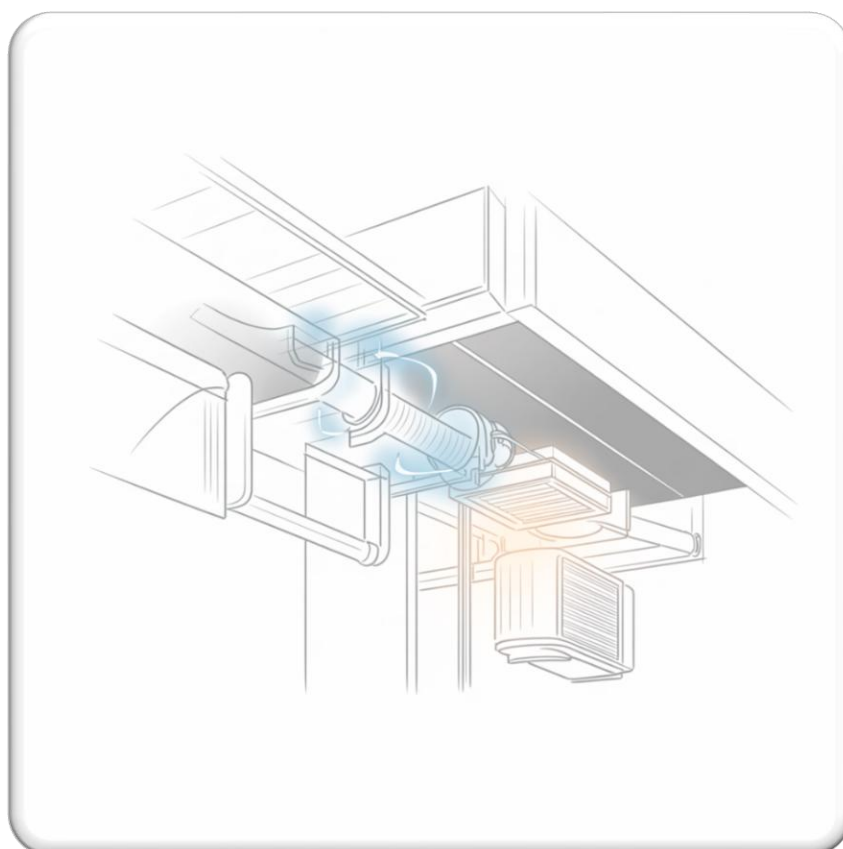


Vadlīnijas ilgtspējīgu ventilācijas sistēmu finansēšanas risinājumiem ēku energoefektivitātes veicināšanai



Rīga

2026

Vadlīnijas izstrādātas Eiropas Savienības pētniecības un inovāciju atbalsta programmas "Apvārsnis 2020" līguma Nr. 101080029 projektā "CBDC powered Smart PerFORrmance contractTs for Efficiency, Sustainable, Inclusive, Energy use" ietvaros

Saturs

Saīsinājumu un terminu skaidrojums.....	3
Kopsavilkums	7
Ievads.....	11
1. ESOŠĀ SITUĀCIJA	12
1.1. Esošās situācijas novērtējums Latvijā.....	12
1.2. Esošās situācijas novērtējums Polijā.....	14
1.3. Esošās situācijas novērtējums Grieķijā	17
1.4. Tehniskie risinājumi un to izmantošana	20
1.4.1. Centralizētā sistēma	20
1.4.2. Decentralizēta sistēma	21
2. PRAKTISKIE VENTILĀCIJAS SISTĒMU RISINĀJUMI.....	22
2.1. Normatīvais ietvars un tehniskās prasības ventilācijas sistēmai.....	22
2.2. Ventilācijas sistēmu projektēšanas prasības.....	23
2.3. Tehniskie risinājumi un labās prakses piemēri.....	25
2.4. Šķēršļi ilgtspējīgu ventilācijas risinājumu piemērošanā	28
2.4.1. Finansiālie un ekonomiskie šķēršļi	28
2.4.2. Tehniskie un infrastruktūras šķēršļi.....	29
2.4.3. Kompetences un zināšanu trūkums	30
2.4.4. Normatīvie un administratīvie šķēršļi.....	31
2.5. MESH pilotprojekts un tehniskie risinājumi decentralizētās ventilācijas sistēmas ierīkošanai.....	34
3. PIEJAMIE ATBALSTA PASĀKUMI LATVIJĀ	41
3.1. Finanšu instrumenti.....	41
3.2. Energoefektivitātes pakalpojumi (ESKO).....	47
3.3. Ventilāciju sistēmu ieviešanas ekonomiskais pamatojums.....	49
4. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS	53
4.1. Secinājumi.....	53
4.2. Rekomendācijas.....	54
Pielikums.....	57

Saīsinājumu un terminu skaidrojums

Saīsinājumi

AHU	Gaisa apstrādes iekārta
BMS	Integrētā ēku pārvaldības sistēma
CAV	Konstanta gaisa plūsma
CO₂	Oglekļa dioksīds jeb ogļskābā gāze
DCV	Viedā pieprasījuma kontrolētā ventilācija
EAHE	Zemes-gaisa siltummainis
EED	Energoefektivitātes direktīva ES/2023/1791 ¹
EK	Eiropas Komisija
EKII	Emisijas kvotu izolēšanas instruments
ELENA	ES Eiropas vietējā enerģijas palīdzības instruments
EMS	Integrētā enerģijas pārvaldības sistēma
EPBD	Ēku energoefektivitātes direktīva ES/2024/1275 ²
EPC	Energoefektivitātes līgums
ES	Eiropas Savienība
ESKO	Energoefektivitātes pakalpojuma sniedzējs
GOS	Gaistošs organiskais savienojums
GOP-CCO₂	Gaisa kvalitātes monitoringa sistēma, kura tika attīstīta FORTESIE projekta ietvaros
HVAC	Apkure, ventilācija un gaisa kondicionēšana
HRV	Siltuma atgūšanas ventilācija
HRV/ERV	Siltuma atgūšanas ventilācija
IoT	Lietu internets
LPB	Ēka ar ļoti zemu piesārņojumu
MV	Mehāniskā ventilācija

¹ Saite: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>

² Saite: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401275

M&V	Mērījumi un verifikācija
NEKP	Aktualizētais Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021.-2030.gadam ³
NV	Dabiskā ventilācija
NPV	Neto pašreizējā vērtība
NZEB	Gandrīz nulles enerģijas patēriņa ēka
PN-83	Minimālo gaisa plūsmu standarts Polijā
REPowerEU	ES Atveseļošanas un noturības mehānisms
SEG	Siltumnīcefekta gāze
VAV	Mainīgas gaisa plūsmas sistēma

³ Saite: <https://likumi.lv/ta/id/353615-aktualizetais-nacionalais-energetikas-un-klimata-plans-20212030gadam>

Terminu definīcijas un skaidrojumi

EN 16516	Standarts EN 16516 nosaka horizontālo atsaucis metodi reglamentēto bīstamo vielu emisiju noteikšanai no būvizstrādājumiem iekštelpu gaisā ⁴ .
"Gatavi mērķrādītājam 55 %"	ES pakotne "Gatavi mērķrādītājam 55 %" (<i>"Fit for 55"</i>) - zināms arī kā "ES zaļās pārkārtošanās plāns" ir ES priekšlikumu kopums ES tiesību aktu pārskatīšanai un atjaunināšanai, kas iekļauj arī līdz 2030. gadam samazināt SEG neto emisijas par 55%. Šo pakotni 2021. gada jūlijā ierosināja Eiropas Komisija. Pasākumi ietver papildu atbalstu un regulējumus energoefektivitātei, atjaunīgai enerģijai, CO ₂ emisiju standartiem vieglajiem automobiļiem un furgoniem u.c., kā arī visaptverošu izmaiņu kopuma ieviešanu pašreizējā ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmā (ES ETS). EK ierosinājusi paplašināt emisijas kvotu tirdzniecības sistēmu, iekļaujot tajā transportu un siltumu ⁵ .
FORTESIE projekts	ES pētniecības un inovāciju atbalsta programmas „Apvārsnis 2020” līguma Nr. 101080029 projekta <i>"CBDC powered Smart PerFORrmance contracTs for Efficiency, Sustainable, Inclusive, Energy use"</i> ⁶ .
HVAC	Attiecas uz savstarpēji savienotām sistēmām, kas regulē iekštelpu temperatūru, mitrumu un gaisa kvalitāti dzīvojamās, komerciālās un rūpnieciskās ēkās. Sistēmas nodrošina termisko komfortu, sildot, dzesējot, filtrējot un cirkulējot gaisu.
ESKO	Uzņēmējdarbības veids (<i>ESCO – Energy Service Company</i>), kas sniedz plašu ar enerģētikas sektoru saistītu pakalpojumu klāstu. ESKO ietvaros uz līguma pamata tiek īstenoti energoefektivitātes, enerģijas piegādes un citi ar enerģijas racionālu izmantošanu saistīti pasākumi dažādās nozarēs (piemēram, rūpniecībā, lauksaimniecībā, ēkās).
ISO 16000-3	Starptautiskais standarts, kas nosaka aktīvu paraugu ņemšanas un analīzes metodi formaldehīda un citu karbonilsavienojumu (aldehīdu un ketonu) noteikšanai iekštelpu gaisā. Tas izmanto 2,4-dinitrofenilhidrazīna (DNPH) kasetnes un augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfiju (HPLC) koncentrācijām no 1 μg/m ³ līdz mg/m ³ .
LBN 231-15	Latvijas būvnormatīvs "Dzīvojamo un publisko ēku apkure un ventilācija".

⁴ Saite: <https://www.laboratuar.com/lv/testler/malzeme-testleri/en-16516-yapi-urunleri--tehlikli-maddelerin-saliniminin-degerlendirilmesi---ic-mekan-havasina-emisyonlarin-belirlenmesi-icin-test/>

⁵ Saite: <https://www.consilium.europa.eu/lv/policies/fit-for-55/>

⁶ Saite: <https://fortesie.eu/>

LIFE	LIFE programma ir Eiropas Komisijas finanšu instruments vides un klimata jomā, kur viena no apakšprogrammām ir Tīras enerģijas pārejas programma.
LVS EN 16798-1:2021	Standarts, kas nosaka iekštelpu klimata un ventilācijas pamatnosacījumus.
LVS EN ISO 7730	Standarts "Siltuma vides ergonomika". Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus ⁷ .
LVS EN 15780	Standarts "Ēku ventilācija. Gaisvadi. Ventilācijas sistēmu tīrība" ⁸ .

