

**Interreg
Europe**



Co-funded by
the European Union

Green4HEAT



**RTU
VASSI**

VIDES AIZSARDZĪBAS
UN SILTUMA SISTĒMU
INSTITŪTS



Vadlīnijas

Aktivitāte A1.4

Politikas virzītājspēku noteikšana
aprites ekonomikas koncepciju
ieviešanai centralizētajā siltumapgādē
un aukstumapgādē

Maijs 2026

Interreg
Europe



Co-funded by
the European Union

Green4HEAT

Green4HEAT projektu līdzfinansē Eiropas Savienība Interreg Europe 2021.–2027. gada programmas ietvaros.

Satura rādītājs

Kopsavilkums	4
1. Ievads.....	5
2. Politikas virzītājspēki.....	9
3. Labās prakses un politikas analīze	10
4. Piemērotākās labās prakses pārņemšanai.....	15
4.1. Daudzkritēriju lēmumu analīzes metode	15
4.2. Balsošanas metode.....	19
5. Sektoru un teritoriju specifika	20
5.1. Nozaru specifiska	21
5.1.1. Rūpniecības nozare	21
5.1.2. Datu centri un digitālā infrastruktūra	22
5.1.3. Notekūdeņu attīrīšana	23
5.1.4. Komercc sektors.....	23
5.1.5. Enerģētikas nozare.....	24
5.1.6. Kopsavilkums	25
5.2. Teritoriju specifika.....	25
6. Piemērojamības analīze	26
7. Tehniskie un politikas ieteikumi pārejai uz zemu temperatūru siltumtīkliem (ZTS) un zemas kvalitātes enerģijas avotu integrācijai.....	28
8. Ieteikumi sinerģijām un piemērotākajiem sektoriem	30
Secinājumi	32
Literatūras avoti	34

Kopsavilkums

Šī dokumenta mērķis ir sniegt *Green4HEAT* partneriem un citiem politikas veidotājiem praktiskus, pierādījumos balstītus ieteikumus atlikumsiltuma izmantošanas veicināšanai centralizētajā siltumapgādē (CSA) un centralizētajā aukstumapgādē (CAA), tostarp pārejai uz zemas temperatūras siltumtīkliem (ZTS) un zemas kvalitātes enerģijas avotu integrācijai.

Dokuments ietver šādu saturu:

- *Green4HEAT* projekta un aktivitātes A1.4. pārskats;
- dokumenta uzdevuma, struktūras un izmantotās metodoloģijas apraksts;
- aprites ekonomikas koncepcijas skaidrojums;
- politikas virzītājspēku definēšana;
- labo prakšu un politiku analīze;
- vispiemērotāko labo prakšu novērtējums;
- nozares un teritoriālo specifiku definēšana;
- piemērojamības analīze;
- ceļvedis pārejai uz ZTS un zemas kvalitātes enerģijas avotu integrācijai;
- sinerģiju un vispiemērotāko nozaru ieteikumi;
- secinājumi.

1. Ievads

1.1. Green4HEAT projekts

Green4HEAT projekts tiek īstenots *Interreg Europe* programmas ietvaros, lai veicinātu ilgtspējīgu apkures un dzesēšanas risinājumu ieviešanu visā Eiropas Savienībā. Tas palīdz sasniegt ES Zaļā kursa mērķus un samazināt CO₂ emisijas. Projekts ir nozīmīgs solis ceļā uz ilgtspējīgāku un energoefektīvāku Eiropu, veicinot zaļo tehnoloģiju un inovāciju ieviešanu apkures un dzesēšanas nozarē. Plašāka informācija par projektu: <https://www.interregeurope.eu/green4heat>.

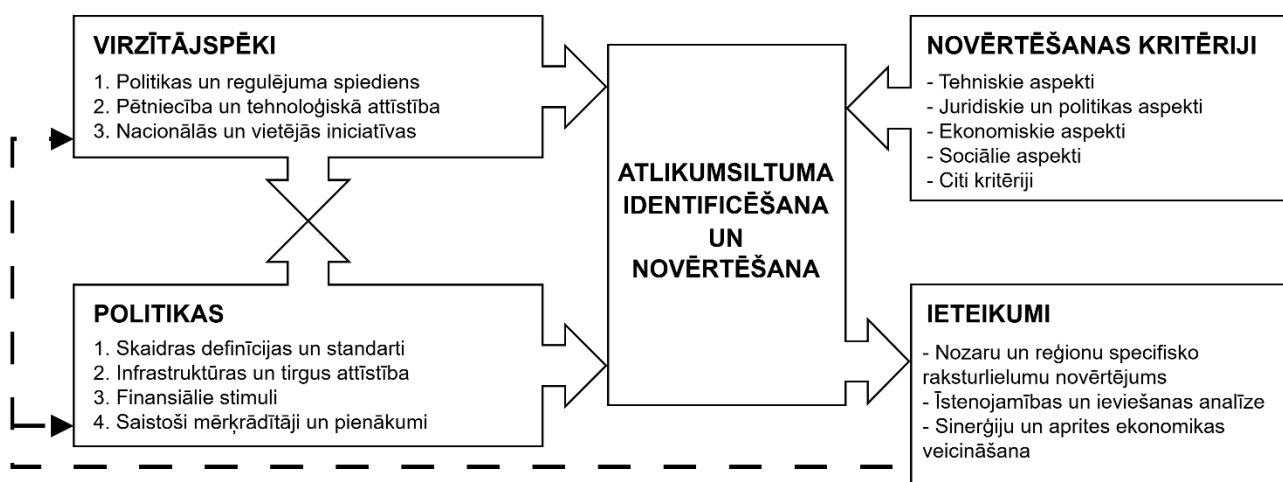
Projekta partneri

1. Austrummaķedonijas un Trāķijas reģions (Grieķija) (vadošais partneris).
2. Antverpenes province (Beļģija).
3. Vidzemes plānošanas reģions (Latvija).
4. Rietumpomožes reģions (Polija).
5. Kastīlijas un Leonas publiskā reģionālā enerģētikas iestāde (Spānija).
6. *Pannon Novum*, Rietumtransdanubijas reģionālās inovācijas bezpeļņas sabiedrība ar ierobežotu atbildību (Ungārija).
7. Sabiedriskā organizācija "Nacionālā reģionu attīstības aģentūra" (Lietuva).
8. Patras Universitāte (Grieķija).
9. Postojnas pašvaldība (Slovēnija).

1.2. Dokumenta uzdevums, struktūra un tajā izmantotā metodoloģija

Šī dokumenta mērķis ir sniegt *Green4HEAT* partneriem un citiem politikas veidotājiem praktiskus, pierādījumos balstītus ieteikumus atlikumsiltuma izmantošanas veicināšanai CSA un CAA, tostarp pārejai uz ZTS un zema potenciāla enerģijas avotu integrācijai.

Dokuments ir strukturēts vairākās savstarpēji saistītās nodaļās, kas nodrošina visaptverošu redzējumu par atlikumsiltuma izmantošanas virzītājspēkiem, efektīvākajām politikām un procedūru atlikumsiltuma avotu identificēšanai un novērtēšanai. Dokumenta nobeigumā ir atrodami plaši ieteikumi atlikumsiltuma un aprites ekonomikas koncepciju atbalstam CSA/CAA. Dokumenta principiālā shēma ir parādīta 1.1. attēlā.



1.1. att. Veiktā pētījuma principiālā shēma.

Dokumenta metodoloģija balstās *Green4HEAT* partneru veiktās aptaujas rezultātos. Aptauja sniedz pārskatu par partneru teritorijās spēkā esošo regulējumu attiecībā uz atlikumsiltumu, kā arī atspoguļo esošos labās prakses piemērus atlikumsiltuma izmantošanā. Labās prakses piemēru novērtēšanai izmantota daudzkritēriju lēmumu analīzes (DKLA) metode, kas palīdz identificēt katra piemēra stiprās un vājās puses. Papildus dokumentā sniegta izvērsta zinātniskās literatūras, normatīvo aktu, nacionālo attīstības plānu un stratēģiju analīze, kas palīdz identificēt galvenos atlikumsiltuma izmantošanas virzītājspēkus, nozīmīgākās politikas un sniegt pārskatu par citiem labās prakses piemēriem. Izmantojot šo metodoloģiju, politikas veidotājiem tiek piedāvāti visaptveroši un efektīvi ieteikumi.

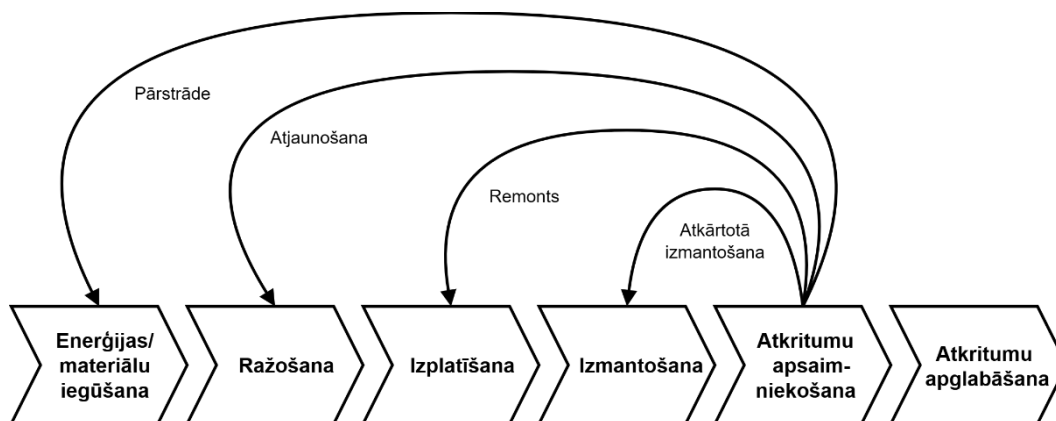
Izmantoto terminu skaidrojums

- CO₂ emisiju samazināšana – oglekļa dioksīda (CO₂) izmešu samazināšana atmosfērā, mazinot fosilo kurināmo izmantošanu, pārejot uz zema oglekļa satura enerģiju.
- Siltumnīcefekta gāzu emisijas (SEG) – kopējās siltumu aizturošo gāzu emisijas (piemēram, CO₂, CH₄, N₂O, F-gāzes), bieži izteiktas CO₂ ekvivalentā.
- Zaļās tehnoloģijas – tehnoloģijas, kas samazina ietekmi uz vidi, piemēram, zemu emisiju enerģija, efektivitātes risinājumi, piesārņojuma kontrole un resursus taupoši procesi.

- Politikas veidotāji un politikas virzītājspēki – lēmumu pieņēmēji (valdības, regulatori, pašvaldības) un instrumenti, kas ietekmē rezultātus (likumi, mērķrādītāji, nodokļi, subsīdijas, standarti).
- Klimata politika – politikas, kuru mērķis ir klimata pārmaiņu mazināšana (SEG samazināšana) un/vai pielāgošanās to ietekmei (noturības palielināšana).
- Aprites ekonomika – ilgtspējīgas attīstības pieeja, kas vērsta uz efektīvu resursu izmantošanu, atkritumu samazināšanu un materiālu vērtības saglabāšanu ekonomikā pēc iespējas ilgāk. Atšķirībā no tradicionālā lineārā modeļa (“paņemt-ražot-izmest”) aprites ekonomikas pamatā ir slēgti cikli, kuros materiāli un resursi tiek atkārtoti izmantoti, pārstrādāti vai atgūti [1].
- Blakusprodukti un sekundārie energoresursi – atlikumvielas un enerģijas plūsmas no procesiem (piemēram, procesa gāzes, atlikumi, atlikumsiltums), ko var izmantot kā ievadresursus vai kā enerģiju citos lietojumos;
- Laba/labākā prakse – pārbaudītas, atkārtojamas pieejas, kas nodrošina efektīvus rezultātus. “Labākā prakse” parasti ir visefektīvākais risinājums salīdzināmos apstākļos.
- Atjaunīgie energoresursi – enerģijas avoti, kas dabiski atjaunojas, piemēram, saules, vēja, hidroenerģija, ģeotermālā enerģija un ilgtspējīgi iegūta biomasas.
- Atlikumsiltums – neizmantota siltumenerģija, kas izdalās rūpnieciskajos procesos, elektroenerģijas ražošanā, ēkās vai infrastruktūrā un ko var atgūt lietderīgai apkurei/dzesēšanai.
- Centralizētā siltumapgāde (CSA) – centralizēta siltuma ražošana un sadale pa siltumizolētu cauruļvadu tīklu, piegādājot siltumu vairākām ēkām vai lietotājiem.
- Centralizētā aukstumapgāde (CAA) – centralizēta aukstuma ražošana un sadale (bieži dzesēts ūdens) pa tīklu, lai nodrošinātu telpu/procesu dzesēšanu vairākiem lietotājiem.
- Zemas temperatūras siltumavoti – siltuma avoti ar relatīvi zemām padeves temperatūrām, piemēram, apkārtējās vides siltums, ģeotermālais siltums, atkritumsiltums vai atgaitas līnijas siltums.
- Zemas temperatūras siltumtīkli (ZTS) – centralizētās siltumapgādes tīkli, kas projektēti darbībai ar zemākām padeves/atgaitas temperatūrām, lai samazinātu zudumus un nodrošinātu zema potenciāla siltuma integrāciju.
- Rūpnieciskā simbioze – sadarbība starp uzņēmumiem/nozarēm, kuras ietvaros viena uzņēmuma blakusprodukti, atkritumi vai enerģijas plūsmas kļūst par cita uzņēmuma resursiem, uzlabojot efektivitāti un samazinot ietekmi.
- Daudzkritēriju lēmumu analīze (DKLA) un *TOPSIS-AHP* metode – DKLA atbalsta izvēli starp alternatīvām, izmantojot vairākus kritērijus. *TOPSIS-AHP* apvieno *AHP* kritēriju svēršanai un *TOPSIS* normalizēšanas metodi, lai ranžētu variantus pēc tuvuma ideālajam risinājumam.

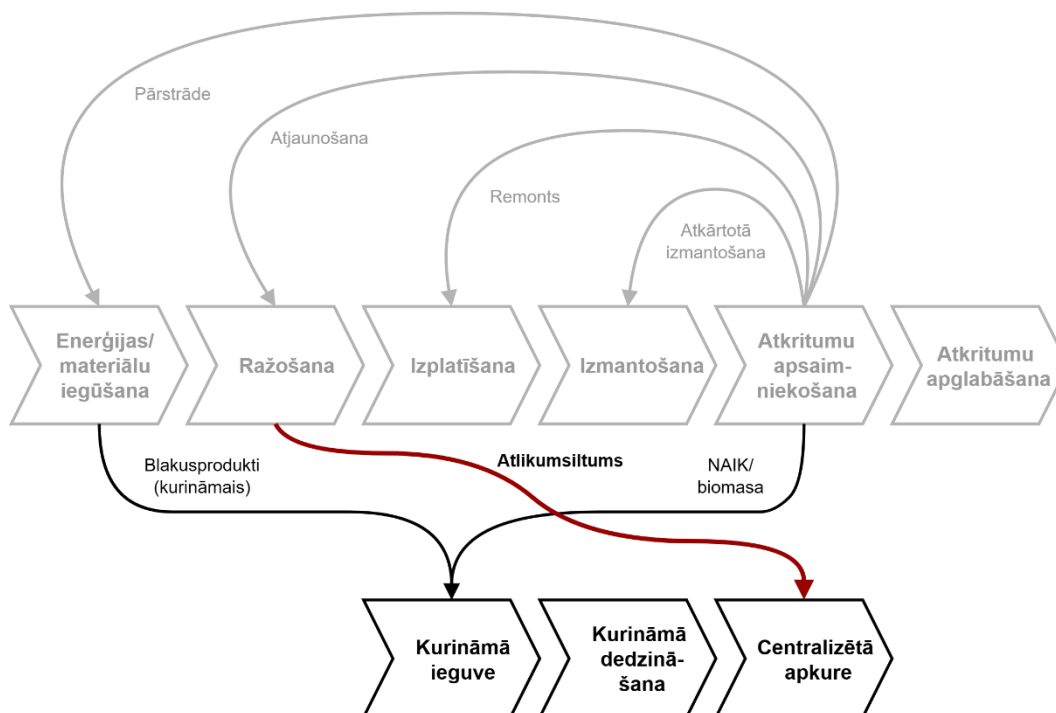
1.3. Īss aprites ekonomikas koncepcijas skaidrojums

Aprites ekonomikas pamatprincipi (sk. 1.2. att.) ietver resursu patēriņa samazināšanu, produktu dzīves ciklu pagarināšanu, sekundāro izejvielu izmantošanu un atkritumu pārvēršanu resursos. Šī pieeja tiek uzskatīta par būtisku instrumentu pārejā uz klimatneitrālu ekonomiku, jo tā samazina primāro resursu nepieciešamību un mazina siltumnīcefekta gāzu emisijas (SEG) [2]. Kopumā aprites ekonomika nodrošina ietvaru, kas ļauj pāriet no lineāras uz aprītīgu resursu pārvaldību, veicinot gan ekonomisko efektivitāti, gan vides ilgtspēju.



