var sniegt nozīmīgu ieguldījumu ietekmes uz vidi samazināšanā.

Attēlā zemāk redzams dažādu energoavotu un atbilstošu pārveidošanas tehnoloģiju salīdzinājums zema un augsta potenciāla siltumenerģijas sagatavošanai. Kā redzams, industriālajos un citos procesos pāri palikušā siltuma, kas parasti tiek novadīts apkārtējā vidē, izmantošana izskatāma prioritāri [41]. Šāda veida siltumenerģija parasti ir ar zemu potenciālu, tādēļ, lai to izmantotu augstas temperatūras CSS nepieciešams izmantot siltumsūkni, bet zemas temperatūras siltumapgādē šādus avotus iespējams izmantot tieši, bez papildus pārveidošanas tehnoloģijām.



1.11.att. Dažādu energoavotu un siltuma ražošanas tehnoloģiju salīdzinājums [42,43]

Ja nav iespējams izmantot siltumenerģijas pārpalikumus, tad nepieciešams apsvērt atjaunīgo energoresursu izmantošanu (saules un ģeotermālā siltumenerģija). Zemas temperatūras CSS ļauj efektīvāk izmantot apkārtējās vides siltumu (gaisa, ūdens, zemes), tomēr izmantojot šādus siltumavotus, nepieciešams izvērtēt siltum sūkņa darbības parametrus (COP, elektroenerģijas patēriņu un saistītās emisijas).

Šobrīd plaši apspriests risinājums ir siltumenerģijas ražošana no atjaunojamās elektroenerģijas, lai palielinātu atjaunīgo energoresursu īpatsvaru kopējā energobilancē un paaugstinātu to izmantošanas elastīgumu [44]. Koncepcija paredz no atjaunojamās elektroenerģijas ražot siltumenerģiju brīžos, kad nav elektroenerģijas patēriņa un tās tirgus cena ir zema. Siltumenerģija var tikt ražota no saules un vēja elektroenerģijas izmantojot elektriskos boilerus vai siltumsūkņus.

Lai nosegtu siltumenerģijas slodzi, ko nav iespējams nodrošināt ar augstāk minētajiem siltumavotiem, var tikt izmantota biomasa, kas ir patstāvīgāks energoavots. Koksnes biomasas kā enerģijas avota izmantošana prasa stratēģisku plānošanu vietējo resursu ilgtspējīgai izmantošanai. Siltuma ražošanā parasti tiek izmantoti gan biomasas katli, gan koģenerācijas stacijas. Pie tam, koģenerācijas stacijas būtiski iegūst no zemas temperatūras siltumapgādes, jo iespējams izstrādāt vairāk elektroenerģijas.

Siltuma pārpalikumu izmantošana

Šobrīd gan Pasaules, gan Latvijas rūpnieciskajā sektorā rodas liels daudzums zemas temperatūras siltumenerģijas pārpalikumi, kas pārsvarā tiek novadīti apkārtēja vidē rūpniecisko procesu laikā. Pētījumi rāda, ka siltumenerģijas zudumi no industriālajiem procesiem ir milzīgi. Piemēram, ASV metāla un nemetālisko vielu ražošanas sektorā ap 20-50% enerģijas tiek zaudēts kā siltumenerģijas pārpalikumi [41]. Līdzīgi rādītāji ir arī cementa ražošanā. Vēl viens nozīmīgs siltumenerģijas pārpalikumu avots ir dažādi datu centri, kuros notiek nepārtraukti serveru un citu iekārtu dzesēšanas procesi [46]. Ir veikti vairāki pētījumi par siltumenerģijas atgūšanu un atkārtotu izmantošanu [45-48]. Daudzos gadījumos šī siltumenerģija var tikt lietderīgi izmantota uzņēmuma iekšienē, lai sildītu karsto ūdeni, priekšuzsildītu ienākošo gaisu kurtuvē u.tml. Šādā veidā tiek aizvietota kurināmā daļa siltumenerģijas ražošana, paaugstināta efektivitāte, samazinātas radušās emisijas un izmaksas. Tomēr daudzos gadījumos, kad pāri palikusī siltumenerģija ir ar zemu potenciālu vai uzņēmuma siltumenerģijas patēriņš ir neliels, šī enerģija var tikt nodota citiem patērētājiem.

Nozīmīgs faktors siltuma pārpalikumu izmantošanai ir attālums starp siltuma avotu un patērētāju. Lielākoties, teritoriālajā plānojumā iedzīvotāju veselības dēļ, industriālie mikrorajoni tiek izvietoti atsevišķi no dzīvojamajiem rajoniem. Ja attālums starp avotu un patērētāju ir pārāk lielas, tas rada papildus ieguldījumus siltumtīklu izbūvē un rada lielākus siltuma pārvades zudumus. Līdz ar to, plānojot šāda veida siltuma izmantošanu, lielākais ekonomiski pamatotais attālums no siltuma avota līdz patērētajam mazās pilsētas ir 5-10 km, bet lielākās 20-30 km [46]. Atšķirīga situācija ir datu centru novietojumam- tie parasti

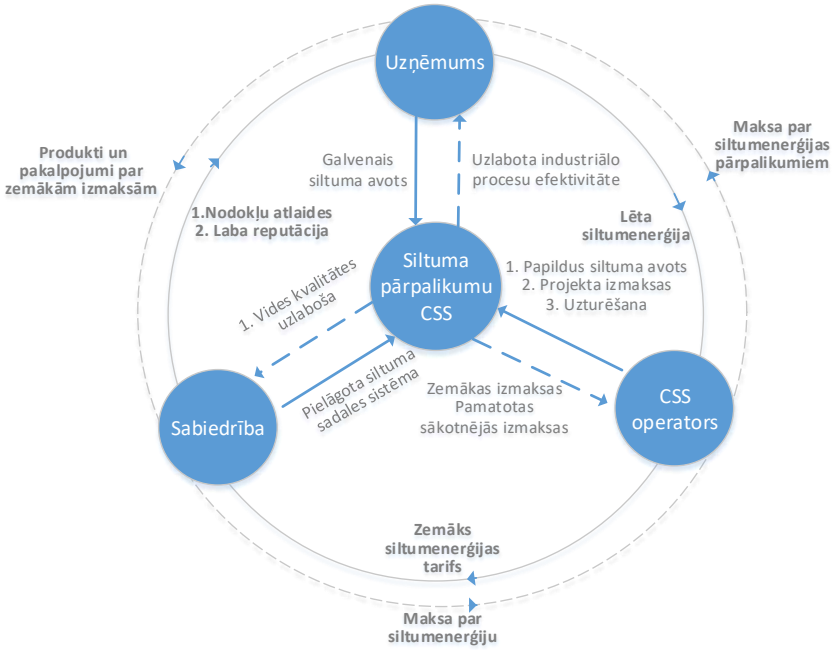
ir izvietoti tuvu CSS siltumtīkliem. Primāri nepieciešama šo siltumenerģijas avotu identificēšana un salāgošana ar atbilstošu siltumenerģijas patēriņu. Lai identificētu siltuma avotus, nepieciešams veikt to kartēšanu, nosakot siltumenerģijas pārpalikumu daudzumu, kā arī temperatūras potenciālu.

Vēl viens papildus aspekts, kas jāņem vērā, ir ražošanas procesa mainība, kas atkarīga no produktu pieprasījuma, laika apstākļiem, iekārtu darba stāvokļa u.c. Līdz ar to, siltumenerģijas pārpalikumi nevar tikt izmantoti kā vienīgais siltuma avots. Šādā sistēmā papildus nepieciešams integrēt papildus siltuma avotu, kas var nodrošināt rezerves siltuma jaudu, ja siltuma pārpalikumi nevar nodrošināt visu siltumenerģijas patēriņu.

Galvenais priekšnosacījums, lai varētu veiksmīgi integrēt CSS siltumenerģijas pārpalikumus no rūpnieciskajiem un dzesēšanas procesiem citās nozarēs, ir stratēģiska enerģijas sistēmas plānošana un sadarbība starp iesaistītajām pusēm [41]. Attēlā zemāk parādīti potenciālie ieguvumi uzņēmumam, kurā rodas siltuma pārpalikumi. Tie ir:

- uzlabota industriālā procesa efektivitāte
- ienākumi no siltumenerģijas pārdošanas,
- laba reputācija, kā arī nodokļu atlaides (ja tiek piemērotas).

CSS operators savukārt iegūst lētāku siltumenerģiju, kas ļauj samazināt darbības izmaksas un piedāvātos siltumenerģijas tarifus. Sabiedrība kopumā un siltumenerģijas patērētāju galvenais ieguvums ir lētāki siltumenerģijas tarifi un uzlabotā vides kvalitāte, ja izmantotie siltuma pārpalikumi aizstāj fosilos kurināmos. Papildus ieguvums ir arī pakalpojumi un produkti par zemākām cenām, ko spētu nodrošināt uzņēmums, ja darbojas efektīvāk un gūst papildus ienākumus no pārdotajiem siltumenerģijas pārpalikumiem.



1.12.att. siltumenerģijas pārpalikumu izmantošanas iesaistīto pušu mijiedarbības modelis [41]

Šāds iesaistīto pušu mijiedarbības modelis parāda, ka pozitīvu iegumu var saņemt visas ieinteresētās puses un politiskie instrumenti, kā finansiālais atbalsts vai nodokļu atlaides var sniegt papildus stimulu vienoties par siltumenerģijas pārpalikumu izmantošanu.

Alternatīvo avotu integrācija CSS

Alternatīvo enerģijas avotu integrācija CSS mūsdienās vairs nav jaunums, Skandināvijas un Rietumeiropas valstīs šādi projekti tiek īstenoti aizvien vairāk.

Biomasa

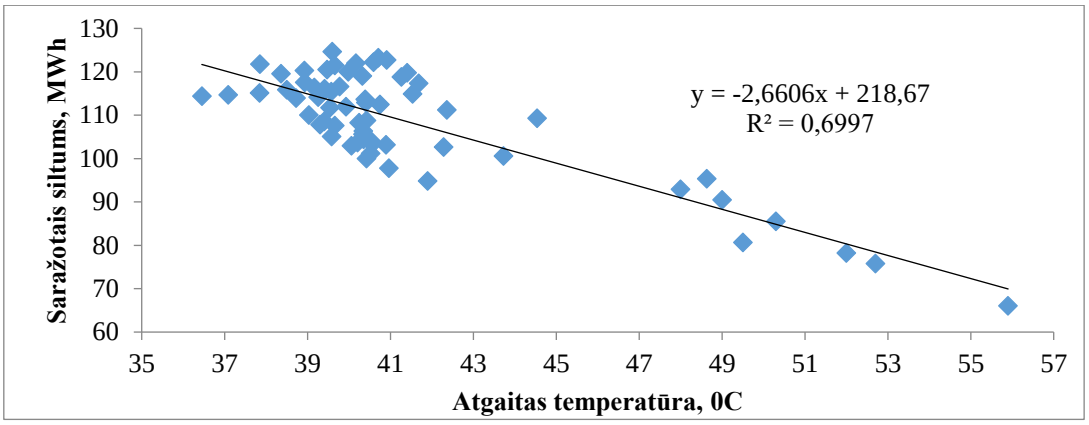
Latvijā jau šobrīd CSS veiksmīgi izmanto alternatīvo energoresursu-biomasu [49]. Meži aptver aptuveni 50 % Latvijas teritorijas, un kopējais to audzēšanas apjoms ir 631 miljons m^3 [50]. Šis rādītājs ir augstāks salīdzinājumā ar Latvijas kaimiņvalsti Lietuvu, kur mežaudzes apjoms ir aptuveni 500 miljoni m^3 [51]. Tas nozīmē, ka Latvijā ir liels koksnes resursu daudzums, ko varētu efektīvi izmantot enerģijas nozarē [52]. Patlaban Latvija nav starp valstīm ar vislielāko biomasas daļu kopējā kurināmā patēriņā, pat ja biomasas cena ir aptuveni divas reizes zemāka par dabasgāzes cenu.

Pēdējos gados biomasas sadegšanas tehnoloģijas ir būtiski attīstījušās. Siltuma ražošanas efektivitāte ir pieaugusi, attīstoties koksnes kurināmā koģenerācijas stacijām. Viens no nesenākajiem apspriestajiem risinājumiem koģenerācijas efektivitātes palielināšanai ir siltumapgādes sistēmas integrācija. Simulācijas ir parādījušas, ka siltuma akumulācijas sistēmu (HSS – *heat storage system*) integrācija var palielināt kopējo enerģijas ražošanas efektivitāti par aptuveni 8 %, ja ir pietiekams uzglabāšanas apjoms [53]. Inovatīvas tehnoloģijas (piemēram, elektrostatiskie attīrītāji) var arī samazināt cieto daļiņu emisiju līmeni, kas koksnes sadegšanas gadījumā tiek uzsvērta kā problēma cilvēku veselībai [54].

Daudzās biomasas katlumājās ir uzstādīti kondensācijas tipa ekonomaizeri vai dūmgāzu kondensatori. Kā siltumnesējs ekonomaizerī tiek izmantots siltumtīklu atgaitas ūdens no centralizētā siltumtīkla. Ieejot ekonomaizera sekcijās, ūdens sasilst, „paņemot" dūmgāzu fizisko un kondensācijas siltumenerģiju, un atgriežas kopējā siltumtīkla atgaitas kolektorā, kurš apvieno visu siltumtīklu atgaitas ūdeni [31]. Dūmgāzu dzesēšanas procesā izdalās:

- fiziskais siltums – dūmgāzu entalpiju starpība pie dūmgāzu ieejas temperatūras 160-180^{0}C un dūmgāzu izejas temperatūras 40-50^{0}C
- kondensācijas siltums – siltums, kas izdalās ūdens tvaika dzesēšanas procesā, tvaika temperatūrai esot zemākai par rasas punktu (57-58^{0}C).

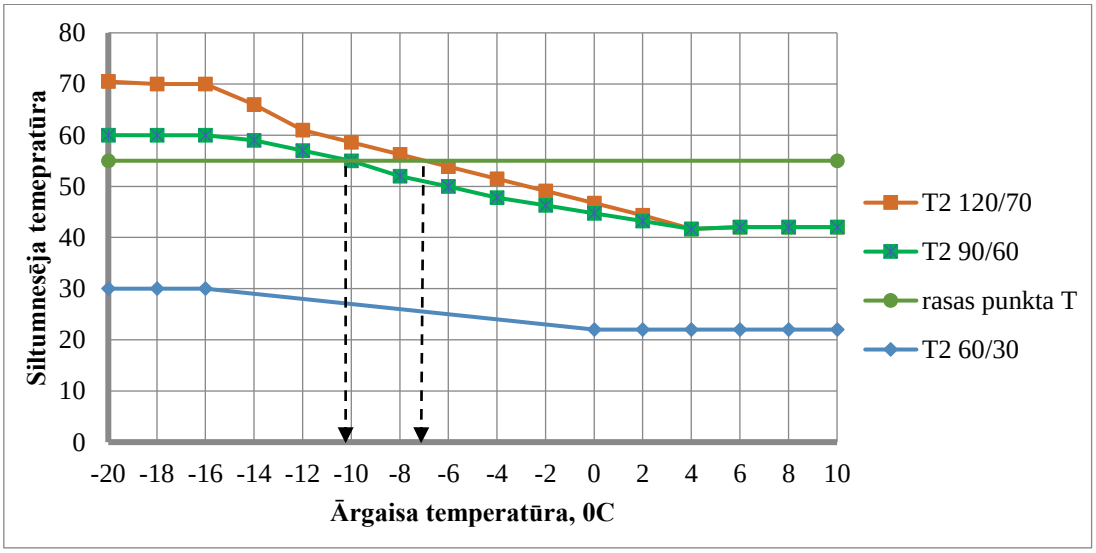
Dūmgāzes pēc ekonomaizera ir ar 100% relatīvo mitrumu. Ekonomaizers paaugstina katlumājas energoefektivitāti un papildus efektivitāti sniedz atgaitas temperatūras pazemināšana (sk.1.13.att.).



1.13.att. Biomasas katlu mājas sakarība starp tīkla ūdens atgaitas temperatūru un ekonomaizerī saražoto siltumenerģijas daudzumu [31]

1.13. attēlā redzama sakarība starp tīkla ūdens atgaitas temperatūru un saražoto siltumenerģijas daudzumu ekonomaizerī konkrētā siltuma centrālē. Attēlā redzamo vienādojumu, kas raksturo efektivitātes pieaugumu atkarībā no atgaitas temperatūras, iespējams izmantot, izvērtējot siltumapgādes sistēmu darbību pie cita temperatūras grafika.

1.14. attēlā atspoguļotas dažādas siltumtīklu atgaitas ūdens temperatūras un novilkta robežlīnija - temperatūra, pie kuras kondensācijas procesi ekonomaizerī apstājas. Ņemot vērā faktu, ka, pazeminoties atgaitas temperatūrai, ekonomaizers var strādāt papildus stundas (raustītā līnija attēlā) salīdzinot ar standarta siltumapgādes sistēmu, tas dod vēl vienu sastāvdaļu energoefektivitātes paaugstināšanai. Pie zemas temperatūras tīkliem ekonomaizers strādās visu gadu, jo atgaitas temperatūra ir zem kritiskās temperatūras.



1.14.att. Siltumtīklu atgaitas ūdens temperatūra

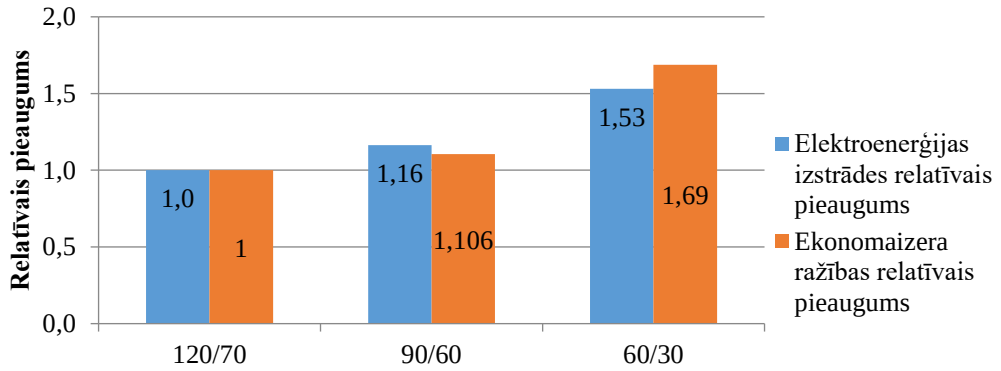
Ieguvums pārejai uz 4PSS ir arī koģenerācijas stacijās, jo iespējams izstrādāt papildus elektroenerģijas daudzumu. Izstrādātās elektroenerģijas daudzums palielinās, pieaugot entalpiju starpībai turbīnas ieejā un izejā. Nodrošinot

zemāku turpgaitas ūdens temperatūru, iespējams samazināt entalpiju turbīnas izejā. Svarīgs koģenerācijas sistēmas rādītājs ir elektriskās un siltuma jaudas attiecību a, kas raksturo, cik lielu elektrisko jaudu N_{el} (MWh) var nodrošināt uz siltuma jaudas N_Q (MWh) vienību. 1.1. tabulā dotas tvaika turbīnas alfa vērtības dažādiem temperatūras grafikiem.

1.1. tabula Elektriskās un siltuma jaudas attiecības dažādiem temperatūras grafikiem

Temperatūras grafiks	120/70	90/60	60/30
Alfa vērtība	0,21	0,25	0,33

1.15. attēlā salīdzināts izstrādātās elektroenerģijas un ekonomaizera rādītāju relatīvais pieaugums dažādiem temperatūras grafikiem attiecībā pret standarta temperatūras grafiku 120/70.

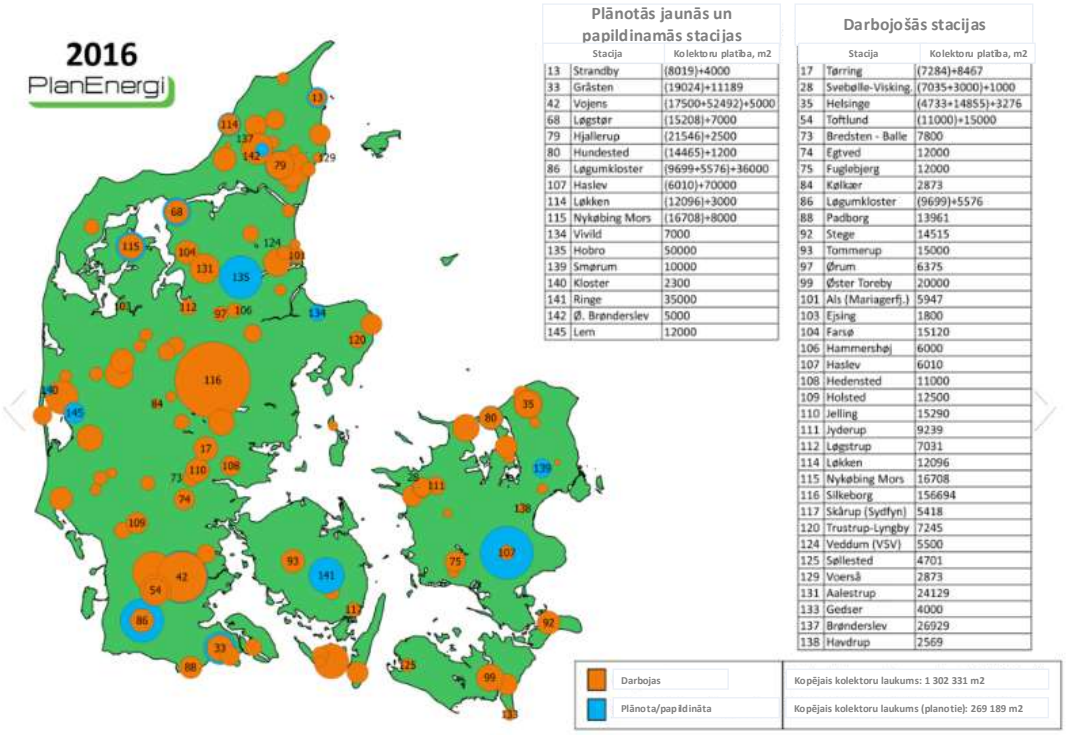


1.15. att. Relatīvais efektivitātes pieaugums pie dažādiem temperatūras grafikiem

Šīs energoefektivitātes paaugstināšanās komponentes siltumavotā, ja notiek pāreja uz 4PSS, sniedz izmaksu un kurināmā samazinājumu, kas rezultējas konkurētspējīgākā CSS.

Saules siltumenerģija

Citu valstu pieredze rāda, ka CSS ekonomiski pamatoti var integrēt arī saules siltumu izmantojošas tehnoloģijas [55]. Visstraujāk šāda veida projekti attīstās Dānijā, kur 2016.gadā jau izbūvētas ap 100 saules siltumenerģijas sistēmas (tajā skaitā arī koģenerācijas stacijas) ar integrētiem saules kolektoriem vairāk kā 1,3 miljonu m^2 platībā [56]. 1.16.attēlā parādītas Dānijā līdz 2016.gadam uzstādītās un plānotās saules kolektoru stacijas. Attēlā norādīti saules kolektoru laukumi.