⁷Saite:

<https://energoauditors.com/likumdosana/#:~:text=LVS%20EN%20ISO%206946%20%E2%80%9CB%5%ABvdeta%C4%BCas,ISO%207730%20%E2%80%9CSiltuma%20vides%20ergonomika>

⁸ Saite: <https://www.lvs.lv/products/167127>

Kopsavilkums

Mērķis

Vadlīniju izstrāde ir veikta Eiropas Savienības (turpmāk – ES) pētniecības un inovāciju atbalsta programmas “Apvārsnis 2020” līguma Nr. 101080029 projekta “*CBDC powered Smart PerFORrmance conTracts for Efficiency, Sustainable, Inclusive, Energy use*” (saīsinājums – FORTESIE) (turpmāk – FORTESIE projekts) ietvaros, lai nodrošinātu Klimata un enerģētikas ministrijas (turpmāk – KEM) kā projekta partnera saistīto uzdevumu izpildi.

FORTESIE projekta mērķis ir izstrādāt, demonstrēt, izvērtēt un definēt plaši atkārtojamus atjaunošanas projektus būvniecības nozarē, pielietojot uz viedu veikspēju balstītas garantijas līgumus un finansēšanas mehānismus, tādējādi sekmējot ilgtspējīgu, iekļaujošu un efektīvu enerģijas patēriņu un Eiropas Komisijas (turpmāk – EK) izstrādātā “Renovācijas viļņa” (turpmāk – Renovācijas vilnis) īstenošanu.

Vadlīniju mērķis ir sniegt praktiskus, uz pierādījumiem balstītus priekšlikumus ventilācijas sistēmu ierīkošanai publiskās ēkās Latvijā, vienlaikus integrējot energoefektivitātes un iekštelpu vides kvalitātes prasības, kā arī piedāvāt ventilācijas sistēmu projektēšanas un uzstādīšanas projektu optimālos finansēšanas modeļus.

Apraksts

Vadlīnijas uzsver ventilācijas sistēmu nozīmi ēku energoefektivitātes uzlabošanā, lai nodrošinātu normatīvo aktu prasībām atbilstošu ēku iekštelpu klimatu. Vadlīniju izstrāde ir balstīta uz analīzi, piedāvājot visaptverošus un atkārtojamus risinājumus un ieteikumus publisko ēku, īpaši skolu, bērnudārzu un biroju ēku, ventilācijas sistēmu uzlabošanā. Šie rezultāti var sniegt informatīvu atbalstu jaunu energoefektivitātes atbalsta programmu izstrādē, tostarp pasākumos, kas īpaši vērsti uz ventilācijas sistēmu atjaunošanu un uzstādīšanu. Vadlīnijas sniedz arī uz faktiem balstītu informāciju ēku īpašniekiem, veicinot apsvērtus ieguldījumus uzlabojumos un veicina sabiedrības uzticības un informētības veidošanu.

KEM ir identificējusi būtiskas nepilnības ēku atjaunošanas jomā, kas saistītas ar ventilācijas sistēmām, jo īpaši, ja ir nepieciešams atjaunot vai uzstādīt modernas ventilācijas sistēmas publiskās ēkās, piemēram, skolās, bērnudārzos un biroju ēkās. Šiem risinājumiem ir jāatbilst normatīvajiem standartiem, vienlaikus nodrošinot līdzsvarotu un rentablu pieeju, kas integrē energoefektivitāti, veselības prasības un saprātīgas atjaunošanas un uzturēšanas izmaksas.

Vadlīnijas ietver esošās situācijas izvērtējumu normatīvo regulējumu jomā, pieredzi centralizēto un decentralizēto ventilāciju sistēmu izmantošanā, ieskaitot esošos izaicinājumus, kā piemēram, ietver novecojušu infrastruktūru, pieaugošās ēku atjaunošanas izmaksas, nepieciešamību pēc izmaiņām normatīvajos aktos, ierobežotas tehniskās iespējas publiskajā sektorā projektu un tehniskās dokumentācijas sagatavošanai, piekļuvi valsts un ES finansējumam un kopumā zemu sabiedrības informētības līmeni. Vadlīnijas arī ietver labās prakses piemēru novērtējumu Latvijā un divās izvēlētajās FORTESIE projekta valstīs tādās, kā Polijā un Grieķijā.

Būtisks elements vadlīnijās ir publisko ēku ventilācijas sistēmu praktisko risinājumu tehniskā modelēšana, izmantojot dinamiskās simulācijas programmatūru IDA ICE, kas ļauj modelēt reālus ekspluatācijas apstākļus, tostarp iekšējos siltuma ieguvumus, gaisa piesārņojuma avotus, ārējā klimata ietekmi un ventilācijas radītos siltuma zudumus. Atšķirībā no statiskām metodēm, dinamiskā modelēšana nodrošina būtiski precīzāku

ventilācijas sistēmu ietekmes novērtējumu uz enerģijas patēriņu un iekštelpu mikroklimatu. Kopumā tika analizēti 24 scenāriji (skolu, biroju un bērnudārzu telpām), kas ļāva strukturēti salīdzināt dažādus ventilācijas risinājumus. Tehnisko risinājumu modelēšanā un modelēšanā balstītu secinājumu un priekšlikumu sagatavošanā tika piesaistīts Rīgas Tehniskās universitātes Ilgtspējīgo būvmateriālu un inženiersistēmu institūts.

Vadlīniju ietvaros tiek sniegta labās prakses piemēra apraksts, kas ir balstīts uz FORTESIE projekta partnera SIA "Mesh" izglītības iestādē uzstādīto decentralizēto ventilācijas iekārtu testa mērījumu rezultātiem, kas tika iegūti FORTESIE projekta pilotprojekta ietvaros. Papildus vadlīnijās tiek sniegta informācija par projektu finansēšanas modeļiem ventilāciju sistēmu atjaunošanas vai uzstādīšanas projektu finansēšanai publiskās ēkās, kā arī neto pašreizējās vērtības aprēķina vienkāršots piemērs.

Rezultātā ir apkopoti secinājumi vadlīnijās sniegtiem tematiskiem novērtējumiem un sniegtas rekomendācijas ilgtspējīgo ventilācijas sistēmu optimālākai izvēlei ēku atjaunošanas un jaunbūvju projektos, kā arī to uzturēšanai. Rekomendācijas sniedz praktiskus priekšlikumus publisko ēku apsaimniekotājiem.

Vienlaicīgi izstrādātās rekomendācijas var tikt izmantotas enerģētikas un klimata politikas izstrādē un ar klimata un enerģētikas politikas saistītu pasākumu īstenošanā, piemēram, klimata finanšu instrumentu atbalsta programmu izstrādē un ieviešanā.

Būtiskākie secinājumi

Ēku atjaunošana un mikroklimats

- Latvijā ēku energoefektivitātes projektos līdz šim galvenais uzsvars bijis uz ēku ārējo norobežojošo konstrukciju siltumnoturības uzlabošanu un enerģijas patēriņa samazināšanu, mazāk pievēršot uzmanību mikroklimatam un gaisa kvalitātei pēc ēku atjaunošanas.
- FORTESIE projekta piemēri Polijā un Grieķijā apliecina, ka ēku atjaunošanā jāvērtē ne tikai siltumnoturība, bet arī ēkas mikroklimats atbilstoši tās funkcijai (piemēram, baseini, muzeji, skolas).
- Konstrukciju siltumnoturības paaugstināšana bez mehāniskās ventilācijas nenodrošina normatīviem atbilstošu gaisa kvalitāti publiskajās ēkās ar lielu noslodzi. Energoefektivitātes pasākumi jāplāno kā komplekss risinājums, iekļaujot ventilācijas sistēmas.

Gaisa kvalitāte un cilvēka veselība

- Iekštelpu gaisa kvalitāte būtiski ietekmē veselību un kognitīvās spējas. ES valstīs pieļaujama CO₂ līmenis ir ap 1000 ppm, pārsniedzot 1500 ppm, nepieciešama tūlītēja rīcība.

Ventilācijas tehniskie risinājumi

- Ventilācijas sistēmas jāizvēlas, ņemot vērā ēkas nolietojumu (vecumu) un tehniskās iespējas, jo daudzās ēkās mehāniskā ventilācija sākotnēji nav paredzēta, kas sarežģī ēku atjaunošanu un pārbūvi.
- Mehāniskā ventilācija ar siltuma atgūšanu nodrošina gan prasībām atbilstošu gaisa kvalitāti, gan enerģijas ietaupījumu – renovētās ēkās ietaupījums var sasniegt 3–33%.

- Tehniskā analīze rāda, ka vislielākais ietaupījums sasniedzams ar pieprasījumvadītu ventilāciju un augstu rekuperācijas efektivitāti, saglabājot augstas kvalitātes mikroklimatu.
- SIA "Mesh" pilotprojekts apliecina, ka decentralizētā ventilācija ir efektīvs risinājums publiskām ēkām, īpaši gadījumos, kad ēkas sākotnējā projekta vai tās iepriekšējā atjaunošanā ventilācija nav paredzēta.
- Ventilācijas sistēmu efektivitāte ir atkarīga no pareizas uzstādīšanas, regulāras apkopes un datu monitoringa; sistēmu atslēgšana nav energoefektivitātes pasākums, jo tā nenodrošina līdzvērtīgu gaisa kvalitātes un mikroklimata sniegumu.

Atbalsta instrumenti un finansēšana

- Lai veicinātu ventilācijas sistēmu ieviešanu, nepieciešams plašāks atbalsta instrumentu klāsts, tostarp finanšu instrumenti, kas mazāk kropļo tirgu nekā tiešās subsīdijas.
- ESKO modelis var būt piemērots energoefektivitātes pasākumu finansēšanai, taču ventilācijas sistēmām tas ir mazāk pievilcīgs, jo ietaupījumi un atmaksāšanās periods nav tik prognozējami, ņemot vērā sistēmas radīto papildu enerģijas patēriņu.

Būtiskākās rekomendācijas

Ventilācijas sistēmu ieviešana un ekspluatācija

- Ēku atjaunošanas procesā vienlaicīgi ar virzību uz ēkas enerģijas patēriņa samazināšanu jāņem vērā arī ventilācijas aspekti, jo ēkas ārējo norobežojošo konstrukciju siltumnoturības paaugstināšana bez mehāniskās ventilācijas pasliktina gaisa kvalitāti, lai gan samazina patērētās enerģijas apjomu apkures vajadzībām.
- Ventilācijas sistēmās jāparedz siltuma atgūšana – rekuperācija, kas novērš apkures vajadzībām izmantotās siltumenerģijas patēriņa pieaugumu un nodrošina augstu gaisa kvalitāti.
- Jānodrošina regulāra ventilācijas sistēmu apkope: balansēšana, filtru maiņa, darbības parametru uzraudzība.
- Ieteicams izmantot CO₂ monitoringu, lai uzraudzītu gaisa kvalitāti un pielāgotu ventilācijas sistēmas darbību.
- Pieprasījumvadīta ventilācija (VAV u.c.) ļauj uzturēt labu mikroklimatu telpās un samazināt enerģijas patēriņu apkurei.