1.2. att. Arites ekonomikas pamatprincipi.

Enerģētikas nozarē aprites ekonomikas principi atspoguļojas pārejā uz efektīvāku enerģijas izmantošanu un atlikumenerģijas plūsmu integrēšanu starp dažādām sistēmām. Viens no būtiskākajiem piemēriem ir atlikumsiltuma izmantošana, kur enerģija tiek atgūta un izmantota, piemēram, CSA sistēmās (sk. 1.3. att.). Tādējādi iepriekš neizmantotas enerģijas plūsmas tiek pārvērstas resursā, enerģijas plūsmas kļūst apritīgas, un kopējais primārās enerģijas pieprasījums samazinās [3]. Šajā kontekstā CSA sistēmas var uzskatīt par vienu no galvenajiem infrastruktūras elementiem, kas nodrošina aprites ekonomikas principu ieviešanu pilsētvidē, jo tās var integrēt atlikumsiltumu no dažādas izcelsmes avotiem, tostarp rūpnieciskajiem procesiem, datu centriem, notekūdeņiem un komerciālajām ēkām. Turklāt aprites ekonomika veicina sistēmisku pieeju, kurā starpnozaru sadarbība ļauj vienas sistēmas blakusproduktiem kļūt par citas sistēmas resursiem [4].



1.3. att. Arites ekonomikas principu integrācijas CSA sistēmās pamatpiemērs.

Šāda starpnozaru integrācija ir cieši saistīta ar rūpnieciskās simbiozes koncepciju, kas tiek uzskatīta par vienu no praktiskajiem mehānismiem aprites ekonomikas principu ieviešanai. Atlikumsiltuma efektīva izmantošana ir atkarīga no tā kvalitātes un no tehnoloģiskajām iespējām to integrēt apkures sistēmās, piemēram, izmantojot siltumsūkņus, lai paaugstinātu zemu temperatūru siltuma potenciālu [5]. Šī pieeja ļauj izmantot pat zemu temperatūru siltumavotus. Pētījumi par datu centru atlikumsiltuma potenciālu rāda, ka būtiska patērētās elektroenerģijas daļa gala rezultātā izkļiedējas siltuma veidā un, ja netiek atgūta, tiek novadīta apkārtējā vidē. Šī siltuma integrēšana CSA, izmantojot siltumsūkņus un atbilstošu infrastruktūru, var nodrošināt ekonomiski konkurētspējīgu un zemu emisiju siltuma avotu [6].

No aprites ekonomikas skatpunkta šī pieeja atbilst rūpnieciskās simbiozes principiem; CSA šeit darbojas kā savienojošais elements starp dažādām nozarēm. Atlikumsiltuma integrācija kombinācijā ar atjaunīgajiem energoresursiem var būtiski samazināt CO₂ emisijas un uzlabot kopējo sistēmas efektivitāti [7]. Tas apstiprina, ka atlikumsiltuma izmantošana ir ne tikai tehnoloģisks risinājums, bet arī stratēģisks instruments klimata politikas un aprites ekonomikas mērķu sasniegšanai. Kopumā CSA sistēmas var interpretēt kā platformu aprites ekonomikas principu īstenošanai enerģētikas nozarē, jo tās nodrošina (1) enerģijas zudumu pārvēršanu izmantojamā resursā, (2) enerģijas plūsmu integrēšanu no dažādām nozarēm, (3) fosilo resursu patēriņa samazināšanu un (4) klimatneitralitātes mērķu sasniegšanas atbalstu.

2. Politikas virzītājspēki

Eiropas Savienības politikas ietvars arvien vairāk izceļ atlikumsiltuma izmantošanu. Eiropas Komisijas izstrādātais Aprites ekonomikas rīcības plāns (angļu val. *Circular Economy Action Plan*) iezīmē virzienu uz resursefektīvāku izmantošanu, kurā blakusprodukti (tostarp atlikumsiltums) tiek atkārtoti integrēti ekonomikā.

Enerģētikas jomā šī pieeja tiek īstenota, izmantojot **Energoefektivitātes direktīvu (EED)** un **Atjaunīgās enerģijas direktīvu (RED II/III)**, kas veicina atlikumsiltuma un aukstuma atgūšanu un atbalsta efektīvu CSA/CAA sistēmu attīstību. Starptautiskā Enerģētikas aģentūra uzsver, ka šādu sekundāro energoresursu izmantošana ir viena no izmaksu ziņā efektīvākajām emisiju samazināšanas iespējām

Aprites ekonomikas principu ieviešanu CSA/CAA virza vairāki savstarpēji saistīti faktori.

- **Politikas un regulējuma spiediens.**
ES direktīvas un klimata mērķrādītāji (klimatneitralitāte, energoefektivitāte) veicina atlikumsiltuma integrāciju un nosaka prasības efektīvām apkures un dzesēšanas sistēmām.
- **Klimata un emisiju samazināšanas mērķrādītāji.**
Nepieciešamība samazināt CO₂ emisijas paātrina pāreju uz zema oglekļa risinājumiem, tostarp atlikumsiltuma izmantošanu CSA sistēmās.
- **Resursefektivitāte un izmaksu optimizācija.**
Atlikumsiltuma izmantošana samazina primārās enerģijas patēriņu un var nodrošināt izmaksu ziņā efektīvāku siltumapgādi, jo īpaši kombinācijā ar siltumsūkņiem.
- **Tehnoloģiskā attīstība.**
Siltumsūkņu, zemu temperatūru (4. paaudzes) CSA sistēmu un digitalizācijas attīstība paplašina iespējas integrēt zema potenciāla siltuma avotus.
- **Rūpnieciskā simbioze un nozaru integrācija.**
Sadarbība starp rūpniecību, datu centriem un pašvaldību komunālajiem uzņēmumiem ļauj

vienas sistēmas blakusproduktiem kļūst par citas sistēmas resursu, veidojot apritīgas enerģijas plūsmas.

- **Urbanizācija un infrastruktūras pieejamība.**
Blīvi apdzīvotās teritorijās centralizētās sistēmas nodrošina efektīvu platformu siltuma savākšanai un sadalei.
- **Starptautiskie, nacionālie un vietējie pētījumi un iniciatīvas.**
Starptautisko pētījumu un pieredzes pārnese un pielāgošana nacionālajam un vietējam kontekstam.

Kopumā politikas ietvars un tehnoloģiskais progress kopā rada priekšnosacījumus, lai CSA/CAA kļūtu par platformu aprites ekonomikas principu praktiskai ieviešanai, pārveidojot atlikumsiltumu no zuduma par stratēģisku energoresursu. Šajā dokumentā iepriekš minētie politikas virzītājspēki tiek analizēti *Green4HEAT* projekta teritorijās. Tālāk ir izklāstītas konkrētas politikas, virzītājspēki un labās prakses piemēri.

3. Labās prakses un politikas analīze

Atlikumsiltuma integrācija CSA/CAA norit lēni, lai gan atlikumsiltuma izmantošana ir viens no efektīvākajiem veidiem, kā samazināt neefektīvu enerģijas izmantošanu un no tās izrietošās SEG emisijas. Procesu kavē tā komplikētība, ko veido tehnoloģisko, politikas, juridisko, sociālekonomisko un vides aspektu kombinācija, tāpēc efektīvas atlikumsiltuma izmantošanas nodrošināšanai ir nepieciešama integrēta, holistiska pieeja.

Šajā nodaļā apkopoti un analizēti normatīvie un politikas aspekti, kas atbalsta atlikumsiltuma izmantošanu. Identificēti esošie šķēršļi, kas kavē atlikumsiltuma izmantošanu, un piedāvāti potenciāli risinājumi. Papildus analizēti ar katras politikas ieviešanu saistītie riski. Otrajā sadaļā sniegti praktiski piemēri par sekmīgām politikām un iniciatīvām atlikumsiltuma izmantošanai CSA/CAA, palīdzot labāk izprast instrumentu daudzveidību katrā grupā, to ieviešanas secību, ieguvumus un iespējamus šķēršļus. Trešajā sadaļā apkopoti *Green4HEAT* partneru identificētie atlikumsiltuma piemēri. Identificētie piemēri ir sasaistīti ar iepriekš definētajām politikas instrumentu grupām.

3.1. Normatīvie un politikas aspekti atlikumsiltuma izmantošanas veicināšanai

Pārskatot starptautisko pieredzi atlikumsiltuma izmantošanas veicināšanā, var izcelt vairākus **būtiskus aspektus**, kas jāņem vērā, izstrādājot politiku atlikumsiltuma jomā.

Skaidras definīcijas un standarti

Problēma. Pašreizējais nacionālā līmeņa regulējums, kas saistīts ar atlikumsiltuma izmantošanu, ir vājš. Normatīvajos aktos atlikumsiltuma definīcija bieži nav iekļauta, ir neskaidra vai pretrunīga, kas kavē investīciju mobilizāciju un projektu attīstību.

Risinājums. Jāizstrādā saistoši dokumenti, kas:

- definē atlikumsiltumu;
- nosaka skaidru klasifikāciju un kritērijus, kad siltums no rūpnieciskajiem procesiem, datu centriem un atkritumu sadedzināšanas iekārtām tiek atzīts par atlikumsiltumu. Tas ir būtiski, lai šos avotus varētu iekļaut nacionālajās energoefektivitātes stratēģijās;

- nosaka vadlīnijas attiecībām starp atlikumsiltuma īpašniekiem un CSA/CAA operatoriem.

Esošie riski. Pastāv risks ieviest pārāk vispārīgas atlikumsiltuma izmantošanas definīcijas un prasības vai pretēji – noteikt pārāk specifiskas prasības. Tehnoloģijas strauji attīstās, ietekmējot nozaru procesus un ar tiem saistītās prasības. Ir svarīgi uzraudzīt tendences un regulāri pārskatīt standartus, vienlaikus nodrošinot caurskatāmību un uzturot ciešu dialogu ar nozares iesaistītajām pusēm.

Infrastruktūras un tirgus attīstības veicināšana

Problēma. Atlikumsiltuma izmantošana bieži ir atkarīga no CSA tīklu pieejamības un jaudas. Papildus tam trūkst standartizētu līgumu un biznesa modeļu.

Risinājums. Atbalstīt CSA tīklu modernizāciju ar struktūrfondu un investīciju programmu palīdzību, jo īpaši to pieslēgšanu industriālajām zonām, datu centriem un atkritumu pārstrādes iekārtām. Veicināt standartizētu atlikumsiltuma līgumu izstrādi un ieviešanu, lai samazinātu darījumu izmaksas un padarītu siltuma nodošanu starp pusēm vienkāršāku un caurskatāmāku. Atzīt siltumkopienas ar juridisku statusu, kas ļauj vietējiem uzņēmumiem kopīgi ražot, sadalīt un lokāli izmantot atlikumsiltumu.

Esošie riski. Lai gan tīklu modernizācija ir būtiska, pastāv risks, ka finansējums netiek izmantots efektīvi. Integrējot atlikumsiltumu, ir svarīgi nepieļaut esošo CSA ražošanas tehnoloģiju efektivitātes samazināšanos samazinātu slodzes koeficientu dēļ. Pārāk vispārīgu standartizētu līgumu un nepietiekama vai neefektīva regulējuma dēļ atlikumsiltuma projekti nereti apstājas jau agrīnā posmā neskaidru savstarpējo pienākumu dēļ. Pastāv arī netaisnīgu līguma nosacījumu risks, kad vienošanās ir labvēlīga vienai pusei un rada zaudējumus otrai pusei.

Finansiālo stimulu radīšana

Problēma. Atlikumsiltuma projekti prasa augstas sākotnējās investīcijas, galvenokārt saistītas ar siltumtrases izbūvi. Vienlaikus ekspluatācijas ieņēmumi no piegādātā atlikumsiltuma var būt zemi. Turklāt elektroenerģijas cenas un nodokļu politika bieži ir nelabvēlīga, kas ierobežo investīciju piesaisti no vietējiem un starptautiskiem fondiem un programmām.

Risinājums. Pārskatīt nodokļu politiku, tostarp elektroenerģijas nodokļus un maksājumus, lai siltumsūkņi un citas atlikumsiltuma tehnoloģijas būtu konkurētspējīgākas salīdzinājumā ar fosilo kurināmo. Izveidot atbalsta instrumentus, kas nodrošina grantiem vai zemu procentu aizdevumiem un garantijām balstītu atbalstu atlikumsiltuma infrastruktūras projektiem, īpašu uzmanību pievēršot pašvaldību iniciatīvām. Trešā iespēja varētu būt noteiktu nozaru (piemēram, atkritumu sadedzināšanas uzņēmumu) iekļaušana emisiju tirdzniecības sistēmā, radot tiešu finansiālu spiedienu samazināt emisijas un veicināt siltuma atgūšanu.

Esošie riski. Ir būtiski skaidri definēt atbalsta programmu nosacījumus, lai finansējums tiktu piešķirts tikai atbilstošām darbībām un pasākumiem. Nepieciešama stingra piešķirtā finansējuma uzraudzība un atgriezeniskā saite par finansējuma izmantošanas efektivitāti. Vienlaikus ir svarīgi izvairīties no nesamērīgi augsta administratīvā sloga, kas atturētu rūpniecības un enerģētikas nozares dalībniekus no dalības atbalsta programmās. Papildu risks ir tirgus kropļošana, novirzot finansējumu uz konkrētu sektoru. Lai mazinātu cenu pieauguma risku nozarē, ir svarīgi investīcijas sadalīt vienmērīgāk ilgākā periodā.

Saistoši mērkrādītāji un pienākumi

Problēma. Pašlaik atlikumsiltuma izmantošana lielā mērā ir atkarīga no individuālām uzņēmējdarbības iniciatīvām, un nepastāv vienots spiediens, kas prasītu rūpniecības un enerģētikas nozares dalībniekiem rīkoties.

Risinājums. Ieviest mehānismus, kas, no vienas puses, ierobežo atlikumsiltuma neizmantošanu vai nepiegādāšanu, un, no otras puses, novērš atteikumu pieņemt atlikumsiltumu gadījumos, kad pastāv ekonomiski un tehniski pamatota iespēja to izmantot CSA.

Esošie riski. Viens no būtiskākajiem šķēršļiem ir nepilnīgs tiesiskais regulējums. Katrs atlikumsiltuma avots un tā potenciālie lietotāji jānovērtē individuāli, un regulējums jāpielāgo konkrētajam gadījumam. Tas rada papildu slogu un kļūdu risku. Vāji kontrolēti mehānismi un vienošanās bez padziļinātas ekonomiskās analīzes var radīt pretēju rezultātu – nevis lētāku siltumu, bet papildu izmaksas gan CSA uzņēmumam, gan galapatērētājiem.