Plānotās jaunās un papildinamās stacijas

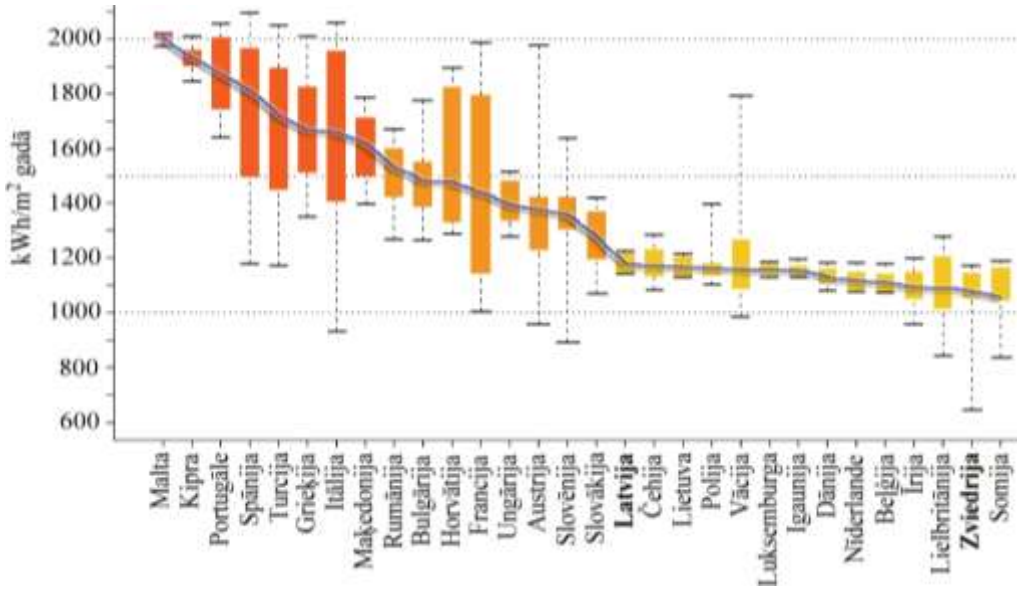
	Stacija	Kolektoru platība, m2
13	Strandby	(8019)+4000
33	Grårsten	(19024)+11189
42	Vojens	(17500+52492)+5000
68	Løgstør	(15208)+7000
79	Hjallerup	(21546)+2500
80	Hundested	(14465)+1200
86	Løgumkloster	(9699+5576)+36000
107	Haslev	(6010)+70000
114	Løkken	(12096)+3000
115	Nykøbing Mors	(16708)+8000
134	Vivild	7000
135	Hobro	50000
139	Smørum	10000
140	Kloster	2300
141	Ringe	35000
142	Ø. Brønderslev	5000
145	Lem	12000

Darbojošās stacijas

	Stacija	Kolektoru platība, m2
17	Tørring	(7284)+8467
28	Svebølle-Visking.	(7035+3000)+1000
35	Helsinge	(4733+14855)+3276
54	Toftlund	(11000)+15000
73	Bredsten - Balle	7800
74	Egtved	12000
75	Fugleberg	12000
84	Kølkær	2873
86	Løgumkloster	(9699)+5576
88	Padborg	13961
92	Stege	14515
93	Tommerup	15000
97	Ørum	6375
99	Øster Toreby	20000
101	Als (Mariagerfj.)	5947
103	Ejsing	1800
104	Farsø	15120
106	Hammershøj	6000
107	Haslev	6010
108	Hedensted	11000
109	Holsted	12500
110	Jelling	15290
111	Jyderup	9239
112	Løgstrup	7031
114	Løkken	12096
115	Nykøbing Mors	16708
116	Silkeborg	156694
117	Skårup (Sydfyn)	5418
120	Trustrup-Lyngby	7245
124	Veddum (VSV)	5500
125	Søllested	4701
129	Voerså	2873
131	Aalestrup	24129
133	Gedser	4000
137	Brønderslev	26929
138	Havdrup	2569

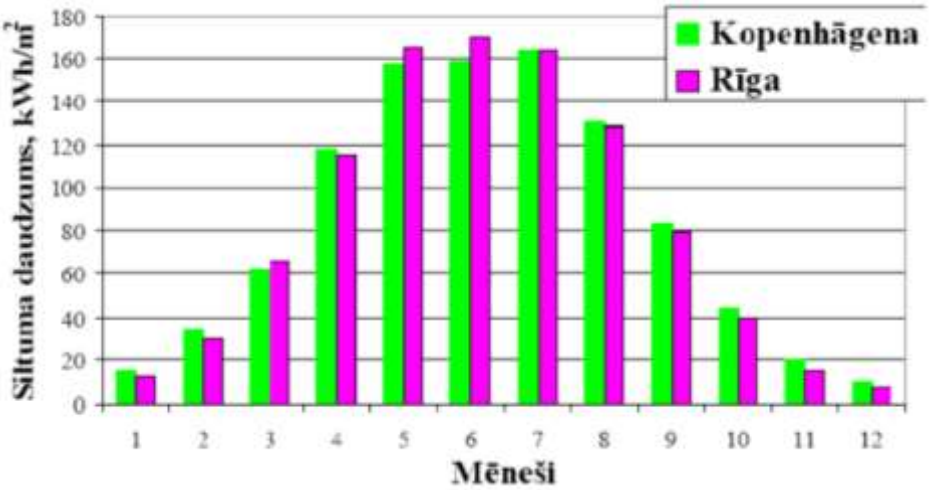
1.16.att. Dānijā jau uzstādītās un plānotās lielas jaudas saules kolektoru stacijas [56]

Gada vidējā saules radiācija (starojuma siltums) Latvijā ir vidēji 1000-1100 kWh/m^2 gadā, kas nozīmē, ka saule spīd aptuveni 1700-1900 stundas gadā [57]. Saules enerģijas potenciāls ES dalībvalstīs ir parādīts 1.17. attēlā. Attēlā redzams saules radiācijas daudzums uz optimālā leņķī uzstādītas un pret dienvidiem orientētas virsmas. Latvijā pieejamais saules enerģijas daudzums ir līdzīgs tādām valstīm kā Vācija, Dānija, Nīderlande u.c. [57].



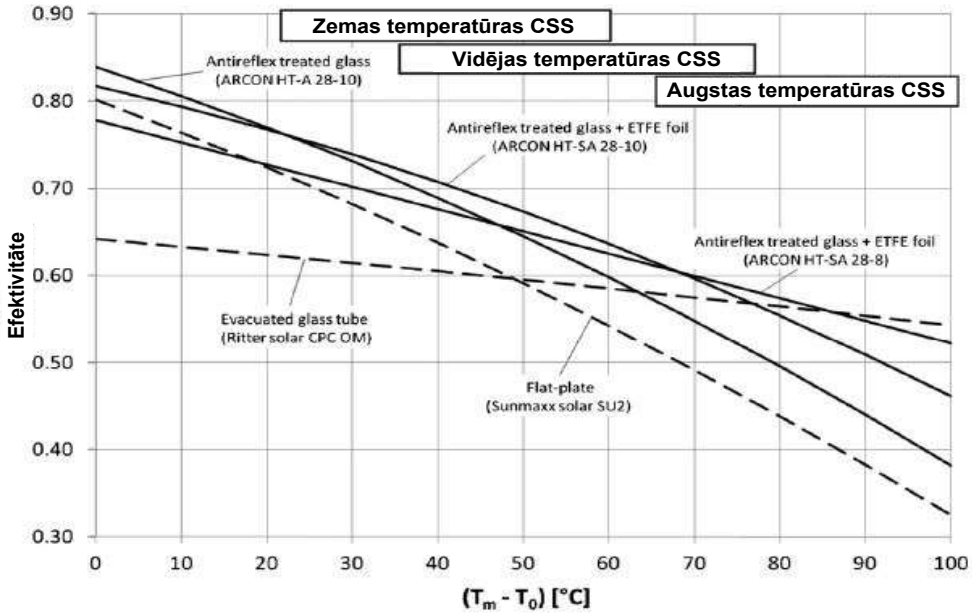
1.17.att. Eiropas valstīs pieejamais saules radiācijas daudzums [57]

Vidējais saules radiācijas daudzums Dānijā ir nedaudz augstāks nekā Latvijā- 1200 kWh/m². 1.18.attēlā redzams saules siltuma daudzuma salīdzinājums pa mēnešiem Kopenhāgenā un Rīgā. Atšķirības saules intensitātei ir nelielas un, līdz ar to, saules spīdēšanas periods var tikt uzskatīts par argumentu saules paneļu un kolektoru izmantošanas attīstībai Latvijā.



1.18.att. Saules radiācijas līmenis Latvijā un Dānijā [57]

Saules kolektoru efektivitāti cieši ietekmē siltumnesēja temperatūra. 1.19.attēlā redzamas dažādu saules kolektoru efektivitātes līknes kā funkcija no siltumnesēja kolektorā un apkārtējās vides temperatūru starpības.



1.19.att. Saules kolektoru efektivitāte atkarībā no siltumnesēja un apkārtējās vides temperatūru starpības [58]

1.19. attēlā shematiski atzīmētas attiecīgi zemas, vidējas un augstas temperatūras CSS sistēmas. Lai gan attēlā norādītas dažāda veidu kolektoru efektivitātes līknes, tām visām ir vienāda tendence- efektivitāte pieaug,

samazinoties apkārtējās vides un siltumnesēja temperatūru starpībai, no kā var secināt, ka pazeminot siltumnesēja temperatūru, krietni pieaug saules kolektoru efektivitāte un līdz ar to iespējams saražot vairāk siltumenerģijas. Arī lielākajās saules CSS integrētiem saules kolektoriem siltumnesēja temperatūras līmenis variē vidējas vai zemas temperatūras CSS līmenī.

Analizējot pasaulē īstenotos projektus, kuros siltumapgādē integrēti saules kolektori, iespējams noteikt vairākus būtiskus aspektus, lai sistēma uzradītu pēc iespējas augstāku efektivitāti [59]:

- Patērētāja siltumslodzes un optimālās jaudas rūpīga izvērtēšana;
- Sezonālās siltuma akumulācijas tvertnes integrācija;
- Pīķa slodzes segšana izmantojot fosilos kurināmos vai biomasu;
- Pēc iespējas zemākas siltumnesēja turpgaitas un īpaši atgaitas temperatūras nodrošināšana;
- Energoefektivitātes pasākumu īstenošana un zemas temperatūras sildķermeņu ieviešana;
- Lai sistēmas darbību optimizētu, nepieciešams patstāvīgs rādītāju monitorings un efektivitātes izvērtējums;

Ja augstāk minētie aspekti, sistēmas izbūves posmā tiek ņemti vērā, tad saules kolektoru integrācija CSS var būt ekonomiski pamatota, sniedzot būtisku energoresursu ietaupījumu.

1.2. Citu Eiropas Savienības valstu pieredze 4PSS ieviešanā

1.2.1. Pilotprojektu analīze

Lai gan Latvijā līdz šim nav ieviesta zemas temperatūras 4PSS, tā jau veiksmīgi darbojas vairākās Eiropas vietās, piemēram, Dānijā, Zviedrijā, Vācijā, Austrijā u.c. Nodaļā apskatīti gan tipiski zemas temperatūras CSS piemēri, gan saules CSS, kas arī darbojas ar pazemināta siltumtīklu temperatūru.

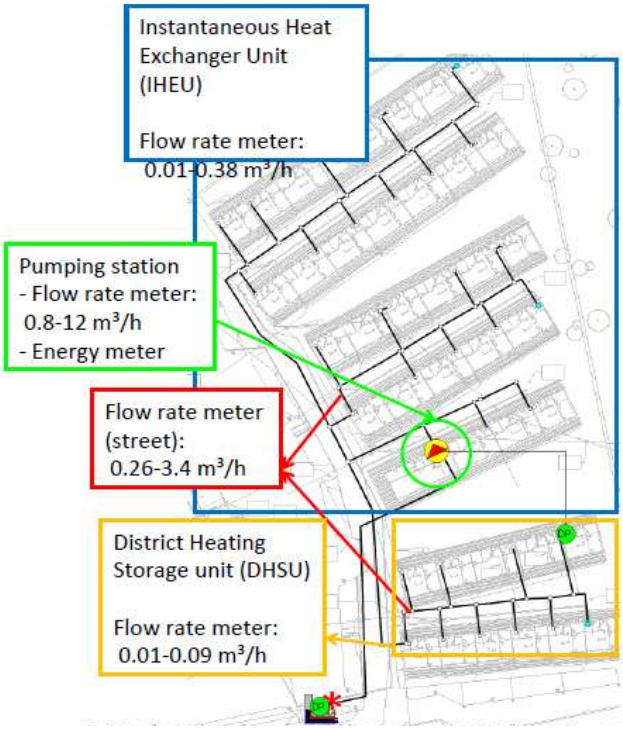
Lūstrupa, Dānija

Lūstrupas privātmāju mikrorajons ir viens no plašāk pētītajiem 4PCSS pilotprojektiem. Tur zemas temperatūras CSS nodrošina apkuri un karsto ūdeni 7 rindu mājām, kurās izvietoti 40 dzīvokļi 87m^2 un 110m^2 platībā. Kopējā apsildāmā platība šim projektam ir 4115 m^2. Siltuma patēriņš ēkā ir 37 kWh / m^2 gadā, no kuriem 31,4 kWh / m^2 izmanto telpu apkurei. Dzīvokļos tiek izmantoti gan radiatori, kas pielāgoti pazemināta siltuma piegādes temperatūrai, gan grīdas apsilde. Zema temperatūras apkures sistēma Dānijā tika pabeigta 2011. gadā [32].

Šai apkures sistēmai ir lielāks spiediens (10 bāri), lai nodrošinātu nepieciešamo plūsmu gala patērētājam. Palielināts spiediens rada papildu elektroenerģijas patēriņu, bet to kompensē samazinātie siltuma zudumi [35].

Ēkās patērētājam ir uzstādīti dažādi siltummezgli. Dažiem patērētājiem ir uzstādīti siltummaiņi (kopā 30), bet dažiem patērētājiem papildus ir uzstādītas siltuma akumulācijas tvertnes (kopā 11).Attēlā zemāk parādīta apkures sistēmas shēma šim pilotprojektam. Attēlā parādīti plūsmas ātrumi dažādos sistēmas punktos, kā arī patērētāju sadalījums ar dažāda veida siltummezgliem.

Var redzēt, ka lielākā daļa patērētāju izmanto samērā vienkāršu sildīšanas vienības risinājumu ar siltummaini.



1.20. att. Zemas temperatūras centralizētā siltumapgāde Dānijā, Lystrup [35]

Karstā ūdens sadales sistēma tika rūpīgi izstrādāta tā, lai katrai karstā ūdens iekārtai būtu atsevišķs cauruļvada pievads, kā arī samazināti cauruļvada diametri līdz minimālam izmēram. Līdz ar to, ūdens daudzums karstā ūdens padevei, ieskaitot tilpumu karstā ūdens siltummainī, tiek turēts zem 3 l. Šāds daudzums ir maksimālais pieļaujamais ūdens tilpums, kas nodrošina drošību attiecībā uz *Legionella* baktēriju saslimšanas risku. [37]

Šis pilotprojekts ir tipisks piemērs tam, kā 4PSS var tikt integrēta esošajā CS ar augstāku siltumnesēja temperatūru. Teritorijā nav papildus siltuma avota, jo siltums tiek nodrošināts tieši no esošās CS ar vidēju temperatūru. Nepieciešamā temperatūra tiek nodrošināta sajaucot atgaitas plūsmu ar turpgaitas plūsmu, izmantojot speciālus vārstus un temperatūras sensorus.

Vairāku gadu darbības rezultāti liecina, ka pilotprojektā veiksmīgi iespējams nosegt apkures un karstā ūdens patēriņu ar zema potenciāla siltumenerģiju, ko apstiprina iedzīvotāju atsauksmes. Pilotprojekta siltumenerģijas zudumi sastāda 17% no pievadītā daudzuma, kas salīdzinot ar standarta siltumapgādes grafiku ir aptuveni trīs reizes mazāks rādītājs.

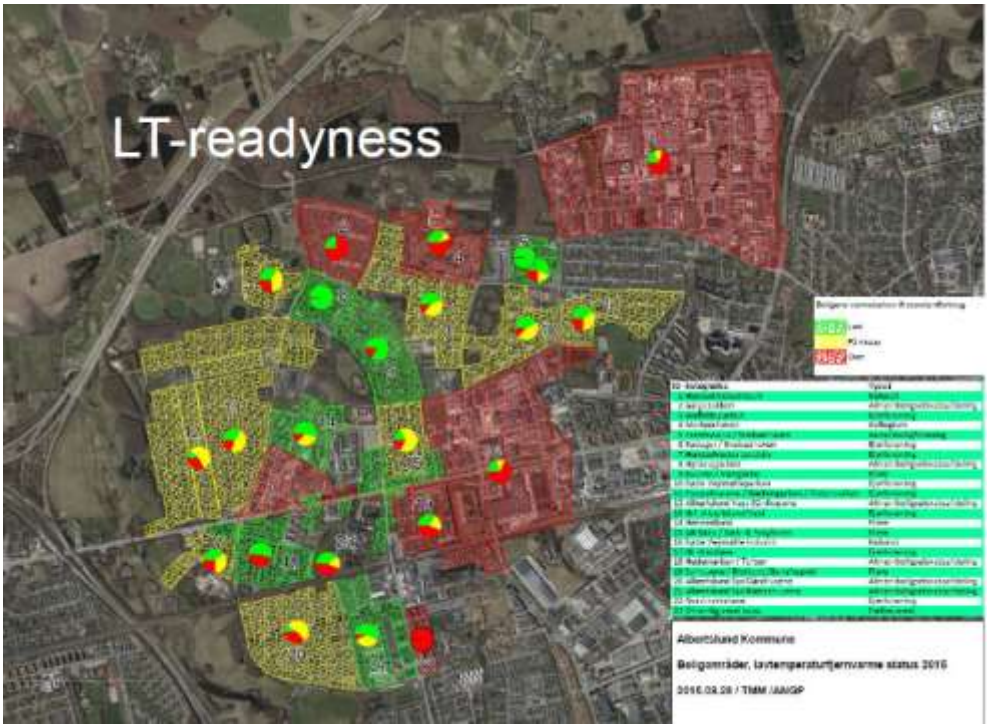
Pilotprojekta siltumtīklu un apakšstaciju kopējās izmaksas 2010.gadā sastādīja aptuveni 347 tūkstošus Eiro. Pilotprojekts tika īstenots ar Dānijas Enerģētikas iestādes finansējumu, kura līdzekļi tiek piešķirti pētniecības un attīstības mērķiem. Tas daļēji sedza investīciju izmaksas 4PSS tīkla projektēšanai un ieviešanai. [60]

Salīdzinot siltuma zudumus zemas temperatūras CSS un standarta temperatūras gadījumā, noteikts aptuveni 147 MWh liels ietaupījums gadā. Pie dabasgāzes

CO_2 emisiju faktora 0,202 t CO_2/MWh, šāda projekta īstenošana rezultējusies 31,3 tonnu CO_2 emisiju samazinājumā gadā. Pret attiecīgajām izmaksām iespējams noteikt izmaksu intensitāti, kas ir 0,57 kWh/EUR un 0,09 kgCO_2/EUR ieguldītā finansējuma [60].

Albertslundas koncepts

Zemas temperatūras centralizētās siltumapgādes ieviešanas piemērs renovētās ēkās ir Albertslundā, Kopenhāgenas piepilsētā. Albertslundas Dienvidu daļas ēkas tika būvētas laika periodā no 1963. līdz 1968.gadā. Pašvaldības plānā tuvāko 10 gadu laikā veikt nozīmīgus ēku renovācijas darbus, lai sasniegtu nospraustos klimata mērķus- kļūt CO_2 neitrālai līdz 2025.gadam.



1.21.att. Alberstlundas pilsētas plāns ar atzīmētām teritorijām, kas ir gatavas zemas temperatūras centralizētajai siltumapgādei [41]

Pilsētā 97% no piegādātās siltumenerģijas tiek saņemts no CSS. Galvenais siltuma avots ir biomasas koģenerācijas stacija un atkritumu sadedzināšanas iekārtas. CSS ir bezpeļņas organizācija Dānijā. Attēlā zemāk parādīts pilsētas plāns, kurā ar dažādām krāsām norādīta dažādu teritoriju gatavība ieviest ZTS.

Pilsētas attīstības plānā paredzēts renovēt lielāko daļu ēku, veikt CSS siltumtrases nomaiņu 350 km garumā un ieviest zemas temperatūras siltumapgādes sistēmu līdz 2025.gadam.

1.22.att. Renovētās ēkas piemērs un uzstādītie zemas temperatūras sildķermeņi [62]

Viens no renovēto ēku piemēriem ir divstāvu daudzīvokļu ēkas, kurās pēc rekonstrukcijas enerģijas patēriņš apkurei tika samazināts par 60%. Ēkās uzstādīti zemas temperatūras radiatori, kuros ieejas plūsmas temperatūra ir 58°C. Atpakaļgaitas plūsma no radiatoriem tālāk tiek nodota grīdas apkures sistēmā. Karstā ūdens sagatavošanai ir uzstādīti speciāli pielāgoti karstā ūdens siltummaiņi, kuros kopējais ūdens tilpums ir 0,5 l un tie ir auksti, kad ūdens netiek izmantots.[62]

Albertslundā ieviestā pazeminātas temperatūras siltumapgādes sistēma ļauj efektīvi izmantot zema potenciāla siltumenerģijas pārpalikumus. Viens no realizētajiem projektiem ir siltuma atgūšana no IT uzņēmuma "Jaynet A/S" serveru telpām ar uzstādītā siltumsūkņa palīdzību. Siltumsūknis noņem lieko siltumu no serveru telpām un paaugstina temperatūru līdz 75°C [86]. Daļa siltumenerģijas tiek izmantota ēkas apkurei, bet pārējā tiek nodota centralizētajai siltumapgādes sistēmai, kas gadā sastāda pat 1 GWh siltumenerģijas. Lai gan dzesēšana ar siltumsūkņa palīdzību izmaksā dārgāk nekā tradicionālā sistēma, tomēr ieguvumi rodas no pārdotās siltumenerģijas. Šajā projektā vienīgās izmaksas ir uzstādītais siltumsūknis un tā apsaistes sistēma, kas sastāda 50000 EUR. Samazinātais SEG emisiju daudzums, ņemot vērā CSS nodoto siltumenerģijas daudzumu un papildus patērēto elektroenerģijas daudzumu siltumsūkņa darbināšanai, ir 134,7 tonnas CO_2 emisiju gadā (pie emisiju faktora 0,202 t CO_2/MWh). Projekta ekonomiskie rādītāji ir 13,33 kWh/EUR siltumenerģijas un 2,69 kg CO_2/EUR ieguldīto līdzekļu. [86]

Soenderbaja, Dānija

Cits pilotprojekts atrodas esošajā apbūves zonā, ko sauc par Sønderby (Soenderby) un kas ir priekšpilsēta Dānijas galvaspilsētai Kopenhāgenā. Pilotprojekts aptver daļu no apdzīvotās vietas ēkām- 75 atsevišķas ķieģeļu mājas, kas uzceltas 1997/98.gadā. Katras mājas dzīvojamā platība ir 110-212 m^2 ar kopējo apkurināmo platību 11 230 m^2. [60]

Tā kā esošā siltumapgādes sistēma nedarbojās efektīvi, ēkām tika nolemts projektēt un pieslēgt jaunu 4PSS. Katrā no mājām tika izvietots jaunas apakštacijas ar speciāli pielāgotiem siltummaiņiem karstā ūdens un apkures nodrošināšanai. Siltumtīkli tikai nomainīti un pielāgoti 4PSS tehnoloģijai-

paaugstinātam darba spiedienam un zemākai temperatūrai. Gā galvenais siltuma avots kalpo blakus esošā mikrorajona CSS atpakaļgaitas plūsma, kas nepieciešamības gadījumā tiek piesildīta ar turpgaitas plūsmu.

Visās ēkās tika pārprojektēta karstā ūdens piegādes sistēma, lai minimizētu kopējo ūdens tilpumu sistēma līdz 3 l. Kā iekšējā apkures sistēma tiek izmantota grīdas apkure, kas ir piemērota zemas temperatūras CSS.

1.23.att. Soenderbaja pilotprojekta ēku mikrorajons un vienģimenes māja [60]

Sistēmas darbības rādītāji liecina, ka ar "auksto" atpakaļ gaitas plūsmu no blakus esošās standarta CSS iespējams nosegt 80% no ēku siltumenerģijas patēriņa. Vidējā piegādes temperatūra ir 55°C, bet atpakaļ gaitas temperatūra 40°C, kas ir augstāka nekā prognozēts dēļ dažu individuālo siltummezglu darbības traucējumiem.

Šis projekts parādīja, ka 4PSS koncepcija darbojas arī esošajās ēkās ar grīdas apsildi kā telpu apkures sistēmu. Rezultāti liecina, ka klientiem var piegādāt siltumnesēju ar pieplūdes temperatūru apm. 55 ° C, un tas atbilst gan apkures prasībām, gan drošai karstā ūdens piegādei. Ieviešot zemas temperatūras siltumapgādi (ZTS) tika samazināti gan īpatnējie siltuma zudumi līdz aptuveni 13%, gan paaugstināta kopējā siltumapgādes efektivitāte, jo tiek nodrošināta zemāka atgaitas temperatūra.

Projekta ietvaros tika veikta siltumtrases nomaiņa, patērētāju siltummezglu pielāgošana, sūkņu stacijas uzstādīšana un citi rekonstrukcijas darbi. Kopējās izmaksas veido aptuveni 662 tūkstošus Eiro. Projekta ietvaros kopējie siltumenerģijas zudumi tika samazināti no 41% līdz 13%. Papildus ieguvumu sniedz atgaitas temperatūras pazemināšana, kas paaugstina siltumenerģijas ražošanas efektivitāti. Kopējais ietaupījums ir aptuveni 543 MWh gadā, kas rezultējas 107,8 tonnu CO_2 emisiju samazinājumā. Projekta izmaksu efektivitāte ir 0,16 samazināto kg CO_2 emisiju un 0,82 kWh siltumenerģijas ietaupījuma uz 1 ieguldīto EUR.[60]

Vasteras modelis

Vastera ir augoša rūpniecības, tirdzniecības un loģistikas pilsēta, kas atrodas Zviedrijas centrālajā daļā, apmēram 100 km no Stokholmas. 2007.gadā pašvaldība apstiprināja Enerģētikas attīstības plānu, kas bija katalizators

energoefektivitātes paaugstināšanai un ietekmes uz vidi samazināšanai. Pašvaldības Nekustamo īpašumu departaments ieguldīja 100 miljonus Zviedru mārciņu, lai paātrinātu esošo ēku atjaunošanu un energoefektivitātes paaugstināšanu. Enerģētikas plānā arī tika iekļauti strikti energoefektivitātes standarti jaunbūvējamām ēkām, kas tiek būvētas uz pašvaldībai piederošas zemes.