Ventilācijas prasību integrēšana atbalsta programmās

- Ēku energoefektivitātes atbalsta programmās jāiekļauj obligātas gaisa kvalitātes prasības atjaunotajās ēkās, kas izpildāmas ar ventilācijas risinājumiem, lai novērstu "atjaunošanas paradoksu" – ēku siltumnoturības uzlabošanu bez gaisa kvalitātes uzlabošanas vai pat ar tās pasliktināšanu.

Plašāks atbalsta instrumentu klāsts

- Jāizvērtē nodokļu atvieglojumi, pieejami aizdevumi pilnai ēkas renovācijai un citi finanšu instrumenti ventilācijas sistēmu ieviešanai. Jāattīsta ESKO modeļa izmantošana, kur iespējams.

ESKO modeļa paplašināšana

- ESKO līgumos ēku atjaunošanai ieteicams iekļaut ne tikai enerģijas ietaupījumus, bet arī gaisa kvalitātes nepasliktināšanas vai pat uzlabošanas prasību ēkā, paredzot ventilācijas sistēmu uzturēšanu, darbību un ekspluatācijas izmaksu optimizāciju.

- Ventilācijas sistēmām ESKO pievilcība ir zemāka, jo ietaupījumi no to ieviešanas nav tik tieši un šīs sistēmas rada papildu enerģijas patēriņu, tādēļ nepieciešami paplašināti, kompleksāki līguma modeļi.

Normatīvo prasību pilnveide

- Gaisa kvalitātes prasībām jābūt sasaistītām ar ēkas funkciju un noslodzi (piemēram, slimnīcas, skolas, biroji).
- Vienotas prasības visām ēkām var radīt pārmērīgas gaisa plūsmas, lielākas izmaksas un nevajadzīgus siltuma zudumus.
- Normatīvajos aktos jāparedz pieprasījuma vadītas ventilācijas risinājumi, jo publisko ēku noslodze būtiski mainās diennakts laikā.

Sabiedrības informēšana

- Nepieciešami sabiedrības informēšanas pasākumi par gaisa kvalitātes nozīmi veselībai un kognitīvajām spējām, lai veicinātu ventilācijas sistēmu ieviešanu.

CO₂ monitoringa ieviešana publiskajās ēkās

- Jānodrošina pastāvīgs CO₂ līmeņa monitoringa un datu caurspīdīgums, lai savlaicīgi konstatētu problēmas un uzlabotu ēku ekspluatāciju.

Pielikumā Rīgas Tehniskās universitātes Ilgtspējīgo būvmateriālu un inženiersistēmu institūta "Rekomendācijas par ilgtspējīgiem ventilācijas sistēmas kā inženiersistēmas sastāvdaļas risinājumiem ēku energoefektivitātes veicināšanai" atbilstoši Klimata un enerģētikas ministrijas iepirkuma līgumam Nr. IL/48/2025/KEM.

Ievads

Ventilācijas sistēmas ir viens no centrālajiem elementiem veselīgas iekštelpu vides nodrošināšanā, ēku energoefektivitātes paaugstināšanā un sabiedrības veselības aizsardzībā. Tās ietekmē iekštelpu gaisa kvalitāti, termisko komfortu un mitruma režīmu, kā arī ir cieši saistītas ar ēkas kopējo energobilanci. Zinātniskajā literatūrā⁹ uzsvērts, ka nepietiekama ventilācija, īpaši pēc ēku ārējo norobežojošo konstrukciju siltumnoturības uzlabošanas un citiem energoefektivitātes pasākumiem, var būtiski pasliktināt iekštelpu vides kvalitāti, pat ja tiek sasniegts enerģijas patēriņa samazinājums. Šo vadlīniju mērķis ir sniegt praktiskus, uz pierādījumiem balstītus ieteikumus ventilācijas sistēmu ierīkošanai publiskajās ēkās Latvijā, integrējot energoefektivitātes un iekštelpu vides kvalitātes prasības.

Ēku energoefektivitātes pasākumi ir būtiska ES Renovācijas viļņa sastāvdaļa, kuru stratēģiskais mērķis ir samazināt ēku energopatēriņu un ar to saistītās CO₂ emisijas. Atjaunošanas pasākumi, kas tostarp ietver fasāžu, jumtu, logu, cokola un citu norobežojošo konstrukciju siltumnoturības uzlabošanu, parasti ir vērsti uz siltumenerģijas zudumu mazināšanu, taču praksē nereti tiek nepietiekami izvērtēta to ietekme uz iekštelpu gaisa apmaiņu un mikroklīmatu. Starptautiskie pētījumi¹⁰ parāda, ka, uzlabojot ēkas hermētiskumu un samazinot nekontrolētas gaisa infiltrācijas apjomu, būtiski samazinās tā sauktā dabiskā ventilācija, kas pirms atjaunošanas daļēji kompensēja mehāniskās ventilācijas trūkumu. Ja šie aspekti netiek sistemātiski ņemti vērā, pastāv risks, ka enerģijas patēriņa samazinājums tiek sasniegts uz iekštelpu vides kvalitātes rēķina.

⁹ Saite: <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/14/2579>

¹⁰ Saite:

https://www.aivc.org/sites/default/files/Decarbonising%20Buildings_90_James%20McGrawth%20-%20Retrofitting%20and%20Ventilation%20-%20Challenges%20Benefits%20and%20Lessons%20Learnt.pdf

1. ESOŠĀ SITUĀCIJA

1.1. Esošās situācijas novērtējums Latvijā

Latvijas kontekstā ēku energoefektivitātes īstenotajos projektos līdz šim dominējošais uzsvars ir bijis uz tiešu enerģijas patēriņa samazinājumu, mazāk pievēršot uzmanību tam, kā ēku konstrukciju siltumnoturības paaugstināšanas un hermetizācijas pasākumi ietekmēs komforta līmeni pēc ēkas atjaunošanas, īpaši attiecībā uz gaisa kvalitāti un ventilācijas nodrošinājumu. Pēc norobežojošo konstrukciju siltumnoturības paaugstināšana un gaisa noplūžu samazināšanas ievērojami samazinās nekontrolētā gaisa apmaiņa caur spraugām, logiem un konstrukciju savienojumiem, kas agrāk nodrošināja vismaz minimālu gaisa apmaiņu pat ēkās bez mehāniskās ventilācijas. Tas ir loģisks energoefektivitātes pasākumu rezultāts, taču bez paralēlas ventilācijas sistēmu modernizācijas vai izbūves tas rada būtisku iekštelpu gaisa kvalitātes pasliktināšanās risku.

Praksē nereti tiek īstenoti tikai ēku siltumnoturības paaugstināšanas un hermetizācijas pasākumi, neparedzot atbilstošus ventilācijas risinājumus atjaunotajās ēkās. Šādā gadījumā pēc atjaunošanas tiek sasniegti siltumenerģijas patēriņa samazināšanas mērķi, taču vienlaikus būtiski pasliktinās ēkas mikroklimats un gaisa kvalitāte. Tas ir īpaši kritiski ēkās, kur nelielās telpās ilgstoši uzturas liels cilvēku skaits, piemēram, skolās un pirmsskolas izglītības iestādēs – jo augsts cilvēku blīvums nozīmē strauju CO₂, mitruma un citu piesārņotāju koncentrācijas pieaugumu. Starptautiskie pētījumi¹¹ par ventilācijas stratēģijām uzsver, ka nepietiekama ventilācija tieši ietekmē iekštelpu gaisa kvalitāti, termisko komfortu un līdz ar to arī cilvēku veselību un darbaspējas, tostarp kognitīvo veiktspēju un mācību sasniegumus izglītības iestādēs.

Situācijās, kad atjaunotajās ēkās nav izbūvētas vai modernizētas mehāniskās ventilācijas sistēmas, vienīgais praktiski pieejamais veids gaisa kvalitātes uzlabošanai ir logu atvēršana. Tomēr šāda periodiska un no lietotāju paradumiem atkarīga dabiskā ventilācija ir grūti kontrolējama, tā ir atkarīga no āra klimata apstākļiem un lietotāju uzvedības, kā arī būtiski samazina ēku siltumnoturības paaugstināšanas pasākumu efektivitāti, jo palielina siltumenerģijas zudumus caur atvērtajiem logiem. Līdz ar to tiek mazinātas iespējas sasniegt izvirzītos energoefektivitātes mērķus, un rodas pretruna starp enerģijas taupīšanu un iekštelpu vides kvalitātes nodrošināšanu.

Efektīva ventilācijas stratēģija ir jāintegrē ēkas energoefektivitātes koncepcijā jau projektēšanas un atjaunošanas plānošanas posmā, nevis jāuztver kā sekundārs vai tikai ekspluatācijas laikā risināms jautājums. Tomēr tas ir iespējams tikai jaunbūvēs un domājot par Renovācijas viļņa veicināšanu un novecojošo ēku atjaunošanu ir jādome par labākajiem risinājumiem atbilstoši konkrētās ēkas vajadzībām.

Atsevišķos gadījumos ēku energoefektivitātes uzlabošanas projekti ietver arī mehānisko ventilācijas sistēmu izbūvi vai modernizāciju, tomēr netiek nodrošināta šo sistēmu atbilstoša ekspluatācija, regulāra apkope un darbības uzraudzība. Tas var izpausties kā nepareizi noregulēti sistēmas darbības parametri (piemēram, gaisa apmaiņas apjoms), izslēgtas vai daļēji darbinātas iekārtas enerģijas taupīšanas nolūkā, nepietiekama filtru apkope vai neatbilstoša automātikas darbība. Rezultātā netiek sasniegti ne plānotais energoefektivitātes sniegums, ne iekštelpu vides kvalitātes mērķi. Zinātniskā literatūra¹²

¹¹Saite:

https://www.aivc.org/sites/default/files/Decarbonising%20Buildings_90_James%20McGrawth%20-%20Retrofitting%20and%20Ventilation%20-%20Challenges%20Benefits%20and%20Lessons%20Learnt.pdf

¹² Saite: <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/14/2579>

par mehāniskās ventilācijas stratēģijām uzsver, ka ventilācijas sistēmu energoefektivitāte ir cieši saistīta ar pareizu projektēšanu, balansēšanu, ekspluatāciju un uzturēšanu, kā arī ar lietotāju un apsaimniekotāju izpratni par sistēmu darbības principiem.

Apkopojot iepriekš minēto, ventilācijas sistēmu plānošana un ekspluatācija ir jāuztver kā neatņemama ēku energoefektivitātes politikas un atjaunošanas pasākumu sastāvdaļa. Ēkas energosnieguma mērķu sasniegšana nedrīkst notikt uz iekštelpu vides kvalitātes un sabiedrības veselības rēķina. Akadēmiskā un praktiskā diskursā arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta integrētai pieejai, kurā ēkas siltumtehniekie uzlabojumi, ventilācijas risinājumi un iekštelpu vides kvalitātes prasības tiek aplūkotas vienotā sistēmā, balstoties uz zinātniskiem pierādījumiem un labās prakses piemēriem.