3.2. Praktiski piemēri un sekmīgas politikas

Infrastruktūras un tirgus attīstības veicināšana

Siltumkopienas. Dānija ir viena no pasaules līderēm atlikumsiltuma izmantošanā CSA. Tas tiek panākts ar savstarpēji saistītu mehānismu kopumu, kurā piemērotie instrumenti papildina cits citu. Būtisks instruments ir siltumkopienas, kas ļauj nodot atlikumsiltumu no rūpniecības pašvaldībai, pamatojoties uz kopienas vienošanos. Labs piemērs ir sadarbība starp cementa rūpnīcu “Aalborg Portland” un komunālo pakalpojumu uzņēmumu “Aalborg Forsyning”. Šī publiski rūpnieciskā partnerība darbojas jau vairākus gadus. Rūpnīcas ražošanas procesā radītais siltums netiek izlaists atmosfērā, bet tiek uztverts un piegādāts pilsētas CSA tīklā. Rezultātā šis atlikumsiltums sedz aptuveni 20 % no uzņēmuma kopējā pieprasījuma, nodrošina siltumu ap 30 000 mājāsaimniecību un samazina CO₂ emisijas par 150 000 t/gadā [8].

Zviedrijā labās prakses piemērs ir atlikumsiltuma izmantošana no MAX IV pētniecības iekārtas, kas ir nacionāla elektronu paātrinātāja laboratorija Lundā (Zviedrijas dienvidos). Sadarbojoties enerģētikas uzņēmumam “Kraftingen” un Lundas pašvaldībai, ap MAX IV ir izveidota stratēģiska partnerība. Siltais ūdens (aptuveni 30–50 °C) no MAX IV tiek nodots uz “Kraftingen” enerģijas centru, kur siltumsūkņi paaugstina ūdens temperatūru līdz optimālam līmenim – 65 °C, lai to varētu izmantot telpu apkurei un mājāsaimniecību karstā ūdens sagatavošanai. Atdzesētais ūdens pēc tam tiek atgriezts laboratorijā, lai nodrošinātu tās iekārtu dzesēšanu. Kopumā MAX IV nodrošina ap 28 GWh atlikumsiltuma gadā [9].

Finansiālo stimulu radīšana

Investīcijas klimata pasākumos. Daudzās valstīs tiek izveidoti specializēti fondi un programmas, lai finansiāli atbalstītu pasākumus, kas vērsti uz CO₂ emisiju samazināšanu un energoresursu taupīšanu. Piemēram, Vankūvera Kanādā saņēma projekta atbalstu 2,5 milj. ASV dolāru apmērā, lai savāktu atlikumsiltumu no pilsētas metro sistēmas un piegādātu to CSA sistēmā. Prognozēts, ka projekts nodrošinās atlikumsiltumu līdz 50 000 mājokļiem, samazinot emisijas par 70 000 t CO₂/gadā [10].

Vairākās ES dalībvalstīs nacionālās programmas nodrošina finansiālu atbalstu infrastruktūras attīstībai, kas nepieciešama atlikumsiltuma uzņemšanai, galvenokārt siltumtrašu izbūvei, siltumsūkņiem un citām tehnoloģijām zemu temperatūru siltumavotu integrācijai. Piemēri ir “Heat Fund” Francijā un “Federal Funding for Efficient Heat Networks” programma Vācijā [11].

Saistoši mērkrādītāji un pienākumi

Saistošas kvotas datu centriem. Vācijā ir ieviestas saistošas kvotas datu centru atlikumsiltuma izmantošanai. Regulējums paredz, ka datu centriem aktīvi jāmeklē veidi, kā siltumu nodot tālāk, nevis vienkārši izkliedēt to atmosfērā. Somijā datu centru atlikumsiltuma izmantošana nav tieši regulēta ar saistošiem dokumentiem, tomēr nacionālā līmenī to uzskata par pašsaprotamu praksi un īsteno plašā mērogā. Datu centrs “Google Hamina” sadarbībā ar “Haminan Energia” piegādās līdz 80 % no pilsētas siltuma pieprasījuma, izmantojot serveru radīto siltumu. Helsinku reģionā CSA sistēma, ko pārvalda “Gren” (iepriekš – “Fortum”), saņem siltumu no “Microsoft” datu centra. Šis atlikumsiltums sedz aptuveni 40 % no siltuma pieprasījuma, nodrošinot siltumu ap 250 000 lietotāju [12].

Īrija savukārt savā regulējumā izšķir CSA kategorijas; “efektīvā” kategorija ietver CSA sistēmas, kuras izmanto vismaz 50 % atjaunīgo energoresursu, 50 % atlikumsiltuma vai 75 % siltuma no koģenerācijas [13].

Beļģijā (Flandrijā) regulējums un publiskais atbalsts arvien vairāk ir vērsti uz to, lai izvairītos no “iestrēgšanas” efekta attiecībā uz fosiliem vai nepietiekami dekarbonizētiem siltuma avotiem [14]. 2025. gada atbalsta kontekstā CSA paplašināšana, izmantojot atlikumsiltumu no atkritumu sadedzināšanas, netika atbalstīta; piemēram, Flandrijas valdība noraidīja būtiskas subsīdijas pieteikumu Antverpenes Dienvidu CSA paplašināšanai, ko apgādātu ISVAG sadedzināšanas stācija, tieši atsaucoties uz *lock-in* risku un neatbilstību politikas virzienam samazināt sadedzināšanas jaudas līdz 2030. gadam. Vienlaikus Antverpene virzās uz “atvērta piekļuves” CSA modeļiem (piemēram, *Antwerp North Heat Network*), ļaujot atlikumsiltumam darboties kā pārejas avotam, vienlaikus nodrošinot iespēju vēlāk pāriet uz ilgtspējīgākiem piegādātājiem, tiklīdz kļūst pieejamas alternatīvas [15].

3.3. Praktiski piemēri no Green4HEAT partneru teritorijām

Kopumā analizēti deviņi gadījumu pētījumi no astoņām valstīm. Lai gan piemēri atspoguļo atšķirīgus nacionālos kontekstus un atlikumsiltuma ieviešanas līmeņus, visi gadījumu pētījumi demonstrē skaidru saistību ar ES energoefektivitātes mērķiem.

- A1: Somija (atlikumsiltums no datu centra) – atlikumsiltuma izmantošana no datu centra Kajāni. Datu centrs darbojas kā siltuma piegādātājs vietējam CSA tīklam. Projekta partneri šo piemēru apskatīja tiešsaistes darba grupā 2026. gada 27. februārī. Tā kā datu centra atlikumsiltuma temperatūra ir zema (30 °C), tiek izmantoti industriālie siltumsūkņi, lai paaugstinātu temperatūru līdz 85 °C. Projekts ietver sešus industriālos siltumsūkņus, kuru kopējā siltuma jauda ir 18–30 MW. Datu centrs atrodas tieši blakus CSA ražotnei, samazinot pārvades siltuma zudumus, tehnoloģisko sarežģītību un ar to saistītās infrastruktūras izmaksas.
- A2: Lietuva (atlikumsiltums no lielveikaliem) – nacionālā pieeja atlikumsiltuma plānošanā uzsver nepieciešamību sistemātiski pārskatīt atlikumsiltuma politikas. Siltuma avotu kartēšana, nacionālo reģistru izveide un skaidrs regulējums ļautu efektīvāk plānot un integrēt atlikumsiltumu CSA tīklā. Pašlaik Lietuvā galvenais uzsvars ir uz politikas instrumentu izstrādi, lai atbalstītu jau plaši ieviestus atlikumsiltuma integrācijas projektus.
- A3: Polija (atlikumsiltums no atkritumu sadedzināšanas) – *EcoGenerator* ir labās prakses piemērs sekmīgai atlikumsiltuma integrācijai (aptuveni 25 000–30 000 MWh/gadā) no dūmgāzēm, kur siltumsūkņi ziemā paaugstina izplūdes ūdens temperatūru līdz maksimumam 105 °C. Galvenais veiksmes faktors ir tas, ka atlikumsiltuma avots jau ir pašvaldības siltumapgādes sistēmas daļa, kas nozīmē mazāk sarežģītu sadarbību ar ārējiem tirgus dalībniekiem. Šķēršļi pārsvarā saglabājas tehniskajos jautājumos, tostarp siltuma plūsmas optimizācijā un sistēmas efektivitātes uzturēšanā.

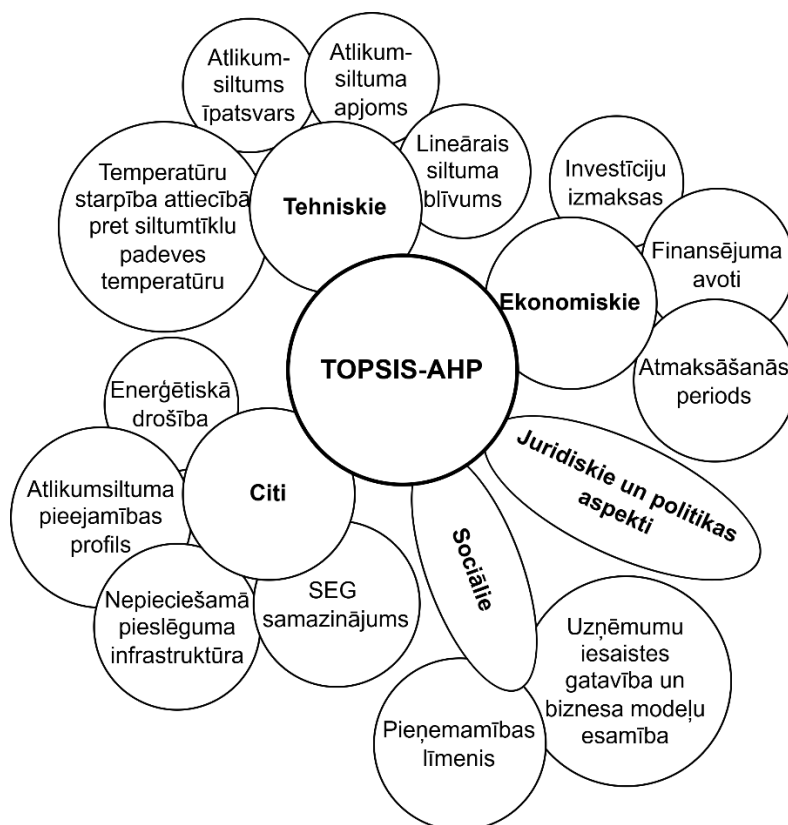
- A4: Grieķija (Feresas) (atlikumsiltums no dabasgāzes kompresoru stacijas) – Feresas projekts izceļ politikas, kas atbalsta projektu, un atlikumsiltuma izmantošana ir sasaistīta ar ES Energoefektivitātes direktīvu un nacionālajiem mērķrādītājiem. Potenciālā atlikumsiltuma atgūšana no dabasgāzes kompresoru stacijas uzrāda augstu tehnisko potenciālu – aptuveni 65 000 MWh/gadā atlikumsiltuma piemērotā temperatūrā (80–120 °C). Tomēr, neraugoties uz skaidri noteiktu regulējumu, projekta īstenošanu joprojām ierobežo vairāki praktiski faktori, piemēram, nepietiekama infrastruktūra, finansējuma trūkums un specifisku noteikumu neesamība par atlikumsiltuma integrāciju apkures tīklos.
- A5: Grieķija (Lemna) (atlikumsiltums no koģenerācijas stacijas) – *BIOG-Lemnos* projekts izmantoja biogāzes koģenerācijas iekārtu kā potenciālu atlikumsiltuma avotu. Lauksaimniecības atkritumus un pašvaldības bioatkritumus varētu izmantot biogāzes ražošanai, kas nodrošinātu elektroenerģiju un atgūstamu atlikumsiltumu. Projekts varētu nodrošināt ap 900 MWh/gadā liekā siltuma ar piemērotu temperatūru (85–95 °C) CSA sistēmai, tātad temperatūras paaugstināšana nebūtu nepieciešama. Tomēr projekts joprojām ir izstrādes stadijā, un īstenošana ir atkarīga no finansējuma un vietējā siltumtīkla infrastruktūras pieejamības;
- A6: Ungārija (atlikumsiltums no automobiļu ražošanas uzņēmuma) – *Audi* rūpnīca ilustrē pilnīgi atšķirīgu pieeju atlikumsiltuma izmantošanai (ap 5000 MWh/gadā), kur to galvenokārt izmanto patēriņam uz vietas. Normatīvais ietvars un definīcijas joprojām ir neskaidras un pilnībā neaptver šo specifisko praksi, kur atlikumsiltumu izmanto rūpnīcas siltumenerģijas pieprasījuma nodrošināšanai. Politikas virzītājspēku neskaidrie mērķi rada būtiskus šķēršļus turpmākai projektu attīstībai un integrācijai CSA tīklā; tomēr tie neierobežo pašreizējo praksi.
- A7: Beļģija (atlikumsiltums no industriālā parka) – *Warmte Verzilverd* projekts galvenokārt atspoguļo atbalstu atlikumsiltuma izmantošanai. Projektam ir labvēlīgs tehniskais risinājums, jo industriālais atlikumsiltums ir pieejams ap 90 °C un var tikt tieši integrēts CSA, nodrošinot pieslēgumu 158 dzīvojamajām mājām un pieciem uzņēmumiem. Tomēr praksē īstenošanas soli ir salīdzinoši sarežģīti un fragmentēti. Juridiskie ierobežojumi ietekmē sadarbību starp siltuma ražotājiem un tīkla operatoriem, un finansēšanas nosacījumi ir sarežģīti, tādējādi negatīvi ietekmējot projektu attīstību un atbalsta mehānismu pieejamību.
- A8: Latvija (atlikumsiltums no datu centra) – projekts atlikumsiltuma integrācijai no Salaspils datu centra ir īstenots līdzīgi Slovēnijas modelim, balstoties ES ilgtspējas politikā un ciešā sadarbībā ar CSA operatoru. Sagaidāmā atlikumsiltuma jauda (30–80 °C) ir ap 2 MW, kas varētu nodrošināt siltumu līdz 400 mājām jeb 1000 dzīvokļiem. Projekts ietver sadarbību starp siltumapgādes uzņēmumu un datu centru. Projekta virzītājspēks ir paši uzņēmumi, noslēdzot kopīgu vienošanos, kas veicinās ieguvumus katram dalībniekam, kā arī sabiedrībai kā galīgajai ieguvējai, ja potenciāli samazināsies siltuma tarifi. Valsts nav tieši iesaistīta projekta īstenošanā.
- A9: Slovēnija (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) – industriālā atlikumsiltuma integrācija CSA sistēmā tiek sekmīgi īstenota atbilstoši ES energoefektivitātes un dekarbonizācijas mērķiem. Atlikumsiltums sedz ap 41 % (8611 MWh/gadā) no CSA pieprasījuma temperatūras diapazonā 60–90 °C, nodrošinot integrāciju bez būtiskas temperatūras paaugstināšanas. Šis labās prakses projekts darbojas kopš 2016. gada bez būtiskiem juridiskiem vai politiskiem šķēršļiem, nodrošinot stabilu darbības sistēmu.

Kopsavilkums. Visi izvēlētie piemēri parāda, ka iniciatīvas galvenokārt virza uzņēmumi, pašvaldības un CSA uzņēmumi, veidojot savstarpēji izdevīgas vienošanās un sadarbības modeļus (kategorija “Infrastruktūras un tirgus attīstības veicināšana”) un atsevišķos gadījumos piesaistot atbalstu no nacionālajām infrastruktūras attīstības programmām (kategorija “Finansiālo stimulu radīšana”). Rezultāti skaidri rāda, ka atlikumsiltuma integrāciju ir iespējams īstenot arī pašreizējā situācijā bez

papildu nodokļiem un valsts prasībām (politikas instrumenti no kategorijas “Saistoši mērķrādītāji un pienākumi”). Vienlaikus, lai palielinātu sekmīgo piemēru skaitu un nodrošinātu būtisku atlikumsiltuma īpatsvaru CSA, ieteicams izmantot arī šīs kategorijas instrumentus.