Pilsētā centralizēto siltumapgādi nodrošina pašvaldības uzņēmums "Malarenergi", kam pieder atkritumu koģenerācijas stacija. Relatīvi zemā elektroenerģijas cena un paaugstinātā ēku energoefektivitāte padarīja ekonomiski neizdevīgu jauno vienģimenes māju pievienošanu esošajai siltumapgādes sistēmai. Lai šo problēmu novērstu, siltumapgādes operators kopā ar Nekustamo īpašumu departamentu izstrādāja ZTS konceptu kombinējot tehnoloģiskos risinājumus ar biznesa modeli, lai padarītu centralizēto siltumapgādi energoefektīvajās ēkās izdevīgu. Augstā standarta CSS temperatūra tiek pazemināta līdz 60°C apakštacijā ar siltummaiņa palīdzību, kā arī ēku pievienošanai siltumtīklam tiek izmantotas lētākas plastmasas caurules, jo tam nav nepieciešams izturēt tik augstu temperatūru. [63]

Papildus aspekts jaunajā ZTS (Vasteras modelī) ir saimniecības iekārtu (trauku mazgājamo mašīnu, veļas mašīnu, žāvētāji, vannas istabu grīdas apkures) pārslēgšana no elektroenerģijas uz CSS, kas ļauj palielināt īpatnējo siltumenerģijas blīvumu (kWh/m^2) šajos zema siltumenerģijas patēriņa apgabalos.

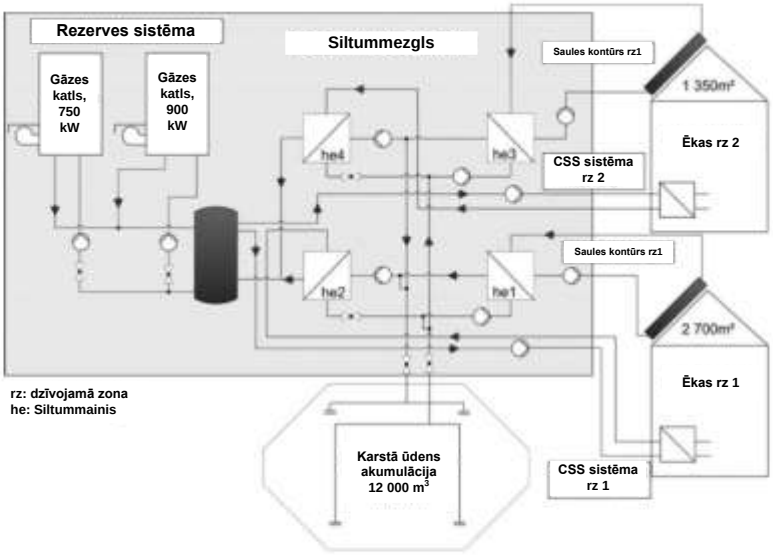
Viens no CSS pievienoto ēku piemēriem ir četras zema patēriņa daudzdzīvokļu ēkas "Raseglet", ko izbūvējusi pašvaldības īpašumu kompānija sadarbība ar siltumapgādes operatoru. Ēkās apkure, karstā ūdens sagatavošana, kā arī siltumenerģija sadzīves iekārtām tiek nodrošināta ar ZTS kopš 2013. gadā. Projekta galvenais secinājums ir, ka šāds tehnoloģiskais risinājums nepadara dzīvokļus daudz dārgākus, bet ilgtermiņā sniedz ekonomisko ietaupījumu, jo ir zemas siltumenerģijas izmaksas.[63]

Saules CSS Vācijā

Viens no 4PSS risinājumiem ir saules kolektoru izmantošana. Saules kolektoru integrēšana CSS attīstību Vācijā galvenokārt veicinājusi projekta „Solartermie" īstenošana. Šī projekta ietvaros kopš 1996.gada tika īstenoti 11 pilotprojekti - centralizētas siltumapgādes sistēmas ar integrētiem saules kolektoriem un sezonālo siltuma akumulāciju [58]. Gandrīz visos šajos projektos siltumapgādes sistēma projektēta ar zemāku siltumnesēja temperatūru (50-65°C), lai paaugstinātu kopējo sistēmas efektivitāti. Tā kā ieviestās sistēmas darbojas jau vairāk kā divdesmit gadus, ir iespējams izvērtēt to darbības parametrus un iespējamos uzlabojumus.

Viens no Vācijā īstenotajiem projektiem ir Frīdrihsāfenā (Friedrichshafen), kur uz ēku jumtiem izbūvēti saules kolektori 4050 m^2 platībā, bet enerģijas akumulāciju nodrošina akumulācijas tvertne ar kopējo tilpumu 12 000 m^3. Kopumā šī sistēma ar siltumu nodrošina 23 000 m^2 dzīvojamās platības. Lai sistēma darbotos patstāvīgi, pīķa slodžu segšanu nodrošina divi gāzes katli [58].

Sistēmas hidrauliskā shēma redzama 1.24.attēlā. Shēmā atsevišķi atdalīti dzīvojamie rajoni „rz1" un „rz2", kas tika izbūvēti ar laika nobīdi.



1.24.att. Frīdrihsāfenā īstenotās integrētās saules siltumapgādes sistēmas hidrauliskā shēma [58]

Monitoringa dati liecina, ka Frīdrihsāfenā uzstādīto kolektoru efektivitāte svārstās no 291- 400 kWh uz m^2 kolektora efektīvā laukuma gadā, kas atkarīgs no saules intensitātes. Saules siltumenerģijas īpatsvars kopējā siltumenerģijas patēriņā variē no 21 līdz 33%, kas ir zemāk nekā plānotais rādītājs sistēmu uzstādot (43%). Tas skaidrojams ar dažādiem neparedzētiem aspektiem [58]:

- Par 10% augstāks ēku siltumenerģijas patēriņš;
- Augstāka atgaitas ūdens temperatūra;
- Lielāki akumulācijas tvertnes siltuma zudumi.

Cits liela mēroga saules siltumenerģijas sistēmas piemērs Vācijā ir izbūvēts Eggensteinā, kas ir pirmais realizētais pilotprojekts renovētu esošo ēku mikrorajonā [64]. Ēku komplekss sastāv no skolas, sporta zāles, publiskā baseina un ugunsdzēsēju depo. Kopējā apkurināma platība ir 12 000 m^2. Kopējais uzstādītais saules kolektoru laukums ir 1600 m^2, papildus uzstādīta 4500 m^3 liela gruntsūdeņu sezonālā akumulācijas tvertne ar siltumsūkni. Pīķu slodzes segšanai uzstādīti divi 600 kW gāzes apkures katli. Sistēmas siltuma piegādes temperatūra ir 60°C, bet atgaitas 30°C.

Šī saules sistēma gadā saražo aptuveni 1915 MWh siltumenerģijas. Saules kolektoru un sezonālās akumulācijas tvertnes izmaksas veidoja 3,2 miljonus Eiro. Tā kā ar sauli saražotā siltumenerģija aizstāj siltumenerģiju no fosilajiem kurināmajiem (pieņemta dabasgāze), tad rezultējošais CO_2 emisiju samazinājums ir 386,83 tonnas gadā. Projekta izmaksu efektivitāte ir 0,12 kg samazināto CO_2 emisiju un 0,60 kWh saražotās atjaunojamās siltumenerģijas uz 1 ieguldīto EUR [87].

Vorgla, Austrija

Vorgla (Wörgl) ir Austrijas pašvaldība, kas izvirzījusi ļoti ambiciozu vides aizsardzības mērķi- līdz 2025. gadam izslēgt fosilā kurināmā izmantošanu siltumenerģētikā. Kā viens no soļiem šī mērķa sasniegšanai ir paredzēts pilotprojekts, kura mērķis ir nodrošināt iedzīvotāju apkurei nepieciešamo siltumenerģiju ar siltuma pārpalikumiem no netālu esošas "Tirol Milch" piena rūpnīcas. Šīs iniciatīvas ietvaros izveidots jaunu zema enerģijas patēriņa rindu māju komplekss. Siltuma avots ēkām ir lokālā biomasas koģenerācijas stacija un trīs siltumsūkņi, kas uzstādīti piena pārstrādes rūpnīca. Siltumtīklu turpgaitas temperatūra 60°C.[65]

Siltumapgādes sistēmas rekonstrukcijas un siltumsūkņu uzstādīšanas izmaksas ir aptuveni 17 miljoni Eiro. Biomasas katlu māja un piena pārstrādes uzņēmums gadā nodrošina 25500 MWh siltumenerģijas Vorglas iedzīvotājiem. Kopējais CO_2 emisiju ietaupījums sastāda 5151 tonnu gadā, ja kā kurināmais tiek aizstāta dabasgāze. Projekta izmaksu efektivitāte ir 0,30 kg samazināto CO_2 emisiju un 1,5 kWh saražotās atjaunojamās siltumenerģijas uz 1 ieguldīto EUR [88].

1.2.tabula. Pārskats par analizētajiem pilotprojektiem [60-66]

Valsts	Nosaukums	Ēku veids	Apkurināmā platība, m²	Īpatnējais siltumenerģijas patēriņš apkurei, kWh/m²	Iekšējā ēku apkures sistēma	Tīklu temperatūra	Siltuma avots	Tehnoloģiskie risinājumi
Dānija	Lūstrupa	Zema patēriņa vienģimeņu dzīvojamās mājas	4115	31,4	Radiatori un grīdas apkure	50°C	CSS, sajaucot esošās sistēmas turpgaitas un atgaitas plūsmas	Paaugstināts spiediens tīklos (10 bar)
Dānija	Sonderbaja	Renovētas vienģimeņu mājas	11 230	93,6	Grīdas apkure	55°C	Standarta CSS atgaitas plūsma (80%)	Paaugstināts spiediens tīklos (10 bar)
Dānija	Albertslunda	Renovētas daudzīvokļu ēkas	-	60% siltumenerģijas patēriņa samazinājums pēc rekonstrukcijas	ZT radiatori un grīdas apkure	60°C	ZT CSS	Renovēti siltumtīkli
Zviedrija	Vasteras modelis	Jaunbūvējamas zema patēriņa daudzīvokļu ēkas		<45	Grīdas apkure	60°C	Standarta CSS ar pazeminātu temperatūru	Sadzīves tehnikas siltumenerģijas sagatavošana ar CSS siltumu
Norvēģija	Østre Hageby	Jaunbūvētas daudzdzīvokļu ēkas	6800	50 kWh/m² (Pasīvās ēkas standarts)	Radiatori aprīkoti ar ventilatoriem	55 °C	Zemes siltumsūknis	
Vācija	Eggensteina	Renovētas publiskās ēkas	12000	76 kWh/m²	Radiatoru apkure	60 °C	Saules siltumenerģija ar sezonālo akumulācijas tvertni	
Austrija	Vorgla	Jaunbūvētas daudzīvokļu ēkas	Nav informācijas	Nav informācijas	Radiatoru apkure	60 °C	Siltumenerģijas pārpalikumi no piena pārstrādes uzņēmuma	

1.2.2. Ieviešanas mehānismi un atbalsta instrumenti

Vietējām pašvaldībām ir svarīga loma sabiedrības izpratnes veicināšanā par reģiona enerģētikas sektoru, tā ieguvumiem, kā arī ieinteresēto personu un investoru uzticības veidošanā. Pašvaldībai ir plašs rīku klāsts, lai sasniegtu plašāku sabiedrību un iedzīvotājus, piemēram, izglītojošas kampaņas ar semināriem, publiskie plašsaziņas līdzekļi vai tīmekļa vietnes, sacensības un balvas, ziņojumi, datu vākšana un publikācijas, informācijas centri un demonstrējumu projekti. [67-68]

Analizējot īstenotos 4PSS pilotprojektus, kā viens no svarīgākajiem atbalsta instrumentiem tiek identificēta stratēģiskā plānošana, ieviešot siltumenerģijas attīstības plānus un/vai zonējumus. Parasti stratēģiskais plāns tiek izstrādāts pašvaldības līmenī un var iekļaut prioritāros vai pat obligātos enerģijas avotus. Nosakot skaidru vīziju un mērķus, pašvaldības var veidot izpratni un veicināt atbalstu reģiona ilgtspējīgai energosistēmu attīstībai. Atbalstot centralizēto vai lokālo enerģijas ražošanu, atjaunojamos energoresursus, CO_2 emisiju samazināšanu vai citas aktivitātes, tiek noteiktas ilgtermiņa vadlīnijas un politisko lēmumu fokuss, kā arī tiek novērsti dažādi esošie vai potenciālie interešu konflikti starp departamentiem, uzņēmumiem un citām ieinteresētajām pusēm. Ņemot vērā šādu stratēģisko dokumentu būtisko ietekmi uz ilgtspējīgu siltumapgādes attīstību, nepieciešams veicināt pašvaldību zināšanas par inovatīviem tehnoloģiskajiem risinājumiem.

Tā kā CSS attīstības projekti parasti ir ar lieliem ieguldījumiem, nozīmīgs atbalsta mehānisms ir investīciju/dotāciju (grantu) maksājumi, kas daļēji sedz inovatīvu risinājumu vai siltumtīklu pārbūves izmaksas. Lai veicinātu ēku energoefektivitātes paaugstināšanu, svarīga ir arī nacionālā politika un atbilstošas likumdošanas normas. Kā atbalsta mehānisms siltumenerģijas patēriņa paaugstināšanai tiek identificēts arī līdzfinansējums patērētājiem, lai pieslēgtos CSS.

Vēl viens 4PSS projektu ieviešanas mehānisms ir publiskā sektora iesaistīšanās (pašvaldība, pilsētplānotāji, regulatori vai patērētāji), kas var būtiski atvieglot sarežģītu siltumapgādes sistēmas attīstības projektu koordinēšanu un attīstīšanu pat gadījumos, kad ir liela privātā sektora kontrole. Atbilstošu biznesa modeļu un īpašuma struktūru identificēšana analizējot pilsētas vai reģiona resursus, kapacitāti, regulējošās institūcijas un ārējā tirgus apstākļus ir priekšnosacījums veiksmīgai CSS projektu īstenošanai. [69]

Oslo

Viens no piemēriem, kā izmantot pašvaldības politiskos instrumentus, ir Oslo, kas sniegusi plašu atbalstu centralizētās siltumapgādes reģiona paplašināšanai. Oslo ir izvirzījusi vērienīgu mērķi līdz 2030. gadam samazināt CO_2 emisijas par 50% un līdz 2050. gadam sasniegt oglekļa neitralitāti. Viens no galvenajiem pasākumiem, ko pilsēta īsteno, ir fosilā kurināmā izmantošanas pakāpeniska pārtraukšana telpu apkurei, vienlaikus ar CSS modernizāciju, kas 2006.-2013. gadā piesaistīja plašas investīcijas. Pašlaik siltumapgādes tīkls sedz 20% pilsētas kopējā apkures pieprasījuma (1,7 TWh), un gandrīz 60% siltuma tiek ražots no atkritumu sadedzināšanas, notekūdeņiem izmantojot siltumsūkņus un biodegvielas iekārtām. Oslo plāno arī ieviest zemas temperatūras siltumtīklus

integrējot zema potenciāla siltumu (siltuma saņemšanu no ledus hallēm, datu centriem, veikaliem, gaisa kondicionēšanas sistēmām, saules siltumenerģijas utt.). Lai šos mērķus sasniegtu, Oslo ir īstenojis plašu politiku un izmantojusi dažādus politiskos instrumentus. [70]

Pašvaldība noteikusi, ka visām pašvaldības ēkām, kurām ir šāda iespēja, jāpieslēdzas CSS, ja vien tās nevar pierādīt, ka to pašreizējā siltumenerģijas ražošana ar zemāku CO_2 intensitāti nekā CSS. Lai nodrošinātu to, ka gala lietotāji, kuriem ir jāpieslēdzas CSS, nav nelabvēlīgā situācijā, siltumenerģijas tarifi tiek noteikti zemāki par individuālo siltumenerģijas ražošanas tehnoloģiju izmaksām. Oslo arī mudina privāto ēku īpašniekus pieslēgties CSS tīklam. Optimizēti zonēšanas un būvniecības atļauju piešķiršanas procesi, lai dotu priekšroku tiem nekustamo īpašumu attīstītājiem, kas projektē CSS pieslēgtas ēkas. Papildus tiek piešķirtas vienīgā siltumenerģijas piegādātāja franšīzes licences, ko veicina valsts politika un mērķis līdz 2020. gadam paplašināt CSS enerģiju par 10 TWh. Tas palīdz samazināt privāto investīciju risku, ļauj vietējām varas iestādēm regulēt CSS savienojumus konkrētiem attīstības projektiem un aizsargāt patērētājus ar pakalpojumu standartu izveidi un tarifu regulēšana. Oslo arī aizstāv nacionālo politiku par fosilā kurināmā patēriņa samazināšanu ēkās, lai atbalstītu pilsētas progresīvo zaļo programmu un CS siltumtīkla paplašināšanu.

Visbeidzot, Oslo izmanto izveidoto Klimata un enerģētikas apgrozības fondu kā papildinošu instrumentu, kas nodrošina subsīdijas un zemu izmaksu finansējumu dažādiem energoefektivitātes paaugstināšanas projektiem, tai skaitā arī CSS attīstībai. Fonds izveidots 1982. gadā un sākotnēji tika finansēts no papildus maksas par elektroenerģiju, bet šobrīd projektu finansējums nāk no esošo projektu procentiem. 2012. gadā fonds atbalstīja 2592 klimata un energoefektivitātes projektus. Puse no finansējuma tika piešķirta atjaunojamās enerģijas projektiem, kā piemēram, centralizētajai siltumapgādei, siltusūkņu, bioenerģijai un saules elektroenerģijas izmantošanai.

Kopenhāgena

Kopenhāgenā CSS intensīvi tika attīstīta 1970. gados, lai aizsargātu iedzīvotājus un ekonomiku no dramatiskā fosilā kurināmā cenu pieauguma. Patlaban 98% siltumapgādes nodrošina mūsdienīgi siltumapgādes tīkli, kas veido par 40% mazāk oglekļa emisiju nekā lokāli gāzes katli un 50% mazāka nekā dīzeļdegvielas katli, bet arī ietaupa pilsētas iedzīvotāju naudu, jo ir ekonomiski izdevīga. 2009. gadā Kopenhāgenas enerģētiķi, kas pārvalda pilsētas siltumapgādes tīklu, lēsa, ka tipiskās mājās CSS izmaksas ir aptuveni 45% zemākas nekā dīzeļdegvielas apkure un 56% zemākas par dabasgāzes apkuri tipveida mājās. Bezprecedentu siltumtīklu pārklājums un augstā efektivitāte lielā mērā ir saistīta ar īstenoto politiku, kas izstrādāta valsts un vietējā līmenī. [70]

Atbalstošo politiku ieviešana sākās 1979. gadā, kad nacionālais Siltumapgādes likums vietējām pašvaldībām paredzēja iesniegt Reģionālo siltuma plānu. Tas veicināja zonējuma ieviešanu un zemes izmantošanas plānošanu, jo īpaši tādēļ, ka vietējām pašvaldībām nesen tika atļauts regulēt pieslēgšanos siltumtīkliem. Kopenhāgenas Siltumapgādes plānā (1984) tika ieviestas jaunas koģenerācijas stacijas, un 80. gados tika ieviesti turpmākie politikas pasākumi:

paaugstināti nodokļi fosilā kurināmā izmantošanai, prasība komunālajiem pakalpojumiem nodrošināt vismaz 450 MW elektroenerģijas caur decentralizētu koģenerāciju (1986); un aizliegums apkurināt jaunbūvējamas ēkas ar elektroenerģiju (1988.gadā, papildināts līdz esošajām ēkām 1994.gadā), kā rezultātā tika paplašināta patērētāju bāze CS uzņēmumiem. Tā kā 90.gadu sākumā nozīmīgākas kļuva vides problēmas, koģenerācijas stacijās fosilo kurināmo izmantošana tika aizvietota ar biomasas izmantošanu, un atkritumu sadedzināšanas īpatsvars pieauga līdz pat 30%. Jauna plānošanas sistēma (1979) pilnvaroja vietējās varas iestādes pārraudzīt visu siltuma ražošanas iekārtu pārveidi uz koģenerāciju. Sākot no 2016. gada, Kopenhāgenas teritorijā netiek atļautas jaunas vai vecas ar dīzeļdegvielu darbināmas iekārtas, kur ir pieejami centralizētās siltumapgādes vai dabasgāzes tīkli. Lai nodrošinātu ilgtermiņa redzējumu par rajonu energoapgādi, Kopenhāgenā izvirzīti konkrēti mērķi, kas iekļauti Klimata plānā CHP 2025 un noteiktas pamatnostādnes, lai līdz 2025. gadam panāktu oglekļa neitralitāti. Līdz 2025. gadam Kopenhāgenas atjaunojamai enerģijai un atkritumiem jāsastāda 100% saražotā siltuma CSS (šobrīd 35%)

Kopenhāgenas ieviesto pasākumu panākumu atslēga (98% pieslēgumu zema oglekļa siltumtīkliem) ir integrēta, konsekventa, koordinēta un ilgtermiņa siltumapgādes attīstības politika, kas veicina sinerģiju starp īstenotajām politikām un samazina risku potenciālajiem investoriem. Sabiedrības atbalsts papildus veicinājis CO_2 emisiju samazināšanu un atbilstošo politiku īstenošanu.

Toronto centralizētās dzesēšanas sistēmas ieviešana

Toronto netradicionāls "publiskais-privātais" biznesa modelis kalpoja kā katalizators ieviest ezera dziļūdens dzesēšanas sistēmu pilsētā, kas tika plānota jau kopš 1980.gada, bet netika īstenota privāto investoru trūkuma dēļ. Tā kā dzeramajā ūdenī, kas iegūts Ontario ezerā, parādījās pārāk liela sāļu koncentrācija, pilsētai nācās plānot garāku un dziļāku cauruļvadu, lai samazinātu filtrēšanas izmaksas. Šāds cauruļvads, kas sasniedz ezera ūdens dziļumu ar stabili zemu 4°C temperatūru, varēja labi nodrošināt arī dzesēšanas sistēmu. Tas radīja iniciatīvu pilsētai kopā ar uzņēmumu "Enwave" izvedot bezpeļņas organizāciju Toronto Centralizētās siltumapgādes kooperatīvs, kam bija tiesības nodrošināt ilgtermiņa finansējumu. [70]

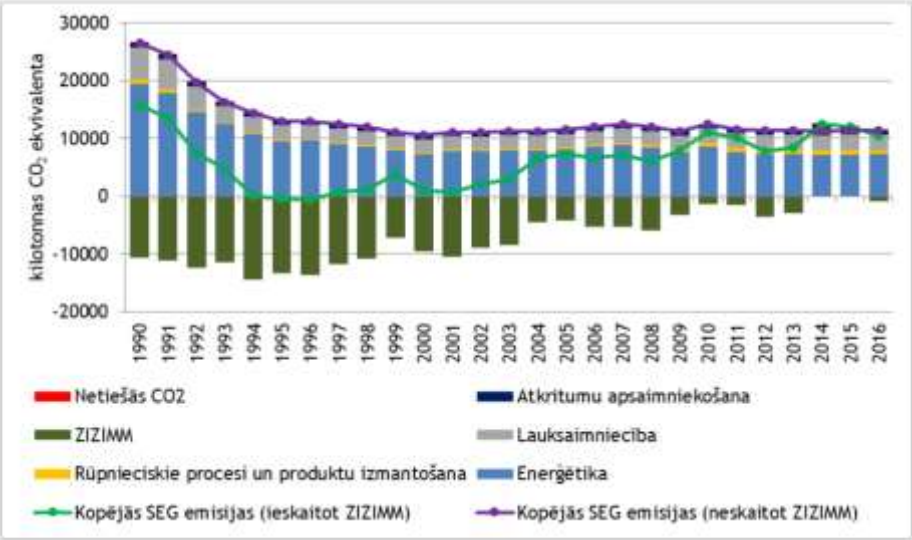
Envawe dziļūdens dzesēšanas sistēma, integrējot pilsētas ūdensapgādes sistēmu, sāka savu darbību 2004.gadā un ir lielākā centralizētā atjaunojamo energoresursu dzesēšanas sistēma Ziemeļamerikā. Tā savieno 50 lietotājus un 30 lielas banku un datu centru ēkas (3,2 miljoni m^2). Šādai sistēmai ir daudzi ieguvumi, piemēram, samazināts elektroenerģijas patēriņš, paaugstināta nodarbinātība, samazinātas siltumnīcefekta gāzes un paaugstināta gaisa kvalitāte. Šobrīd Toronto pilsētas dome uzņēmumu ir pārdevusi privātiem īpašniekiem, kas rezultējies ievērojamā peļņā pašvaldības budžetā.