1.2. Esošās situācijas novērtējums Polijā

Normatīvais regulējums Polijā līdzīgi kā Latvijā un Grieķijā ietver ES mērķi valstij kļūt klimatneitrālai līdz 2050. gadam, un ēku energoefektivitātei ir izšķiroša nozīme šī mērķa sasniegšanā. Polijai tāpat kā visām ES dalībvalstīm savā normatīvajā regulējumā jātransponē Energoefektivitātes direktīva EU/2023/1791 (EED) un Ēku energoefektivitātes direktīva EU/2024/1275 (EPBD). Šīs politikas nosaka augstākus standartus publiskā sektora ēkām, un visām jaunām vai atjaunotām publiskā sektora ēkām no 2021. gada ir jāatbilst gandrīz nulles enerģijas ēku (NZEB) standartiem. Turklāt Polijas Nacionālais enerģētikas un klimata plāns nosaka mērķi līdz 2030. gadam uzlabot energoefektivitāti par 23%, uzsverot nepieciešamību pēc padziļinātas atjaunošanas programmām. Energoefektivitātes sertifikāts (*Śiadectwo charakterystyki energetycznej budynku*) ir obligāts lielākajai daļai atjaunoto ēku, kas tiek pārdotas vai izīrētas. Šis sertifikāts novērtē ēkas energosniegumu pirms un pēc projekta īstenošanas. Polijas tiesību akti skaidri nenosaka skaitliskus gaisa kvalitātes parametrus, piemēram, maksimālo CO₂ koncentrāciju klasēs. Pienākums nodrošināt atbilstošu ventilāciju izriet no Būvniecības likuma (higiēnas un veselības prasības), tehniskajiem nosacījumiem (atbilstošas iekštelpu vides kvalitātes nodrošināšana), darba drošības un veselības aizsardzības noteikumiem skolās (pienākums nodrošināt ventilāciju) un sanitārās uzraudzības (Valsts sanitārās inspekcijas pienākumi).

Polijas publiskā sektora ēku ventilācijas uzmanības centrā ir veselība, energoefektivitāte un komforts, ko nosaka tāds Polijas standarts kā PN-83/B-03430 attiecībā uz minimālo gaisa plūsmu, un jaunākās tendences virzās uz inteligentu pieprasījuma kontrolētu ventilāciju (DCV), integrētām ēku pārvaldības sistēmām (BMS) un gaisa kvalitātes monitoringu (CO₂, GOS), ko veicina pandēmijas izpratne un ES iniciatīvas, piemēram, Zaļais kurss, tai pat laikā notiek diskusijas par decentralizēto iekārtu noteikumiem. Mūsdienu sistēmas ir paredzētas svaiga gaisa padevei, nosūcei, mitruma kontrolei, trokšņa samazināšanai un enerģijas atgūšanai, izmantojot tādas risinājumus kā zemes-gaisa siltummaiņi (EAHE) un augstas efektivitātes filtri, un tādas pilsētas kā Varšava veic ievērojamus ieguldījumus modernizēšanā¹³.

Publiskās ēkās atbildība par atbilstošu apstākļu nodrošināšanu gulstas uz īpašnieku/vadošo iestādi un iestādes, piemēram, skolas direktoru. Praksē tehniskie parametri tiek noteikti, pamatojoties uz nozares standartiem un tehnisko zināšanu principiem, piemēram, Polijas standarts PN-83/B-03430 par ventilāciju publiskās ēkās. Projektēšanas praksē tiek pieņemts, ka klasēs minimālā gaisa plūsma ir 20–30 m³/h uz vienu personu, taču šīs vērtības izriet no tehniskajiem standartiem un vadlīnijām, nevis tieši no noteikumiem. Šos augšminētos secinājumus izsaka arī poļu eksperti, kuri nodarbojas ventilāciju sistēmu jomā, kā arī tiek pamatoti ar gaisa kvalitātes mērījumiem skolās, kas ir ietverti 2023.gada ziņojumā par veiktajiem CO₂ mērījumu pētījumiem Polijas skolās¹⁴.

Izplatītākie risinājumi un tehnoloģijas ventilāciju uzstādīšanas jomā ir saistīti ar tādām iekārtām, kā mehāniskā ventilācija, kas nodrošina gaisa pieplūdes, izplūdes, līdzsvarotas sistēmas, bieži vien ar siltuma atgūšanu, decentralizētas iekārtas, kuras tiek

¹³ FORTESIE ziņojums: *CBDC powered Smart PerFORrmance contracts for Efficiency, Sustainable, Inclusive, Energy use, D5.1 Replicated Business Models of the Demos in each Partner Country (and beyond)*. Saite: https://docs.google.com/document/d/1EHbLYMh5yshuly9jg0Vi6yZoB1_VVZLg/edit?usp=sharing&oid=110127609956624655536&rtpof=true&sd=true

¹⁴ Ziņojums par literatūras apskatu par līdz šim veiktajiem oglekļa dioksīda koncentrāciju pētījumiem Polijas skolās. Autors, dr inž. Sławomira Dumala, 2023. gada janvāris. Saite: <https://www.gov.pl/web/ncbr/wentylacja-dla-szkol-i-domow2>

izmantotas uz fasādēm balstītas iekārtas, taču notiek debates par regulējumu attiecībā uz izplūdes gaisa pārstrādi, kā arī gaisa attīrīšanas filtri alergēnu un piesārņotāju samazināšanai un dūmu un ugunsgrēka specializētas ventilācijas sistēmas avārijas izplūdes gāzēm.

Papildus ventilāciju sistēmu uzstādīšanā Polijā tiek pielietota viedās vadības (DCV) sistēmas, kas pielāgo ventilāciju, pamatojoties uz noslogojumu un faktiskajām vajadzībām (CO₂, GOS, mitrums), lai nodrošinātu efektivitāti, ēku pārvaldības sistēmas (BMS), kas integrē ventilāciju sistēmu centralizētai uzraudzībā, kontrolē un tīmekļa pārvaldībā. Tiek pievērsta uzmanība energoefektivitātes jautājumiem, koncentrējoties uz hermētiskumu, siltuma atgūšanu un EAHE (svaiga gaisa sagatavošana), kā arī, balstoties uz pandēmijas pieredzi, gaisa kvalitātes uzlabotu filtrēšanu un uzraudzību, saskaņojot to ar tādām iniciatīvām kā "Ventilācija skolām un mājām".

Lielākie izaicinājumi Polijā ventilāciju sistēmu izmantošanā ir saistītas ar augstām uzstādīšanas un uzturēšanas izmaksām, nepieciešamību pēc modernizētiem normatīviem regulējumiem, īpaši decentralizētām iekārtām, energoefektivitātes līdzsvarošanu ar augstām gaisa kvalitātes prasībām, kā arī jaunākiem sasniegumiem ventilācijas sistēmās, ko izmanto, lai samazinātu CO₂ ietekmi uz veselības rādītājiem.

Finansējuma atbalsta iespējas Polijā ir saistītas gan ar nacionālo, gan ES finansējumu publiskā sektora ēku energoefektivitātes projektu līdzfinansēšanai. Valsts programma "Czyste powietrze" piedāvā grantus un subsidētus aizdevumus ēku atjaunošanai, kas uzlabo ēku energosniegumu un samazina gaisa piesārņojumu, piemēram, ēku siltumnoturības paaugstināšana apkures sistēmas modernizācija. Atbilstības kritēriji un finansējuma apmērs atšķiras atkarībā no projekta veida un ienākumu līmeņa. Ir iespējami arī nodokļu atvieglojumi, kuri var tikt noteikti par atjaunošanas izdevumiem līdz noteiktam ierobežojumam, par pamatu ņemot atbalsta saņēmēja ienākuma nodokļa bāzi ar potenciālu labumu energoefektivitātes uzlabojumiem.

Polija gūst labumu no tādām ES mēroga iniciatīvām kā Renovācijas vilnis un valsts piešķirtais Atveseļošanas un noturības mehānisma finansējums. Tie rada finansiālus stimulus pašvaldībām ieguldīt energoefektivitātes uzlabojumos, izmantojot dotācijas, energoefektivitātes modernizācijas prēmijas vai uz sniegumu balstītus līgumus.

Sabiedrisko pakalpojumu digitalizācijas pasākumu ietvaros var tikt piesaistīts finansējums digitālo rīku attīstībai, kas atbalsta ēku automatizāciju, kontroli un ziņošanu. Pašvaldības vēlas risinājumus, kas piedāvā sasaisti ar esošajām sistēmām, kas sniedz reāllaika datus un atbalsta attālinātu diagnostiku. Prognozējoša iekārtu uzturēšana, problēmu noteikšana un automātiska enerģijas optimizācija.

Zinātniskā literatūra¹⁵ norāda uz esošajiem risinājumiem un izaicinājumiem **ESKO** principu pielietošanā kopumā ēku energoefektivitātes jomā, finansējot energoefektivitātes projektus Polijā, uzsverot nepieciešamību plašāku informācijas sniegšanu un atbalstu vietējo pašvaldību ēku pārvaldniekiem ESKO pielietojumā.

Kopumā tiek novērtēts, ka

- sākot ar 2020. gadu, Polijā bija reģistrēti tikai 20 ESKO uzņēmumi, kas norāda uz ierobežotu tirgus attīstību;
- vietējās pašvaldības tiek mudinātas izmantot ESKO pieeju energoefektivitātes projektiem, īpaši tādās jomās kā komunālie pakalpojumi un dzīvojamās ēkas;
- ESKO tirgus Polijā saskaras ar vairākiem šķēršļiem, kas kavē tā izaugsmi un ieviešanu;

¹⁵ Saite:

https://www.researchgate.net/publication/356760263_The_ESCO_Formula_as_Support_for_Public_and_Commercial_Energy_Projects_in_Poland/link/680b8131bfbe974b23bb4fdf/download

- ESKO tiesiskais regulējums ir neskaidrs, radot nenoteiktību potenciālajiem investoriem;
- Augstas darījumu izmaksas un zemas enerģijas cenas veicina uzticēšanās trūkumu ESKO modelim;
- Vietējo pašvaldību un uzņēmumu vidū nav pietiekamu zināšanu par ESKO pieeju, kas ierobežo interesi.