4. Piemērotākās labās prakses pārņemšanai

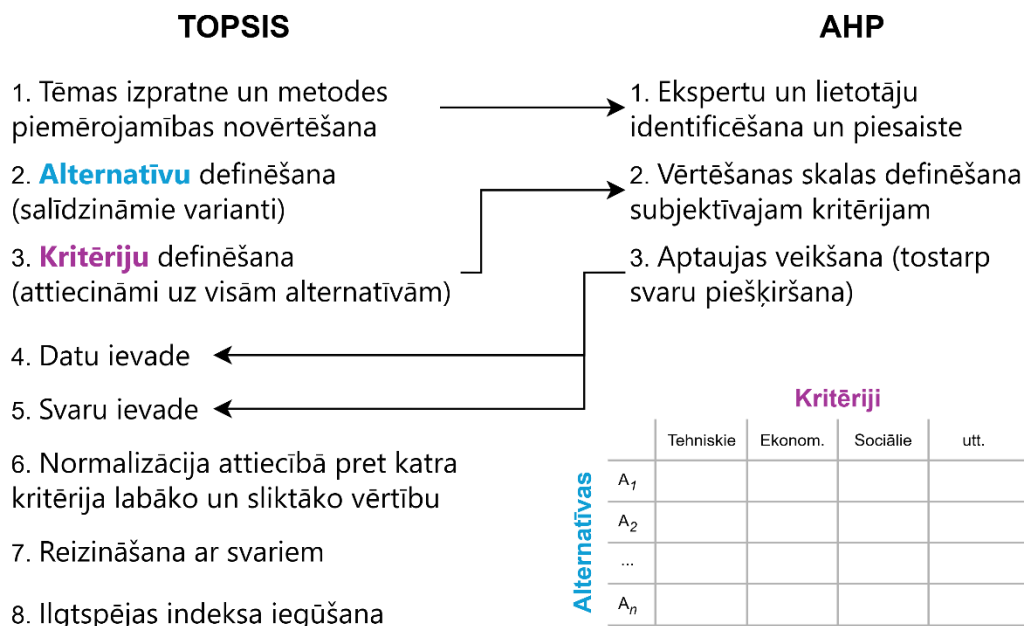
Šajā nodaļā sniegta labās prakses analīze, kura pamatā ir *Green4HEAT* partneru identificētie piemēri. Novērtējums veikts, izmantojot divas pieejas: DKLA metodi un balsošanas metodi. Vispirms tika izstrādāta atlikumsiltuma identificēšanas metodoloģija, kas paredz priekšnovērtējumu, lai noteiktu būtiskākos parametrus, kuri saistīti ar attiecīgo izvērtējamo atlikumsiltuma avotu. Kopumā ir definēti 14 indikatori, kas sagrupēti piecās kategorijās, nodrošinot visaptverošu atlikumsiltuma pārskatu (sk. 4.1. att.).



4.1. att. Novērtējumā iekļautie indikatori.

4.1. Daudzkritēriju lēmumu analīzes metode

Pēc katra indikatora vērtības noteikšanas projekta partneri aizpilda aptaujas anketu, aprakstot savu atlikumsiltuma avotu. Rezultāti pēc tam tika apkopoti, apstrādāti un savstarpēji salīdzināti. Zemāk sniegts īss pārskats par datu apstrādes darbplūsmu un iegūto rezultātu novērtējumu. Šajā pētījumā izvēlēto atlikumsiltuma alternatīvu (dažādu risinājumu) novērtēšanai izmantota *TOPSIS-AHP* metode. Metodoloģijas kopsavilkums ir parādīts 4.2. attēlā.



4.2. att. TOPSIS-AHP metodes kopsavilkums.

Tika veidota lēmumu matrica (X_{ai}), kur a indeksē alternatīvas un i indeksē kritērijus. Katrs kritērijs ir apzīmēts kā ieguvums (+) vai izmaksas (-). Lai heterogēnas mērvienības salīdzinātu kopīgā, bezdimensionālā skalā, izmantota vektoru normalizācija, lai iegūtu starpvērtību normalizēto vērtību (r_{ai}):

$$r_{ai} = \frac{x_{ai}}{\sqrt{\sum_{a=1}^m x_{ai}^2}} \tag{1.}$$

Svērtās normalizētās vērtības (v_{ai}):

$$v_{ai} = w_{ai} \cdot r_{ai} \tag{2.}$$

Ideālie un antiideālie risinājumi pēc kritērija zīmes:

$$\begin{aligned} \text{Pie } i \in (+): \quad p_i^* &= \max(v_{ai}), \quad p_i^- = \min(v_{ai}) \\ \text{Pie } i \in (-): \quad p_i^* &= \min(v_{ai}), \quad p_i^- = \max(v_{ai}) \end{aligned} \tag{3.}$$

Attālumi līdz ideālajam un anti-ideālajam risinājumam (Eiklīda metrika pa kritērijiem):

$$\begin{aligned} \text{Ideālie: } S_a^* &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ai} - p_i^*)^2} \\ \text{Antiidiālie: } S_a^- &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ai} - p_i^-)^2} \end{aligned} \tag{4.}$$

Relatīvais tuvums:

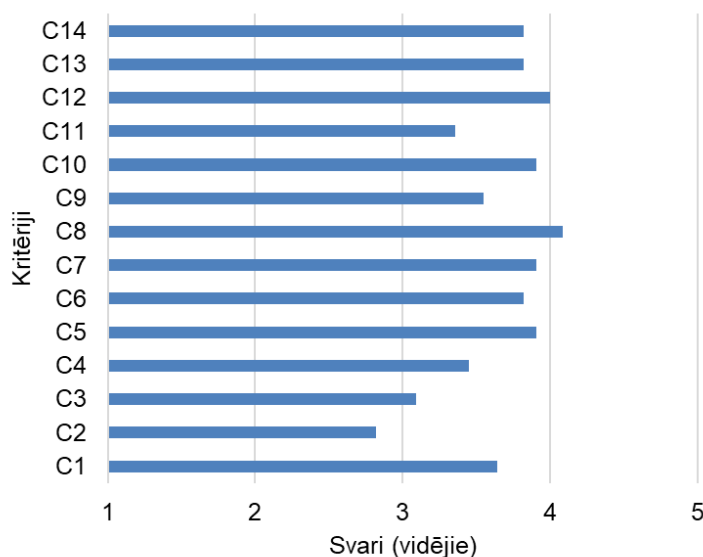
$$C_a = \frac{S_a^-}{S_a^* + S_a^-} \tag{5.}$$

Novērtējumā iekļautās alternatīvas (Ax) un kritēriji (Cx) ir parādīti 4.3. attēlā.

(A1) Somija, Kajāni	(C1) Atlikumsiltuma apjoms
(A2) Lietuva, Šauļi (viss reģions)	(C2) Liekais siltums īpatsvars
(A3) Polija, Ščecina	(C3) Lineārais siltuma blīvums
(A4) Grieķija - Feresa (Aleksandrupoles pašvaldība, Austrummaķedonijas un Trāķijas reģions)	(C4) Temperatūru starpības attiecībā pret siltumtīklu padevės temperatūru
(A5) Grieķija, Lemna	(C5) Investīciju izmaksas
(A6) Ungārija, Ģēra	(C6) Atmaksāšanās periods
(A7) Beļģija, Mortsele	(C7) Finansējuma avoti
(A8) Latvija, Vidzeme	(C8) Juridiskie un politikas aspekti
(A9) Slovēnija, Ravne na Koroškem	(C9) Pieņemamības līmenis
	(C10) Uzņēmumu iesaistes gatavība un biznesa modeļu esamība
	(C11) Atlikumsiltuma pieejamības profils
	(C12) Nepieciešamā pieslēguma infrastruktūra
	(C13) SEG emisiju samazinājums
	(C14) Enerģētiskā drošība

4.3. att. Novērtējumā izmantotās alternatīvas un kritēriji.

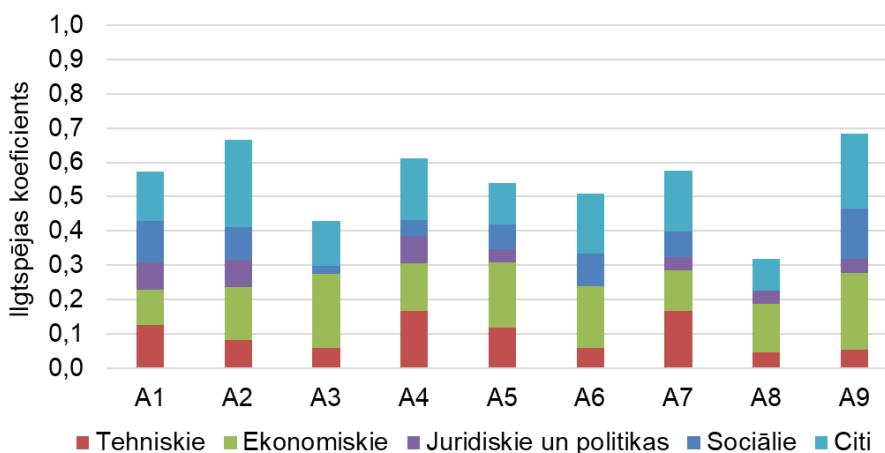
Kritēriju vērtības tika iegūtas aptaujā, kas veikta no 2026. gada 26. janvāra līdz 2026. gada 27. februārim. Katras alternatīvas pārstāvji sniedza pieejamo informāciju, savukārt pārējām alternatīvām trūkstošie dati tika aizstāti ar attiecīgā kritērija vidējo vērtību. Kritēriju svāri tika piešķirti ekspertu aptaujā *Green4HEAT* partneru darbnīcas laikā 2026. gada 27. februārī. Visi kritēriji tika novērtēti pēc to nozīmīguma. Vislielākais vidējais svāris piešķirts kritērijam "juridiskie un politikas aspekti" (4,09), bet vismazākais svāris tika piešķirts kritērijam "atlikumsiltuma īpatsvars" (2,82) (sk. 4.4. att.).



4.4. att. Katra kritērija vidējais svāra koeficients (kritēriju nosaukumu leģenda ir sniegta 4.3. attēlā).

Novērtējuma rezultāti ir parādīti 4.5. attēlā. Augstākais ilgspējas indekss piešķirts A9: Slovēnijas gadījumam (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) (0,684). Tam seko A2: Lietuvas gadījums (atlikumsiltums no lielveikaliem) (0,666). Vismazākais ilgspējas indekss konstatēts A3:

Polijas gadījumam (atlikumsiltums no atkritumu sadedzināšanas) (0,429) un A8: Latvijas gadījumam (atlikumsiltums no datu centra) (0,317).



4.5. att. TOPSIS-AHP rezultāti (alternatīvu nosaukumu leģenda ir sniegta 4.3. attēlā).

TOPSIS-AHP kategoriju rezultāti uzrāda skaidrus augstas un zemas ietekmes devējus katrā kritēriju grupā, ko var interpretēt kā salīdzinoši “grūtāk izpildāmas” (augstāks rezultāts, lielāka ietekme/stingrākas prasības) pret “vieglāk izpildāmām” (zemāks rezultāts, mazāka ietekme/vājākas prasības) prasību grupām salīdzināmajām iespējām. Tehniskajā grupā visaugstākie rezultāti ir A7: Beļģijas gadījumam (atlikumsiltums no industriālā parka) (0,167) un A4: Grieķijas (Feresa) gadījumam (atlikumsiltums no dabasgāzes kompresoru stacijas) (0,166), savukārt viszemākais rezultāts ir A8: Latvijas gadījumam (atlikumsiltums no datu centra) (0,046), norādot, ka tehniskās prasības ir visvieglāk izpildāmas (vai arī visstiprāk atbalstītas) A7: Beļģijas un A4: Grieķijas (Feresa) gadījumos un visvājākās (visgrūtāk izpildāmas vai vismazāk atbalstītas) A8: Latvijas gadījumā (atlikumsiltums no datu centra). Ekonomiskajā grupā visaugstākie rezultāti ir A9: Slovēnijas piemēram (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) (0,224) un A3: Polijas gadījumam (atlikumsiltums no atkritumu sadedzināšanas) (0,217), bet viszemākais rezultāts ir A1: Somijas gadījumam (atlikumsiltums no datu centra) (0,103), kas liecina, ka ekonomiskās prasības ir visprasīgākās un visnoteicošākās A9: Slovēnijas piemēram (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) un A3: Polijas gadījumam (atlikumsiltums no atkritumu sadedzināšanas), savukārt A1: Somijas gadījums (atlikumsiltums no datu centra) ir ekonomiski vismazāk labvēlīgais gadījums. Juridisko un politikas aspektu grupā maksimālais rezultāts ir tikai 0,080 un minimālais ir 0,000, un lielākā daļa iespēju ir koncentrētas pie 0,040, kas norāda, ka juridiskās un politikas prasības šajā datu kopā ir salīdzinoši viegli izpildāmas vai arī vāji diferencējošas, izņemot nulles ieguldījuma gadījumus. Sociālajā grupā A9: Slovēnijas piemēram (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) ir visaugstākais rezultāts (0,146), bet A8: Latvijas gadījumam (atlikumsiltums no datu centra) ir viszemākais (0,000), t. i., sociālās prasības ir visstiprākās (stingrākas un ietekmīgākas) A9: Slovēnijas piemēram (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) un visvājākās A8: Latvijas gadījumam (atlikumsiltums no datu centra), turklāt arī A3: Polijas gadījumam (atlikumsiltums no atkritumu sadedzināšanas) rezultāts ir zems (0,023). Citu faktoru grupā A2: Lietuvas gadījumam (atlikumsiltums no lielveikaliem) ir visaugstākais rezultāts (0,254), tam seko A9: Slovēnijas piemērs (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) (0,220), savukārt A8: Latvijas gadījums (atlikumsiltums no datu centra) atkal ir viszemākais (0,091), kas norāda, ka citi faktori ir ļoti prasīgi un spēcīgi diferencējoši A2: Lietuvas un A9: Slovēnijas gadījumos, bet vismazāk ierobežojoši Latvijas gadījumā (atlikumsiltums no datu centra). Kopumā kategorijas, kas visbiežāk reprezentē grūtāk izpildāmas vai noteicošākas prasības, ir ekonomiskā un citi faktori (vislielākie maksimālie rezultāti un skaidrāka atdalīšanās), Tehniskā un sociālā kategorija ir mēreni diferencējošas atkarībā no iespējas, bet

juridiskie un politikas aspekti kopumā ir visvieglāk izpildāmā un vismazāk diferencējošā kategorija, par ko liecina zema līmenis un šaurs rezultātu diapazons starp iespējām.

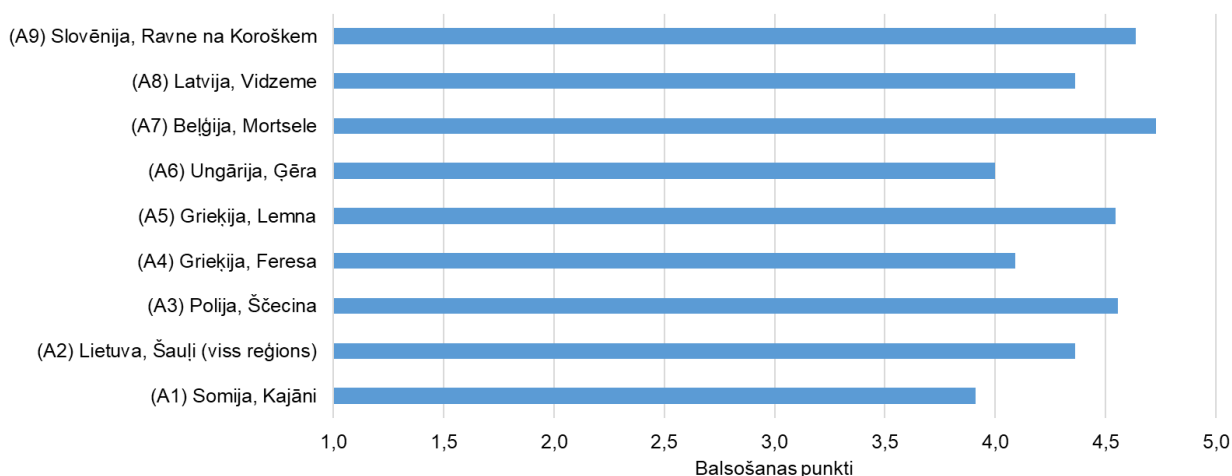
Izveidotais rīks ir universāls, brīvi pieejams un pielāgojams katram *Green4HEAT* partnerim [16]. Rīku ir iespējams papildināt ar jauniem atlikumsiltuma piemēriem, mainīt esošo kritēriju nozīmīgumu, ieviest jaunus kritērijus vai arī noņemt dažus no esošajiem kritērijiem.