Var secināt, ka publiskā-privātā biznesa sadarbība rezultējās ilgtermiņā plānota projekta realizēšanai, jo tika samazināts risks un nodrošināts finansējums. Pirmkārt, sadarbība rezultējās kopēja ieguvumā sabiedrībai, jo tika samazinātas dzesēšanas izmaksas un uzlabota vides kvalitāte. Uzņēmums tika atbrīvots no dabas resursa nodokļa, jo izmantotais ūdens tika uzsildīts un

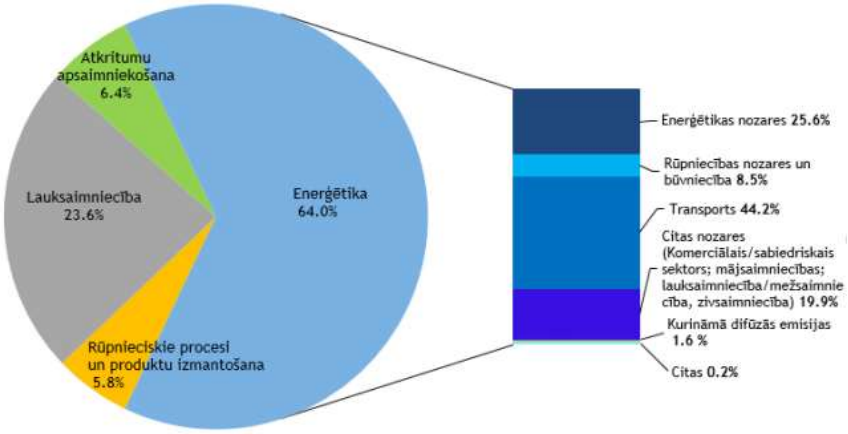
novadīts atpakaļ ezerā nevis izmantots kā resurss. Otrkārt, sadarbība palīdzēja izveidot ilgtermiņa patērētāju bāzi, jo pašvaldība pielietoja savus informācijas kanālus, lai veicinātu sabiedrības uzticību un izglītošanu par inovatīva dzesēšanas veida lietderību.

2. 4PSS risinājumu potenciālais ieguldījums uz Latvijas klimata un enerģētikas satvara mērķu izpildi

Eiropas Savienība un tās dalībvalstis, t.sk. Latvija, kopš 2013.gada īsteno mērķtiecīgu politiku virzībai uz oglekļa mazietilpīgu attīstību. 2014.gadā tika apstiprināts Eiropas Klimata un enerģētikas satvars 2030.gadam (KEPS2030), kas nosaka tālāku SEG samazinājumu- 40% SEG emisiju samazinājumu, salīdzinot ar 1990.gadu [89], vismaz 32% atjaunojamās enerģijas īpatsvaru bruto gala patēriņā un vismaz 32,5% energoefektivitātes pieaugumu [94].
Latvijas Nacionālā enerģētikas un klimata plāna 2021.-2030.gadam projekta 2.versijā Latvija noteikusi savas klimata politikas mērķus līdz 2030.gadam: SEG emisiju samazināšana ne-ETS sektorā par 6% un atjaunojamo energoresursu īpatsvars bruto gala patēriņā 50%. [71]
Skatoties ilgtermiņa perspektīvā, līdz 2050.gadam ES dalībvalstīm jāvirzās uz oglekļa mazietilpīgas ekonomiku, līdz ar to, pētījumā analizēta pilnīga pāreja uz atjaunojamo energoresursu izmantošanu centralizētajā siltumapgādē līdz 2050 gadam.
Latvijas SEG emisijas un CO_2 piesaiste pa sektoriem no 1990. līdz 2016.gadam redzama 2.1.attēlā. [72]



2.1. Latvijas SEG emisijas un CO_2 piesaiste pa sektoriem 1990.-2016.g. (kilotonnas CO_2 ekvivalenta) [72]

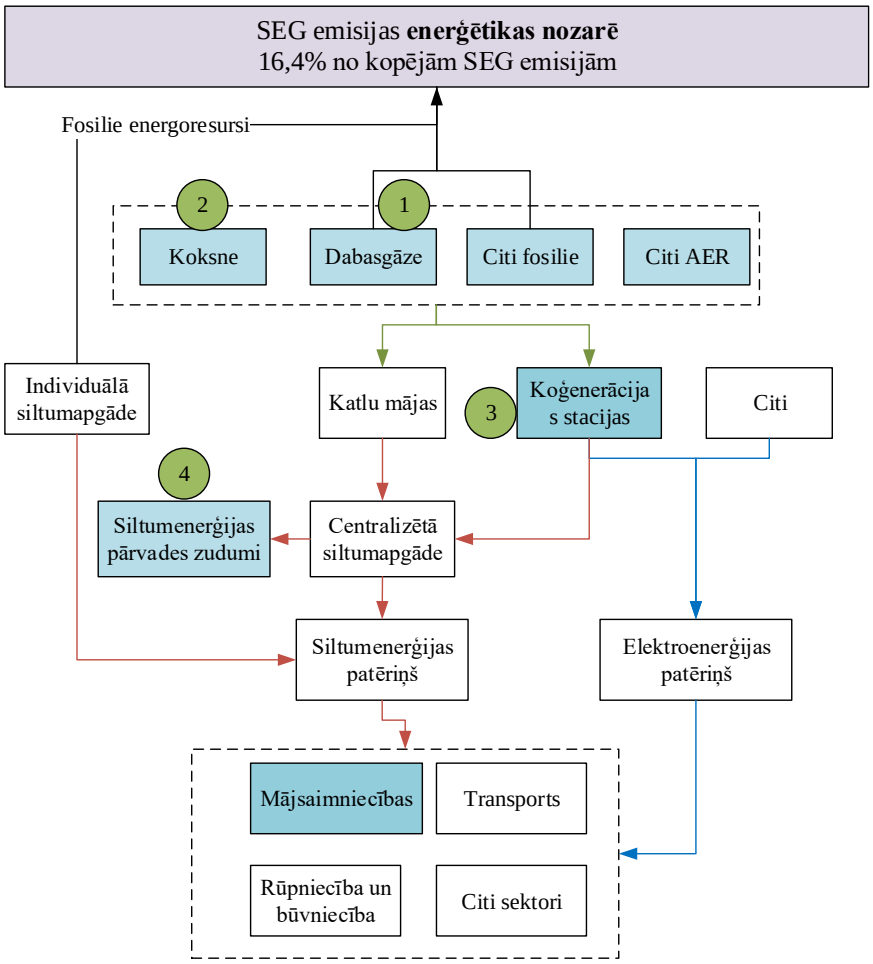


2.2.att. Enerģētikas sektora emisijas 2016.gadā [72]

Saskaņā ar LVĢMC ziņojumu par SEG emisijām, enerģētikas sektorā 2016.gadā tika radīti 64% no kopējām SEG emisijām. Lielākā daļa šo emisiju rodas no transporta sektora, bet 25,6% rodas enerģētikas nozaru apakšsektorā un 19,9% - no citām nozarēm, kas ietver individuālo ēku apkuri, kā arī kurināmā izmantošanu lauksaimniecībā, mežsaimniecībā un zivsaimniecībā. Enerģētikas sektora emisijas 2016.gadā ir samazinājušās par 62,7% salīdzinot ar 1990.gadu, savukārt, salīdzinot ar 2005.gadu emisijas ir samazinājušās par 10%. [72]

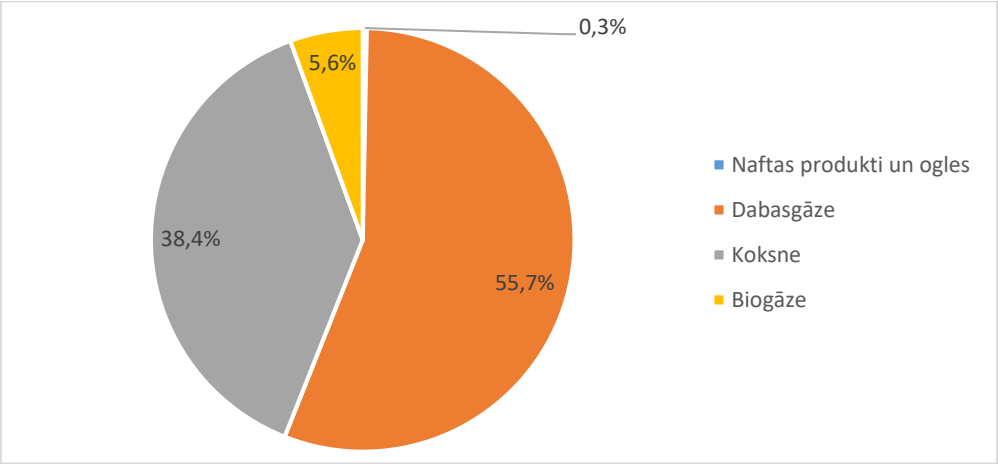
Vēsturiski, lielākā daļa CSS operatoru ir ne-ETS sektora dalībnieki. Tikai 20 operatoru piedalījušies 2013-2020 emisiju tirdzniecības shēmā. Tas nozīmē, ka šiem operatoriem nepieciešams samazināt radītās emisijas, ideālā scenārijā, tuvojoties 4PSS. Kopā 2017.gadā tika saražoti 8,3 TWh siltumenerģijas, no kurām 1,6 TWh tiek ražotas katlu mājās, bet pārējā siltumenerģija- koģenerācijas stacijās. [73]

4PSS ieviešana sniegtu ieguldījumu uz emisiju samazināšanu enerģētikas nozaru apakšsektorā. 2.3.attēlā parādīta vienkāršota enerģētikas nozares plūsmu shēma, kurā galvenās ir saražotās siltumenerģijas un elektroenerģijas plūsmas. Attēlā parādīti galvenie patērētāji un kurināmie, kas tiek izmantoti enerģijas ražošanai. Attēlā ar zilu iekrāsotas enerģētikas sistēmas daļas, kuras ietekmētu pāreja uz 4PSS.



2.3.att. Enerģētikas sektora plūsmu shēma un darbības, kuras ietekmētu 4PCSS ieviešana

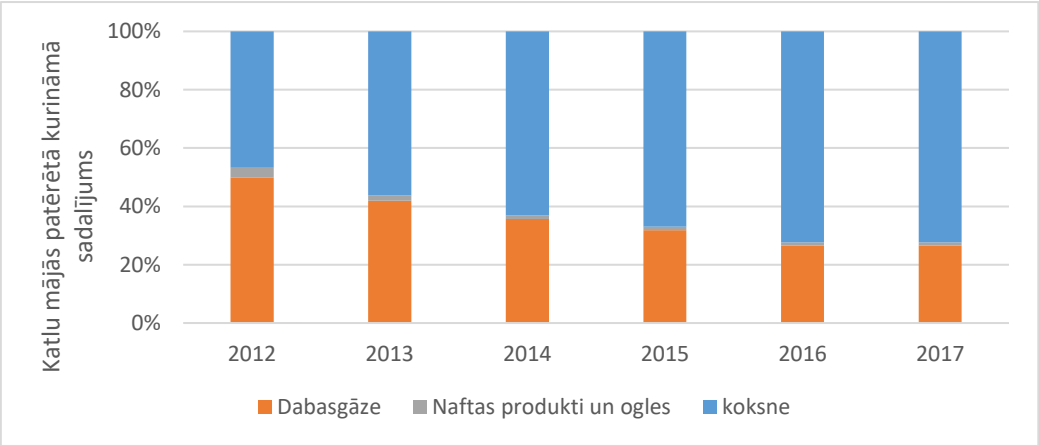
Saskaņā ar CSB datiem, pārveidošanas sektorā patērētais kurināmā daudzums siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai sastādīja 51,2 tūkstošus TJ, bet vispārējās lietošanas koģenerācijas stacijās un katlu mājās 2017.gadā tika patērēti 46,9 tūkstoši TJ kurināmā [73]. Attēlā zemāk redzams, ka galvenais kurināmais šajos energoavotos bija dabasgāze, bet 38% no patērētā kurināmā sastādīja koksne (malka, šķelda, granulas u.tml.).



2.4.att. Pārveidošanas sektorā patērētais kurināmais siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai vispārējās lietošanas katlu mājās un koģenerācijas stacijās [73]

SEG emisijas rodas galvenokārt no dabasgāzes sadedzināšanas enerģijas ražošanai. Līdz ar to, galvenais mērķis, lai sasniegtu SEG emisiju samazinājumu šajā nozarē, ir samazināt dabasgāzes patēriņu. Tas ir īstenojams gan aizstājot dabasgāzi ar atjaunojamajiem energoresursiem, gan samazinot kopējo enerģijas patēriņu.

Koksnes izmantošanas īpatsvars siltumenerģijas ražošanai pieaudzis tieši pēdējo gadu laikā, kas rezultējies arī radīto SEG emisiju samazinājumā. 2.5.attēlā redzams, ka koksnes patēriņa īpatsvars katlumājās siltumenerģijas ražošanai pieaudzis no 31% 2012.gadā līdz pat 42% 2017.gadā. Jāatzīmē, ka koģenerācijas stacijās koksnes pieauguma īpatsvars ir lēnāks.



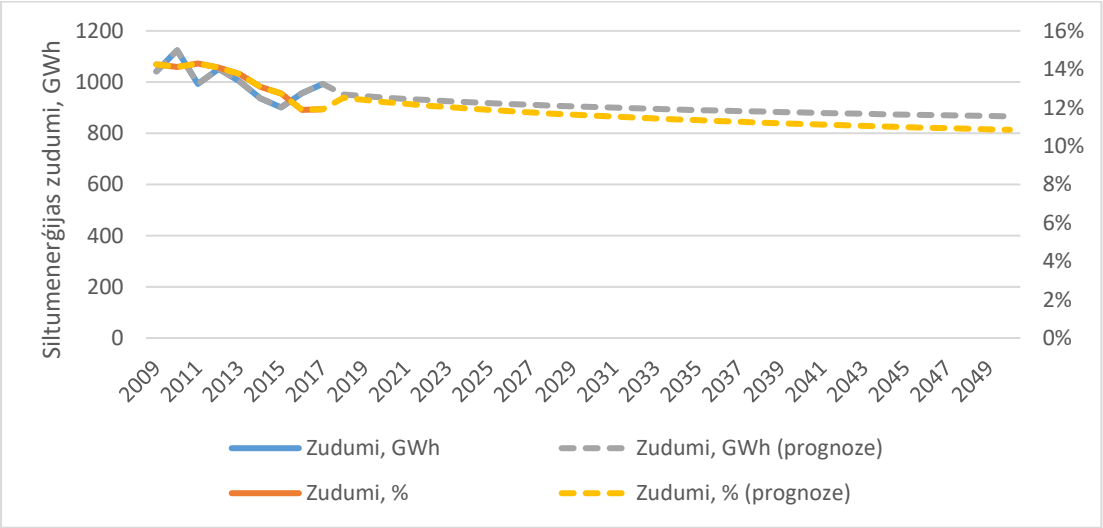
2.5.att. Katlu mājās patērētā kurināmā sadalījuma īpatsvars [74]

Tomēr tieša dabasgāzes nomaiņa uz biomasas izmantošanu, kas arī sniedz SEG emisiju samazinājumu, nav ilgtspējīgs risinājums, jo nepieciešams arī būtiski paaugstināt enerģijas izmantošanas efektivitāti. Ņemot vērā 1.1.nodaļā aprakstīto energoefektivitātes paaugstināšanos dažādos siltuma sistēmas elementos, galvenais SEG emisiju samazinājums ieviešot 4 PCSS veidotos no sekojošiem ieguvumiem:

1. Siltuma zudumu samazināšanās pārvades tīklos;
2. Izstrādātās elektroenerģijas daudzuma paaugstināšanās koģenerācijas stacijās;
3. Kondensācijas ekonomaizera darbības efektivitātes paaugstināšanās biomasas katlu mājās;
4. Dabasgāzes aizvietošana ar atjaunojamajiem energoresursiem (biomasa, saules siltumenerģija, siltumenerģijas pārpalikumi no tehnoloģiskajiem procesiem u.c.)

2.1. Siltumenerģijas zudumu samazināšana pārvades tīklos

Šobrīd siltuma zudumu īpatsvars Latvijas CSS svārstās no 10% līdz pat vairāk kā 30% no pievadītās siltumenerģijas daudzuma [75]. Temperatūras pazemināšana tīklos, ievērojami samazina siltuma zudumus, tomēr katrā CSS šis potenciālais samazinājums ir atšķirīgs, jo atšķiras siltumtīklu stāvoklis, siltumnesēju temperatūras un citi parametri. Izpētes darba ietvaros tiek pieņemts, ka siltuma zudumu vidējais līmenis Latvijā ir 14%, bet pazeminot temperatūru tīklos līdz 4PSS līmenim, siltuma zudumi līdz 2050.gadam tīklos samazinātos līdz 10% [76] (sk. attēlu zemāk). Siltuma zudumu samazinājumu ietekmē dažādi faktori, piemēram, veiktās siltumtīklu rekonstrukcijas, izmantotie siltumtrašu materiāli, siltumtīklu garuma izmaiņas, tomēr zudumu samazināšanās prognozē tiek pieņemts, ka būtiskākais faktors ir siltumnesēja temperatūra tīklos, lai sasniegtu zemu īpatnējo siltumenerģijas zudumu līmeni.



2.6.att. Siltumenerģijas zudumu samazināšanās prognoze

Šāds samazinājums sniegtu primāro energoresursu ietaupījumu. Potenciālā SEG emisiju ietaupījuma aprēķinā tiek pieņemts, ka samazināsies siltumenerģijas zudumi atbilstoši prognozētajam apjomam 2.6.attēlā (2.1.).

$$A_{SEG\ zudumu} = \sum_i (Q_{zud,1} - Q_{zud,2}) * SEG_i \quad (2.1.)$$

kur
$A_{SEG\ zudumu}$- Aprēķinātais SEG emisiju ietaupījums no temperatūras pazeminināšanas tīklos, tonnas gadā;
$Q_{zud,1}$- Siltumenerģijas zudumi pirms temperatūras pazeminināšanas tīklos un siltumtīklu rekonstrukcijas, MWh;
$Q_{zud,2}$- Siltumenerģijas zudumi pēc temperatūras pazeminināšanas un siltumtīklu rekonstrukcijas, MWh;
$\eta_{zud.}$-relatīvo zudumu samazināšanās faktors;
SEG_i-SEG emisiju faktors , t_{CO2}/MWh.

Pieņemot, ka siltumenerģijas zudumi samazinātos no esošajām 950 GWh gadā līdz 900 GWh 2030.gadā un 865 GWh 2050.gadā saskaņā ar siltumenerģijas zudumu samazināšanās prognozi, kas parādīta 2.6.attēlā, potenciālais SEG emisiju ietaupījums pie emisijas faktora 202 t CO_2/MWh līdz 2030. gadam būtu 9,8 tūkstoši tonnu CO_2, bet līdz 2050.gadam- 17,24 tūkstoši tonnu CO_2 emisiju. Savukārt, pie CO_2 vidējā emisijas faktora Latvijā saražotai siltumenerģijai katlumājas un koģenerācijas stacijās 0,1228 t CO_2/MWh, potenciālais SEG emisiju ietaupījums līdz 2030. gadam būtu 5,98 tūkstoši tonnu CO_2, bet līdz 2050.gadam- 10,48 tūkstoši tonnu CO_2 emisiju

Temperatūras pazeminināšana tīklos saistīta gan ar siltumtīklu rekonstrukciju, gan ar tīklu temperatūras pazeminināšanu, kam nepieciešama atbilstošu apstākļu un parametru nodrošināšanu (izolēti standarta siltumtīkli, atbilstošas siltuma sadales sistēmas ēkās, pielāgoti siltummaiņi. Šo pasākumu īstenošanai nepieciešamo investīciju apjoms saistīts ar konkrētas CSS parametriem- rekonstruējamās siltumtrases garums un diametri, rekonstruējamo siltummezglu skaits u.tml. Līdz ar to, nav iespējams noteikt siltuma zudumu samazināšanas izmaksu efektivitāti.

2.2. Izstrādātās elektroenerģijas daudzuma paaugstināšana

Ja CSS ir uzstādīta koģenerācijas iekārta, tad, pārejot uz temperatūras grafiku ar zemāku potenciālu, iespējams izstrādāt papildus elektroenerģijas daudzumu. Izstrādāto elektrisko jaudu koģenerācijas stacijā iespējams noteikt pēc sekojošas formulas [77]:

$$\mathrm{N_{el}} = \frac{m \cdot (h_1 - h_2)}{3{,}6} \eta_t \eta_m \eta_ģ \quad (2.2)$$

kur
$\mathrm{N_{el}}$-izstrādās elektroenerģijas jauda, kW;
m-caurplūde, kg/s;
h1-entalpija turbīnas ievadā, kJ/kg;
h2-entalpija turbīnas izejā, kJ/kg;
η_t-turbīnas lietderības koeficients;
η_m-mehāniskais lietderības koeficients;
$\eta_ģ$-ģeneratora lietderības koeficients.

Pēc (2.2) redzams, ka izstrādātās elektroenerģijas daudzums palielinās, pieaugot entalpiju starpībai turbīnas ieejā un izejā. Nodrošinot zemāku turpgaitas ūdens temperatūru, iespējams samazināt entalpiju turbīnas izejā h_2.

Pēc CSB datiem par koģenerācijas stacijās patērēto kurināmo, saražoto siltumenerģiju un elektroenerģiju [78], noteikts, ka vidējā elektriskās un siltuma jaudas attiecība biomasas katlu mājās 2017.gadā bija 0,26. Pazeminot temperatūru līdz temperatūras grafikam 60/30, šis rādītājs pieaugtu līdz 0,33 un varētu tikt izstrādāts lielāks elektroenerģijas daudzums. Aprēķina pieņemts, ka līdz 2030.gadam siltumtīklu temperatūra tiktu pazemināta 25% no darbojošos biomasas koģenerācijas staciju, bet līdz 2050. gadam- pusē no darbojošos biomasas koģenerācijas staciju.

$$E_{papildus} = E_{biomasas\ CHP} - (Q_{biomasas\ CHP} * \alpha_{CHP1} * k + Q_{biomasas\ CHP} * \alpha_{CHP2} * (1-k)) \quad (2.3.)$$

kur

$E_{biomasas\ CHP}$-Elektroenerģija, kas saražota biomasas koģenerācijas stacijās, GWh gadā;

$Q_{biomasas\ CHP}$-Siltumenerģija, kas saražota biomasas koģenerācijas stacijās, GWh gadā;

α_{CHP1}- elektriskās un siltuma jaudas attiecība pie zemas tīklu temperatūras;

α_{CHP1}- elektriskās un siltuma jaudas attiecība pie augstas tīklu temperatūras;

k-zemas temperatūras CSS īpatsvars no kopējā CSS.

Līdz 2030.gadam tad papildus tiktu izstrādāts 33,4 GWh elektroenerģijas, bet līdz 2050.gadam papildus tiktu izstrādātas 66,8 GWh elektroenerģijas. Pieņemot, ka tā aizstātu elektroenerģiju no elektrotīkliem (izmantotais SEG emisiju faktors elektroenerģijai 92,5 t CO2/MWh), SEG emisiju samazinājums līdz 2050.gadam būtu 6 183 tonnas gadā. Nepieciešamās investīcijas šāda ietaupījuma sasniegšanai nav tieši saistītas ar darbības maiņu koģenerācijas stacijās, bet gan ar nepieciešamajiem pasākumiem temperatūras pazeminināšanai siltumapgādes tīklos.

2.3. Kondensācijas ekonomaizera darbības efektivitātes paaugstināšanās biomasas katlu mājās

Vēl viena efektivitātes paaugstināšanās komponente 4PSS ir lielāks atgūtā siltuma daudzums kondensācijas ekonomaizerī, kā tika apskatīts 1.1.3.nodaļā. Zviedrijā novērtēts, ka biomasas katlu mājās izmantojot dūmgāzu ekonomaizerus, kuru izmantošana ir ļoti populāra kurināmā lielā mitruma satura dēļ, 2014.gadā tika papildus saražots 16% siltumenerģijas no aizejošajām dūmgāzēm [79]. Samazinot temperatūru tīklos, biomasas katlu mājās uzstādītais dūmgāzu kondensators var darboties efektīvāk. Biomasa ir atjaunojamais energoresurss, līdz ar to, no energoefektivitātes paaugstināšanas samazinātās emisijas netiek ieskaitītas SEG bilancē, tomēr var sniegt ieguldījumu kopējā klimata mērķu sasniegšanā, ja ekonomaizerī papildus saražotais siltuma daudzums var aizvietot fosilo kurināmo pīķu slodzes segšanai, kas bieži tiek izmantots Latvijas katlu mājās .