Izmantojot pētnieku izstrādātu analīzes metodi, iesaistot 42 pašvaldību struktūrvienības (ēku pārvaldniekus) un 21 uzņēmēju datus par ESKO pielietojumu, tika konstatēts un secināts, ka:

- interesi par ESKO pieeju pašvaldību vidū galvenokārt veicina nepieciešamība pēc uzticamas informācijas un labvēlīgi ekonomiskie apstākļi;
- galvenie zināšanu avoti par ESKO pieeju ir praktiskā dalības pieredze ES projektos un informācija tīmeklī, taču informācijas kvalitāte ievērojami atšķiras. Vietējās pašvaldības un uzņēmumi saskaras ar vairākiem šķēršļiem, kas kavē to interesi par ESKO pieejas ieviešanu;
- lai palielinātu interesi par ESKO pieejas ieviešanu, būtiskas darbības ir zināšanu pieejamības uzlabošana un ESKO pakalpojumu integrēšana grantu projektos;
- lai nodrošinātu veiksmīgu projektu īstenošanu, ir liels pieprasījums pēc ekspertu konsultācijām un energoauditiem kā daļai no ESKO pakalpojumiem;
- vietējām pašvaldībām un uzņēmumiem ir dažādas preferences attiecībā uz enerģētikas projektu finansēšanas instrumentiem, un vispopulārākie ir Eiropas fondi;
- ESKO mehānisma galvenās priekšrocības ietver ievērojamu enerģijas ietaupījumu un infrastruktūras modernizāciju;
- vistīcāmākās ESKO pakalpojumu mērķgrupas ir vietējās pašvaldības un lieli rūpniecības uzņēmumi, koncentrējoties uz energoefektivitātes projektiem.

Labās prakses piemēri

FORTESIE pilotprojekts publiskais baseins Góra Kalwaria Polijā¹⁶

Ēkas atjaunošanas ietvaros paredzēta tās novecojušo tehnoloģiju un esošo elementu atjaunošana. Pieaugot uzturēšanas izmaksām, ēka patērē pārāk daudz enerģijas saskaņā ar pašreizējiem standartiem. Esošās ēkas lielākās problēmas ir ventilācijas ierīces un stiklotā dienvīdu fasāde.

Atsevišķas baseina iekārtas praktiski nav aizsargātas pret mitruma uzkrāšanos, nav pietiekamas svaiga gaisa padeves, šeit relatīvais mitrums dažkārt pārsniedz 90%.

FORTESIE projekta ietvaros tiek nodrošināti ventilācijas sistēmu risinājumi enerģijas taupīšanas, veselības un gaisa kvalitātes uzlabošanas pasākumi baseina ēkā.

Lai risinātu novecojušajiem pašvaldību peldbaseiniem raksturīgās zemas efektivitātes problēmas, FORTESIE atjaunošanas pakotnē tika ieviests integrēts viedo tehnoloģiju komplekts, kas vērsts uz enerģijas patēriņa optimizāciju, darbības efektivitāti un atkārtojamību. Modernizācijas pamatā bija modernas, augstas efektivitātes gaisa apstrādes iekārtas (AHU), kas aprīkotas ar mainīga ātruma ventilatoriem un siltuma atgūšanas sistēmām, kas īpaši paredzētas mitruma samazināšanai. Tās tika apvienotas ar viedo ēku pārvaldības sistēmu (BMS), kas spēj veikt uzraudzību reāllaikā un dinamisku HVAC plānošanu, pamatojoties uz reāllaika noslodzes datiem. Konstruktijas uzlabojumi uzlaboja galveno termisko tiltu siltumnoturību, tostarp jumta, pagraba zonu un lielu stiklotu virsmu siltumnoturību. Sistēmā tika iekļauti arī sensori enerģijas patēriņa izsekošanai un sistēmas kļūmju atklāšanai, kā arī paredzamās apkopes funkcijas, lai jau

¹⁶ Saite: <https://fortesie.eu/demo-area-6>

agrīnā posmā identificētu iekārtu nolietojumu. Lietotāja pieredze tika uzlabota, izmantojot atgriezeniskās saites paneļus un uz noslodzi balstītu ventilācijas kontroli, lai samazinātu enerģijas zudumus stundās ar mazu apmeklētāju skaitu.

Pilotprojekts “Warsaw” Inetreg Europe projekta “FEEL/Frugal cities through Energy Efficiency and Low-tech communities”¹⁷ ietvaros 2022.gadā īstenots 10 miljonu eiro vērts projekts viedās ventilācijas ieviešanai publiskā sektora ēkās Varšavā, kas nodrošina enerģijas ietaupījumus un uzlabotu gaisa kvalitāti skolās.

Šīs labās prakses ietvaros tiek risināta problēma, kas saistīta ar energoefektivitātes uzlabošanu publiskajās ēkās, neapdraudot iekštelpu komfortu, īpaši vecākās vai kultūrvēsturiskā mantojuma ēkās. Mazovijas Enerģētikas aģentūra novēroja, ka daudzi energoefektivitātes projekti samazina enerģijas patēriņu, bet neņem vērā iekštelpu mikroklimatu un lietotāju labsajūtu. EMPOWER projekta ietvaros Mazovijas Enerģētikas aģentūra testēja integrētu enerģijas pārvaldības sistēmu (EMS), kas tika apvienota ar esošajām ēku pārvaldības sistēmām (BMS) Varšavas skolās.

2022. gadā tika ieviests pilotprojekts 50 gadus vecā skolā Vaveras apgabalā. EMS tika pilnībā integrēta ar esošo infrastruktūru un sensoriem, ļaujot attālināti uzraudzīt un viedi kontrolēt enerģijas patēriņu, gaisa kvalitāti, piemēram, CO₂, mitrumu, temperatūru, apgaismojumu un ventilāciju. Uzlaboti vadības scenāriji reagē uz telpu noslogojumu, āra laikapstākļiem un dienasgaismu. Sistēma tika ieviesta bez ēkas modifikācijām vai jaunu tīklu instalācijām.

Pilotprojekti Varšavas Vaveras un Targovekas rajonos ir ļāvuši panākt izmērāmu enerģijas ietaupījumu, uzlabot iekštelpu gaisa kvalitāti un lietotāju komfortu. Vairāk nekā 70 valsts skolas tagad izmanto uzlabotas EMS funkcijas. SP 138 sistēmas integrācija uzlaboja kontroli un uzraudzību bez invazīvām izmaiņām, demonstrējot augstu izmaksu efektivitāti un lietojamību.

1.3. Esošās situācijas novērtējums Grieķijā

Grieķijas publisko ēku ventilācijas izvēlē arvien vairāk koncentrējas uz energoefektivitāti un iekštelpu gaisa kvalitāti, izmantojot gan dabisko ventilāciju tradicionālo konstrukciju dēļ, gan mehāniskās sistēmas, piemēram, ventilāciju ar siltuma atgūšanu (HRV), lai uzlabotu pašvaldību ēku un infrastruktūras, piemēram, Atēnu metro veiktspēju. Modernizācijas projektos tiek iekļauta uzlabota filtrācija un klimata kontrole ēkas lietotāju labsajūtai un atbilstībai gandrīz nulles enerģijas ēku (NZEB) standartiem, lai gan ieviešana atšķiras resursu ierobežojumu dēļ.

Uzmanība tiek pievērsta gandrīz nulles enerģijas ēkām (NZEB), kur galvenā loma tiek veltīta ēku siltumnoturībai, efektīvām sistēmām un atjaunīgo energoresursu izmantošanai, un ventilācijai. Ventilācijas sistēmas ar siltuma atgūšanu (HRV/ERV) arvien vairāk tiek izmantotas svaiga gaisa piegādei, vienlaikus atgūstot siltumu, samazinot enerģijas izmaksas un uzlabojot komfortu, bieži vien tiek subsidētas no ES atbalsta programmām. Grieķijas energoefektivitātes projektos tiek integrētas arvien plašāk viedierīces, sensori un modernas HVAC vadības ierīces labākai gaisa kvalitātes pārvaldībai un enerģijas taupīšanai. Vienlaicīgi valsts noteikumi nosaka minimālās energoefektivitātes prasības atjaunošanai. Lielākajai daļai atjaunoto ēku ir nepieciešams

¹⁷ Vairāk informācijas par energopārvaldības sistēma pašvaldību skolās un bērnudārzos Polijā ir atrodama Mazovijas Enerģētikas aģentūra (MAE) mājaslapā. Saite: https://fedarene.org/best-practice/lets-also-fight-for-the-environment-inside-buildings/?fbclid=IwAR0EiuPtjkrOrGJO2JP258t4po9kQgDtdyus3g5TQOGw0a_9PgSSqGrP4Ww

energoefektivitātes sertifikāts, lai novērtētu ēkas energoefektivitāti pirms un pēc projekta.

Biežāk sastopamie risinājumi un tehnoloģijas, kuras tiek izmantotas Grieķijā, šobrīd saistās ar dabiskās ventilācijas (NV) izmantošanu īpaši tradicionālās Grieķijas ēkās, mehāniskās ventilācijas (MV) izmantošanu gan atsevišķi, gan kopā ar dabīgo ventilāciju ēkās, kas aprīkotas ar ventilatoriem, ventilācijas kanāliem un moderniem filtriem, lai nodrošinātu vienmērīgu gaisa kvalitāti. Tiek izmantotas arī ventilācijas sistēmas ar siltuma atgūšanu (HRV/ERV), kas uzlabo efektivitāti - iepriekš uzsilda vai atdzesē ienākošo svaigo gaisu, paaugstinot ēkas energoefektivitātes klasi, piemēram, no C uz B, no B uz A.

Grieķijā izteiktie izaicinājumi ir novēroti energoefektivitātes uzlabojumu līdzsvarošanā ar citām kritiskām vajadzībām publiskajās ēkās, nepieciešamībā mehānisko sistēmu atbilstoša projektēšanā, uzstādīšanā un apkopē, lai izvairītos no veselības problēmām.

FORTESIE projekta īstenošanas gaitā tika secināts, ka konkrēts ventilācijas uzlabošanas tehniskais modelis (GOP-CCO2 modelis) saskaras ar ievērojamiem šķēršļiem Grieķijas publiskajā sektorā, tostarp juridiskiem, normatīviem, institucionāliem un ar tirgu saistītiem šķēršļiem, piemēram, stingrie publiskā finansējuma noteikumi un tiesiskā regulējuma trūkums alternatīvām valūtām, kā piemēram, €G tokenam, kas kavē tā piemērošanu publiskajās ēkās, publiskā iepirkuma procedūras un ierobežota elastība līgumu veidos apgrūtina inovatīvu finansēšanas instrumentu integrēšanu. Daudzām pašvaldībām trūkst pieredzes ar uz sniegumu balstītu zaļo finansējumu, un administratīvi kavējumi palēnina progresu, kā arī ir sadrumstalots sabiedrisko ēku fonds. Ierobežota pieprasījuma apkopošana samazina modeļa mērogojamību un finansiālo pievilcību. Tāpat daudzām publiskajām ēkām trūkst viedās infrastruktūras, kas nepieciešama, lai atbalstītu uz datiem balstītas un uz sniegumu balstītas aizdevumu atmaksas sistēmas. Augstāk minētie šķēršļi liecina, ka FORTESIE projektā ierosinātā GOP-CCO2 modeļa pielāgošanai Grieķijas kontekstam būtu nepieciešami ievērojami normatīvie pielāgojumi, kas vērsti uz sniegumu balstītu finansēšanu, CO₂ atlīdzības mehānismu izveidošana sadarbībā ar valsts aģentūrām, kapacitātes veidošana un tehniskās palīdzības sniegšana pašvaldībām, kā arī pilotprojektu demonstrācijas pasākumi, tai skaitā pasākumi, kas atbalstītu ESKO pakalpojumu izmantošanu.