4.2. Balsošanas metode

Paralēli aizpildītajai aptaujai par identificēto atlikumsiltuma piemēru katrs *Green4HEAT* partneris sagatavoja prezentāciju, kas tika prezentēta *Green4HEAT* partneru darbnīcā. Tiešsaistes sanāksmes laikā tika organizēta interaktīva balsošanas sesija, kurā dalībnieki novērtēja visus partneru iesniegtos labās prakses piemērus. Balsošana veikta, izmantojot skaitlisku skalu no 1 līdz 5. Kopumā balsojumā piedalījās 13 respondenti. Kā parādīts 4.6. attēlā, visu alternatīvu vidējais vērtējums bija virs 4,0, kas norāda uz kopumā pozitīvu attieksmi pret prezentētajiem risinājumiem. Visaugstākais vidējais vērtējums tika piešķirts Beļģijas piemēram (4,7), tam sekoja Slovēnija (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) (4,6) un Polija (4,6). Viszemākais vidējais vērtējums tika piešķirts piemēram no Grieķijas Austrummaķedonijas un Trāķijas reģiona (4,1). Kopumā balsošanas rezultāti parāda, ka dalībnieki novērtēja skaidrus, praksē ieviestus un labi strukturētus risinājumus. Beļģijas risinājums tika atzīts par vislabāko vairāku iemeslu dēļ:

- skaidrs pārvaldības modelis, kurā iesaistītas pašvaldības, uzņēmumi un kopiena;
- detalizēts tehnisko un finansiālo aspektu apraksts;
- demonstrēta augsta atkārtojamība citos reģionos;
- caurspīdīga izmaksu struktūra un siltuma plūsmu attēlojums;
- uzsvars uz ātras ieviešanas iespējām.

Partneri īpaši uzsvēra, ka Beļģijas risinājums demonstrē vienkāršus, bet efektīvus soļus atlikumsiltuma izmantošanai, neprasot būtiskas sākotnējās investīcijas. Vienlaikus jānorāda, ka sākotnējās investīcijas uzņēmumam, kas piegādāja lieko siltumu, bija zemākas, jo tika izmantots iesaistīto kooperatīvu finansējums. Tas padara piemēru īpaši pievilcīgu reģioniem ar ierobežotiem resursiem. Pozitīvi tika novērtēta arī sadarbība starp vietējiem lēmumu pieņēmējiem un uzņēmējdarbības sektoru.



4.6. att. Labās prakses novērtējums, izmantojot partneru balsošanas metodi.

Salīdzinot balsošanas rezultātus ar formālo *TOPSIS-AHP* novērtējumu, novērojamas vairākas sakarības.

- Reģioni ar stabilu politisko un regulatīvo vidi (Beļģija, Slovēnija (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma), Lietuva) subjektīvajā balsojumā novērtēti augstāk. Tas atbilst faktam, ka formālajā analizē visaugstākais svars tika piešķirts kritērijam “juridiskie un politikas aspekti”.
- Risinājumi ar skaidrām finansējuma iespējām un esošiem sadarbības modeļiem saņēma augstākus vērtējumus. Tas korelē ar kritērijiem C7 (finansējuma avoti) un C10 (uzņēmumu iesaiste).
- Reģioni ar labi attīstītu CSA sektoru saņēma augstākus vērtējumus, jo ieviešanas riski tika uztverti kā zemāki.
- Risinājumi, kuru ieviešanai nepieciešamas būtiskas regulējuma izmaiņas, tika vērtēti piesardzīgāk, pat ja to tehniskais potenciāls bija augsts.

Tas norāda, ka dalībnieki ņēma vērā ne tikai tehnisko optimizāciju, bet arī risinājuma reālu īstenojamību vietējā regulējuma un tirgus kontekstā. Integrējot *TOPSIS-AHP* rezultātus ar subjektīvās balsošanas datiem, var izdarīt vairākus secinājumus.

- A9: Slovēnijas (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) un A2: Lietuvas (atlikumsiltums no lielveikaliem) gadījums ir vislīdzsvarotākie no ilgspējas skatpunkta un ir piemēroti citu reģionu ilgtermiņa siltumapgādes plānošanas vajadzībām.
- A7: Beļģijas gadījums ir vispiemērotākais ātrai ieviešanai un replicēšanai. Tam raksturīga praktiska orientācija, skaidrs process un efektīvs pārvaldības modelis. Vienlaikus šādi piemēri nav bieži sastopami. Tāpat, lai pārņemtu šo piemēru, ir jābūt izpildītiem priekšnosacījumiem.
- A1: Somijas un A5: Grieķijas (Lemna) gadījumi ir noderīgi specifiskos apstākļos, piemēram, mazapdzīvotās teritorijās vai salu reģionos ar unikālām siltumavotu konfigurācijām.
- A8: Latvijas (atlikumsiltums no datu centra) un A3: Polijas gadījums (atlikumsiltums no atkritumu sadedzināšanas), lai gan saņēma zemākas indeksa vērtības, sniedz būtiskas atziņas par datu pieejamību, tirgus šķēršļiem un regulējuma izaicinājumiem, kas ir būtiski politikas izstrādei.

Vispiemērotākās prakses turpmākai pārnesi uz *Green4HEAT* teritorijām ir:

- Beļģija (Mortsele) kā efektīvākais risinājums atkārtojamības ziņā;
- Slovēnija (atlikumsiltums no tērauda ražošanas uzņēmuma) kā ilgspējīgākais risinājums saskaņā ar daudzdimensionālo novērtējumu;
- Lietuva (Šauļi) kā tehniski un ekonomiski līdzsvarots un pielāgojams risinājums.

5. Sektoru un teritoriju specifika

Šī nodaļa atspoguļo nozaru un teritoriju specifiku saistībā ar atlikumsiltuma izmantošanu. 5.1. apakšnodaļā identificētas vairākas nozares, kurām ir vislielākais potenciālu liekā siltuma nodošanai centralizētajai siltumapgādei (CSA). Atspoguļotas katras nozares tehnoloģiskās raksturiezīmes, kā arī sniegti liekā siltuma izmantošanas piemēri katrā nozarē. 5.2. apakšnodaļā uzmanība pievērsta teritoriālajiem faktoriem, analizējot, vai pastāv atšķirības liekā siltuma izmantošanā pilsētu un lauku teritorijās.

5.1. Nozaru specifiska

Rūpniecības nozare, datu centri, notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, komercsektors un enerģētikas nozare ir nozīmīgākie atlikumsiltuma avoti. Katrai nozarei ir savas specifiskas raksturiezīmes, priekšrocības un trūkumi.

Šajā nodaļā labās prakses piemēri dažādās nozarēs (rūpniecībā, datu centros, notekūdeņu attīrīšanā, komercsektorā un enerģētikas nozarē) primāri analizēti, balstoties to tehniskajos parametros un atlikumsiltuma raksturlielumos. Šī pieeja ir apzināta, jo galvenie tehniskie rādītāji, piemēram, temperatūras līmenis, siltuma plūsmas stabilitāte, sezonālā pieejamība un attālums līdz potenciālajiem galalietotājiem, nosaka reālo potenciālu sadarbības modeļu un sinerģiju veidošanai starp iesaistītajām pusēm.

Mīnēto iemeslu dēļ sinerģijas starp uzņēmumiem, sadarbība starp uzņēmumiem un iedzīvotājiem, kā arī publiski privātās partnerības nevar vērtēt neatkarīgi no tehnoloģiskā konteksta. Tieši šo tehnisko parametru kombinācija nosaka, vai tādi risinājumi kā rūpnieciskā simbioze, integrācija CSA sistēmās vai lokāla siltuma izmantošana ēkas līmenī var efektīvi īstenot.

Turpmākajās apakšnodaļās katra nozare analizēta atsevišķi, identificējot tai raksturīgos atlikumsiltuma avotus, to īpašības, kā arī saistītos ieguvumus un riskus. Šāda struktūra ļauj ne tikai novērtēt tehnisko potenciālu, bet arī netieši identificēt vispiemērotākos sadarbības un sinerģiju modeļus, ko var attīstīt katrā konkrētajā kontekstā.

5.1.1. Rūpniecības nozare

Galvenie atlikumsiltuma avoti

- Dūmgāzes/karstais gaiss no katliem, krāsnīm, žāvētājiem, kausēšanas un termiskās apstrādes iekārtām.
- Procesu dzesēšana (kompresori, dzesētāji, reaktori), eļļas/ūdens dzesēšanas kontūri.
- Kondensāts no tvaika sistēmām.
- Saspiestā gaisa sistēmas (kompresoru siltums).
- Aukstumsistēmas pārtikas rūpniecībā.

Tipiskie temperatūras līmeņi

- Zema temperatūra: 25–60 °C (dzesēšana, dzesētāji, kondensatori).
- Vidēja temperatūra: 60–150 °C (karstais ūdens, kondensāts, daļa žāvēšanas procesa).
- Augsta temperatūra: 150–500 °C (krāsnis, dūmgāzes, metalurģija, stikla ražošana u. c.) [17], [18].

Priekšrocības

- Liels jaudas potenciāls un bieži augsts temperatūras līmenis (augstāka ekserģija).
- Iespēja īstenot kaskadēšanu uzņēmuma teritorijā.
- Daudzos gadījumos iespējama tieša siltuma atgūšana ar siltummaiņiem bez siltumsūkņiem (ja temperatūra ir pietiekama).

Trūkumi un riski

- Siltuma jauda nav garantēta ražošanas apjoma izmaiņu dēļ.
- Integrācijas sarežģītība rūpnieciskajam operatoram.
- Rūpnieciskās teritorijas bieži atrodas ārpus blīvi apdzīvotām zonām; attālums līdz CSA var padarīt projektu neīstenojamu.

- Avota piesārņojuma risks, kas ietekmē tehnoloģijas izvēli.

Piemēri. Viena no plaši izmantotajām pieejām atlikumsiltuma izmantošanā ir patēriņš uz vietas, kur atlikumsiltums tiek atgūts objekta paša vajadzībām, galvenokārt telpu apkurei. Piemēram, *Audi* rūpnīcā Ungārijā galvenā siltumapgādes pamatā jau ir videi draudzīgs avots (ģeotermālā enerģija), kas sedz ap 90–95 % no siltuma pieprasījuma (ap 82 000 MWh/gadā). Atlikusī daļa, aptuveni 5,5 %, tiek nodrošināta, efektīvi atgūstot atlikumsiltumu (5000 MWh/gadā) no kompresoru dzesēšanas, kas pēc tam tiek izmantots telpu apkurei un karstā ūdens sagatavošanai. Šādu risinājumu ieviešana samazina uzņēmuma primārās enerģijas patēriņu un CO₂ emisijas. Skaidru CO₂ samazinājuma ietekmi demonstrē arī *EcoGenerator* projekts Ščecinā, Polijā, kur atgūtais atlikumsiltums nāk no pašvaldības pārvaldītas atkritumu sadedzināšanas iekārtas. Atgūtais siltums ļauj ik gadu samazināt ap 12 000 t CO₂, aizstājot 5000 t ogļu/gadā. Atgūtais atlikumsiltums, kas veido ap 2 % no kopējā siltuma pieprasījuma (25 000–30 000 MWh/gadā), tiek integrēts pilsētas CSA tīklā. Slovēnijas piemērā tērauda ražošanas uzņēmums piegādā atlikumsiltumu (ap 8611 MWh/gadā), sedzot aptuveni 41 % no pilsētas CSA pieprasījuma.

5.1.2. Datu centri un digitālā infrastruktūra

Galvenie atlikumsiltuma avoti

- Serveru, datu glabāšanas un tīkla iekārtu dzesēšana.
- Nepārtrauktās barošanas avoti (*UPS*) un jaudas elektronika (invertori), sadales skapji.
- Telekomunikāciju mezgli, 5G bāzes stacijas.

Tipiskie temperatūras līmeņi

- Gaisa dzesēšana: izplūdes gaisa siltums bieži ir 20–40 °C.
- Ūdens/šķidrums dzesēšana var sasniegt 40–60 °C un atsevišķos risinājumos arī vairāk [19].

Priekšrocības

- Stabils un prognozējams siltuma daudzums gada griezumā (salīdzinoši zema sezonālitate).
- Siltums rodas koncentrētā dzesēšanas kontūrā, un to var atgūt ar siltummaiņiem.
- Elektroenerģijas patēriņš var kļūt par bāzes slodzes siltuma avotu, bet ZTS tīklam.

Trūkumi un riski

- Zems temperatūras līmenis.
- Siltuma pieprasījuma sezonālitate – atlikumsiltums turpina rasties arī tad, kad siltuma pieprasījums ir zems.
- Drošības un piekļuves režīmi – augstas drošības prasības sarežģī ekspluatāciju un trešo pušu piekļuvi.

Piemēri. Somijā, Kajāni datu centrā, tiek izmantoti siltumsūkņi, kas paaugstina atlikumsiltuma temperatūru līdz ap 85 °C atbilstoši siltumtīkla prasībām, tādējādi būtiski palielinot tehnoloģiski atgūstamā atlikumsiltuma apjomu līdz pat 30 MW. Latvijā datu centra radītais siltums (ap 2 MW temperatūras diapazonā 30–80 °C) tiek novirzīts uz CSA sistēmu, nodrošinot siltumu līdz 400 privātmājām jeb 1000 dzīvokļu, kā rezultātā iedzīvotājiem samazinās apkures izmaksas. Līdzīgi Beļģijā, izmantojot lieko siltumu no vairākiem rūpniecības uzņēmumiem, iespējams nodrošināt siltumenerģiju 158 māsaimniecībām un pieciem uzņēmumiem, veicinot sekmīgu sadarbību starp uzņēmumiem, iedzīvotājiem un energokopienām.

5.1.3. Notekūdeņu attīrīšana

Galvenie atlikumsiltuma avoti

- Attīrīto notekūdeņu siltums izplūdē un iepļūdē.
- Aerācijas un sūknēšanas sistēmu atdotais siltums.
- Siltums no bioloģiskajiem procesiem.

Tipiskie temperatūras līmeņi

- Notekūdeņi: 10–30 °C (atkarīgs no sezonas, infiltrācijas un rūpnieciskā piesārņojuma īpatsvara).
- Attīrīšana: 30–80 °C (atkarīgs no darbības režīma) [20].

Priekšrocības

- Notekūdeņu rašanās intensitāte ir relatīvi nepārtraukta.
- Labs siltuma avots ZTS un siltumsūkņiem.
- Vienkāršāka ar siltuma novirzīšanu saistīto sistēmu integrācija.

Trūkumi un riski

- Zems temperatūras līmenis.
- Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas bieži atrodas ārpus blīvi apdzīvotām teritorijām; attālums līdz CSA var padarīt projektu neīstenojamu.

Piemēri. “*Buikslotermeer*” projektā Amsterdamā izmantota inovatīva tehnoloģija siltuma atgūšanai no neattīrītiem notekūdeņiem spiedvada kanalizācijas cauruļvadā. Projekts tiek īstenots publisk -privātā partnerībā starp mājokļu asociāciju “*Lieven de Key*”, notekūdeņu uzņēmumu “*Waternet*”, siltumapgādes uzņēmumu “*Firan*” un Amsterdamas pašvaldību. Projekts nodrošina siltumu 600 sociālajiem īres dzīvokļiem [21].

5.1.4. Komerccsektors

Galvenie atlikumsiltuma avoti

- Kondensācijas siltums no aukstuma iekārtām (lielveikalos, noliktavās un loģistikas centros).
- Siltums no ventilācijas sistēmām.
- Siltums no virtuvēm un citiem ar ēdināšanu saistītiem procesiem.