Saskaņa ar Centrālā Finanšu un Līgumu aģentūras projektu konkursa "Veicināt energoefektivitāti un vietējo AER izmantošanu centralizētajā siltumapgādē" 1.kārtas rezultātiem [80], no 31 iesniegtā projektu konkursa par biomasas katlu uzstādīšanu, 7 projektos tika papildus uzstādīts arī dūmgāzu ekonomaizers. Līdz ar to, potenciālā SEG ietaupījuma aprēķinā tiek pieņemts, ka līdz 2030.gadam 30% no šķeldas un koksnes atlikumu katlu mājām būs uzstādīti dūmgāzu ekonomaizeri, bet līdz 2050. gadam 50% no šķeldas un koksnes katlu māju. Pazeminot temperatūru tīklos, tas saražotu par 10% vairāk siltumenerģijas. Šī siltumenerģija aizstātu dabasgāzes patēriņu pīķu slodzes segšanai. Potenciālais SEG emisiju samazinājuma aprēķins ir sekojošs:

$$A_{SEG\ ekonomaizera} = Q_{biomasa} * (1 + \eta_{ekonomaizera}) * k_{ekonomaizera} * SEG_i \qquad (2.4.)$$

kur

$A_{SEG\ ekonomaizera}$- Aprēķinātais SEG emisiju ietaupījums no papildus izstrādātā siltumenerģijas daudzuma dūmgāzu ekonomaizerī biomasas katlu mājās nodrošinot temperatūras pazemināšanas tīklos, tonnas gadā;
$Q_{biomasa}$-Biomasas katlu mājās saražotais siltumenerģijas daudzums, MWh;
$\eta_{ekonomaizera}$-ekonomaizera lietderības koeficienta pieaugums;
$k_{ekonomaizera}$-katlu māju īpatsvars, kuras aprīkotas ar dūmgāzu ekonomaizeri.
SEG_i- CO_2 emisijas faktors Latvijā saražotai siltumenerģijai katlumājas un koģenerācijas stacijās, t CO2/MWh.

Rezultāta tiktu samazinātas CO_2 emisijas par 4,1 tūkstoti tonnu gadā līdz 2030.gadam un par 6,9 tūkstošiem tonnu līdz 2050.gadam.

2.4. Dabasgāzes aizvietošana ar atjaunojamajiem energoresursiem

Papildus ietaupījumu no 4PSS ieviešanas sniegtu vieglāka siltumenerģijas pārpalikumu izmantošana un saules enerģijas integrēšana CSS, kas aizstātu dabasgāzes saražoto siltumenerģiju. Ar dabasgāzi saražotās siltumenerģijas samazinājuma prognoze redzama attēlā zemāk. Pētījumā pieņemts, ka šo samazinājumu veicinās citu atjaunojamo energoresursu un siltumenerģijas pārpalikumu izmantošana CSS.

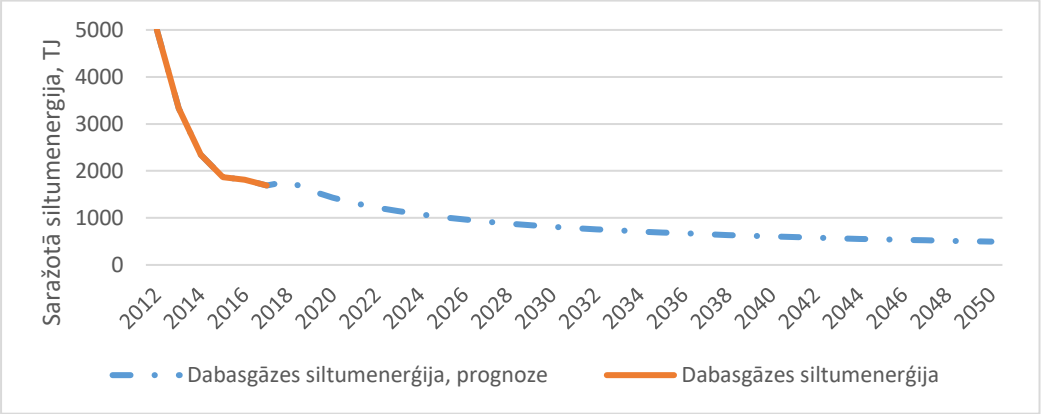
Pieņemot, ka siltumenerģija, kas saražota ar dabasgāzi tiek aizstāta ar atjaunojamajiem energoresursiem un siltumenerģijas pārpalikumiem, tad rezultējošais CO_2 emisiju ietaupījums pie atbilstošās prognozes, kas redzama 2.7.attēlā, līdz 2030.gadam būtu 49 tūkstoši tonnas CO_2 emisiju gadā, bet līdz 2050.gadam 67 tūkstoši tonnu CO_2 emisiju gadā. Ietaupījums noteikts pēc sekojoša vienādojuma:

$$A_{SEG\ atjaunojamie} = (Q_{dabasgāze1} - Q_{dabasgāze2}) * SEG_i \qquad (2.5)$$

kur

$A_{SEG\ atjaunojamie}$- Aprēķinātais SEG emisiju ietaupījums no atjaunojamo energoresursi īpatsvara pieauguma, tonnas gadā;
$Q_{dabasgāze1}$-Dabasgāzes katlu mājās saražotais siltumenerģijas daudzums pirms 4PSS ieviešanas, MWh;
$Q_{dabasgāze2}$-Dabasgāzes katlu mājās saražotais siltumenerģijas daudzums pēc 4PSS ieviešanas, MWh;

SEGi-emisiju faktors dabasgāzei, t CO_2/MWh.



2.7.att. Dabasgāzes siltumenerģijas patēriņa samazinājuma prognoze

Siltumenerģijas avoti, kas bieži vien netiek lietderīgi izmantoti un novadīti apkārtējā vidē kā zudumi, ir siltums no notekūdeņiem, izplūdes gāzēm, kompresoriem, kondensatoriem, apkures katliem u.tml. Līdz šim veikti tikai daži pētījumi par siltuma pārpalikumu integrāciju CSS Latvijā. Viens no tiem apskata CSS Ādažos un konkrētu uzņēmumu, kurā rodas siltumenerģijas pārpalikumi [47]. Daļu no šīs siltumenerģijas uzņēmums izmanto savas siltumslodzes segšanai, bet aptuveni 67,5 MWh būtu iespējams izmantot CSS (ņemot vērā siltumenerģijas zudumus pārvades tīklos). Konkrētajā gadījumā tas samazinātu CO_2 emisijas par 5-10%, jo nebūtu nepieciešams patērēt kurināmo katlu mājā. Siltumenerģijas pārpalikumi plašākā mērogā Latvijā šobrīd nav identificēti.

Saules enerģijas integrēšana CSS cieši saistīta ar atbalsta instrumentu pieejamību. Šobrīd Latvijā saules enerģijas izmantošanas projekti uzsākti divās lielās CSS sistēmās, lai aizvietotu fosilo kurināmo energobilancē. Zinātnieki noteikuši, ka īstermiņā (līdz 2020.gadam) saules enerģijas izmantošana CSS nepārsniegs 1% pat, ja tiks pielietoti dažādi atbalsta mehānismi [81]. Savukārt, ilgtermiņā (līdz 2030.gadam) prognozējams 10% īpatsvars saules siltumenerģijai CSS, ja būs pieejams finansiālais atbalsts tehnoloģiju uzstādīšanai. Pieņemot, ka saules siltumenerģijas ražošanas sistēmas izmaksas ir 40 EUR/MWh un gadā nepieciešamais saražotās siltumenerģijas daudzums ir 166 GWh, tad izmaksu intensitāte ir 198 EUR uz tonnu samazināto CO_2 emisiju.

Potenciāli novērtētais SEG emisiju samazinājums no 4PSS ieviešanas līdz 2030.gadam ir 68,73 kilotonnas gadā, bet ilgtermiņa līdz 2050.gadam, pārejot uz zema oglekļa ekonomiku- 113,8 kilotonnas gadā. Novērtēt konkrētus nepieciešamos finansiālos ieguldījumus pārejai uz 4PSS nav iespējams sekojošu iemeslu dēļ:

-katra CSS ir individuāla (atšķiras siltumavota darbības rādītāji, siltumtrases un siltummezglu parametri u.tml.) un nepieciešamo investīciju apjoms jāvērtē konkrētas CSS ietvaros;

-daļa no SEG ietaupījuma nav tieši saistīta ar konkrētiem ieguldījumiem tehnoloģiju attīstībā (piemēram, ekonomaizera darbības efektivitātes pieaugums vai papildus izstrādātās elektroenerģijas daudzums);

2.1.tabula. Pārskats par SEG emisiju samazināšanas potenciālu

SEG samazinājuma avots	Izejas dati	Samazināšanās apjoms	CO_2 samazinājums, tūkst. tonnu gadā	
			2030.gadam	2050.gadam
Samazināti siltumenerģijas zudumi tīklos un samazināts fosilo kurināmo daudzums	Vēsturiskie siltumenerģijas zudumu dati	Zudumu samazināšanās par 50 GWh līdz 2030.gadam un par 85 GWh līdz 2050.gadam	5,98	10,48
Papildus izstrādāts elektroenerģijas daudzums biomasas koģenerācijas stacijās, kas aizstās elektroenerģiju no elektrotīkliem	Biomasas koģenerācijas stacijās saražotās elektroenerģijas un siltumenerģijas daudzums	Izstrādātās siltumenerģijas un elektroenerģijas pusē no koģenerācijas staciju attiecība pieaugs no 0,24 līdz 0,33	3,00	6,18
Papildus izstrādāts siltumenerģijas daudzums dūmgāzu kondensatora darbības efektivitātes pieauguma dēļ biomasas katlu mājās, kas aizstātu siltumenerģiju no dabasgāzes	Biomasas katlu mājās saražotā siltumenerģija un patērētais kurināmais (koksnes šķeldas un koksnes atlikumu saražotā siltumenerģija)	10% pieaugums saražotajai siltumenerģijai biomasas katlu māju, kurās uzstādīti dūmgāzu kondensatori	4,14	6,90
Atjaunojamo energoresursu un siltumenerģijas īpatsvara paaugstināšana siltumenerģijas ražošanai	Kopējais saražotās siltumenerģijas daudzums no dabasgāzes	Dabasgāzes siltumenerģijas samazinājums atbilstoši prognozei	48,6	85,3

3. 4PCSS risinājumu ieviešanas atbalsta vērtējums

Eiropas Savienības likuma pamatprincips ir efektīvi funkcionējošs kopīgs iekšējais tirgus bez robežām, obligātiem priekšnosacījumiem, lai maksimāli nodrošinātu brīvā tirgus konkurenci [82]. Tā kā Latvija ir Eiropas Savienības dalībvalsts, tad izdotajiem regulējošajiem normatīviem ir jābūt saskaņā ar ES tiesību aktu pamatprincipiem. Līdz ar to, tirgus regulēšana ir atļauta tikai izņēmumu gadījumos un ar pēc iespējas mazāku iejaukšanos.

Ja netiek ieviesti citi siltumavota izvēli noteicoši regulējumi, tad siltumenerģijas cena ir viens no galvenajiem kritērijiem, kas nosaka siltuma avota izvēli. Šis aspekts ir saskaņā ar ES brīvā tirgus pamatprincipu, jo patērētāja izvēle ir viens no galvenajiem regulēšanas mehānismiem brīvās konkurences apstākļos. Latvijā CSS tirgus tiek regulēts, ko veic Sabiedrisko Pakalpojumu regulators, kas ir neatkarīga organizācija un tiek kontrolēta tikai ar tiesu palīdzību. Kopumā, tirgus regulēšana ietver tirgus funkciju kontroli, siltumenerģijas tarifu apstiprināšanu, konkurētspējas uzlabošanu un patērētāju tiesību aizsardzību. Likumdošana nosaka, ka katrā administratīvajā teritorijā darbojas tikai viens pārvades un sadales operators. Ja administratīvajā teritorijā darbojas vairāki siltumenerģijas ražotāji, tad Operatoram jāiepērk siltumenerģija par zemāko cenu. Lai to īstenoti, operatori parasta rīko ikgadējās publiskās izsoles. Galējam siltumenerģijas tarifam, ko apstiprina SPR, jābūt aprēķinātam saskaņā ar izstrādāto tarifa aprēķināšanas metodiku, balstoties uz izmaksu principu. Operators ir pilnībā atbildīgs, lai nodrošinātu stabilu, nepārtrauktu un drošu CSS darbību un piegādātu siltumenerģiju tādā apmērā un kvalitātē, kas ir ekonomiski pamatota. Arī siltuma ražošanas tirgus tiek regulēts un saražotā siltumenerģija jāpārdod par SPR apstiprinātu tarifu, kas nepieļauj diferencētus ar līgumu noteiktus tarifus, atlaides, samazinātus avansa maksājumus vai citus mehānismus. Mazas jaudas CSS ir vienīgais izņēmums, kuru darbību neregulē SPRK. [83,84]

3.1.Nepieciešamās izmaiņas Latvijas normatīvajā regulējumā un standartos

Karstā ūdens piegādes temperatūra

Labi plānotai karstā ūdens apgādes sistēmai nepieciešams izpildīt higiēnas, komforta un energoefektivitātes kritērijus. Lai nodrošinātu higiēnas prasības, šobrīd MK noteikumi Nr.332 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 221-15 "Ēku iekšējais ūdensvads un kanalizācija"" nosaka, ka karstā ūdens temperatūrai ūdens izdales vietā (t. sk. katrā dzīvoklī) jābūt ne zemākai par 55 °C un ne augstākai par 70 °C. Zemāka karstā ūdens temperatūra noteikta bērnudārzos (38°C) [38]. Šādas normas pieņemtas, lai samazinātu legionelozes risku un novērstu Legionellas baktēriju rašanos karstā ūdens sagatavošanas sistēmā. Legionellas baktēriju risks tiek novērsts, ja karsta ūdens temperatūra ir virs 50°C.

Tomēr neskaitot temperatūras paaugstināšanu, ir arī citi aspekti, kas ietekmē baktēriju rašanos – karstā ūdens sagatavošanas sistēmas risinājums (cauruļvadu izvietojums un cirkulācija, cauruļvadu diametri un materiāls), cauruļvadu vecums, samērīgums, mikroorganismu bioplēves esamību u.c. Pastāv vairākas

metodes Legionellas baktēriju novēršanai- termālā, ķīmiskā, fizikālā un cita veida apstrāde. Šīs metodes vai nu iznīcina baktērijas ūdenī vai novērš to vairošanos.[37]

Ķīmiskās un fizikālās baktēriju apkarošanas metodes var pielietot ZT karstā ūdens sagatavošanas sistēmās, taču to izmantošana ir dārga, nepieciešams rūpīgs monitorings un kontroles sistēma, kā arī rodas saindēšanās risks. Cita metode ir ieviest tehnoloģiskos risinājumus, lai karstā ūdens tilpums ir tik mazs, ka legionellu risks ir minimāls. Standarts atļauj necirkulējoša karstā ūdens tilpumu no sagatavošanas līdz patērētājā vietai līdz 3 litriem, kas nodrošina higiēnas prasības un paaugstina efektivitāti.[39] Līdz ar to, ir iespējams izmantot zemāku temperatūru karstā ūdens sagatavošanai. Šādu minimālu ūdens tilpumu (<3l) sistēmā var nodrošināt, izmantojot decentralizētus siltummezglus, karsto ūdeni sagatavojot katrā dzīvokļi atsevišķi, izmantojot kompaktu plākšņu siltummaini un samazināta diametra cauruļvadus. Šāda decentralizēta karstā ūdens sagatavošanas sistēma arī samazina siltuma zudumus par aptuveni 30%, salīdzinot ar tradicionālo karstā ūdens sagatavošanas sistēmu kopīgā siltummezglā [37]. Cita alternatīva ir individuālā karstā ūdens sagatavošana ar elektriskajiem boileriem vai saules siltumenerģiju.

Līdz ar to, normatīvajos aktos būtu nepieciešams atļaut zemāku karstā ūdens piegādes temperatūru, ja tiek veikti atbilstošie tehnoloģiskie risinājumi karstā ūdens tilpuma samazināšanai cauruļvados atbilstoši starptautiskajam standartam DVGW W551 2004.[39]

Siltumapgādes avota zonu noteikšana

Enerģētikas likums nosaka, ka katram iedzīvotājam ir tiesības izvēlēties vispiemērotāko ēkas apkures veidu. Savukārt, saskaņā ar Enerģētikas likuma 51.punktu pašvaldības var noteikt siltumapgādes attīstību un izdot saistošos noteikumus, ņemot vēra vides un kultūras pieminekļu aizsardzības noteikumus, kā arī vietējo energoresursu izmantošanas un koģenerācijas iespējas un izvērtējot siltumapgādes drošumu un ilgtermiņa robežizmaksas. [83]

Piemēram, Rīgas dome izdevusi saistošos noteikumus Nr. 167 "Par gaisa piesārņojuma teritoriālo zonējumu un siltumapgādes veida izvēli" [85], kas ir saskaņā ar likuma "Par piesārņojumu" 14.panta otro daļu, Enerģētikas likuma 51.panta otro daļu. Šajos noteikumos noteiktas zonas un atbilstošās prasības siltumapgādes veida izvēlei. Piemēram, Zonā 1, kurā, piesārņojošo vielu – NO_2 un daļiņu PM_{10} gada vidējā koncentrācija pārsniedz pieļaujamo normatīvu un ir lielāka par 40 µg/m3 pieļaujama tikai centralizēta siltumapgāde vai autonomas siltumapgādes veids bez kurināmā sadedzināšanas (elektroenerģija, siltumsūkņi, saules paneļi, tajā skaitā saules baterijas un saules kolektori). Attēlā zemāk redzams Rīgas domes ieviestais zonējums siltumapgādes veida izvēlei.

3.1.att. Rīgas domes saistošo noteikumu Nr. 167 1.pielikums Siltumapgādes veida izvēles zonējums (Zona 1 iezīmēta ar dzeltenu) [85]

Līdzīgi, zonēšanu iespējams izmantot identificētos augsta siltumenerģijas patēriņa blīvuma apgabalos, kur pieslēgšanās energoefektīvai un atjaunojamos energoresursus integrējošai CSS sistēmai sniegtu ieguvumus gan CSS operatoram, gan apkārtējai videi. Izdodot šādus noteikumus jānodrošina, lai CSS noteiktais siltumenerģijas tarifs ir konkurētspējīgs ar individuālajiem siltumavotiem.

Jaunu siltumavotu izvērtējums

Ņemot vērā CSS tirgus regulēšanas principus, ne SPRK, ne cita valsts vai pašvaldības iestāde šobrīd nespēj aizliegt uzstādīt jaunu siltumenerģijas ražošanas iekārtu teritorijās, kurās ierīkoto siltumavotu jauda ir pietiekama, lai segtu patērētāju bāzes un pīķu siltumslodzi. Atļauja jaunu iekārtu uzstādīšanai var tikt aizliegta tikai tehnisku vai vides iemeslu dēļ, bet ne balstoties uz ekonomiskajiem vai ilgtspējīgas attīstības pamatprincipiem, vai patērētāja tiesību aizsardzības dēļ. Šāda situācija tiek attaisnota ar nepieciešamību nodrošināt patērētāja iespēju izvelēties starp dažādām alternatīvām un paaugstinātu konkurētspēju.

Rezultātā, jebkurš investors var veikt jaunas siltumenergijas ražošanas iekārtas būvniecību, piedalīties publiskajās Operatora rīkotajās izsolēs un sagaidīt, ka piedāvātā siltumenerģijas cena būs zemākā, lai nodrošinātu investīciju atmaksāšanos. Šādā gadījumā stratēģiski plānota 4PSS var tikt būtiski ietekmēta vai pat iznīcināta, siltumavota jaunās atrašanās vietas dēļ. Tas maina nozīmīgākos CSS parametrus- pārvades un sadales distances, turpgaitas un atgaitas temperatūras, spiediena zudumus u.tml., kas tikuši efektīvi plānoti, lai patērētāji saņemtu lielāko ieguvumu.

Lai šādas situācijas nerastos, nepieciešamas izmaiņas regulējošajos normatīvajos aktos, kas ietver sekojošus aspektus:

- Vides aizsardzība;
- Patērētāja interešu aizsardzība, kas nav pret siltumenerģijas ražošanas biznesa interesēm;
- Brīvā un regulētā tirgus pamataspekti;
- Pašvaldību atbildība un kompetences robežas ieviešot vispiemērotāko CS risinājumu;
- Valsts atbildība uzlabot energoefektivitāti CSS, atbilstoši valsts un ES likumiem;
- Stratēģiska pieeja nacionālās valsts atbalsta maksājumiem;
- Saskaņotas un pamatotas siltuma izmaksas patērētājiem pēc CSS kā optimālā siltumavota ieviešanas pašvaldībā

Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 2012/27/ES par energoefektivitāti [1] aicinājusi dalībvalstīm izstrādāt visaptverošu augstas efektivitātes koģenerācijas un efektīvas CS un dzesēšanas sistēmas potenciāla novērtējumu. Šāds izvērtējums varētu kalpot kā vadlīnijas par piemērotākajiem ieguldījumiem siltumenerģijas ražošanas sektorā, ka arī līmeņatzīme, pēc kuras novērtēt jaunu siluma ražošanas projektu lietderīgumu. Ja izmaksu un ieguvumu analīze, kas ietver klimata, esošās situācijas, ekonomiskā pamatojuma un tehniskā risinājuma atbilstības analīzi, parāda, ka jaunais projekts ir līdzvērtīgs vai labāks par norādītajiem vadlīnijās, tad būvniecības atļauja var tikt izsniegta. Pretējā gadījumā, veiktais invertējums un vadlīnijas var kalpot kā normatīvā bāze būvniecības atļaujas neizsniegšanai ekonomisko un patērētāju aizsardzības aspektu dēļ.

Izmaiņas tarifa metodikā

Tarifa aprēķina metodika būtiski jāmaina, lai veicinātu energoefektivitātes paaugstināšanu un investīciju piesaisti. Būtu nepieciešams ieviest diferencētus tarifus, kas pieļauj atlaides, avansa un pielāgotus maksājumus, un citus cenas mehānismus, kas parasti tiek uzskatīti ka pievilcīgi patērētājam, lai veicinātu pāreju uz zema potenciāla siltumenerģijas izmantošanu apkurē un karsta ūdens sagatavošanā.

3.2.SVID analīze attiecībā uz 4PCSS ieviešanu Latvijā

Lai novērtētu 4PSS ieviešanas dažādus aspektus, veikts SVID novērtējums, analizējot stiprās un vājās puses, iespējas un draudus no dažādu iesaistīto pušu viedokļa. Tā kā 4PSS attīstībai nepieciešama sadarbība starp CSS operatoru, patērētāju un likumdevēju, tad šāda pieeja ļauj plašāk novērtēt dažādus aspektus.

No CSS operatora viedokļa

Galvenie ieguvumi no plānotas un salāgotas 4PSS ieviešanas ir CSS operatoram, kas nodrošina siltumapgādi ar zemāku temperatūru un integrē atjaunojamos energoresursus. Šādā veidā CSS operators var paaugstināt darbības efektivitāti, samazināt izmaksas un veicināt uzņēmuma konkurētspēju. 4PSS ieviešana ir veids, kā operators var saglabāt optimālu darbību energoefektīvu ēku mikrorajonos.

Kā galvenās vājās puses tiek identificētas nepieciešamās investīcijas atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju izmantošanai un siltummezglu pielāgošanai. Papildus investīcijas rastos novecojušu siltumtrašu rekonstrukcijai, taču šādas investīcijas nepieciešamas gan standarta CSS, gan zemas temperatūras sistēmas attīstībai. Pie tam, ieviešot pazeminātu temperatūru, siltumtrasei var izmantot plastmasas cauruļvadus un samazināt izmaksas. Nozīmīga vājā puse no CSS operatora viedokļa ir nepieciešamība panākt vienošanos ar ēku īpašniekiem vai attīstītājiem par zemas temperatūras izmantošanu. Vēl viens aspekts, izmantojot nepastāvīgos atjaunojamos energoresursus (saules vai vēja enerģiju), ir sarežģītāka saražotās siltumenerģijas un patēriņa salāgošana, ko var risināt ar integrētām siltuma akumulācijas sistēmām. Lai ieviestu 4PSS, nepieciešams rūpīgi plānot siltumapgādes attīstību ilgtermiņā un ieviest inovatīvus risinājums, kam nepieciešami kvalificēti speciālisti.