Valsts līmenī Nacionālais enerģētikas un klimata plāns nosaka vērienīgus mērķus energoefektivitātes uzlabošanai publiskā sektora ēku fondā, uzsverot ilgtspēju, digitalizāciju un viedo tīklu integrāciju. Nacionālais atveseļošanas un noturības plāns "Grieķija 2.0" paredz vairāk nekā 1 miljardu *euro* tieši publisko ēku energoefektivitātes uzlabošanai, paredzot ieguldījumus skolās, slimnīcās un valsts pārvaldes infrastruktūrā. Šie līdzekļi atbalsta gan tradicionālos atjaunošanas pasākumus, gan progresīvus risinājumus, piemēram, ēku pārvaldības sistēmas (BMS), zaļos jumtus un atjaunīgās enerģijas sistēmas. Grieķijā publiskajā sektorā ir pieejami dažādi finanšu mehānismi, lai atbalstītu un mazinātu atjaunošanas riskus, piemēram, ESPA 2021.–2027. gadam nodrošina dotācijas energosniegumu uzlabojošai ēku atjaunošanai gan reģionālo, gan nozaru programmu ietvaros. Tie ietver stimulus pasīvās projektēšanas, atjaunīgo energoresursu un digitālās uzraudzības rīku integrēšanai, REPowerEU un Atveseļošanas un noturības mehānisms vēl vairāk paplašina pieejamo kapitālu ilgtspējīgai ēku atjaunošanai, jo īpaši salu un enerģētiski neaizsargātās pašvaldībās, energoefektivitātes līgumi tiek arvien vairāk popularizēti, izmantojot atjauninātus tiesību aktus, kas ļauj veidot publiskā un privātā sektora partnerības, kurās energopakalpojumu uzņēmumi (ESKO) finansē modernizāciju pret garantētiem enerģijas ietaupījumiem.

Grieķijas energoefektivitātes līgumu sistēma ir saskaņota ar ES standartiem un pakāpeniski tiek ieviesta pašvaldību līmenī. Papildu tehniskā palīdzība un atbalsts pirms investīcijām ir pieejams, izmantojot tādas ES instrumentus kā ELENA (Eiropas vietējā enerģijas palīdzība) un LIFE Tīras enerģijas pārejas programmu, kurām abām ir valsts kontaktpunkti, lai palīdzētu Grieķijas pašvaldībām apvienot projektus, sagatavot konkursa dokumentus un piekļūt finansējumam. Grieķijā tiek stiprināta arī zaļā publiskā iepirkuma programma, un ilgtspējas kritēriji ir obligāti noteiktās publisko iepirkumu kategorijās, veicinot integrētu, zaļu un digitālu risinājumu ieviešanu, piemēram, FORTESIE izstrādātos risinājumus.

Finansējuma jomā papildu dotācijām un līgumiem Grieķijas valsts iestādes arvien vairāk gūst labumu no pamatnolīgumiem, vienkāršota iepirkuma, izmantojot Nacionālo iepirkumu platformu ESIDIS, un valsts vadlīnijām paātrinātai enerģijas renovācijai. Šie konkrētajai valstij raksturīgie elementi apvienojumā ar pieejamo ES līdzfinansējumu rada labvēlīgu vidi atkārtojamu atjaunošanas risinājumu ieviešanai, īpaši, ja standartizētas paketes ir pielāgotas vietējām klimatiskajām un ekspluatācijas vajadzībām. Ir iespējams arī saņemt nodokļu atlaides līdz 40% izdevumiem par ēkas energosniegumu uzlabojošu atjaunošanu un pieejamības uzlabojumiem personām ar invaliditāti.

Grieķijas energopakalpojumu tirgus, jo īpaši publiskajā sektorā, joprojām attīstās. Tajā ir ierobežots skaits ESKO uzņēmumu, kas spēj nodrošināt integrētus atjaunošanas risinājumus, ietverot tajās digitālo uzraudzību, automatizāciju un uz lietotāju orientētus pakalpojumus. Pat tur, kur šādi pakalpojumu sniedzēji pastāv, koordinācija starp enerģētikas, IT un būvniecības pakalpojumiem ir sadrumstalota. Turklāt daudzām publiskā sektora ēkām, īpaši vecākām, trūkst uzticamas digitālās infrastruktūras un tās nav saderīgas ar progresīviem, uz datiem balstītiem risinājumiem, ja vien netiek veikti būtiski pirmsatjaunošanas uzlabojumi.

Labās prakses piemēri

FORTESIE pilotprojekts Hellēnisma un filhellēnisma biedrības muzejs Atēnās, Grieķijā.

Hellēnisma un filhellēnisma biedrības muzejs ir nozīmīga kultūrvēsturiskā mantojuma ēka un šī muzeja misija ir iepazīstināt ar filhellēnisma evolūciju no renesanses līdz mūsdienām, uzsverot tā ieguldījumu Grieķijas, Rietumu civilizācijas šūpuļā, nacionālajā neatkarībā. Ņemot vērā, ka muzejā glabājas nozīmīgas kultūras vērtības, tad ēkas atjaunošanā nozīmīgu lomu ieņēma ne tikai ārējie energoefektivitātes rādītāji, bet arī ēkas mikroklimats.

Izmantojot pilotprojekta pieredzi, tika izveidota modulāra atjaunošanas risinājumu kopa, kas aptver pilnu atjaunošanas ciklu, sākot no tehniskā projekta un iekārtu izvēles līdz iepirkumiem, uzstādīšanas koordinācijai un piegādei, kas ir pielāgota kultūras ēkām, tostarp ietverot modernas ventilācijas sistēmas, viedos logus ar integrētiem fotoelektriskajiem paneļiem, daudzslāņu stiklojumu, zaļo jumtu sistēmas un IoT iespējotu enerģijas monitoringu. Šī risinājumu kopa, kas tagad ir dokumentēta FORTESIE projekta atvērtā tīmekļa platformā, kalpo kā demonstrējams modelis citiem maziem un vidējiem muzejiem visā Grieķijā un Eiropā.

Pašvaldībās ES fondu atbalstītie projekts PRODESA¹⁸, ir vērsti uz pašvaldību ēku energoefektivitātes uzlabošanu, tai skatā ventilācijas ieviešanu sabiedriskajās ēkās.

¹⁸ ES finansēts projekts PRODESA.

Saite: <https://web.archive.org/web/20220213193736/https://www.prodesa.eu/?lang=en>

ES finansētā PRODESA projekta misija bija atbalstīt septiņas pašvaldības Atēnās, energoefektivitātes un atjaunīgās enerģijas projektu ieviešanā. Tas tika panākts, radot uz tirgus pierādījumiem balstītus piemērus Grieķijas energopakalpojumu uzņēmumiem (ESKO) par privātā finansējuma piesaisti, izmantojot energoefektivitātes līgumus (EPC). PRODESA atbalstīja liela mēroga projektu īstenošanu, izmantojot EPC ar ESKO. Partneri arī pētīja kolektīvo finansēšanu kā vienu no finansēšanas mehānismiem. "Publiskā un privātā finansējuma apvienošana, izmantojot EPC energoefektivitātes uzlabošanas projektu kontekstā, Turklāt projekts demonstrēja organizatoriskas inovācijas pašvaldībām Grieķijā, izstrādājot uz datiem balstītu metodoloģiju par EPC sniegumu un ieguldījumiem. Šie rīki ļāva formulēt finansēšanas scenārijus un kombinēt dažādus finansēšanas avotus. Izmantojot gan pašvaldības, gan darbuzņēmēja/ESKO gada naudas plūsmas bilances un rādītājus, izveidotā metodoloģija un rīki ļāva veikt energoefektivitātes un atjaunīgo energoresursu iespēju ekonomisko novērtējumu. Iekļaujot darbuzņēmēja viedokli, lietotāji, t. i., projektu īpašnieki, var arī novērtēt projektu dzīvotspēju darbuzņēmējam noteiktos scenārijos un palīdzēt noteikt reālistiskākas izmaksas pirms projekta konkursa izsludināšanas.

1.4. Tehniskie risinājumi un to izmantošana

Mūsdienu ēku projektēšanā un ekspluatācijā ventilācijas sistēmas ieņem būtisku lomu, jo tās tieši ietekmē iekštelpu gaisa kvalitāti, energoefektivitāti un lietotāju komfortu. Ventilācijas risinājumi tiek klasificēti vairākos veidos, taču vispārpieņemtā un funkcionāli nozīmīgākā iedalījuma forma ir **centralizētās** un **decentralizētās** ventilācijas sistēmas¹⁹. Šie divi pamatmodeļi atšķiras gan pēc tehniskās uzbūves, gan ekspluatācijas principiem, un to izvēli nosaka vairāki faktori: ēkas arhitektūra, ekspluatācijas režīms, energoefektivitātes prasības, kā arī atjaunošanas iespējas un ierobežojumi.

1.4.1. Centralizētā sistēma

Centralizētā sistēmā gaisa pieplūdi un nosūci nodrošina **viena kopēja iekārta**, kas caur kanālu tīklu apkalpo visu ēku vai lielu tās daļu. Šādas sistēmas ir standarts jaunbūvēs un jaunākās publiskās ēkās.

Centralizēto sistēmu priekšrocība ir vienmērīga gaisa kvalitāte visā ēkā, augsta energoefektivitāte, īpaši ar rekuperāciju (siltuma atgūšanu), integrējama filtrācija, mitrināšana, dzesēšana, kas ļauj nodrošināt pilnu mikroklimata kontroli, zemākas ekspluatācijas izmaksas uz vienu telpu, ja sistēma apkalpo lielu platību.

Savukārt par centralizētās sistēmas trūkumiem uzskatāmas augstas sākotnējās investīcijas (kanāli, iekārtas, projektēšana), nepieciešama vieta kanālu izvietošanai, kas renovācijās bieži ir ierobežojošs faktors, sarežģītāka apkope, jo sistēma ir liela un centralizēta.

Centralizēto sistēmu veidi

Piespiedu pieplūdes – nosūces ventilācija

Šī ir visizplatītākā centralizētā sistēma mūsdienu ēkās. Mehāniski pievada svaigu gaisu un mehāniski izvada piesārņoto gaisu. Sistēma nodrošina stabilu gaisa apmaiņu neatkarīgi no āra apstākļiem un tajā var integrēt filtrāciju, mitrināšanu, dzesēšanu, sildīšanu.