Tipiskie temperatūras līmeņi

- 20–90 °C (būtiski atkarīgs no avota, piemēram, 30 °C peldbaseinos [18]) [22].

Priekšrocības

- Objektu atrodas pilsētvidē, kas padara vieglāku integrāciju CSA.
- Augsts potenciāls segt siltuma pieprasījumu uz vietas.

Trūkumi un riski

- Zems temperatūras līmenis.
- Objektu daudzveidība un plašs mēroga diapazons.
- Mainīgi darbības režīmi (piemēram, gaisa sildīšana ziemā un dzesēšana vasarā).
- Juridisks risks attiecībā starp ēkas īpašnieku un nomnieku.

- **Piemēri.** Dānijas piemērs no Augustenborgas pilsētas rāda, ka modernizēti lielveikali var segt ievērojamu daļu no sava siltuma pieprasījuma, izmantojot lieko siltumu no aukstuma sistēmām, un nodot lieko siltumu vietējam CSA tīklam, faktiski kļūstot par decentralizētu siltuma piegādātāju [23]. Tirdzniecības centrs "CITY2" ir piemērs tam, kā komercēka var kļūt par siltuma ražotāju apkārtējai kopienai. Atlikušais siltums no tirdzniecības centra dzesēšanas sistēmām tiek atgūts, izmantojot 1,3 MW kaskādes siltumsūkni, kas paaugstina temperatūru līdz 70 °C. Siltums tiek piegādāts Østerby teritorijas ZTS sistēmai [24].

5.1.5. Enerģētikas nozare

Galvenie atlikumsiltuma avoti

- Siltuma zudumi elektroenerģijas ražošanā (ja tā nav koģenerācija).
- Siltuma zudumi elektroenerģijas sadales iekārtās (piemēram, transformatori, baterijas).
- Starpposmi biodegvielu ražošanā (piemēram, siltums no anaerobās pārstrādes biogāzes ražošanā).
- Siltuma zudumi ūdeņraža elektrolīzes iekārtās.
- Siltuma zudumi ar dūmgāzēm (ja nav ekonomāizera).

Tipiskie temperatūras līmeņi

- Elektroenerģijas sadales iekārtas: 55–150 °C (piemēram, eļļas transformatorā atlikumsiltuma temperatūra ir 70–90 °C [25]).
- Elektrolīzes iekārtas: 50–90 °C (sārmainajos un protonu apmaiņas membrānas elektrolīzeros [26]).
- Dūmgāzes: > 100 °C.

Priekšrocības

- Liela mēroga jauda un potenciāls integrēties CSA kā sistēmas balansēšanas resurss.
- Elektrolīzeru atlikumsiltums var kļūt par jaunu, koncentrētu siltuma avotu noteiktos infrastruktūras mezglos (piemēram, ostās, industriālajos parkos).

Trūkumi un riski

- Daļu atlikumsiltuma ir grūti uztvert (piemēram, no transformatoriem).
- Enerģētikas nozarē energoefektivitātes pasākumus siltuma zudumu samazināšanai bieži īsteno ārpus atlikumsiltuma konteksta.
- Ilgi investīciju cikli, regulēti tarifi un augstas drošības prasības.
- Ūdeņraža infrastruktūra daudzviet vēl ir izstrādes stadijā; tāpēc siltuma pieejamība var būt neskaidra.

Piemēri. Ūdeņraža ražošana elektrolīzē rada atlikumsiltuma plūsmu kā procesa blakusproduktu. Nākotnē sagaidāms, ka šis process kļūs par nozīmīgu atlikumsiltuma avotu CSA. Jau šobrīd pirmie īstenojamie piemēri demonstrē savstarpējus ieguvumus gan ūdeņraža ražotājam, gan CSA operatoram. Igaunijā "Utilitas Vao" koģenerācijas stacija ir pirmais zaļā ūdeņraža projekts Baltijas valstīs. Tā var saražot līdz 432 kg ūdeņraža dienā un piegādā atlikušā siltuma plūsmu Tallinas CSA tīklā [27]. Papildu piemērs no Vācijas (*Fraunhofer IEG*) apstiprina, ka atlikumsiltuma atgūšana no elektrolīzes procesa un tā piegāde CSA var uzlabot ūdeņraža ražošanas ekonomisko sniegumu [28].

Sadarbības un sinerģiju modeļi ietver sadarbību starp uzņēmumiem (piemēram, rūpnieciskā simbioze, koplietota infrastruktūra), mijiedarbību starp uzņēmumiem un iedzīvotājiem (piemēram, atlikumsiltuma izmantošana mājokļu sektorā, energokopienas), kā arī publiski privātās partnerības

(piemēram, infrastruktūras attīstība, kopīgi investīciju projekti un regulējuma ietvari). Šo modeļu piemērojamību un īstenojamību tieši nosaka konkrētā atlikumsiltuma avota tehniskie parametri, tostarp temperatūras līmenis, pieejamības stabilitāte un ģeogrāfiskā atrašanās vieta.

5.1.6. Kopsavilkums

- Katram no pieciem analizētajiem sektoriem ir savas iezīmes, kas rada gan priekšrocības, gan trūkumus atlikumsiltuma izmantošanā.
- Rūpniecības nozare izceļas ar visaugstākajām temperatūrām un lielākajiem atlikumsiltuma apjomiem, tomēr tai bieži ir vislielākie ģeogrāfiskie ierobežojumi lielāka attāluma līdz pilsētām vai siltuma patērētājiem dēļ.
- Datu centri un notekūdeņi ir stabili avoti, taču to atlikumsiltumam ir zema temperatūra, tāpēc tā izmantošanai bieži nepieciešamas papildu tehnoloģijas (galvenokārt siltumsūkņi), kas rada papildu investīciju un ekspluatācijas izmaksas.
- Komerccsektors atrodas pilsētvidē, kas nozīmē mazāk šķēršļu atlikumsiltuma pieslēgšanai, tomēr tam raksturīgi svārstīgi darbības režīmi, kas negatīvi ietekmē siltuma pārvaldības iespējas.
- Enerģētikas nozare (īpaši elektrolīzes iekārtas) ir jauns, perspektīvs avots, tomēr tā vēl atrodas attīstības stadijā ar neskaidru siltuma pieejamību.

5.2. Teritoriju specifika

Pilsētvide un industriālās teritorijas

Visefektīvākā **atlikumsiltuma nodošana CSA ir iespējama pilsētu teritorijās, kur attālumi starp liekā siltuma avotu un patērētāju vai tīklu ir īsi**. Industriālās teritorijas, kas atrodas blīvi apdzīvotās pilsētu zonās, ļauj salīdzinoši vienkārši pieslēgties CSA sistēmai, tādējādi samazinot nepieciešamību pēc lielām investīcijām siltumtīklos. Bieži ir gadījumi, kad blīvā industriālajā zonā vairāki liekā siltuma avoti tiek pieslēgti vienam siltumtrases atzaram. Tādējādi iespējams samazināt nepieciešamās investīcijas, tās sadalot starp vairākiem uzņēmumiem.

Vienlaikus pastāv arī riski un ierobežojumi. Ja vairāki liekā siltuma avoti tiek pieslēgti vienam CSA operatoram, siltuma pārvaldība kļūst sarežģītāka. Tas ir saistīts ar nepieciešamību izstrādāt sistēmu liekā siltuma integrēšanai kopējā sistēmā, prognozēt liekā siltuma piegādi un saskaņot to ar esošajām siltuma ražošanas tehnoloģijām. Neefektīva pārvaldība palielina risku saņemt lieko siltumu izmantot neoptimāli un nenasniegt plānotos energotaupības ieguvumus.

Turpmāk atlasītie piemēri grupēti pēc dažādiem kritērijiem

Pilsētu teritorijas

- Somija, Kajāni datu centrs – atlikumsiltums tiek izmantots pilsētas CSA tīklā. Avots atrodas tieši blakus CSA ražotnēm.
- Latvija, Salaspils datu centrs – serveru darbības radīto atlikumsiltumu plānots piegādāt SIA “Salaspils Siltums”.

Industriālās teritorijas

- Ungārija, Audi rūpnīca Ģērā – atlikumsiltums tiek izmantots industriālā objekta halles apkures un karstā ūdens pieprasījuma nodrošināšanai. Pieslēgums publiskajam CSA tīklam nav izveidots.

Pilsētu un industriālās teritorijas

- Polija, *EcoGenerator* Ščecina – atlikumsiltums no pašvaldības atkritumu sadedzināšanas iekārtas tiek atgūts un piegādāts Ščecinas pašvaldības CSA tīklā.
- Beļģija, *Warmte Verzilverd* – liekais siltums no *Agfa-Gevaert Group* ražošanas procesa piemērotas atrašanās vietas dēļ (blīvi apdzīvota pilsētvide) tiek tieši ievadīts pašvaldības CSA tīklā.
- Slovēnija, *SIJ Metal Ravne* – tērauda ražošanas liekais siltums ir integrēts pašvaldības CSA tīklā.
- Grieķija, *Feresa* – lieko siltumu no dabasgāzes kompresoru stacijas plānots izmantot plašāka *Feresas* reģiona apgādei ar jaunu CSA tīklu.

Lauku reģioni un perifērās teritorijas

Lauku un mazapdzīvotās teritorijās liekā siltuma izmantošanā balstīta siltumapgāde ir sarežģītāka. Galvenie izaicinājumi ir saistīti ar investīcijām jaunas infrastruktūras izbūvē, primāri ar siltuma sadales tīklu attīstību. Lai nodrošinātu siltuma piegādi, ir nepieciešami gari siltumapgādes tīkli, un pat tad, ja atlikumsiltuma atgūšanas potenciāls ir augsts, ekonomiska īstenošana bieži var būt problemātiska. Grieķijā vairāki projekti joprojām ir plānošanas vai priekšizpētes stadijā un netiek īstenoti augstu kapitālieguldījumu un infrastruktūras trūkuma dēļ. Diemžēl lauku reģioni bieži saskaras ar iedzīvotāju skaita samazināšanos un uzņēmumu aizplūšanu. Šis aspekts var negatīvi ietekmēt atlikumsiltuma izmantošanas potenciālu. Samazinoties siltuma patēriņam, jaunu siltuma avotu (tostarp atlikumsiltuma) pieslēgšana bieži nav pamatota.

Vienlaikus pastāv arī priekšrocības un pozitīvi piemēri. Lauku un perifērās teritorijās jaunām industriālām ražotnēm ir vieglāk ienākt tirgū, jo zeme ir pieejamāka un zemes vienības cena parasti ir zemāka. Turklāt, pieslēdzoties liekā siltuma avotam, ir iespējams samazināt apkures izmaksas, kas palielina teritorijas pievilcību jauniem patērētājiem.

BIOG-Lemnos (Grieķija) piemēru var iekļaut lauku reģionu un perifēro teritoriju grupā.

- Grieķija, *BIOG-Lemnos* – atlikumsiltums no plānotas biogāzes koģenerācijas (*CHP*) iekārtas, kur avots būtu lauksaimniecības atlikumi un pašvaldības bioatkritumi, kas tiek izmantoti biogāzes ražošanai, lai saražotu elektroenerģiju un atgūstamu atlikumsiltumu, atbalstot tuvumā esošos vietējos patērētājus caur sadales sistēmu.

6. Piemērojamības analīze

Piemērojamības skaidrojums. Atlikumsiltuma izmantošanas prakses dažādos reģionos var būtiski atšķirties, un to ieviešana ir atkarīga no juridiskajiem, sociālajiem, ekonomiskajiem, klimatiskajiem, ģeogrāfiskajiem un citiem aspektiem. Kopumā atlikumsiltuma identificēšanai noteikti 14 kritēriji, un tie ir prezentēti šī dokumenta iepriekšējās nodaļās. Visi kritēriji tika iedalīti piecās grupās: tehniskie, sociālie, ekonomiskie, juridiskie un politikas aspekti, kā arī citi kritēriji. Tehnisko aspektu grupā ir visvairāk kritēriju. Tas ir tāpēc, ka siltumavota raksturlielumiem (temperatūra, apjoms, sezonālitate u. c.), kā arī patērētāju raksturlielumiem (attālums, blīvums un esošās CSA infrastruktūras jauda) ir būtiska nozīme atlikumsiltuma izmantošanas potenciālā. Klimatiskie un ģeogrāfiskie aspekti nav izdalīti atsevišķi, bet ir iekļauti tehniskajos aspektos. Klimats tieši ietekmē nepieciešamo siltuma pieprasījumu un nepieciešamās temperatūras siltumtīklā (kritērijs T4: temperatūru starpības attiecībā pret siltumtīklu padeves temperatūru). Savukārt ģeogrāfiskajiem aspektiem ir vislielākā ietekme uz siltuma atlikumu un patērētāju izvietojumu un no tā izrietošajiem siltumtrases attālumiem (daļa no

kritērija T3: lineārais siltuma blīvums). Šajā nodaļā ir sniegta piemērojamības analīze, kas apvieno dažādus aspektus, kuri ietekmē atlikumsiltuma izmantošanu. Ir norādīti ierobežojumi, jo atlikumsiltuma izmantošanas prakses ir individuāli jāpielāgo dažādām nozarēm un reģioniem. Vienlaikus praksē pastāv relatīvi universāli tehnoloģiskie risinājumi siltumavotu integrācijai. Turpmāk sniegts piemērotības novērtējums.

No organizatoriskā un tiesiskā skatpunkta (juridiskie un politikas aspekti) visefektīvākais labās prakses piemērs lielākajā daļā reģionu ir sadarbības modelis starp atlikumsiltuma avota īpašnieku (ražošanas objektu, komercuzņēmumu vai citu piegādātāju) un siltuma sadales tīkla operatoru, kas nodrošina atlikumsiltuma savākšanu, pārvadi un piegādi galalietotājiem.

No tehnoloģiskā skatpunkta (tehniskie aspekti) kā universāli piemērojamu praksi var definēt tiešu siltuma atgūšanu, izmantojot siltummaini. Tas ir īpaši efektīvi gadījumos, kad atlikumsiltuma avots atrodas tuvu patērētājam vai centralizētajam siltumapgādes tīklam un atlikumsiltuma temperatūra ir piemērota tūlītējai izmantošanai. Šāds atlikumsiltums bieži nāk no metalurģijas sektora vai dabasgāzes un biogāzes koģenerācijas stacijām, kur atlikumsiltumu var tieši izmantot ievadei CSA tīklā. Piemēram, Slovēnijā tērauda rūpnīcas atlikumsiltums (aptuveni 60–90 °C) ir integrēts pilsētas CSA tīklā bez temperatūras paaugstināšanas. Šī prakse Slovēnijā ir bijusi sekmīga, pateicoties rūpnīcas atrašanās vietai (industriālā zona blakus CSA tīklam), kas nodrošina zemas izmaksas un vienkāršu atlikumsiltuma nodošanu.

Plaši izmantota prakse ir temperatūras paaugstināšana, izmantojot siltumsūkņus. Bieži atgūstamajam atlikumsiltumam ir zema temperatūra (aptuveni 30–40 °C) un to nevar tieši integrēt CSA tīklā. Ar siltumsūkņiem atlikumsiltumu var paaugstināt no 30 °C līdz pat 85 °C, tādējādi nodrošinot temperatūras saderību ar CSA tīklu. Šī prakse ir īstenota Kajāni datu centrā, Somijā. Tomēr tehnoloģija ir plaši izmantojama arī citās nozarēs, kur rodas zemas temperatūras atlikumsiltums, piemēram, dzesēšanas sistēmās, pārtikas pārstrādes uzņēmumos un citos rūpnieciskos procesos, kuros notiek intensīva iekārtu vai tehnoloģisko procesu dzesēšana.