Iespējas, ieviešot 4PSS, ir paaugstināta konkurētspēja ar citiem alternatīviem siltuma avotiem (individuālo siltumapgādi) un ārējā finansējuma piesaiste, kā arī tehnoloģiju un inovatīvu risinājumu attīstība, kas veicina nepieciešamo investīciju samazināšanos.

Kā tika apskatīts iepriekšējā nodaļā, pie esošās likumdošanas, CSS operatoram nav likumiskas iespējas samazināt siltumenerģijas tarifu tiem patērētājiem, kas izmanto zema potenciāla siltumenerģiju. Tas tiek uzskatīts ka viens no galvenajiem draudiem, jo neveicina sadarbību ar patērētājiem. Papildus draudi ir valsts un pašvaldības atbalsta trūkums CSS attīstības stratēģiskai plānošanai un nepamatotu siltuma jaudu uzstādīšanas novēršanai. Ja siltuma ražošanā tiek izmantota biomasa, tad draudus rada arī kvalitatīvas biomasas trūkums vietējā tirgū.

3.1.tabula SVID analīze no CSS operatora viedokļa

Stiprās puses	Vājās puses
• Zemāki pārvades siltuma zudumi • Iespēja izmantot lētākas plastmasas caurules siltumtīklu izbūvē • Iespēja izmantot zema potenciāla siltuma pārpalikumus • Augstāka efektivitāte biomasas katlu mājām ar dūmgāzu ekonomaizeri • Augstāks izstrādātās elektroenerģijas īpatsvars koģenerācijas stacijās • Vieglāk integrēt atjaunojamos energoresursu • Samazinātas īpatnējās siltumenerģijas ražošanas izmaksas, īpaši zema patēriņa ēku rajonos	• Investīcijas sistēmas pielāgošanai (siltummezgliem un atjaunojamo energoresursu tehnoloģijām) • Nepieciešama sadarbība ar ēku īpašniekiem vai īpašumu attīstītājiem, ka arī uzņēmumiem, kuros rodas zema potenciāla siltumenerģijas pārpalikumi • Siltumenerģijas patēriņa salāgošana ar zema potenciāla siltumu un atjaunojamajiem energoresursiem • Kvalificētu speciālistu trūkums

Iespējas	Draudi
▪ Paaugstināta konkurētspēja ar citiem siltuma avotiem ▪ Iespēja piesaistīt ārējo finansējumu sistēmas efektivitātes paaugstināšanai ▪ Tehnoloģiju attīstība	▪ Nespēja nodrošināt zemāku siltumenerģijas tarifu ZTCSS klientiem ▪ Siltuma patērētāju trūkums ▪ Jaunu, nepamatotu siltuma jaudu uzstādīšana ▪ Valsts un pašvaldības atbalsta trūkums ▪ Kvalitatīvas biomasas trūkums

No siltuma patērētāja viedokļa

Veiktā SVID analīze no siltuma patērētāja viedokļa rāda, ka 4PSS ieviešanai ir mazāk stipro pušu un ieguvumu- tikai zemākas siltumenerģijas izmaksas, ja CSS operators darbojas efektīvāk un rezultātā pazemina siltumenerģijas tarifus, kā arī droša un nepārtraukta siltumapgāde. Vājās puses ir nepieciešamās investīcijas sildķermeņu un karstā ūdens apgādes sistēmas pielāgošanai. Lai šo investīciju slogu samazinātu, iespējams ieviest atbalsta mehānismus, ja patērētājs vēlas pieslēgties zemas temperatūras CSS. Kā draudi identificēts siltumenerģijas tarifu kāpums, ārēju apstākļu dēļ vai CSS operatora neefektīvas darbības rezultātā.

3.2.tabula SVID analīze no siltumenerģijas patērētāja viedokļa

Stiprās puses	Vājās puses
• Zemākas siltumenerģijas izmaksas • Droša un nepārtraukta siltumapgāde	• Papildus investīcijas sildķermeņu un karstā ūdens apgādes sistēmas
Iespējas	**Draudi**
▪ Valsts atbalsta mehānismi pieslēdzoties ZTCSS	▪ Siltumenerģijas tarifa pieaugums CSS sistēmas neefektīvas darbības, kurināmā cenu pieauguma vai citu apstākļu dēl

No pašvaldības un valsts viedokļa

Trešā iesaistītā puse ir valsts un pašvaldības, kuru galvenie ieguvumi no 4PSS ieviešanas ir samazinātas kopējās SEG emisijas, jo CSS tiek izmantoti atjaunojamie energoresursi vai siltumenerģijas pārpalikumi un pieaug kopējā enerģijas ražošanas efektivitāte. Tas rezultējas vieglākā ES noteikto mērķu sasniegšanā. 4PSS ir risinājums ilgtspējīgai CSS attīstībai un energoapgādes neatkarības paaugstināšanai, jo vairāk tiek izmantoti lokālie energoavoti.

Vājās puses ir nepieciešamība izstrādāt un ieviest attiecīgus regulējošos normatīvus, kā arī visu ieinteresēto pušu sadarbības nodrošināšana. 4PSS ieviešana prasa rūpīgu plānošanu pašvaldībās, kam nepieciešami kvalificēti speciālisti, kas pārzina galvenos siltumapgādes darbības principus un ir gatavi identificēt inovatīvus risinājumus konkrētā reģionā.

Iespējas ir ārējā finansējuma piesaiste izpētes projektu realizēšanai, bet draudi ir politisko un ekonomisko interešu ietekme uz CSS darbību, kas neveicina ilgtspējīgu risinājumu ieviešanu.

3.3.tabula SVID analīze no pašvaldību un valsts viedokļa

Stiprās puses	Vājās puses
• Alternatīvo energoresursu izmantošana un samazinātas SEG emisijas • Ilgtspējīga CSS attīstība • Vieglāka ES mērķu izpilde • Neatkarīga energoapgāde, kas balstīta uz lokāliem energoresursiem	• Atbilstošu likumdošanas regulējumu izstrāde un ieviešana • Operatoru un patērētāju nevēlēšanās sadarboties un pielāgoties • Speciālistu trūkums CSS attīstības stratēģisko plānu izstrādei
Iespējas	**Draudi**
• Ārējā finansējuma piesaiste izpētei un ieviešanai	▪ Politisku un ekonomisku interešu ietekme uz CSS darbību

SVID analīze parāda, ka katrai no iesaistītajām pusēm ir savi ieguvumi un trūkumi, iespējas un draudi. 4PSS atbalsta un ieviešanas mehānismiem jābūt tādiem, lai veicinātu pēc iespējas vairāk ieguvumu visām iesaistītajām pusēm.

4.Argumentēti priekšlikumi iespējamā pilotprojektu konkursa 4PCSS ieviešanā nosacījumiem personu ar invaliditāti biedrību īpašumā esošajās ēkām

4PCSS ieviešana ir kompleksu risinājumu kopums, kas var veidot dažādas tehnoloģisko risinājumu kombinācijas pie patērētāja, siltumtīklos un avotā. Šāda pilotprojektu konkursa ieviešanas nosacījumiem jābūt ar mērķi sasniegt maksimālu ekonomiski pamatoto efektivitāti kopējā siltumapgādes sistēmā, ņemot vērā ieviesto aktivitāšu savstarpējo mijiedarbību.

Ņemot vērā mērķauditorijas specifiku (personu ar invaliditāti biedrību īpašumā esošas ēkas) konkrētā metodika un nosacījumi tiek attiecināti uz nelielām (lokālām) siltumapgādes sistēmām, kas apvieno līdz 10 ēkas.

Lielu centralizēto siltumapgādes sistēmu (pilsētu ietvaros) pārejai uz 4PCSS pirms tehnisko projektu sagatavošanas būtu nepieciešama papildus zinātniskā izpēte, lai noteiktu un salīdzinātu optimālākos risinājumus turpmākai sistēmas attīstībai. Šāds pilotprojektu konkurss divās kārtās no 2017. gada tiek īstenots Vācijā, kurā paredzēta finansējuma piešķiršana CSS plānošanai un priekšizpētei (1. kārta) un tehnisko risinājumu īstenošanai (2. kārta) [90]. CSS priekšizpēte nodrošina, ka tiek izvēlēts gan efektīvākais un ilgtspējīgākais, gan izmaksu efektīvākais attīstības scenārijs. Tāpat arī dažādu inovatīvu risinājumu ieviešana (piemēram, tīklu atvēršana siltuma pārpalikumu integrēšanai, slodžu vadība, akumulācijas sistēmu izbūve u.tml.) prasa rūpīgu sistēmas komponenšu salāgošanu un optimizēšanu.

4.1. Vienam projektam nepieciešamais finansējums, atbalsta intensitāte, atbalstāmās aktivitātes, SEG emisiju samazinājuma rādītājs

Pilotprojekta ietvaros kā atbalstāmās aktivitātes tiktu ietverti pasākumi energoefektivitātes paaugstināšanai visos CSS elementos, kas var tikt savstarpēji kombinētas:

1. Ēku energoefektivitātes paaugstināšana;
2. Ēku apkures un karstā ūdens sistēmu pielāgošana 4PSS;
3. Siltummezglu pielāgošana;
4. Siltumtīklu rekonstrukcija;
5. Atjaunojamo energoresursu vai siltumenerģijas pārpalikuma integrēšana;
6. Monitoringa sistēmas ieviešana vai uzlabošana;

1. **Ēku energoefektivitātes paaugstināšana.** Iekļauj:
   - ēku norobežojošo konstrukciju siltumnoturības paaugstināšanu;
   - iekštelpu temperatūras regulācijas uzlabošana;
   - inženiertehnisko sistēmu energoefektivitātes uzlabošana;
     i. apgaismojuma nomaiņu uz energoefektīvāku.
     ii. ventilācijas un dzesēšanas sistēmas pārbūve, atjaunošana vai regulācijas pilnveidošana, ja tā vai nodrošina siltumenerģijas vai elektroenerģijas patēriņa samazinājumu
     iii. alternatīvo energoresursu integrēšana karstā ūdens sagatavošanai, ja karstais ūdens tiek sagatavots lokāli.

Ietaupījums no ēkas energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumiem tiek noteikts saskaņā ar ēkas energosertifikātu un pārskatu par ēkas energosertifikāta aprēķinos izmantotajām ievaddatu vērtībām.

2. **Ēku apkures sistēmas pielāgošana 4PSS un ēkas karstā ūdens sistēmas pielāgošana 4PSS**. Iekļauj aktivitātes, kas tiek ieviestas, lai varētu tikt pazemināta siltumnesēja temperatūra tīklos:
   - grīdas apkures sistēmas ierīkošana;
   - zemas temperatūras sildķermeņu uzstādīšana;
   - karstā ūdens sadales sistēmas rekonstrukcija, lai minimizētu ūdens tilpumu individuālajā sistēmā;
   - iekštelpu temperatūras regulatoru uzstādīšana.

   Šīs aktivitātes nesniedz tiešu enerģijas vai CO_2 ietaupījumu ēkās, bet rezultējas paaugstinātā energoefektivitātes rādītajā siltumtīklos un avotā. Sildķermeņu nomaiņas nepieciešamība jāizvērtē atsevišķi, jo ne vienmēr sildķermeņu nomaiņa ir obligāts priekšnosacījums iespējai pazemināt temperatūru ēkas apkures sistēmā. Ja ēka ir renovēta, bet sildķermeņi netiek mainīti, tad to sildvirsmas laukums var būt pietiekams, lai nodrošinātu atbilstošu iekštelpu temperatūru arī pie zemākas siltumnesēja temperatūras.

3. **Siltummezglu pielāgošana**. Iekļauj aktivitātes, kas tiek ieviestas, lai varētu tikt pazemināta siltumnesēja temperatūra tīklos:
   - kontrolvārstu uzstādīšana,
   - siltummaiņu pielāgošana,
   - akumulācijas tvertnes uzstādīšana.

4. **Siltumtīklu rekonstrukcija.** Iekļauj sekojošas aktivitātes:
   - neefektīvu siltumtīklu rekonstrukciju ar mērķi samazināt siltumenerģijas pārvades zudumus;
   - jauna siltumtīklu vai to posma būvniecību, lai paaugstinātu sistēmas efektivitāti.

Jaunas siltumtrases posma būvniecības gadījumā efektivitāte nosakāma kā siltumenerģijas zudumi jaunajā pārvades un sadales sistēmas posmā pret sistēmai pieslēgtā patērētāja siltumenerģijas patēriņu

$$\eta_i = \frac{Q_{i,zud}}{Q_{i,pat}} \tag{4.1}$$

kur
η_i-jaunā siltumtrases posma efektivitāte,
$Q_{i,zud}$-siltumenerģijas zudumi no jaunā siltumtrases posma, MWh gadā;
$Q_{i,pat}$- jaunajam siltumtrases posmam pieslēgtā patērētāja siltumenerģijas patēriņš gadā, MWh gadā;

Jauna siltumtrases posma efektivitātes radītājs nedrīkst būt lielāks par 0,15. Radītāju nosakot, jāņem vērā patērētāja energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi, ja tādi tiek paredzēti projekta ietvaros.

Piemēram, plānots izveidot jaunu siltumtrases posmu, kura garums 100 m (turpgaita) (cauruļvada diametrs 50 mm, rūpnieciski izolēta caurule ar rezultējošo lineāro siltuma pārejas koeficientu 0,26 W/m*K), tad siltumenerģijas zudumi no jaunā posma $Q_{i,zud}$ jānosaka pie attiecīgā temperatūras grafika. Siltuma zudumi no šāda posma sastādītu 33 MWh gadā (pie temepratūras grafika 95/75) vai 19 MWh gadā pie temperatūras grafika 60/35. Ja ēkas siltumenerģijas patēriņš ir aptuveni 160 MWh gadā, tad jaunā siltumtrases posma efektivitāte η_i būtu attiecīgi 0,21 pie temperatūras grafika 95/75 un 0,12 pie temperatūras grafika 60/35.

5. **Atjaunojamo energoresursu vai siltumenerģijas pārpalikumu integrēšana**. Tiek īstenota pāreja no siltumavota, kas siltumenerģijas ražošanai izmanto fosilos energoresursus, uz siltumavotu, kas siltumenerģijas ražošanai izmanto atjaunojamos energoresursus vai siltumenerģijas pārpalikumus no apkārt esošajiem industriālajiem vai cita veida objektiem.
Par siltumenerģijas pārpalikumiem tiek uzskatītas tādas siltumenerģijas plūsmas blakus esošos objektos, kas netiek lietderīgi izmantotas un nonāk apkārtējā vidē kā zudumi, bet kurus būtu iespējams atgūt ar izmaksefektīvu tehnoloģiju palīdzību. Kā siltumenerģijas pārpalikumi netiek definētas siltumenerģijas plūsmas, ja pēc to integrācijas CSS, tiek izmantots papildus kurināmā daudzums.

Siltuma avotā tiek atbalstītas sekojošas aktivitātes:

- esošo fosilo kurināmo siltumenerģijas ražošanas iekārtu demontāža;
- centralizētās siltumapgādes ražošanas avota rekonstrukcija, ja pēc investīciju ieguldīšanas siltumenerģijas ražošanai tiek izmantoti atjaunojamie energoresursi vai siltumenerģijas pārpalikumi. Centralizētās siltumapgādes ražošanas avots ir tehnoloģisko iekārtu un būvju kopums siltumenerģijas ražošanai;
- siltuma akumulācijas sistēmu izbūve ar mērķi paaugstināt kopējo siltumenerģijas ražošanas efektivitāti.

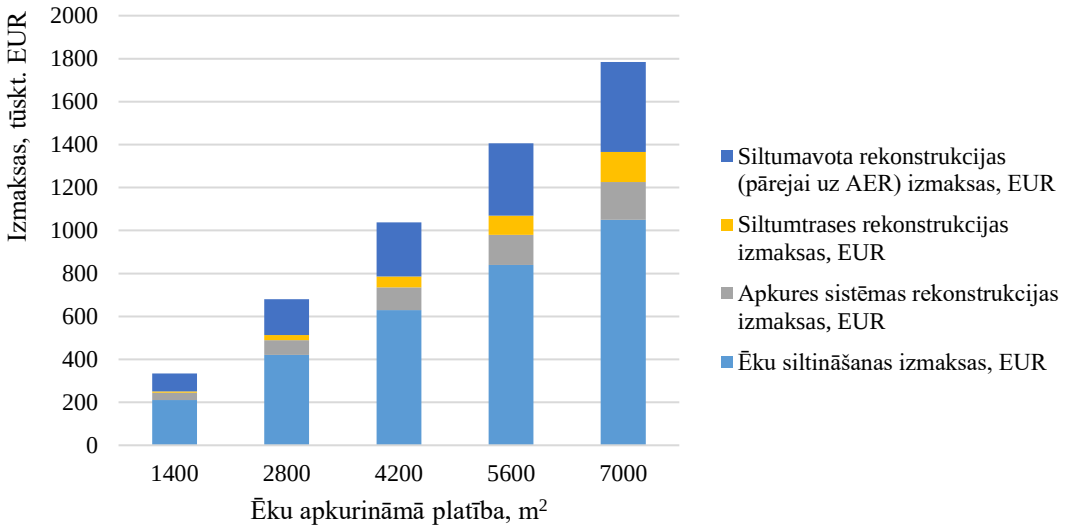
Vienam projektam nepieciešamais finansējums ir mainīgs atkarībā no siltumapgādes sistēmas lieluma (apkurināmo ēku platības un siltumenerģijas patēriņa). Lai to noteiktu veikts vienkāršots dažādu scenāriju aprēķins, lai noteiktu izmaksu robežvērtības.

Zemāk norādīts pilotprojekta izmaksu salīdzinājums, pieņemot, ka tiek veiktas atbalstāmās aktivitātes ēkās, siltumtīklos un siltuma avotā. Lai noteiktu aptuvenās izmaksas, aprēķins veikts mikrorajonam ar dažādu skaitu vidēja izmēra daudzīvokļu ēkām (platība 1400 m^2), pieņemot ēku īpatnējo apkures patēriņu pēc siltināšanas 80 kWh/m^2. Aprēķinā izmantoti šādi robežizmaksu lielumi:

- īpatnējās siltināšanas izmaksas 150 Eur/m^2 $_{\text{apkurināmās platības}}$ [91];
- īpatnējās apkures sistēmas rekonstrukcijas izmaksas, 25 Eur/m^2 $_{\text{apkurināmās platības}}$ [92];

- īpatnējās siltumtrases rekonstrukcijas izmaksas, 100 Eur/m $_{siltumtrases}$ [93];
- īpatnējās siltumavota rekonstrukcijas izmaksas, 1500 Eur/kW $_{siltumavota\ jaudas}$ [93];

Jāatzīmē, ka siltumavota rekonstrukcijas izmaksas būtiski atšķiras atkarībā no izvēlētās tehnoloģijas. Rezultējošās izmaksas dažāda izmēra mikrorajoniem ir apkopotas attēlā zemāk.



4.1.1. att. Pilotprojekta maksimālās izmaksas atkarībā no ēku apkurināmās platības

Kopējās pilotprojekta attiecināmās izmaksas var svārstīties no 200 tūkstošiem līdz pat gandrīz 1,8 miljoniem Eiro, ja pasākumi tiek īstenoti vairāku daudzīvokļu ēku mikrorajonā.

Vidējās izmaksas uz ietaupīto kWh patērētājiem piegādātās siltumenerģijas paredzamas aptuveni 1,3 EUR/kWh, ja tiek veiktas energoefektivitātes paaugstināšanas aktivitātes visos sistēmas elementos. Rādītājs noteikts kā kopējās projekta investīcijas pret sasniegto siltumenerģijas ietaupījumu un atjaunojamo energoresursu integrācijas apjomu.

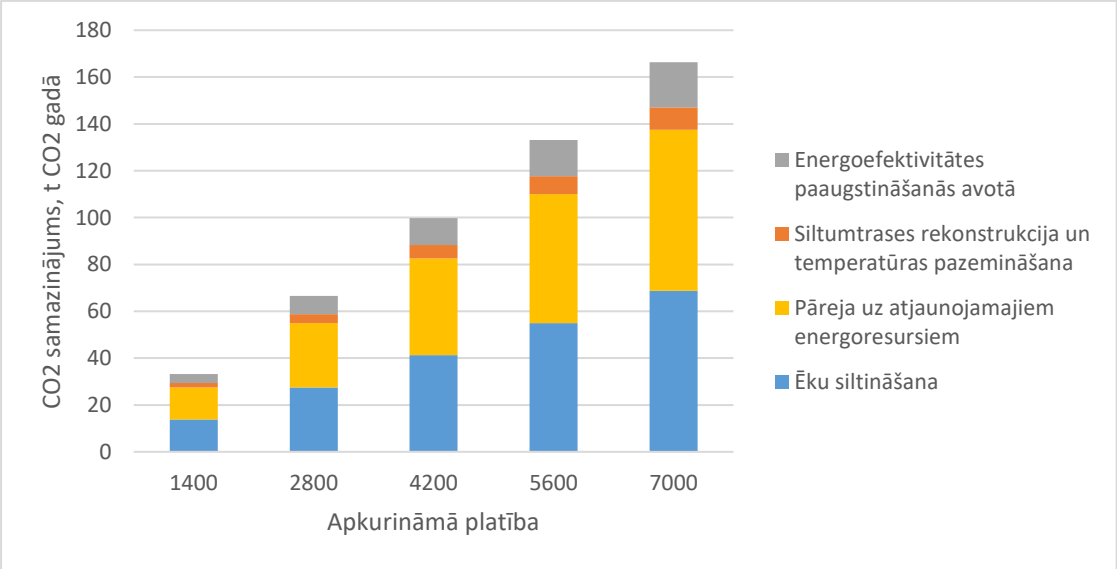
$$ĪP_{In} = \frac{Q_{iet\ ēkās} + Q_{iet\ zudumi} + Q_{iet\ avotā}}{I_{att}} \quad (4.2.)$$

$ĪP_{in}$-īpatnējās investīcijas, EUR/kWh gadā;
$Q_{iet\ ēkās}$- siltumenerģijas ietaupījums no ēkas rekonstrukcijas, kWh gadā;
$Q_{iet\ zudumi}$-kurināmā patēriņa ietaupījums no siltumenerģijas zudumu samazināšanas, kWh gadā;
$Q_{iet\ avotā}$- kurināmā patēriņa samazinājums no avota energoefektivitātes paaugstināšanās un atjaunojamo energoresursu izmantošanas, kWh gadā;
I_{att}- kopējās attiecināmās izmaksas, EUR

Jāatzīmē, ka individuālos gadījumos izmaksas var atšķirties, ja piemēram, ēkas siltinātas vai siltumtīkli rekonstruēti pirms projekta īstenošanas. Tāpat izmaksas atkarīgas no izvelētā tehnoloģiskā risinājuma siltumenerģijas ražošanai.

Ieteicams projektam paredzēto līdzfinansējumu diferencēt dažādām aktivitātēm, piemēram, ēku siltināšanai un siltumtīklu rekonstrukcijai, kas sniedz tiešu enerģijas ietaupījumu paredzēt 50 - 70 % līdzfinansējumu, bet ēku apkures sistēmas rekonstrukcijai, lai to pielāgotu zemas temperatūras siltumapgādei, un inovatīvu atjaunojamo energoresursu integrēšanai siltumavotā 60 - 85 % līdzfinansējumu, jo pasākumi veicina kopējo sistēmas efektivitātes paaugstināšanos un sniedz ieguldījumu inovatīvu tehnoloģisko risinājumu attīstībai Latvijā.

Tāpat kā augstāk minētās investīcijas, arī potenciālais CO_2 emisijas ietaupījums atkarīgs no pilotprojekta izmēra (ēku kopējā siltumenerģijas patēriņa). Ja tiek veiktas visas augstāk minētās aktivitātes (ēku siltināšana, siltumtīklu rekonstrukcija, temperatūras pazemināšana tīklos un pilnīga pāreja uz atjaunojamajiem energoresursiem siltumenerģijas ražošanai), tad potenciāli sasniedzamais CO_2 emisiju samazinājums ir no 33 līdz 176 t CO_2 gadā. CO_2 emisiju samazinājums noteikts pie centralizētās siltumenerģijas emisiju faktora 122,8 t CO_2/kWh.



4.1.2. att. Pilotprojekta maksimālās CO_2 emisijas samazinājums atkarībā no ēku apkurināmās platības

Pilotprojekta izmaksu efektivitātes radītājs visiem augstāk apskatītajiem scenārijiem ir aptuveni 0,1 kg CO_2/EUR kopējo investīciju, neņemot vērā projekta vadības izmaksas.

4.2. Attiecināmās un neattiecināmās izmaksas

Projektam pieprasītais finansējums ir daļa no kopējā finansējuma. Projektam nepieciešamo kopējo finansējumu nosaka ar vienādojumu:

$$I = I_{att} + I_{neatt} \quad (4.3)$$

Attiecināmās izmaksas ietver:

- projektēšanas izmaksas I_{pr};
- kapitālieguldījumus K;
- izmaksas būvniecībai un montāžai $I_{būvn}$.