¹⁹ Avots: Vadlīniju Pielikums - Rīgas tehniskās universitātes Ilgtspējīgo būvmateriālu un inženiersistēmu institūts, "Rekomendācijas par ilgtspējīgiem ventilācijas sistēmas kā inženiersistēmas sastāvdaļas risinājumiem ēku energoefektivitātes veicināšanai".

Centralizētās ventilācijas sistēmas ar siltuma atgūšanu (rekuperāciju)

Šobrīd Eiropā un Latvijā visbiežāk izmantotais risinājums energoefektīvās ēkās. Iekārtas darbības pamatā siltummainis pārnes siltumu no nosūces gaisa uz pieplūdes gaisu. Šīs sistēmas veids samazina apkures izmaksas par 30–80% atkarībā no iekārtas efektivitātes. Pastāv plākšņu, rotora vai šķidrums starpnieka tipa rekuperatori.

Centralizētā dabiskā ventilācija

Lai gan nav mehāniska, tā tiek klasificēta kā centralizēta, ja gaisa plūsmas tiek organizētas caur kopēju šahtu sistēmu. Šajā sistēmā gaisa plūsmu nodrošina temperatūras starpība un vējš. Sistēma neparedz ventilatorus, līdz ar to nav elektroenerģijas patēriņa. Šai sistēmai ir ļoti ierobežota kontrole un atkarība no āra apstākļiem.

Hibrīdventilācija

Sistēma apvieno dabisko un mehānisko ventilāciju. Darbojas dabiskā režīmā, kad āra apstākļi ir labvēlīgi un pārslēdzas uz mehānisko režīmu, kad nepieciešama precīza kontrole. Tā uzskatāma par salīdzinoši energoefektīvu risinājumu sabalansētai gaisa apmaiņai.

Centralizētās ventilācijas sistēmas ar gaisa kondicionēšanu (HVAC)

Integrē ventilāciju, apkuri un dzesēšanu vienotā sistēmā. Šīs sistēma nodrošina pilnu mikroklimata kontroli un to parasti izmanto lielās publiskās ēkās, birojos, komercietpās. Var ietvert gaisa sadales kameras, dzesēšanas iekārtas, mitrinātājus.

1.4.2. Decentralizēta sistēma

Decentralizētā sistēmā katrai telpai vai zonai ir **atsevišķa ventilācijas iekārta**, kas parasti tiek integrēta ārsienā un neprasa kanālu tīklu. Šādas sistēmas bieži izmanto ēku atjaunošanā.

Decentralizētās sistēmas priekšrocības: salīdzinoši vienkārša un ātra uzstādīšana, īpaši renovētās ēkās, kur nav vietas kanāliem, nav nepieciešami ventilācijas kanāli, līdz ar to netiek bojāta apdare, elastīgāka zonu kontrole — katru telpu var regulēt neatkarīgi, zemākas sākotnējās izmaksas salīdzinājumā ar centralizētu sistēmu, daudzi iekārtu modeļi nodrošina siltuma atgūšanu, tādējādi samazinot enerģijas patēriņu.

Par decentralizēto sistēmu trūkumiem uzskatāms mazāks gaisa apjoms nekā centralizētām sistēmām — pamatā piemērots galvenokārt dzīvojamām telpām, daudzas atsevišķas iekārtas nozīmē vairāk punktu apkopei; akustiskais troksnis var būt lielāks, jo iekārta atrodas telpā.

2. PRAKTISKIE VENTILĀCIJAS SISTĒMU RISINĀJUMI

2.1. Normatīvais ietvars un tehniskās prasības ventilācijas sistēmai

Ventilācijas sistēmas mērķis ir nodrošināt kontrolētu gaisa apmaiņu iekštelpās, uzturot higiēnisku un cilvēka veselībai drošu mikroklimatu. Tās pamatfunkcija ir piesārņoto iekštelpu gaisa masu izvadīšana un svaiga gaisa pieplūdes nodrošināšana, tādējādi regulējot oglekļa dioksīda koncentrāciju, mitruma režīmu un siltuma bilanci telpā.

Prasības ventilācijas sistēmām ir noteiktas Latvijas būvnormatīvā **LBN 231-15** "Dzīvojamā un publiskā ēku apkure un ventilācija". Saskaņā ar būvnormatīva 75. punktu ventilācijas sistēmas projektē un ierīko tā, lai telpu paredzētās izmantošanas laikā netiktu apdraudēta cilvēku veselība un telpās tiktu nodrošināta sanitāri higiēniskajām normām atbilstoša gaisa kvalitāte, kā arī piemērojamajiem standartiem atbilstošs komforta līmenis.

Saskaņā ar **LBN 231-15 90.1. punktu**, ja telpās ir nodrošināts dabiskais apgaismojums, paredz dabisko vēdināšanu caur atveramām logu vērtnēm vai citām ietaisēm, nodrošinot vienreizēju gaisa apmaiņu stundā. Savukārt saskaņā ar **LBN 231-15 90.6. apakšpunktu** publiskajām telpām projektē autonomas ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmas atbilstoši telpu paredzētās izmantošanas normatīviem un tehnoloģiskajām prasībām.

Saskaņā ar **LBN 231-15 97. punktu**, ja vienīgais telpas gaisa piesārņojuma avots ir cilvēki, svaigā gaisa padeves absolūtais minimums ir 15 m³/h uz vienu cilvēku. Savukārt **95. punkts** nosaka, ka publiskas ēkas iekštelpu gaisa kvalitāte jānodrošina tā, lai CO₂ koncentrācija nepārsniegtu **1000 ppm**²⁰.

Saskaņā ar **LBN 231-15 100. punktu**, lai taupītu energoresursus, paredz ventilācijas sistēmas ražīguma regulēšanas iespējas atkarībā no telpas gaisa piesārņojuma līmeņa, kas ekspluatācijas laikā var mainīties. Vienlaikus tam, saskaņā ar **LBN 231-15 104. punktu**, lai taupītu enerģiju, priekšroka dodama telpu dabiskās ventilācijas sistēmām, vienlaikus paredzot apmaināmā gaisa daudzuma regulēšanas iespējas atbilstoši mainīgiem āra gaisa parametriem.

Saskaņā ar **LBN 231-15 106. punktu**, telpām vai telpu zonām, kurās nav iespējams nodrošināt dabisko ventilāciju, paredz mehāniskās ventilācijas sistēmas.

Saskaņā ar **LBN 231-15 107. punktu** ar mehāniskās nosūces ventilācijas sistēmām lokalizē kaitīgos izdalījumus telpas gaisā, nodrošinot atbilstošu spiediena starpību starp telpām, kurās kaitīgo izdalījumu apjoms atšķiras; gaisam jāplūst no telpām ar tīrāku gaisu uz telpām ar piesārņotāku gaisu.

Saskaņā ar standartu **LVS EN 16798-1:2021** ir noteikti četri iekštelpu vides kvalitātes kategoriju līmeņi:

- IEQ I – augsta vēlmju līmenis;
- IEQ II – vidējs vēlmju līmenis;
- IEQ III – mērens vēlmju līmenis;
- IEQ IV – zems vēlmju līmenis.

Kategorijas ir saistītas ar ēkas lietotāju vēlmju līmeni. Par normālu līmeni tiek uzskatīts vidējais. Augstāku līmeni var izvēlēties lietotājiem ar īpašām vajadzībām, piemēram,

²⁰ *Parts per million*" jeb *miljondaļas*, un to visbiežāk izmanto, lai mērītu oglekļa dioksīda (CO₂) koncentrāciju iekštelpās. Tā ir galvenā mērvienība, pēc kuras spriež par ventilācijas efektivitāti un gaisa svaigumu. Piemēram, 1000 ppm nozīmē, ka no miljona gaisa molekulu 1000 ir CO₂.

bērniem, senioriem, personām ar invaliditāti. Zemāks līmenis neradīs veselības risku, taču var samazināt komforta līmeni.

Standarts **LVS EN 16798-1:2021** papildus četrām iekštelpu vides kvalitātes kategorijām nosaka arī trīs ēku kategorijas:

- Ēka ar ļoti zemu piesārņojumu (LPB-1) – ēka, kurā pārsvarā tiek izmantoti materiāli un mēbeles ar ļoti zemu emisiju līmeni, ir aizliegtas darbības, kas rada piesārņojošo vielu emisijas, kā arī nav bijuši iepriekšēji emisiju avoti (piemēram, tabakas dūmi vai emisijas no tīrīšanas līdzekļiem).
- Ēka ar zemu piesārņojumu (LPB-2) – ēka, kurā pārsvarā tiek izmantoti materiāli ar zemu emisiju līmeni, turklāt ir ierobežota tādu materiālu izmantošana un darbību veikšana, kas rada piesārņojošo vielu emisijas.
- Ēka bez zema piesārņojuma statusa (LPB-3) – ēka, kurā nav veikti pasākumi zemu emisiju materiālu izvēlei un kurā darbības, kas rada piesārņojošo vielu emisijas, nav ierobežotas vai aizliegtas.

Pēc noklusējuma ēka tiek **uzskatīta par ēku ar zemu piesārņojumu**, ja vien iepriekšējās darbības nav izraisījušas tās piesārņojumu (piemēram, smēķēšana). Šādos gadījumos ēka tiek klasificēta kā ēka ar normālu piesārņojuma līmeni. Savukārt kategorija “ļoti zems piesārņojums” paredz, ka lielākajai daļai iekštelpu apdares būvmateriālu jāatbilst valsts vai starptautiski noteiktiem ļoti zema piesārņojuma materiālu kritērijiem.

Saskaņā ar **LVS EN 17698-1:2021 B.4 sadaļu**, ēku var uzskatīt par zema vai ļoti zema piesārņojuma ēku, ja lielākajai daļai iekšdarbu materiālu raksturīga zema vai ļoti zema emisija. Pie šādiem materiāliem pieskaitāmi akmens, stikls, keramiskie materiāli un neapstrādāts metāls, jo tie parasti neizraisa emisijas iekštelpu gaisā. Savukārt materiāli, kuriem var būt nelielas emisijas, tiek klasificēti kā zemas vai ļoti zemas emisijas materiāli, ja to rādītāji tiek apstiprināti, veicot testēšanu ventilētā kamerā pēc 28 dienām atbilstoši starptautiskajiem standartiem, piemēram, **EN 16516**²¹ vai **ISO 16000-3**²².

2.2. Ventilācijas sistēmu projektēšanas prasības

Ventilācijas sistēmu projektēšana ir viens no būtiskākajiem posmiem ēkas inženiertehniskajā plānošanā, jo tā tieši nosaka iekštelpu gaisa kvalitāti, lietotāju veselību un ēkas energoefektivitāti. Labi izstrādāta ventilācija nodrošina pietiekamu svaigā gaisa pieplūdi, efektīvu piesārņotāju izvadīšanu un stabilu mikroklimatu, kas ir īpaši svarīgi mūsdienu blīvi noslēgtajās ēkās. Projektēšanas procesā jāņem vērā vairāki savstarpēji saistīti faktori — telpu lietojuma intensitāte, CO₂ un mitruma slodzes, ārējā gaisa kvalitāte, enerģijas patēriņš, trokšņu līmenis un uzturēšanas iespējas. Šo elementu līdzsvarošana ļauj radīt sistēmu, kas ir gan tehniski ilgtspējīga, gan komfortabla ikdienas lietotājiem.