Retāk sastopama, bet tomēr plaši izmantota ir atlikumsiltuma pašpatēriņa prakse, kur uzņēmumi izmanto pašu radīto atlikumsiltumu savām vajadzībām vai lokālajai teritorijai (klimatiskie un ģeogrāfiskie aspekti). Pašpatēriņa pieeja ir ekonomiski pamatota ražošanas objektos ar labi attīstītu iekšējo siltumapgādes tīklu. Visbiežāk siltumavots atrodas tieši tur, kur siltums tiek patērēts, tādējādi ļaujot atgūto atlikumsiltumu izmantot savām vajadzībām (piemēram, telpu apkurei), samazinot siltumavota enerģijas ievadi vai kurināmā patēriņu. Šī prakse ir īstenota *Audi* ražotnē Ungārijā, kur primārais siltuma avots ir ģeotermālais resurss, kas sedz lielāko daļu pieprasījuma, savukārt atlikumsiltums palielina resursa izmantošanas efektivitāti. Šo modeli var uzskatīt par salīdzinoši konkrētai vietai raksturīgu enerģijas sinerģijas principu; tomēr tehniski tas ir pielāgojams arī citiem siltumavotiem, piemēram, saules kolektoriem, kur šie siltumavoti kalpotu primārā vai rezerves siltuma pieprasījuma nodrošināšanai.

Salās vai perifērās teritorijās atlikumsiltuma izmantošanu visbiežāk ierobežo centralizētas siltumapgādes sistēmas trūkums, savukārt centralizēta tīkla izbūvi ierobežo zemāks iedzīvotāju blīvums un augstas būvniecības izmaksas. Šādās teritorijās visbiežāk novērojami lokāli risinājumi, kur siltums tiek piegādāts nelielām patērētāju grupām vai kopienām. Divi Grieķijas projektu piemēri ilustrē šo scenāriju. Viens no tiem ir Lemnas projekts, kur biogāzes koģenerācijas stacija, izmantojot lauksaimniecības, pārtikas un mājsaimniecību bioatkritumu potenciālu, varētu nodrošināt siltumenerģiju; tomēr koģenerācijas stacijas tuvumā nav izveidots centralizēts siltumtīkls, un atlikumsiltums netiek izmantots. Līdzīgi Feresas projektā, kurā tiek analizēta dabasgāzes kompresoru stacija, potenciālais atgūstamais atlikumsiltums tiek lēsts līdz 65 000 MWh gadā. Šis apjoms varētu segt lielāko daļu vietējā siltuma pieprasījuma, tomēr ievērojamo investīciju dēļ projekts pašlaik ir apstājies priekšizpētes stadijā. Lai projektu īstenotu, jāizbūvē aptuveni 40 km CSA tīklu, un, lai gan Grieķija kopumā atbalsta CSA tīklu izbūvi, praktiskajā projektu īstenošanā joprojām vērojama stagnācija.

7. Tehniskie un politikas ieteikumi pārejai uz zemu temperatūru siltumtīkliem (ZTS) un zemas kvalitātes enerģijas avotu integrācijai

Pāreja uz ZTS sistēmām ir galvenais priekšnosacījums zema potenciāla (*low-grade*) enerģijas avotu efektīvai integrācijai, piemēram, atlikumsiltumam no rūpniecības, datu centriem un notekūdeņiem. Šādai pārejai ir nepieciešami gan tehnoloģiski uzlabojumi, gan atbalstošs politikas un regulējuma ietvars. Kā uzsvērts "Aktivitāte A3.1: DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS", ZTS sistēmas ir plaši atzītas par galveno tehnoloģiju energoefektivitātes uzlabošanai un atjaunīgo energoresursu un atlikumsiltuma avotu integrācijas nodrošināšanai [29].

No tehniskā skatpunkta pāreju var atbalstīt ar savstarpēji saistītu pasākumu kopumu, tostarp:

- tīkla temperatūru samazināšanu,
- ēku līmeņa apkures sistēmu modernizāciju,
- siltumsūkņu integrāciju,
- decentralizētu siltumavotu pieslēgšanu,
- siltumenerģijas uzkrāšanas ieviešanu,
- digitalizāciju un viedu sistēmu vadību.

Padeves un atgaitas temperatūru samazināšana CSA tīklos ir pamatnosacījums, lai nodrošinātu zema potenciāla siltumavotu izmantošanu, jo tā samazina sadales zudumus un paplašina izmantojamo enerģijas ievadu diapazonu. ZTS (4. paaudzes CSA) ir īpaši projektēti darbībai zem 70 °C, tādējādi būtiski uzlabojot sistēmas efektivitāti un atvieglot atjaunīgo energoresursu un atlikumsiltuma integrāciju [30]. Temperatūras samazināšanas nozīme tika uzsvērtā arī darbnīcas diskusijās (A3.1. DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS, DARBNĪCAS ATZIŅAS).

Vienlaikus nepieciešamas ēku pielāgošana, tostarp energoefektivitātes uzlabojumi un ZTS risinājumu ieviešana, piemēram, grīdas apkure vai atbilstoši dimensionēti radiatoru. Siltumsūkņu integrācija ir būtiska, lai paaugstinātu zemas temperatūras siltumu līdz izmantojamam līmenim, jo īpaši, izmantojot tādus avotus kā notekūdeņi, datu centri un rūpnieciskie procesi. Zinātniskie pētījumi apstiprina, ka siltumsūkņu kombinācija ar ēku līmeņa uzlabojumiem ļauj panākt lielāko temperatūru samazināšanu visā sistēmā un efektīvāku atlikumsiltuma izmantošanu.

Turklāt tehnisko risinājumu attīstība decentralizētu un izkliedētu siltumavotu pieslēgšanai atbalsta pašražotāji balstītu sistēmu un apritīgu siltuma plūsmu veidošanos. Tas saskan ar darbnīcas secinājumiem, kuros uzsvērtā nepieciešamība pēc elastīgām un savstarpēji savienotām sistēmām, nevis paļaušanās uz vienu tehnoloģiju (A3.1. DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS, LABAS PRAKSES PIEMĒRI).

Siltumenerģijas uzkrāšanas risinājumiem, tostarp īstermiņa un sezonālai uzkrāšanai, ir kritiska loma piedāvājuma un pieprasījuma līdzsvarošanā, īpaši integrējot mainīgus vai periodiskus siltumavotus. Papildus tam digitalizācija un viedās vadības sistēmas nodrošina temperatūras režīmu, slodžu sadales un sistēmas efektivitātes reāllaika optimizāciju. Gan darbnīcas diskusijās, gan zinātniskajā literatūrā uzsvērts, ka uzkrāšanas un digitalizācijas kombinēšana būtiski uzlabo sistēmas elastību un zema potenciāla siltuma izmantošanu (A3.1. DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS, DARBNĪCAS ATZIŅAS).

Atlikumsiltuma integrācija ir īpaši nozīmīga, jo tas ir tehnoloģiski nobriedis un nepietiekami izmantots resurss ar būtisku potenciālu emisiju samazināšanai un sistēmas noturības uzlabošanai. Darbnīcas rezultāti uzsvēra šādu resursu kartēšanas un izmantošanas nozīmīgumu, ko arī spēcīgi atbalsta jaunākie pētījumi par atlikumsiltuma atgūšanu un izmantošanu CSA sistēmās.

Paralēli tehniskajiem pasākumiem ir nepieciešams atbalstošs politikas ietvars, kas atvieglo ieviešanu. Galvenie politikas ieteikumi ietver:

- regulējuma ietvaru pielāgošanu zemu temperatūru ieviešanas atbalstam,
- mērķētu ekonomisko stimulu ieviešanu,
- integrētās enerģētikas plānošanas stiprināšanu,
- datu pieejamības uzlabošanu un siltuma kartēšanu,
- tehnisko standartu un vadlīniju izstrādi,
- institucionālās kapacitātes palielināšanu un iesaistīto pušu sadarbības stiprināšanu.

Regulējuma pielāgošanai jābūt vērstai uz zemu temperatūru režīmu iespējošanu un izkliešanu, zema potenciāla siltumavotu integrācijas vienkāršošanu esošajos tīklos. Kā identificēts darbnīcā, viens no galvenajiem šķēršļiem ir ZTS ieviešanas agrīnā stadija un ierobežota privātā sektora iesaiste (A3.1. DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS, IEINTERESĒTO PUŠU ATZIŅAS). Šis izaicinājums ir atspoguļots arī literatūrā, kur regulējuma un tirgus barjeras izceltas kā būtiski šķēršļi plašākai ieviešanai.

Ekonomiskie instrumenti, piemēram, investīciju atbalsta shēmas un risku dalīšanas mehānismi, ir būtiski, lai samazinātu sākotnējās izmaksas un paātrinātu inovatīvo tehnoloģiju ieviešanu. Integrēta enerģētikas plānošana pašvaldību līmenī ir īpaši svarīga, lai nodrošinātu saskaņotību starp pilsētattīstību un CSA infrastruktūru. Tas ietver siltuma pieprasījuma un pieejamo atlikumsiltuma avotu telpisko koordināciju, kas darbnīcā tika uzsvērtā kā kritisks faktors (A3.1. DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS, DARBNĪCAS ATZIŅAS).

Datu pieejamības uzlabošana, tostarp sistemātiska atlikumsiltuma potenciāla kartēšana, ir būtiska informētai lēmumu pieņemšanai un ilgtermiņa plānošanai. Papildus tam tehnisko standartu un vadlīniju izstrāde var atbalstīt risinājumu harmonizāciju un mērogošanu, savukārt pastiprināta sadarbība starp pašvaldībām, rūpniecību un pētniecības institūcijām veicina zināšanu pārnēsi un inovācijas.

Praktiskās īstenošanas atbalstam ieteicama pakāpeniska pieeja. Tā ietver (1) esošo sistēmu tehnisko novērtējumu, (2) atlikumsiltuma potenciāla kartēšanu, (3) iesaistīto pušu iesaisti un sadarbības modeļu identificēšanu, (4) pilotprojektu izstrādi un (5) pakāpenisku infrastruktūras modernizāciju un sistēmu integrāciju. Modelēšanas un scenārijos balstītas plānošanas nozīme šo soļu atbalstam tika uzsvērtā darbnīcā (A3.1. DARBNĪCAS KOPSAVILKUMA ZIŅOJUMS, DARBNĪCAS ATZIŅAS), un tā ir plaši atzīta arī literatūrā kā būtisks lēmumu atbalsta rīks.

Kopumā pāreja uz ZTS sistēmām jāuztver kā sistēmiska transformācija, kas apvieno tehnoloģiskās inovācijas, politikas atbalstu un starpnozaru sadarbību, tādējādi atbalstot aprites ekonomikas principu īstenošanu un efektīvāku energoresursu izmantošanu.

Partneru teritorijās identificētie piemēri un starptautiskās labās prakses, kas apspriestas nodaļā "Labās prakses un politikas analīze", skaidri demonstrē, ka atlikumsiltuma izmantošana ir cieši saistīta ar ZTS attīstību un zemas kvalitātes enerģijas avotu integrāciju.

Piemēram, Somijā (A1) datu centra atlikumsiltuma temperatūra tiek paaugstināta, izmantojot liela mēroga siltumsūkņus, lai to integrētu CSA tīklā, ilustrējot temperatūras samazināšanas un tehnoloģiskās pielāgošanas nozīmi. Līdzīga pieeja novērojama Latvijā (A8), kur sadarbība starp datu centru un CSA operatoru nodrošina zemas temperatūras atlikumsiltuma izmantošanu, izceļot tirgus virzītu iniciatīvu lomu.

Pretstatā tam, tādi piemēri kā Polija (A3) un Slovēnija (A9) parāda, ka gadījumos, kad atlikumsiltuma temperatūra ir augstāka, integrācija CSA sistēmās kļūst tehniski vienkāršāka un efektīvāka, jo nepieciešama mazāka temperatūras paaugstināšana un mazāk jāmodificē sistēma. Savukārt tādi gadījumi kā Beļģija (A7) un Grieķija (A4) parāda, ka pat labvēlīgos tehniskos apstākļos regulējuma sarežģītība, finanšu šķēršļi un infrastruktūras ierobežojumi var būtiski kavēt īstenošanu.

Lietuvas (A2) piemērs uzsver sistemātiskas plānošanas, tostarp siltuma kartēšanas un politikas ietvaru, nozīmi kā priekšnosacījumu atlikumsiltuma integrācijas mērogošanai nacionālā līmenī.

Kopumā šie piemēri uzsver, ka sekmīga atlikumsiltuma integrācija ir atkarīga no temperatūras līmeņu, tehnoloģisko risinājumu, infrastruktūras pieejamības un atbalstošu politikas un regulējuma nosacījumu kombinācijas.

8. Ieteikumi sinerģijām un piemērotākajiem sektoriem

Termodinamikā siltums nav vielas īpašība, bet gan enerģijas pārnese veids, kas rodas temperatūras starpības dēļ. Praktiskajās energosistēmās tas nozīmē, ka siltuma izmantojamība ir atkarīga ne tikai no tā daudzuma, bet arī no tā kvalitātes, t. i., ekserģijas – jo augstāks ir temperatūras līmenis un jo labāk tas atbilst nepieciešamajai patēriņa temperatūrai un lielāks potenciāls izmantošanai. Šo iemeslu dēļ atlikumsiltuma integrācija bieži ir tehniski un organizatoriski sarežģītāka nekā siltuma ražošana tieši CSA vajadzībām. Galvenie šķēršļi:

- atlikumsiltums nevar kalpot kā vienīgais siltuma avots, jo ir jāpaaugstina temperatūra, lai tā atbilstu CSA prasībām;
- plūsmas un jaudas mainīgums laikā (diennakts, nedēļas, sezonālās svārstības);
- ģeogrāfiska neatbilstība (avots atrodas tālu no CSA tīkla vai siltuma patērētāja);
- pieslēguma un integrācijas izmaksas;
- datu un atbildības sadalījums starp iesaistītajām pusēm.

Atlikumsiltuma izmantošana jāvērtē daudznozaru sinerģiju kontekstā – saskaņojot siltuma avotu, siltuma patērētāju un infrastruktūru vienotā integrētā sistēmā.

1. princips: sistēmiska plānošana

Šī pieeja ir cieši saistīta ar aprites ekonomiku, kur enerģētikas pamatprincips ir enerģijas kaskadēšana. Augstākas temperatūras siltuma izmantošana augstākas temperatūras pieprasījumam ir primārais risinājums, pēc tam atlikušā siltuma izmantošana zemākas temperatūras vajadzībām kā sekundārais risinājums, tādējādi pēc iespējas samazinot primārās enerģijas patēriņu un CO₂ emisijas. Pirms integrācijas ir svarīgi izprast katra potenciālā avota stabilitāti, sezonalitāti un riskus.

2. princips: iesaistīto pušu koordinācija

Ar tehnoloģiskajiem aspektiem vien nepietiek, lai nodrošinātu sekmīgu projekta īstenošanu. Kopīga vīzija un uzticēšanās starp projekta dalībniekiem ir kritiski nozīmīga sinerģiju izveidē un uzturēšanā. To var atbalstīt vairāki pasākumi:

- ilgtermiņa līgumi (10–20 gadi), kas nodrošina stabilu sadarbību starp siltumavota īpašnieku un CSA operatoriem. Šādi līgumi nodrošina paredzamību, kas nepieciešama investīciju lēmumiem, un samazina investīciju risku abām pusēm;
- “komplementāra” siltumapgādes modeļa izmantošana, kur atlikumsiltums sedz bāzes slodzi, bet CSA saražotais siltums sedz atlikušo siltuma pieprasījumu (pīķa un rezerves slodzes). Tas ļauj elastīgi pārvaldīt svārstības un garantē uzticamu siltumapgādi;
- neitrāla koordinatora piesaiste, t. i., neatkarīgs projekta vadītājs, kas atrodas “virs” partneriem, atbalsta juridisko un finanšu jautājumu risināšanu un veicina saskaņošanu starp iesaistītajām pusēm.