Attiecināmās izmaksas aprēķina ar vienādojumu:

$$I_{att} = K + I_{pr} + I_{būvn} \quad (4.4)$$

Pilotprojekta līdzfinansējumu nosaka ar vienādojumu:

$$I_{projekta} = k_1 \times I_{att}, \text{ EUR} \quad (4.5)$$

kur

k_1 - līdzfinansējuma īpatsvars.

Pilotprojekta ietvaros kā attiecināmie kapitālieguldījumi (K) un būvniecības un montāžas izmaksas ($I_{būvn}$) paredzamas šādas izmaksas:

- Ēkas vai inženierbūves energoefektivitātes paaugstināšana:
  - būvdarbi ēku norobežojošajās konstrukcijās, tostarp to siltināšana;
  - ēku inženiertehnisko sistēmu pielāgošana zemas temperatūras siltumapgādei;
  - izmaksas ēkas inženiertehnisko sistēmu energoefektivitātes paaugstināšanai
- Ēku un inženierbūvju automatizētās vadības un kontroles sistēmu iegāde un uzstādīšana;
- Centralizētās siltumapgādes pārvades un sadales sistēmas rekonstrukcijas un būvniecības izmaksas;
- Siltumtīklu un fosilā kurināmā siltumenerģijas ražošanas iekārtu demontāžas izmaksas;
- Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju iegāde un uzstādīšana siltumenerģijas ražošanai;
- Tehnoloģisko pamatiekārtu, palīgiekārtu un materiālu iegādes un uzstādīšanas izmaksas, kas tieši nodrošina siltumenerģijas pārpalikumu integrēšanu centralizētajā siltumapgādē;

Nepieciešamības gadījumā attiecināmas arī citas izmaksas, piemēram, projekta vadības personāla atlīdzības izmaksas un ar projekta darbībām tieši saistīto publicitātes pasākumu izmaksas

4.3. Tehniskās prasības projektu gatavībai

Lai novērtētu siltumenerģijas un elektroenerģijas ietaupījumu no veicamajiem ēkas energoefektivitātes pasākumiem, projekta iesniedzējam jāiesniedz ēkas energosertifikāts un pārskats par ēkas energosertifikāta aprēķinos izmantotajām ievaddatu vērtībām. Saskaņā ar ēkas energoesertifikātu tiek noteikti sasniedzamie siltumenerģijas un elektroenerģijas patēriņa rādītāji pirms un pēc energoefektivitātes pasākumu veikšanas.

Papildus citiem projekta konkursa dokumentiem, iesniedzējam jāiesniedz arī tehniski-ekonomiskais pamatojums par izvēlēto 4PCSS tehnoloģisko risinājumu. Šajā dokumentā projekta iesniedzējam jānorāda šāda informācija:

1. Esošās sitlumapgādes sistēmas raksturojums:
   - Teritorijas un siltumapgādes sistēmas īss apraksts (teritorijas apraksts, iedzīvotāju skaits, saražotās siltumenerģijas apjoms, īpašumtiesību struktūra, siltumapgādes sistēmas atbilstību pašvaldības plānošanas dokumentiem);
   - Siltumenerģijas ražošanas un patēriņa izvērtējums (Siltumslodzes grafiks, siltumslodzes blīvums, siltumenerģijas patēriņa dinamika, siltumenerģijas zudumi, siltuma ražošanas efektivitāte
   - Tehniskie aspekti (siltumapgādes sistēmas raksturojums, iekārtu tehniskie rādītāji, ēku sildķermeņu novērtējums, izvērtējot esošo sildķermeņu darbību pie pazeminātas siltumnesēja temperatūras vai pamatojot sildķermeņu nomaiņas nepieciešamību (ja attiecināms) tml.);
   - Finansiālie aspekti (izmaksas, siltumenerģijas tarifi, iedzīvotāju maksātspēja un tml.);

2. Siltumapgādes sistēmas attīstības alternatīvu apraksts (jādefinē vismaz 3 dažādi attīstības scenāriji, izvērtējot atšķirīgus siltumenerģijas patēriņa līmeņus, siltumnesēju temperatūras līmeņus un/vai siltumenerģijas ražošanas tehnoloģijas). Siltumapgādes sistēmas attīstības scenārijiem jābalstās uz reāli iegūstamiem tehniski ekonomiskajiem datiem. Alternatīvām jābūt realizējamām un atbilstošām esošajai situācijai.

3. Alternatīvu rādītāju rezultāti un izvēlētās alternatīvas pamatojums:
   a. Tehniskie aspekti (veicamo pasākumu izvērtējums, izvēlēto tehnoloģiju un tehnisko parametru apraksts un tml.);
   b. Enerģijas ietaupījums katrai no alternatīvām (siltumenerģijas un elektroenerģijas ietaupījuma aprēķins, papildus norādot - siltumtrasēm aprēķina parametrus (cauruļvadu diametrus, siltumnesēja temperatūras grafikus, grunts temperatūru un citus parametrus), katliem aprēķina parametrus (katla un katla iekārtu lietderības koeficientus, pamatojot tos ar mērījumiem vai tehnisko dokumentāciju, temperatūras grafikus un citus parametrus) – attiecas gan uz esošo, gan arī uz projektā paredzēto situāciju);
   c. Finanšu analīze, nosakot siltumenerģijas tarifu katrai no alternatīvām (norāda izvēlēto alternatīvu finanšu analīzi, izmaksu ietaupījumu un citus rādītājus);
   d. Ietekmes uz vidi izvērtējums (emisijas un dabas piesārņojuma analīze un plānotā emisiju samazinājuma izvērtējums).

4.4. Projektu iesniegumu kvalitātes vērtēšanas kritēriji

Kā galvenais indikators projektu kvalitātes novērtēšanai tiek izmantots īpatnējais CO_2 emisiju samazinājums tonnas gadā uz tūkst. Eiro piešķirtā finansējuma, kuru nosaka sekojoši:

$$ĪP_{CO2} = \frac{\Delta CO_2}{I_{projekta}} \quad (4.6)$$

kur

$ĪP_{CO2}$-Projekta kopējais sasniedzamais īpatnējais CO_2 samazinājums pret piešķirtā finansējuma apjomu, t CO_2/tūkst. EUR

ΔCO_2- CO_2 emisiju samazinājums pēc veiktajām aktivitātēm, t CO_2 gadā;

$I_{projekta}$- Kopējais projektam piešķirtais finansējums, tūkst. EUR;

CO_2 ietaupījumu nosaka kā starpību starp CO_2 emisijām pirms projekta īstenošanas un pēc projekta īstenošanas.

$$\Delta CO_2 = (CO_2 - CO_2`) \quad (4.7)$$

kur

CO_2- īpatnējais CO_2 emisiju daudzums pirms projekta realizēšanas, t gadā/m^2;

$CO_2`$- īpatnējais CO_2 emisiju daudzums pēc projekta realizēšanas, t gadā/m^2;

1.1. nodaļā aprakstītās aktivitātes savstarpēji ietekmē viena otru, piemēram, ēku siltināšana veicina iespēja pazemināt temperatūru tīklos, kas savukārt paaugstina tīklu efektivitāti. Šādos gadījumos rezultējošais enerģijas ietaupījums un CO_2 emisiju samazinājums, ja tiek realizētas vairākas aktivitātes, veidojas no dažādiem saistītiem procesiem, kam nepieciešams veikt sarežģītus inženiertehniskos aprēķinus. Līdz ar to, CO_2 un $CO_2`$ aprēķināšanai tiek piedāvāts izmantot vienkāršotu aprēķina formulu, kas iegūta, sagatavojot matemātisko modeli un ietver energoefektivitātes komponentes novērtēšanu konkrētā siltumapgādes elementā pie noteikta tehnoloģiskā risinājuma.

$$CO_2 = (a - b \cdot \eta_{avotā} - c \cdot \eta_{tīklos} + d \cdot \eta_{ēkās}) \cdot A \quad (4.8)$$
$$CO_2` = (a - b \cdot \eta_{avotā}` - c \cdot \eta_{tīklos}` + d \cdot \eta_{ēkās}`) \cdot A \quad (4.9)$$

kur

$\eta_{avotā}$-energoefektivitāte avotā pirms pasākumu veikšanas;
$\eta_{tīklos}$- energoefektivitāte tīklos pirms pasākumu veikšanas;
$\eta_{ēkās}$- ēkas īpatnējais siltumenerģijas patēriņš pirms pasākumu veikšanas, kWh/m^2;
$\eta_{avotā}`$-energoefektivitāte avotā pēc pasākumu veikšanas;
$\eta_{tīklos}`$- energoefektivitāte tīklos pēc pasākumu veikšanas;
$\eta_{ēkās}`$- ēkas īpatnējais siltumenerģijas patēriņš pirms pasākumu veikšanas, kWh/m^2;
A-ēkas apkurināmā platība, tūkst. m^2;
a, b, c, d –koeficientu vērtības saskaņā ar 4.1.1. tabulu.

4.1.1. tabula. Lineārās regresijas vienādojuma koeficientu vērtības dažāda veida kurināmajiem un ēkām

Kurināmā veids	Ēku īpatnējais siltumenerģijas patēriņš 70-140 kWh/m² gadā				Ēku īpatnējais siltumenerģijas patēriņš 141-250 kWh/m² gadā			
	a	b	c	d	a	b	c	d
Dabasgāze	59,1	34,8	34,4	0,28	109,8	64,6	63,8	0,28
Dīzeļdegviela	78,2	46,0	45,4	0,37	135,6	75,4	78,8	0,35
Kurināmais mazuts	81,7	48,0	47,5	0,39	141,7	78,7	82,4	0,36
Sašķidrinātā naftas gāze	66,5	39,1	38,6	0,32	115,3	64,1	67,1	0,30
Akmeņogles	103,7	61,0	60,3	0,49	179,8	99,9	104,5	0,46
Centralizētā siltumenerģija	35,9	21,2	20,9	0,17	62,4	34,7	36,3	0,16

Augstāk minētais lineārās regresijas vienādojums raksturo attiecību starp CO_2 emisijām un 3 neatkarīgajiem mainīgajiem lielumiem. Tas iegūts analizējot dažādus CSS elementu attīstības scenārijus un to maksimālo un minimālo sasniedzamo CO_2 emisiju ietaupījumu, kas kā piemērs vienam no analizētajiem gadījumiem apkopots matricā tabulā zemāk.

4.1.2. tabula. Scenāriju matricas piemērs ēkām, kuru siltumenerģijas patēriņš robežas 70-140 kWh/m² gadā (dabasgāze)

Energoefektivitāte avota	Energoefektivitāte tīklos	Energoefektivitāte ēkās	CO_2 gadā
0,95	0,92	70,00	28,35
0,75	0,80	140,00	82,60
0,75	0,80	70,00	41,30
0,75	0,92	140,00	71,83
0,75	0,92	70,00	35,91
0,95	0,92	140,00	56,70
0,95	0,80	70,00	32,61
0,95	0,80	140,00	65,21
0,85	***0,86***	***105***	***50,85***

Tā kā statistiskās analīzes varbūtības vērtība *P* ir mazāka par 0,05, tad statistiski nozīmīga sakarība starp mainīgajiem lielumiem ir 95 % ticamības līmenī. Determinācijas koeficients (r^2) uzstādītajam vienādojumam ir 98,39 %, kas izskaidro CO_2 emisiju faktora mainīgumu. Lai labāk salīdzinātu meklēto vērtību (CO_2 emisijas) ar dažādo mainīgo skaitu, izmanto koriģēto r^2 vērtību, kas ir 97,14 %. Izveidotā vienādojuma vidējā absolūtā kļūda 1,325. Dispersijas analīze parāda, ka modelī izvēlētie mainīgie lielumi ir nozīmīgi un nav nepieciešams mainīt izvēlētos lielumus.

Šādas matricas sagatavotas katram no kurināmajiem, ņemot vērā konkrētā kurināmā CO_2 emisiju faktora vērtību, un dažāda veida ēkām, atkarībā no

īpatnējā siltumenerģijas patēriņa, iegūstot 4.1.1. tabulā norādītās koeficientu vērtības.

Lai pamatotu CO_2 ietaupījuma formulas (4.8. un 4.9.) izmantošanu zemāk sniegts projekta izvērtējuma piemērs.

Projekta ietvaros paredzama ēkas ar kopējo apkurināmo platību 2000 m^2 norobežojošo konstrukciju siltināšana, lai samazinātu īpatnējo siltumenerģijas patēriņu apkurei no 150 kWh/m^2 uz 80 kWh/m^2. Papildus paredzēta siltummezglu rekonstrukcija apkures sistēmas uzlabošanai, lai būtu iespējams samazināt siltumtīklu temperatūru. Esošie novecojušie un neefektīvie siltumtīkli tiks nomainīti uz jauniem, labi izolētiem cauruļvadiem un tiks pazemināts siltumtīklu temperatūras grafiks darbībai no režīma 90/70 uz 60/30. Tīklu efektivitāte pieaugs no 0,82 līdz 0,91. Siltumenerģijas ražošanai paredzēts nomainīt esošo dabasgāzes katlu uz biomasas granulu katlu un ražošanas efektivitāte pieaugs no 0,85 līdz 0,9.

Aprēķina piemērs: ΔCO_2 = *(109,8-64,6***0,85**-63,8**0,82**+0,28**150**)*2000/1000-(59,1-34,8**0,9**-34,4**0,91**+0,28**80**)*2000/1000=89,15-37,75=51,39 t gadā*

Rezultējošais vienkāršotais ietaupījums ir 51,39 t gadā. Pie projekta kopējām izmaksām aptuveni 600 000 EUR un atbalsta intensitātes 0,6, īpatnējais šāda projekta CO_2 emisiju samazinājums būtu 0,147 t CO_2/tūkst. EUR.

Energoefektivitāti avotā pirms un pēc pasākumu ieviešanas ($\eta_{avotā}$ un $\eta_{avotā`}$) nosaka neatkarīgs eksperts ēku energoefektivitātes jomā. Siltumenerģijas ražošanas lietderības koeficientam jābūt robežās no 0,75 līdz 0,95. Zemāk redzamās vērtības, kas mainās atkarībā no siltumenerģijas ražošanai izmantotā kurināmā, tehnoloģiskā risinājumu un siltumnesēja turpgaitas maksimālās temperatūras, var izmantot vērtējot iesniegtos projektu pieteikumus. Vērtības noteiktas kā ekspertu pieņēmumi balstoties uz realizēto projektu darbības izvērtējumu.

4.1.3. tabula. Avota energoefektivitātes vērtību piemēri atkarība no tīklu temperatūras

Kurināmais un sadedzināšanas tehnoloģija	Turpgaitas maksimālā temperatūra, °C				
	>90	80-89	70-79	60-69	50-59
Dabasgāzes un cita veida fosilā kurināmā katls	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Dabasgāzes un cita fosila kurināmā katls ar dūmgāzu ekonomaizeri	0,75	0,76	0,77	0,79	0,80
Biomasas (šķeldas, malkas, granulu, salmu u.tml.) katls	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Biomasas (šķeldas, malkas, granulu, salmu u.tml.) katls ar dūmgāzu ekonomaizeri	0,8	0,81	0,83	0,84	0,85
Dabasgāzes koģenerācijas stacija	0,75	0,76	0,77	0,79	0,80
Biomasas koģenerācijas stacija	0,8	0,81	0,83	0,84	0,85
Biogāzes koģenerācijas stacija	0,8	0,81	0,83	0,84	0,85
Saules kolektori	0,9	0,91	0,93	0,94	0,95
Siltumenerģijas ražošana no apkārtējās vides siltuma, izmantojot siltumsūkni	0,8	0,81	0,83	0,84	0,85
Industriālie siltumenerģijas pārpalikumi	0,9	0,91	0,93	0,94	0,95
Siltumenerģija no cita mikrorajona atgaitas plūsmas	0,9	0,91	0,93	0,94	0,95

Tabulā augstāk redzams, ka energoefektivitāte no temperatūras pazemināšanas tīklos pieaug gadījumos, kad:

- uzstādīts dūmgāzu kondensators (iespējams atgūt lielāku siltumenerģijas daļu);
- siltumenerģija saražota koģenerācijas stacijā (iespējams izstrādāt vairāk elektroenerģijas);
- tiek izmantoti dažādi alternatīvie energoresursi (piemēram, saules kolektori, siltumsūknis) (pieaug to darbības efektivitāte);
- tiek integrēti siltumenerģijas pārpalikumi vai izmantota citas mikrorajona atgaitas plūsma (iespējams efektīvāk izmantot zema potenciāla siltumenerģijas plūsmas).

Energoefektivitāti tīklos pirms un pēc pasākumu ieviešanas ($\eta_{tīklos}$ un $\eta_{tīklos`}$) nosaka neatkarīgs eksperts ēku energoefektivitātes jomā. Siltumtīklu energoefektivitātes vērtībām jābūt robežās no 0,8 līdz 0,92. Zemāk redzamās vērtības, kas mainās atkarībā no siltumtrases rekonstrukcijas veida, izvietojuma un siltumnesēja temperatūras tīklos, var izmantot vērtējot iesniegtos projektu pieteikumus. Vērtības noteiktas kā ekspertu pieņēmumi balstoties uz siltumtīklu darbības rādītājiem pie dažādām tīklu temperatūrām un cauruļvadu siltumizolācijas īpašībām.

4.1.4. tabula. Siltumtīklu energoefektivitātes vērtību piemērs

Siltumtrases veids un cauruļvadu stāvoklis	Turpgaitas maksimālā temperatūra, °C				
	>90	80-89	70-79	60-69	50-59
Jauna labi izolēta pazemes siltumtrase	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
Veca pazemes siltumtrase ar sliktu siltumizolāciju	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86
Veca virszemes siltumtrase ar sliktu siltumizolāciju	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
Jauna, labi izolēta virszemes siltumtrase	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90

Tīklu energoefektivitāte palielinās, ja tiek pazemināta temperatūra tīklos, jo samazinās pārvades zudumi.

Energoefektivitāti pie patērētāja pirms un pēc pasākumu īstenošanas ($\eta_{ēkās}$ un $\eta_{ēkās}$`) nosaka pēc īpatnējā siltumenerģijas patēriņa pirms un pēc ēkas energoefektivitātes paaugstināšanas, saskaņā ar veikto ēkas energoauditu. Maksimālā sasniedzamā īpatnējā siltumenerģijas patēriņa apkurei vērtība pēc veiktajiem pasākumiem ir 70 kWh/m^2, kas ir saskaņā ar Latvijas būvniecības likumdošanu atbilstoši MK 30.06.2015. noteikumiem Nr. 339 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-15 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika"". Maksimālais ēkas īpatnējais patēriņš apkurei pirms pasākumu īstenošanas ir 250 kWh/m^2. Ja noteiktās vērtības ir ārpus šīm robežām, tad tās pielīdzina noteiktajām robežvērtībam.

Noteiktās robežvērtības siltuma ražošanas efektivitātei, siltumtīklu efektivitātei un ēku īpatnējajam siltumenerģijas patēriņam ir atbilstošas pie labas inženiersistēmu un ražošanas iekārtu uzturēšanas un apsaimniekošanas prakses.

Papildus tiek izvērtēts ēkas energoefektivitātes paaugstināšanas rezultātā plānotā siltumenerģijas un elektroenerģijas ietaupījuma kopsumma (megavatstundas/gadā) attiecībā pret projekta attiecināmām izmaksām (tūkstošos eiro). Projekta īstenošanas rezultātā plānoto siltumenerģijas un elektroenerģijas ietaupījuma kopsummu (enerģijas ietaupījums) dala ar projekta attiecināmajām izmaksām tūkstošos eiro.

Enerģijas ietaupījumu attiecībā pret attiecināmām izmaksām aprēķina pēc šādas formulas:

$$D_{ēkās} = \frac{Q_{iet,ēkās} + E_{iet,ēkās}}{I_{ēkās}} \quad (4.10)$$

kur

$D_{ēkās}$ – enerģijas ietaupījums (megavatstundas/gadā) attiecībā pret piešķirto finansējumu ēku energoefektivitātes paaugstināšanai, MWh/tūkst. EUR.

$Q_{iet,ēkās}$-siltumenerģijas ietaupījums no ēkas energoefektivitātes paaugstināšanas, MWh gadā;

$E_{iet,ēkās}$-elektroenerģijas ietaupījums no ēkas energoefektivitātes paaugstināšanas, MWh gadā;

$I_{ēkās}$- piešķirtais finansējums ēku energoefektivitātes paaugstināšanai, tūkst. EUR;

Rādītājam $D_{ēkās}$ jābūt vismaz 0,4 MWh/tūkst.EUR, ja ēkas griestu augstums ir mazāks par 4 m, un 0,3, ja ēkas griestu laukums ir lielāks par 4 m.

Piemēram, 2000 m^2 lielā ēkā norobežojošo konstrukciju siltuma zudumu samazināšanas rezultātā tiek panākts īpatnējā siltumenerģijas patēriņa ietaupījums no 160 kWh/m^2 uz 80 kWh/m^2 un veikta apgaismojuma nomaiņa koplietošanas telpās, kas rezultējas 10 MWh elektroenerģijas ietaupījumā. Kopējās attiecināmās izmaksas ēkas energoefektivitātes paaugstināšanai 300 000 Eiro, bet piešķirtais finansējums 180 000. Rezultējošais enerģijas ietaupījums pret piešķirto finansējumu ir 0,94 MWh/tūkst. EUR

$$Aprēķina\ piemērs: D_{ēkās} = \frac{(0{,}160-0{,}080)*2000+10}{180}$$=0,94 MWh/tūkst. EUR

Lai izvērtētu siltumtīklu rekonstrukcijas efektivitāti, tiek noteikts īpatnējais siltumenerģijas patēriņa samazinājums uz veiktajām investīcijām siltumtīklos. Panāktais siltumenerģijas zudumu samazinājums uz līdzfinansējumu 1000 EUR apmērā ir, īstenojot pārvades un sadales sistēmas efektivitātes paaugstināšanu, rekonstruējamā posmā aprēķināms sekojoši:

$$D_{zud} = \frac{Q_{zud\,1}-Q_{zud\,2}}{I_{tīklos}} \qquad (4.11)$$

kur

$D_{ēkās}$ – enerģijas ietaupījums (megavatstundas/gadā) attiecībā pret piešķirto finansējumu tīklu rekonstrukcijai, MWh/tūkst. EUR;

Q_{zud1}-Siltumenerģijas zudumi tīklos pirms projekta realizēšanas, MWh gadā;

Q_{zud2}-Siltumenerģijas zudumi tīklos pēc projekta realizēšanas, MWh gadā;

$I_{tīklos}$- piešķirtais finansējums siltumtīklu rekonstruēšanai energoefektivitātes paaugstināšanai, tūkst. EUR;

Piemēram, plānots rekonstruēt pazemes siltumtrases posmu, kura garums 100 m (turpgaita) (cauruļvada diametrs 50 mm, esošās caurules ar sliktu siltumizolācijas kvalitāti lineāras siltuma pārejas koeficients 0,51 W/m*K, jaunās rūpnieciski izolēta caurules lineārās siltuma pārejas koeficients 0,26 W/m*K,). Paredzamās posma rekonstrukcijas izmaksas 20 000 EUR (piešķirtais finansējums 12 000 EUR). Siltuma zudumi no esošās siltumtrases posma 65 MWh gadā (pie temperatūras grafika 95/75). Siltuma zudumi pēc rekonstrukcijas 33 MWh gadā pie temperatūras grafika 90/75, bet pie temperatūras grafika 60/35- 19 MWh gadā. Rezultātā, panāktais siltumenerģijas zudumu samazinājums, ņemot vērā gan rekonstrukciju, gan temperatūras pazeminināšanu tīklos ir 3,8 MWh/tūkst. EUR.

$$Aprēķina\ piemērs: D_{zud} = \frac{65-19}{12}$$=3,8 MWh/tūkst. EUR

Īstenojot pāreju no siltumavota, kas siltumenerģijas ražošanai izmanto fosilos energoresursus, uz siltumavotu, kas siltumenerģijas ražošanai izmanto atjaunojamos energoresursus vai siltumenerģijas pārpalikumus, tiek noteikts

aizstātās siltumenerģijas daudzums uz līdzfinansējumu 1000 EUR apmērā un tā ir:

$$D_{atjaunojamo} = \frac{Q_{atjaunojamo}}{I_{avota}} \quad (4.12)$$

kur

$D_{atjaunojamo}$ – saražotās siltumenerģijas daudzums no atjaunojamajiem energoresursiem, kas aizstāj siltumenerģiju no fosilajiem energoresursiem attiecībā pret piešķirto finansējumu tīklu rekonstrukcijai, MWh/tūkst. EUR;

$Q_{atjaunojamo}$- no fosiliem energoresursiem saražotā siltumenerģija, kas aizstāta ar no atjaunojamiem energoresursiem saražoto siltumenerģiju vai siltumenerģijas pārpalikumiem, MWh gadā

I_{avota}- piešķirtais finansējums siltumenerģijas avota rekonstrukcijai, tūkst. EUR;

Ietaupījumu aprēķina salīdzinot saražotās siltumenerģijas apjomu, neņemot vērā veiktos energoefektivitātes pasākumu ēkās un katla lietderības koeficienta izmaiņas dēļ temperatūras pazeminināšanas tīklos.

Piemēram, plānots uzstādīt koksnes granulu apkures katlu, kas aizstātu dabasgāzes izmantošanu siltumenerģijas ražošanai. Ja gadā saražotais siltumenerģijas daudzums 200 MWh, kas tiks sagatavots ar atjaunojamajiem energoresursiem un paredzamās investīcijas katlu mājā 50 000 EUR (atbalsta intensitāte 0,6), tad $D_{atjaunojamo}$ paredzams 6,67 MWh/tūkst. EUR.

$$Aprēķina\ piemērs: D_{atjaunojamo} = \frac{200}{50*0,6} = 6,67 \text{ MWh/tūkst. EUR}$$

Ja tiek izbūvēta siltumenerģijas akumulācijas sistēma siltumavotā, tiek aprēķināts panāktā kurināmā patēriņa ietaupījums uz piešķirtā līdzfinansējumu 1000 EUR apmēru:

$$D_{akumulācija} = \frac{(B_1 - B_2)}{I_{Akumulācija}} \times 1000 \quad (4.13)$$

kur

$D_{atjaunojamo}$ – panāktais kurināmā patēriņa samazinājums, uzstādot siltumenerģijas akumulācijas sistēmu pret piešķirto finansējumu akumulācijas sistēmas izbūvei, MWh/tūkst. EUR;

B_1-Kurinamā patēriņš pirms akumulācijas sistēmas uzstādīšanas, MWh gadā;

B_2-Kurināmā patēriņš pēc akumulācijas sistēmas uzstādīšanas, MWh gadā;

$I_{akumulācija}$- piešķirtais finansējums akumulācijas sistēmas uzstādīšanai, tūkst. EUR;

Piemēram, uzstādot akumulācijas tvertni šķeldas katlu mājā, apkures katls var ilgāku periodu darboties optimālā slodzes režīmā ar augstāku lietderības koeficientu. Kurināmā patēriņš bez akumulācijas tvertnes 250 MWh gadā, bet ar akumulācijas tvertni – 243 MWh gadā. Akumulācijas sistēmas izmaksas 20 000 Eiro (atbalsta intensitāte 0,6). Panāktais kurināmā patēriņa samazinājums, uzstādot siltumenerģijas akumulācijas sistēmu pret piešķirto finansējumu akumulācijas sistēmas izbūvei 0,58 MWh/tūkst. EUR.

$$Aprēķina\ piemērs: D_{akumulacija} = \frac{250-243}{20*0,6} = 0,58 \text{ MWh/tūkst. EUR}$$

Salīdzinot savā starpā dažādu tehnoloģiju attiecināmās izmaksas un izvērtējot līdzfinansējuma apjomu ir jāņem vērā četri svarīgi faktori:

- jo lielāks saražotās siltumenerģijas daudzums, jo mazākas īpatnējās siltuma pārvades un ražošanas izmaksas;
- vislētākās atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas siltumenerģijas ražošanai ir malkai, pēc tam šķeldai un granulām;
- jo zemāka energoefektivitāte, jo lētākas iekārtas;
- inovatīvās tehnoloģijas un risinājumi maksā dārgāk.

Lai būtu iespējams salīdzināt dažādas atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas un harmonizētu dažādu tehnoloģiju ieguvumus tiek ņemti vērā atjaunīgo energoresursu tehnoloģiju īpatnējie kapitālieguldījumi. Korekciju veic piešķirot papildus punktus atjaunīgo energoresursu tehnoloģiju kapitālieguldījumiem. Papildus punktus nosaka attiecinātos kapitālieguldījumus siltuma avotā reizinot ar korekcijas koeficientu (skat 4.1.5. tabulu) un izdalot ar 10000:

$$PP_{kap} = k_{kor} * F_{avotā} / 10000 \quad (4.14)$$

kur

PP_{kap} - papildus punkti atjaunojamo energoresursu kapitālieguldījumiem.

4.1.5. tabula. Korekcijas koeficients atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju kapitālieguldījumiem

Atjaunīgo energoresursu tehnoloģija	Korekcijas koeficients, k_{kor}
Siltumenerģijas ražošanai ar koksnes šķeldas energoehnoloģijām	0,5
Siltumenerģijas ražošanai ar granulu energoehnoloģijām	0,6
Siltumenerģijas ražošanai ar salmu energoehnoloģijām	0,5
Siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai ar koksnes šķeldas energoehnoloģijām	0,5
Siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai ar granulu energoehnoloģijām	0,6
Siltumenerģijas ražošanai ar saules energotehnoloģijām	1
Elektroenerģijas ražošanai ar saules energotehnoloģijām	1
Siltumenerģijas pārpalikumu izmantošana	1
Elektroenerģijas ražošanai ar vēja energotehnoloģijām	0,9
Elektroenerģijas ražošanai hidrostacijās	0,7
Siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai ar biogāzes energotehnoloģijām	0,6
Siltumenerģijas ražošanai ar biogāzes energotehnoloģijām	0,5
Siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai ar biodegvielas energotehnoloģijām	0,5

Papildus augstāk minētajam kvalitātes kritērijiem, kā sociālais kritērijs projektu izvērtēšanā tiek ietverts invalīdu īpatsvars no kopējā iedzīvotāju skaita ēkā, kuru aprēķina kā attiecību starp dzīvokļu skaitu, kuros dzīvo vismaz 1 iedzīvotājs ar invaliditāti pret kopējo dzīvokļu skaitu ēkās.

Izmantotā literatūra

[1] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2012/27/ES (2012. gada 25. oktobris) par energoefektivitāti, ar ko groza Direktīvas 2009/125/EK un 2010/30/ES un atceļ Direktīvas 2004/8/EK un 2006/32/EK // Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 315/1.

[2] Energoefektivitātes likums // "Latvijas Vēstnesis", 52 (5624), 15.03.2016.

[3] Alberg Østergaard P., Mathiesen B.V., Möller B., Lund H. A renewable energy scenario for Aalborg municipality based on low-temperature geothermal heat, wind power and biomass// Energy, 2010;35:4892-4901.lpp

[4] Østergaard P.A., Lund H. A renewable energy system in Frederikshavn using low-temperature geothermal energy for district heating// Applied Energy, 2011;88(2):479-487.lpp

[5] Lund H. Renewable energy strategies for sustainable development. Energy 2007;32:912-919.lpp

[6] Latõšov E., Volkova A., Siirde A., Kurnitski J., Thalfeldt M. Primary energy factor for district heating networks in European Union member states // Energy Procedia 2017- 116: 69-77.

[7] Lund H., Werner S., Wiltshire R., Svendsen S., Thorsen J.E., Hvelplund F. et al. 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems// Energy 2014;68:1-11.lpp

[8] Jiang X.S., Jing Z.X., Li Y.Z., Wu Q.H., Tang W.H. Modelling and operation optimization of an integrated energy based direct district water-heating system// Energy 2014;64:375-388.lpp

[9] Lund H. Renewable energy systems: a smart energy systems approach to the choice and modeling of 100% renewable solutions. 2nd ed// Burlington, USA: Academic Press; 2014.

[10] Averfalk H., Werner S. Essential improvements in future district heating systems// Energy Procedia 2017- 116:17-225.lpp

[11] Svendsen S., Li H., Nord N., Sipilä K. Low Temperature District Heating for Future Energy Systems// Energy Procedia 2017- 116, 2017: 26-38.lpp

[12] Rämä M., Sipilä K. Transition to low temperature distribution in existing systems// Energy Procedia 2017- 116, 2017:58-68.lpp

[13] Elmegaard B., Ommen T.S., Markussen M., Iversen J. Integration of space heating and hot water supply in low temperature district heating// Energy and Buildings 2016- 124: 255-264.lpp

[14] Ēku energoefektivitātes likums// "Latvijas Vēstnesis", 201 (4804), 21.12.2012.

[15] ODYSEE indikatoru datubāze// Pieejama tiešsaistē: http://www.odyssee-mure.eu/project.html

[16] LR Centrālā statistikas pārvalde, MAG071. Dzīvojamais fonds statistiskajos reģionos gada beigās // Pieejams tiešsaistē: www.csb.gov.lv

[17] MK noteikumi Nr. 339 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-01 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika""// "Latvijas Vēstnesis", 125 (5443), 30.06.2015.

[18] MK noteikumi Nr.383 „Noteikumi par ēku energosertifikāciju"// "Latvijas Vēstnesis", 138 (4944), 18.07.2013.

[19] Kamenders A., Zema enerģijas patēriņa ēkas enerģijas patēriņa modelēšana. Promocijas darbs.// RTU,2011.-181. lpp

[20] Minulova I., Kamenders A. Ātrijs zema enerģijas patēriņa biroja gaisa mitrināšanai. Maģistra darbs// RTU, 2012.-70 lpp

[21] Krauklis E., Reinberga M., Dzīves cikla un atmaksāšanās periodu analīze: Ērgļu arodvidusskolas dienesta viesnīcas piemērs. Seminārs „Energoefektīva Latvija", 01.11.2013.

[22] Hasan A., Kurnitski J., & Jokiranta K. A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating // Energy and Buildings, 41(5), 2009. 470–479.lpp

[23] Hesaraki A., Holmberg S. Energy performance of low temperature heating systems in five new-built Swedish dwellings: A case study using simulations and on-site measurements // Building and Environment, 64, 2013. 85–93.lpp

[24] Myhren J. A., Holmberg S. Flow patterns and thermal comfort in a room with panel, floor and wall heating// Energy and Buildings, 40(4),2008. 524–536.lpp

[25] Tunzi M., Skaarup Østergaard D., Svendsen S., Boukhanouf R., Cooper E. Method to investigate and plan the application of low temperature district heating to existing hydraulic radiator systems in existing buildings// Energy 2016-113:413-421.lpp

[26] Jangsten M., Kensby J., Dalenbäck O., Trüschel A. Survey of radiator temperatures in buildings supplied by district heating// Energy 2017- 137: 292-301.lpp

[27] H.H.E.W. Eijdems, A.C. Boerstra, Low Temperature Heating Systems: Impact on IAQ, Thermal Comfort and Energy Consumption, Annex 37, Newsletter 1, 2000.

[28] Dalla Rosa A., Boulter R., Church K., Svendsen S. District heating (DH) network design and operation toward a system-wide methodology for optimizing renewable energy solutions in Canada: A case study //Energy, 45(1), 2012. 960.–974. lpp

[29] Žīgurs Ā. Centralizētās siltumapgādes sistēmu efektivitāte. Promocijas darbs. // Rīga: Rīgas Tehniskā universitāte, 2009. – 82. lpp.

[30] Ziemele, J., Blumberga, D., Talcis, N., Industrial Research of Condensing Unit for Natural Gas Boiler House // Enveronmental and Climate Technologies, Scientific Journal of Riga Technical University. – 10, 2012. 34.-38. lpp.

[31] Blumberga, D., Vigants, E., Veidenbergs, I., Analysis of Flue Gas Condenser Operation // Latvian Journal of Phisics and Technical Sciences. - Volume 48., 56.-65. lpp.

[32] Jцrgensen P., Very-Low-Temperature District Heating for Low-Energy Buildings in Small Communities. Showcase Larch Garden II, Lystrup. The International District Energy Climate Awards, 2011, 2-7.pp

[33] Li H., Svendsen S. Energy and exergy analysis of low temperature district heating network //Energy, 45(1), 2012. 237–246.lpp

[34] Dalla Rosa A., Li,H., Svendsen S. Method for optimal design of pipes for low-energy district heating, with focus on heat losses// Energy, 36(5),2011. 2407–2418.lpp.

[35] Dalla Rosa A, Christensen J. E. Low-energy district heating in energy-efficient building areas//Energy, 36(12), 2011. 6890–6899.lpp

[36] Brand M., Thorsen J. E., Svendsen S. Numerical modelling and experimental measurements for a low-temperature district heating substation for instantaneous preparation of DHW with respect to service pipes // Energy, 41(1),2012. 392–400.lpp

[37] Yang X., Li H., Svendsen S. Decentralized substations for low-temperature district heating with no Legionella risk, and low return temperatures// Energy 110 (2016) 65-74.lpp

[38] MK noteikumi Nr.332 „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 221-98 "Ēku iekšējais ūdensvads un kanalizācija"// "Latvijas Vēstnesis", 125 (5443), 30.06.2015.

[39] DVGW. W551 e Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; 1993. Bonn //Pieejams tiešsaistē: http://www.bosy-online.de/trinkwasser/dvgw-arbeitsblatt_w551.pdf

[40] Delmastro C., Martinsson F., Dulac J., Corgnati S.P. Sustainable urban heat strategies: Perspectives from integrated district energy choices and energy conservation in buildings. Case studies in Torino and Stockhol// Energy 2017-138: 1209-20.lpp

[41] Fang H., Xia Y., Zhu K., Su Y, JiangY. Industrial waste heat utilization for low temperature district heating // Energy Policy 62 (2013): 236–246.lpp

[42] Li Y., Rezgui Y, Zhua H. District heating and cooling optimization and enhancement – Towards integration of renewables, storage and smart grid // Renewable and Sustainable Energy Reviews 72 (2017) 281–294.lpp

[43] Werner S. International review of district heating and cooling// Energy 2017-137:617-31.lpp

[44] Aira Hast, Samuli Rinne, Sanna Syri, Juha Kiviluoma. The role of heat storages in facilitating the adaptation of district heating systems to large amount of variable renewable electricity// Energy 137 (2017) 775-788.lpp

[45] Wahlroos M., Pärssinen M., Rinne S., Syri S., Manner J. Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 2, 2018, Pages 1749-1764

[46] Kapil A, Bulatov I, Smith R, Kim J. Process integration of low grade heat in process industry with district heating networks. Energy 44 (2012) 11e19

[47] Ziemele J., Kalnins R., Vigants G., Vigants E., Veidenbergs I. Evaluation of the industrial waste heat potential for its recovery and integration into a fourth generation district heating system. Energy Procedia, Volume 147, 2018, 315-321.lpp

[48] Bohlayer M, Zöttl G. Low-grade waste heat integration in distributed energy generation systems - An economic optimization approach, Energy, Volume 159, 2018, Pages 327-343

[49] J. Ziemele, I. Pakere, N. Talcis, G. Cimdiņa, Ģ. Vīgants, I. Veidenbergs, D. Bluberga Analysis of wood fuel use development in Riga. Agronomy Research 12(2), 2014, 645–654.lpp

[50] Centrālās statistikas birojs. MSG010. Latvijas meža zeme un koku krāja. Pieejams tiešsaistē: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks__mezsaimn__plat_mez/MSG010.px [Apmeklēts 20.08.2018]

[51] Perednis, E., Katinas, V., & Markevičius, A. Assessment of wood fuel use for energy generation in Lithuania. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(7), 2012, 5391–5398. lpp

[52] Blumberga, D., Romagnoli, F. & Žandeckis, A.. Analysis of Wood Fuel Flow in Latvia.: 9th Baltic Economic Forum: Energy Efficiency and Renewables Conference: Forum Documentation, Latvia, Riga, 3.–4. November, 2008, 189–196.lpp

[53] Noussan, M., Cerino Abdin, G., Poggio, A., & Roberto, R. Biomass-fired CHP and heat storage system simulations in existing district heating systems. Applied Thermal Engineering, 2013, 1-7.lpp

[54] Chinese, D., Meneghetti, A. Optimisation models for decision support in the development of biomass-based industrial district-heating networks in Italy. Applied Energy 82(3), 2005, 228–254.lpp

[55] Yang L., Entchev E., Rosato A., Sibilio S. Smart thermal grid with integration of distributed and centralized solar energy systems. Energy 122 (2017) 471-481

[56] „Solar District Heating" projekta mājas lapa. Pieejama tiešsaistē// http://planenergi.eu/activities/district-heating/solar-district-heating/sdh-in-dk-1988-2018/ [09.09.2018]

[57] Huld T. A., Dunlop E. D., Ossenbrink H. A., Marcel S. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries// Solar Energy 81,2008. 1295–1305.lpp

[58] Bauer D., Marx R., Nußbicker-Lux J., Ochs F., Heidemann W., Müller-Steinhagen H. German central solar heating plants with seasonal heat storage //Solar Energy,2010. 84(4), 612–623.lpp

[59] Sibbitt B., McClenahan D., Djebbar R., Thornton J., Wong B., Carriere J., Kokko J. The Performance of a High Solar Fraction Seasonal Storage District Heating System – Five Years of Operation// Energy Procedia, 30, 2012. 856–865.lpp

[60] Dalla Rosa, A., Li, H., Svendsen, S., Werner, S., Persson, U., Ruehling, K., Bevilacqua, C. (2014). IEA DHC Annex X report:Toward 4th Generation District Heating: Experience and Potential of Low-Temperature District Heating.Pieejams tiešsaistē: http://orbit.dtu.dk/files/105525998/IEA_Annex_X_Toward_4th_Generation_District_Heating_Final_Report.pdf

[61] Møller Moos T. CASE - Energy renovation of buildings and 4.th Generation of District Heating Pieejams tiešsastē:

https://dbdh.dk/download/news/german_delegation_visit_2014/COWI-lavtemp.pdf

[62] Albertslund Municipality. Energy efficient renovation of homes and integrated energy efficient retrofitting af housing. Pieejams tiešsaistē: http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/st_denmark_ville_albertslund_09.14.2016.pdf

[63] Good Practice Example: City of Västerås's energy and climate adaption strategy. Pieejams tiešsaistē: http://www.special-eu.org/pdf/module_category/5.-good-practice-example-city-of-vaesterass-energy-and-climate-adaption-str

[64] Bauer, Marx R., Drück H. Solar District Heating for the Built Environment-Technology and Future Trends within the European Project EINSTEIN, Energy Procedia, Volume 57, 2014, Pages 2716-2724

[65] Engel C., Jongen M., Torres M., Broks C.4th generation district heating solutions – the enabler for integrating low temperature energy sources into a community heating system – examples of successful applications. Pieejams tiešsaistē: https://thermaflex.com/en/download/file/670

[66] THERMAL ENERGY SYSTEMS IN ZEN Review of technologies relevant for ZEN pilots ZEN Report No. 3 – 2018. Pieejams tiešsaistē: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2018/06/ZEN-Report-no-3.pdf

[67] Fenton P., Gustafsson S., Ivner J., Palmb J. Sustainable Energy and Climate Strategies: lessons from planning processes in five municipalities. Journal of Cleaner Production 2015-98:213-221.

[68] Delmastro C., Martinsson F., Dulac J., Corgnati S.P. Sustainable urban heat strategies: Perspectives from integrated district energy choices and energy conservation in buildings. Case studies in Torino and Stockholm. Energy 2017-138: 1209-20.

[69] Hofmeister M., Rutz D., Doczekal C. Framework conditions and policies on small district heating and cooling grids in Denmark, Austria and Germany. Pieejams tiešsaistē: https://www.coolheating.eu/images/downloads/D24_Framework_conditions_DE_AT_DK.pdf

[70] Cities Climate Leadership Group. Good Practice guide. District Energy. Pieejams tiešsaistē: http://c40-production-images.s3.amazonaws.com/good_practice_briefings/images/1_C40_GPG_DE.original.pdf?1456788189

[71] Latvijas Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021.-2030.gadam. projekta 2.versija. Pieejams tiešsaistē: https://www.em.gov.lv/files/nozares_politika/EMPl_051118_NEKP2021-2030.pdf

[72] Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas Centrs.2018.gada SEG inventarizācijas kopsavilkums. Pieejams tiešsaistē: https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Klimats/Majas_lapai_LVGMC_2018_seginvkopsavilkums_24052018.pdf

[73] Centrālās Statistikas Pārvaldes datubāzes. ENG020. Energobilance, TJ, tūkst.toe (NACE 2. red.) Pieejama tiešsaistē: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG020.px

[74] Centrālās Statistikas Pārvaldes datubāzes. ENG110. Katlumāju sadalījums pēc patērētā kurināmā veida. Pieejama tiešsaistē: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG110.px

[75] Ziemele J., Kubule A., Blumberga D. Multi-perspective Methodology to Assess the Transition to 4th Generation District Heating Systems. Energy Procedia 2017- 113: 17-21.

[76] Best I., Orozaliev J., Vajen K. Economic comparison of low-temperature and ultra-lowtemperature district heating for new building developments with low heat demand densities in Germany. International Journal of Sustainable Energy Planning and Management. 2018. 16: 45–60.lpp

[77] D.Blumberga, I.Veidenbergs Kliedētas energosistēmas. Mazas koģenerācijas stacijas. RTu izdevniecība, Rīga 2008, 40.-119.lpp

[78] Centrālās Statistikas Pārvaldes datubāzes. CSB ENG150. Koģenerācijas stacijās patērētais kurināmais, saražotā siltumenerģija un elektroenerģija. Pieejama tiešsaistē: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG130.px

[79] Ericsson K., Werner S.The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems, Biomass and Bioenergy,Volume 94, 2016, Pages 57-65

[80] Centrālā Finanšu un Līgumu aģentūras projektu konkursa "Veicināt energoefektivitāti un vietējo AER izmantošanu centralizētajā siltumapgādē" 1.kārtas rezultāti: Pieejami tiešsaistē: https://www.cfla.gov.lv/lv/es-fondi-2014-2020/izsludinatas-atlases

[81] Cilinskis E., Ziemele J., Blumberga A., Blumberga D. Analysis of support measures for promoting energy efficiency and renewables for GHG emissions reduction in non-ETS sector. Energy Procedia, Volume 142, 2017, 2838-2843.lpp

[82] Eiropas Komisija. Līguma par Eiropas Savienības darbību konsolidētā versija. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis 2012; 326: 1-390

[83] Enerģētikas likums. Latvijas Vēstnesis 1998; 273/275.

[84] Likums "Par sabiedrisko pakalpojumu regulatoriem". Latvijas Vēstnesis 2000; 394/395.

[85] Rīgas domes noteikumi Nr. 167 "Par gaisa piesārņojuma teritoriālo zonējumu un siltumapgādes veida izvēli". "Latvijas Vēstnesis", 37 (5609), 23.02.2016.

[86] Alberstlundas pašvaldības mājaslapa. Cooling from server racks recycled for district heating in Albertslund. Pieejams tiešsaistē: https://stateofgreen.com/en/partners/city-of-albertslund/solutions/cooling-from-server-racks-recycled-as-heating-water-for-district-heating/ [24.10.2018]

[87] Schmidt T., Mangold D., Müller-Steinhagen H. Central solar heating plants with seasonal storage in Germany. Solar Energy, 76 (1–3), 2004, 165-174.lpp

[88] Worglas siltumapgādes sistēmas attīstības rādītāji. Pieejami tiešsasitē: https://www.tirol2050.at/fileadmin/user_upload/w__rgl_1.pdf [24.10.2018]

[89] Eiropas Komisija. Klimata un Enerģijas satvars 2030.gada. Pieejams tiešsaistē: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en

[90] Vācijas Republikas Ekonomikas un Eksporta Kontroles birojs. Informācija par projektu konkursu "Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0". Pieejams tiešsaistē: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/ waermenetze_node.html [19.10.2018]

[91] Dzirkalis A. Renovācijas risinājumi: no idejas līdz kvalitatīvam rezultātam. Pieejams tiešsaistē: http://bvkb.gov.lv/sites/default/files/6_cmb_artis_dzirkalis.pdf [19.10.2018]

[92] Helmane I. Daudzdzīvokļu ēku siltumtīkli – varianti, kā tos sakārtot. Pieejams tiešsaistē: https://lvportals.lv/skaidrojumi/288689-daudzdzivoklu-eku-siltumtikli-varianti-ka-tos-sakartot-2017

[93] Centrālā Finanšu un līgumu aģentūra. Projekta konkurss: Veicināt energoefektivitāti un vietējo AER izmantošanu centralizētajā siltumapgādē, 1. kārta". Pieejams tiešsaitē: https://www.cfla.gov.lv/lv/es-fondi-2014-2020/izsludinatas-atlases/4-3-1-k-1 [Apmeklēts 20.08.2018]

[94] Eiropas Komisija. 30.11.2016, Briselē. Priekšlikums Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvai, ar ko izdara grozījumus Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvā 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu enerģijas izmantošanas veicināšanu. Pieejams tiešsaistē: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1907bfec-b7e9-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF [Apmeklēts 27.11. 2018]