3. princips: caurspīdīgi biznesa modeļi

Lai projekts būtu dzīvotspējīgs, tam jābūt izdevīgam visām iesaistītajām pusēm. To var panākt ar:

- skaidriem cenu noteikšanas principiem, kas nodrošina paredzamu un atbilstošu atlikumsiltuma cenu. Cenai jābūt zemākai nekā fosilajiem resursiem. Vienlaikus tai jābūt pietiekamai, lai motivētu atlikumsiltuma piegādi un segtu attiecīgās izmaksas.
- Inovatīviem biznesa modeļiem, piemēram, energopakalpojumu uzņēmumu (ESCO) iesaistei vai energokooperatīvu izveidei.

Reāli nozaru sinerģiju piemēri visuzskatāmāk ir redzami tur, kur pastāv attīstīts CSA tīkls un ir izveidots tirgus atlikumsiltuma piegādātājiem. Kā jau minēts, ir pieci sektori, kuros bieži identificējami būtiski atlikumsiltuma avoti: (1) datu centri un digitālā infrastruktūra, (2) rūpniecība, (3) notekūdeņu attīrīšana, (4) komercsektors, (5) enerģētikas nozare. Katrai nozarei ir atšķirīgas stiprās un vājās puses atlikumsiltuma kontekstā, un tieši šo atšķirību kombinācija nosaka sinerģiju potenciālu. Vairāki sekmīgi sinerģiju piemēri ir sniegti nodaļā "Nozaru un teritoriālās specifikas". Papildu piemēri ir sniegti turpmāk.

Stokholma ir viens no veiksmīgākiem gadījumiem, kur vienlaikus vienas pilsētsistēmas ietvaros tiek integrēti vairāku nozaru atlikumsiltuma avoti [31]. "*Stockholm Exergy*" "*Open District Heating*" koncepcija tieši ļauj datu centriem un citiem pilsētvides avotiem pārdot atlikumsiltumu CSA tīklā, tādējādi sasaistot digitālo sektoru ar siltumapgādes infrastruktūru un patērētājiem vienā ķēdē [32]. Vienlaikus Stokholma sniedz industrializētu piemēru tam, kā notekūdeņu attīrīšanas sektors kļūst par stabilu siltuma avotu [33]. *Hammarby* siltumsūkņu stacija izmanto attīrītus notekūdeņus kā zemas temperatūras siltuma avotu un, izmantojot siltumsūkņus, to pārveido par CSA siltumu, kas palīdz izlīdzināt sezonālo pieprasījumu un uzlabo kopējo sistēmas ilgtspēju [34]. Vēl viens sinerģijas piemērs ir Odense Dānijā, kur datu centra atlikumsiltums tiek integrēts CSA, izmantojot liela mēroga siltumsūkņus [35]. "*Meta*" (iepriekš "*Facebook*") datu centra gadījumā atlikumsiltums tiek uztverts datu centra dzesēšanas kontūrā un pa cauruļvadu nogādāts uz siltumsūkni, kur temperatūra tiek paaugstināta līdz CSA prasībām; rezultātā sistēma nodrošina siltumu tūkstošiem māsaimniecību [36], [37]. Komercsektorā sinerģiju ar CSA visbiežāk īsteno, izmantojot lielveikalu aukstuma sistēmas, kur dzesēšana rada lielu, koncentrētu siltuma atdošanas plūsmu [38]. Enerģētikas nozarē īpaši interesanta ir sektoru sasaistes pieeja, kur atlikumsiltums rodas elektroenerģijas sadales infrastruktūrā un tiek izmantots CSA vajadzībām [39]. Apvienotās Karalistes projektā šī ideja tiek īstenota, pieslēdzot apakšstaciju tuvumā esošam siltumtīklam un izmantojot transformatora siltumu ūdens priekšsildīšanai, tādējādi uzlabojot veiktspēju un samazinot elektroenerģijas patēriņu siltuma ražošanai [40].

Secinājumi

Dokuments sniedz izstrādātas vadlīnijas atlikumsiltuma izmantošanai CSA/CAA, lai veicinātu pāreju uz aprites ekonomikas principiem enerģētikas nozarē. Dokumentā sniegti pierādījumos balstīti ieteikumi. Galvenā mērķauditorija ietver politikas veidotājus, kā arī pašvaldības, pilsētplānotājus, atlikumsiltuma avotu īpašniekus, CSA un CAA uzņēmumus un saistītās organizācijas.

Atlikumsiltums ir būtisks, taču lielā mērā nepietiekami izmantots resurss. Tā integrācija siltumapgādes tīklos var būtiski samazināt primārās enerģijas patēriņu un CO₂ emisijas. Galvenie šķēršļi, kas kavē šī resursa izmantošanu, ietver:

- augstas sākotnējās investīcijas infrastruktūrā;
- zemu temperatūru avotu (piemēram, datu centru) integrācijas tehniskā sarežģītība;
- neskaidru tiesisko ietvaru un skaidras atlikumsiltuma definīcijas trūkumu;
- nepietiekamu sadarbību starp atlikumsiltuma avotu īpašniekiem un siltumtīklu operatoriem.

Ir identificēti vairāki savstarpēji saistīti virzītājspēki, kas palīdz pārvarēt šos šķēršļus un nodrošina aprites ekonomikas principu ieviešanu CSA/CAA:

- politikas un regulējuma spiediens, kas nosaka SEG samazināšanas mērķrādītājus;
- pētniecība un tehnoloģiskā attīstība, kas rada tehniskos priekšnosacījumus zemas temperatūras avotu integrācijai;
- nacionālās un vietējās iniciatīvas, kā arī rūpnieciskā simbioze, kas veicina iesaistīto pušu sadarbību un atbalstošas uzņēmējdarbības vides attīstību.

Šie virzītājspēki tiek pārvērsti nacionālos un vietējos politikas instrumentos. Esošos labās prakses piemērus atlikumsiltuma ieviešanas veicināšanai var grupēt vairākās galvenajās kategorijās:

- skaidras definīcijas un standarti, tostarp pasākumi juridiski saistoša ietvara izstrādei;
- infrastruktūras un tirgus attīstība, tostarp atbalsts tīklu modernizācijai, standartizētu līgumu ieviešana un siltumkopienų juridiska atzīšana;
- finansiālie stimuli, kas ietver ne tikai tiešu finansiālu atbalstu, bet arī nodokļu politikas pārskatīšanu un grantu un zemu procentu aizdevumu ieviešanu;
- saistoši mērķrādītāji un pienākumi, t. i., mehānismu kopums, kas ar obligātām prasībām ierobežo atlikumsiltuma neizmantošanu.

Dokuments sniedz dažādus reālās prakses piemērus atlikumsiltuma izmantošanai *Green4HEAT* partneru teritorijās un ārpus tām. Balstoties apskatīto piemēru rezultātos:

- izstrādāta DKLA metode labās prakses piemēru novērtēšanai, kas palīdz izprast katra atsevišķa gadījuma stiprās un vājās puses, kā arī projekta īstenošanas potenciālu un šķēršļus;
- analizētas nozaru un teritoriju specifikas, identificējot perspektīvākos atlikumsiltuma avotus (rūpniecības nozare, datu centri un digitālā infrastruktūra, notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, komercsektors un enerģētikas nozare);
- veikta piemērojāmības analīze un identificētas iespējas labās prakses piemēru pārnesei;
- demonstrēta nepieciešamība pārejai uz ZTS un izstrādāti ieteikumi pārejas veicināšanai.

Dokumenta noslēgumā definēti trīs galvenie sinerģijas principi sekmīgai atlikumsiltuma izmantošanai centralizētajā siltumapgādē un centralizētajā aukstumapgādē, kas veicinās pāreju uz aprites ekonomikas principiem enerģētikas nozarē:

- sistēmiska plānošana, kas ietver enerģijas kaskādes principa izmantošanu;
- iesaistīto pušu koordinācija, kas ietver ilgtermiņa līgumu slēgšanu, “komplementārā” modeļa izmantošanu siltuma slodzes segšanai un neitrālu koordinatoru piesaisti;

- caurspīdīgi biznesa modeļi, t. i., skaidra cenu veidošana un inovatīvu modeļu (*ESCO*, energokooperatīvi) izmantošana.

Literatūras avoti

- [1] M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. M. P. Bocken, and E. J. Hultink, 'The Circular Economy – A new sustainability paradigm?', *Journal of Cleaner Production*, vol. 143, pp. 757–768, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
- [2] 'A new Circular Economy Action Plan', 2020.
- [3] L. Dowling, W. Eichhammer, A. Federici, and B. Fitzgerald, 'Energy Efficiency 2022', *Energy Efficiency*, 2022.
- [4] M. R. Chertow, 'INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy', *Annu. Rev. Energy. Environ.*, vol. 25, no. 1, pp. 313–337, Nov. 2000, doi: 10.1146/annurev.energy.25.1.313.
- [5] I. Pakere, D. Blumberga, A. Volkova, K. Lepiksaar, and A. Zirne, 'Valorisation of Waste Heat in Existing and Future District Heating Systems', *Energies*, vol. 16, no. 19, p. 6796, Sep. 2023, doi: 10.3390/en16196796.
- [6] I. Pakere, K. Goncarovs, A. Grāvelsiņš, and M. A. Zirne, 'Dynamic Modelling of Data Center Waste Heat Potential Integration in District Heating in Latvia', *Energies*, vol. 17, no. 2, p. 445, Jan. 2024, doi: 10.3390/en17020445.
- [7] J. Ziemele and E. Dace, 'An analytical framework for assessing the integration of the waste heat into a district heating system: Case of the city of Riga', *Energy*, vol. 254, p. 124285, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124285.
- [8] 'Industrial surplus heat to district heating: When public and private actors collaborate'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.interregeurope.eu/good-practices/industrial-surplus-heat-to-district-heating-when-public-private-actors-collaborate>
- [9] 'Inside the world's largest low-temperature district heating system'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.enlit.world/library/inside-the-world-s-largest-low-temperature-district-heating-system>
- [10] 'Case study: Sustainable heating from unlikely sources'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://greenmunicipalfund.ca/case-studies/case-study-sustainable-heating-unlikely-sources>
- [11] 'Latest news on the European district heating and cooling market - Euroheat & Power'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://prod.euroheat.org/news/latest-news-on-the-european-district-heating-and-cooling-market>
- [12] C. Livemore, 'Case Study: How Finland is turning excess heat from Data-Centres into Neighbourhood Heating Programmes (and what the UK's urban landscapes can learn)', *sustainablecities*. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.creatingustainablecities.org.uk/post/case-study-how-finland-is-turning-excess-heat-from-data-centres-into-neighbourhood-heating-programm>
- [13] electronic I. S. Book (eISB), 'electronic Irish Statute Book (eISB)'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.irishstatutebook.ie/eli/2022/si/534/made/en>
- [14] 'Flemish government once again refuses project subsidy of over 8 million euros for expansion of heat networks in the South Antwerp region', 2025. [Online]. Available: <https://www.depijpuit.be/post/vlaamse-regering-weigert-andermaal-projectsubsidie-van-ruim-8-miljoen-euro-voor-uitbreiding-warmtene>
- [15] 'Antwerp North Heat Network kicks off with first carbon-free heat delivery to Boortmalt', 2024. [Online]. Available: <https://newsroom.portofantwerpbruges.com/en/press-releases/antwerp-north-heat-network-kicks-off-with-first-carbon-free-heat-delivery-to-boortmalt>
- [16] 'TOPSIS_AHP_ENG_2302.xlsx', Google Docs. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1GqalKS2RG37cqmxIIOSQmmLmMV7atfjJ/edit?usp=sharing&oid=101788731670234280847&rtpof=true&sd=true&usp=embed_facebook
- [17] H. Saadaoui, 'Industrial waste heat and waste heat recovery systems'. [Online]. Available: <https://haemers-technologies.com/industrial-waste-heat-recovery-systems/>
- [18] 'Low Temperature Waste Heat Recovery Method And Its Applicability'. 2025. [Online]. Available: <https://www.vrcoolertech.com/news/low-temperature-waste-heat-recovery-method-and-85053751.html>
- [19] 'Technology overview for waste heat utilisation from data centres', 2024. [Online]. Available: https://www.bytes2heat.com/static/files/20240621_B2H_BPO_Technology.pdf
- [20] 'Heat Recovery from Wastewater Treatment - The Best Practices'. 2017. [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=14864>

- [21] 'Sewage heat recovery: wastewater as a circular heat source for sustainable cities | Dutch Water Sector'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.dutchwatersector.com/news/sewage-heat-recovery-wastewater-as-a-circular-heat-source-for-sustainable-cities>
- [22] 'Commercial Kitchen Ventilation: An Energy Efficiency Perspective!'. [Online]. Available: <https://www.ashraemanitoba.ca/wp-content/uploads/4.-EE-in-CKV.pdf>
- [23] 'Supermarkets turned into heat suppliers'. 2020. [Online]. Available: <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/case-stories/cf/danish-supermarkets-turned-into-heat-suppliers/>
- [24] T. Ek, 'PV powered cascade heat pump installed in the Østerby district - COOL DH'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.cooldh.eu/district-heating/pv-powered-cascade-heat-pump-installed-in-the-osterby-district/>
- [25] Zhengbo Xu, 'Evaluation of the Effects on Electrical Losses and Thermal Ageing of Transformer Heat Recovery', 2024.
- [26] F. Kayali, 'Integrating Waste Heat from Hydrogen Production into District Heating', 2023.
- [27] 'Utilitas Electrolyser - Case Study - Stargate Hydrogen'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://stargatehydrogen.com/blog/utilitas-case-study/>
- [28] 'Zittau pilot plant uses waste heat from electrolysis'. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://www.bayern-innovativ.de/en/emagazine/detail/zittau-pilot-plant-uses-waste-heat-from-electrolysis>
- [29] D. Schmidt *et al.*, 'Successful implementation of low temperature district heating case studies', *Energy Reports*, vol. 7, pp. 483–490, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.08.079.
- [30] J. Stock, T. Schmidt, A. Xhonneux, and D. Müller, 'Optimisation of district heating transformation for the efficient integration of a low-temperature heat source', *Energy*, vol. 308, p. 132461, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.energy.2024.132461.
- [31] 'Heat recovery'. [Online]. Available: <https://www.stockholmexergi.se/en/heat-recovery/>
- [32] J. Jerez Monsalves, C. Bergaentzlé, and D. Keles, 'Waste-heat recovery utilisation for district heating systems under diverse pricing schemes: A bi-level modelling approach', *Applied Energy*, vol. 375, p. 124032, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2024.124032.
- [33] 'Stockholm Innovates District Heating with New Solutions and Renewable Sources'. [Online]. Available: <https://smarcitysweden.com/best-practice/401/stockholms-innovations-in-district-heating-cooling/>
- [34] F. Golzar and S. Silveira, 'Impact of wastewater heat recovery in buildings on the performance of centralized energy recovery – A case study of Stockholm', *Applied Energy*, vol. 297, p. 117141, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.117141.
- [35] X. Yuan *et al.*, 'Data center waste heat for district heating networks: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 219, p. 115863, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.rser.2025.115863.
- [36] 'Meta: surplus heat to district heating'. 2019. [Online]. Available: <https://www.ramboll.com/projects/energy/meta-surplus-heat-to-district-heating>
- [37] 'Harnessing waste heat from Data Centres: A realistic opportunity for Greece's energy transition'. 2026. [Online]. Available: <https://enainstitute.org/en/publication/harnessing-waste-heat-from-data-centres-a-realistic-opportunity-for-greeces-energy-transition/>
- [38] S. Thanasoulas, 'Investigation of heat recovery in CO2 refrigeration cycles for supermarkets: A mechanism for determining optimal discharge pressure', *Applied Thermal Engineering*, vol. 274, p. 126728, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2025.126728.
- [39] H. Lagoeiro, G. Davies, C. Marques, and G. Maidment, 'Heat recovery opportunities from electrical substation transformers', *Energy Reports*, vol. 10, pp. 2931–2943, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.09.074.
- [40] 'Industry collaboration to turn power grid transformers into heat network "boilers" that can save millions of tonnes of CO2'. 2021. [Online]. Available: <https://www.sseenergysolutions.co.uk/news-and-insights/sse-and-national-grid-pilot-project-to-use-electricity-transformers-to-heat-homes>