Saskaņā ar **LBN 231-15 90. punktu**, ventilācijas sistēmas jāprojektē atbilstoši standartam **LVS EN 16798-1:2021 "Ēku energoefektivitāte. Ēku ventilācija. 1. daļa: Telpu mikroklimata ievades parametri ēku energoefektivitātes projektēšanai un novērtēšanai**,

²¹ Standarts EN 16516 nosaka horizontālo atsaucis metodi reglamentēto bīstamo vielu emisiju noteikšanai no būvizstrādājumiem iekštelpu gaisā. Saite: <https://www.laboratuar.com/lv/testler/malzeme-testleri/en-16516-yapi-urunleri---tehlikeli-maddelerin-saliniminin-degerlendirilmesi---ic-mekan-havasina-emisyonlarin-belirlenmesi-icin-test/>

²² Starptautiskais standarts ISO 16000-3 nosaka aktīvu paraugu ņemšanas un analīzes metodi formaldehīda un citu karbonilsavienojumu (aldehīdu un ketonu) noteikšanai iekštelpu gaisā. Tas izmanto 2,4-dinitrofenilhidrazīna (DNPH) kasetnes un augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfiju (HPLC) koncentrācijām no 1 μg/m³ līdz mg/m³. Saite: <https://www.iso.org/obp/ui/#:~:text=This%20document%20specifies%20a%20determination,The%20method%20is%20specific%20to>

ņemot vērā telpu gaisa kvalitāti, temperatūras režīmu, apgaismojumu un akustiku. M1-6 modulis". Šis standarts nosaka telpu mikroklimata kvalitātes klases, svaigā gaisa daudzuma aprēķina principus un komforta nodrošināšanas kritērijus.

Atbilstoši **LBN 231-15 98. punktam**, svaigā gaisa pieplūde jāprojektē sabalansēti ar piesārņotā gaisa nosūci, nodrošinot nepieciešamo spiediena starpību starp dažādas piesārņojuma pakāpes telpām vai zonām. Projektēšanā jāparedz gaisa plūsmas virziens no tīrākām uz piesārņotākām zonām, lai novērstu piesārņojuma izplatīšanos.

Saskaņā ar **LBN 231-15 96. punktu**, ventilācijas sistēmas ražīgums jānosaka, balstoties uz projektēšanas izejas datiem, nodrošinot:

- pietiekamu svaigā gaisa padevi apkalpojamajai zonai,
- atbilstošu komforta līmeni vai tehnoloģisko prasību izpildi.

Ja projektēšanas uzdevumā nav noteiktas īpašas prasības, telpu iekšējās vides parametru novērtēšana jāveic saskaņā ar:

- **LVS EN ISO 7730:2006** "Siltuma vides ergonomika. Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus" – termālā komforta novērtēšana, izmantojot PMV/PPD indeksus un lokālā komforta kritērijus.
- **LVS EN 16798-1:2021** "Ēku energoefektivitāte. Ēku ventilācija. 1. daļa: Telpu mikroklimata ievades parametri ēku energoefektivitātes projektēšanai un novērtēšanai, ņemot vērā telpu gaisa kvalitāti, temperatūras režīmu, apgaismojumu un akustiku. M1–6 modulis" – mikroklimata ievades parametri un gaisa kvalitātes prasības.

Atbilstoši **LBN 231-15 99. punktam**, ventilācijas sistēmas ražīgums jānodrošina tā, lai panāktu pietiekamu svaigā gaisa sajaukšanos ar telpas gaisu. Enerģijas patēriņa samazināšanas nolūkā pieļaujama gaisa recirkulācija, ja:

- telpā neizdalās kaitīgas vielas, baktērijas vai izteikti nepatīkamas smakas;
- recirkulācija tiek piemērota **funkcionāli vienādās telpās** (piem., viena dzīvokļa, viesnīcas numura vai viengimenes mājas ietvaros).

Saskaņā ar **LBN 231-15 105. punktu**, ja ar dabisko ventilāciju nav iespējams nodrošināt nepieciešamo gaisa kvalitāti, jāparedz mehāniskās ventilācijas sistēma. Savukārt **105.1. punkts** nosaka, ka jaunbūvētās izglītības iestādēs centralizēta mehāniskā ventilācija ir obligāta.

Saskaņā ar **LBN 231-15 108. punktu** mehāniskās nosūces ventilācijas sistēmu izvadāmo gaisa daudzumu kompensē ar atbilstošu pieplūdes gaisa daudzumu, ko sagatavo un padod telpās mehāniskās pieplūdes ventilācijas sistēmas. Pieplūdes gaisa ātrumam jāatbilst komforta kritērijiem, kas noteikti piemērojamajos standartos, tai skaitā LVS EN 16798-1 un LVS EN ISO 7730).

Saskaņā ar **LBN 231-15 109. punktu**, mehāniskās nosūces ventilācijas projektēšana bez mehāniskās pieplūdes ir pieļaujama tikai tad, ja:

- izvadāmā gaisa daudzums ir neliels,
- siltuma izdalīšanās telpā vai apkures sistēma spēj uzsildīt infiltrēto āra gaisu,
- nerodas caurvēja vai pazemināta spiediena (vakuuma) efekts.

Šāds risinājums nav pieļaujams, ja āra gaisa putekļu koncentrācija pārsniedz telpās pieļaujamo putekļu līmeni.

LVS EN 15780 nosaka ventilācijas kanālu tīrības klases (zema, vidēja, augsta), prasības kanālu materiāliem un piekļuves lūkām, tīrīšanas intervālus. Tas nozīmē, ka projektēšanā

jāparedz pietiekama piekļuve filtru maiņai, vieta siltummaiņas apkopei, kondensāta sifonu apkopei, kā arī iespēja nomainīt ventilatorus un automātikas komponentes. Bieži praksē šis tiek ignorēts, radot ekspluatācijas problēmas.

2.3. Tehnoloģisko risinājumu izvērtējums un labās prakses piemēri

Ventilācijas efektivitāte ir atkarīga no konkrētiem projektēšanas risinājumiem un var mainīties atkarībā no temperatūras, gaisa tilpuma plūsmas, gaisa sadales un termiskajām slodzēm.

Ventilācijas risinājumu energopatēriņa novērtējums ir būtiska ēku energoefektivitātes un iekštelpu mikroklimata kvalitātes analīzes sastāvdaļa, jo ventilācijas sistēmu darbība tieši ietekmē gan elektroenerģijas patēriņu ventilatoru piedziņām, gan siltumenerģijas pieprasījumu gaisa uzsildīšanai vai dzesēšanai. Šāda novērtējuma mērķis ir kvantitatīvi salīdzināt alternatīvus tehniskos risinājumus (piemēram, dabisko, mehānisko vai hibrīdo ventilāciju), ņemot vērā projektēšanas parametrus, ekspluatācijas režīmus, siltuma atgūšanas iespējas un sistēmas regulēšanas stratēģijas. Rezultātā iespējams identificēt galvenos energopatēriņa veicinātājus un pamatot optimālu risinājumu izvēli, kas nodrošina normatīvajām prasībām atbilstošu gaisa apmaiņu, vienlaikus samazinot kopējās enerģijas izmaksas un ietekmi uz vidi.

Tiek apskatīti sekojošie risinājumi:

- ventilācijas risinājums ar mehānisko pieplūdi vai nosūci;
- ventilācijas risinājums ar sienas rekuperatoru;
- ventilācijas risinājums ar gaisa apstrādes iekārtu;
- ventilācijas risinājums ar gaisa apstrādes iekārtu un mainīga gaisa plūsmas sistēmu (VAV).

Mehāniskās ventilācijas risinājumā (ar mehānisko pieplūdi un/vai mehānisko nosūci) ventilators rada nepieciešamo spiediena starpību starp ārējo un iekšējo vidi. Šis spiediena starpības rezultātā telpā kontrolēti ieplūst aprēķinātais gaisa daudzums, t.i., tiek nodrošināta projektētā gaisa apmaiņa. Līdzīgu vilkmes efektu iespējams panākt arī ar dabisko ventilāciju, piemēram, atverot logus vai ventilācijas lūkas, taču šajā gadījumā faktiskais gaisa apmaiņas apjoms nav kontrolējams un ir būtiski atkarīgs no meteoroloģiskajiem apstākļiem (āra-iekštelpu temperatūras starpības, vēja ātruma, virziena un spiediena pozitīvam vai negatīvam zonām), kā arī no ēkas arhitektūras risinājumiem un aerodinamiskajām īpašībām. Tādēļ praksē nepieciešamais gaisa daudzums ne vienmēr tiek sasniegts, īpaši pie nelielas temperatūras starpības vai vāja vēja. Tā kā pieplūdes gaiss nonāk iekštelpās nekontrolēti un bez gaisa apstrādes, ieplūdes gaisa parametri sakrīt ar ārējā gaisa parametriem: temperatūra un relatīvais mitrums, piesārņojuma līmenis, piemēram, putekļi, PM frakcijas, smakas, NO₂ utt. Līdz ar to dabiskā ventilācija daļēji var nodrošināt gaisa atjaunošanu, bet negarantē projektējamo lielumu sasniegšanu. Papildus, nekontrolētā gaisa pieplūde kompromitē iekštelpu gaisa kvalitāti, termisko komfortu un ietekmē enerģijas patēriņu.

Sienas rekuperators ir lokāls mehāniskās ventilācijas risinājums, kas paredzēts telpas gaisa apmaiņas nodrošināšanai bez centralizētas gaisa vadu sistēmas. Iekārta nodrošina gan āra gaisa pieplūdi, gan telpas gaisa nosūci, izmantojot ventilatoru, un ir aprīkota ar rekuperatoru (siltummaiņu), kura funkcija ir atgūt siltumu no nosūces gaisa un to nodot pieplūdes gaisam, tādējādi samazinot ventilācijas siltuma zudumus un paaugstinot pieplūdes gaisa temperatūru aukstajā periodā. Raksturīgi šīm iekārtām ir periodiska darbība mainīgos režīmos: noteiktā laika posmā tiek nodrošināta nosūce, bet nākamajā posmā – pieplūde. Šādā cikliskā režīmā siltummainis pārmaiņus uzkrāj siltumu nosūces

fāzē un atdod to pieplūdes fāzē. Līdz ar to faktiski tiek panākta siltuma atgūšana, vienlaikus saglabājot telpas ventilācijas funkciju.

Pētījumā par lokālu sienas rekuperatoru (decentralizētu ventilācijas iekārtu) konstatēts, ka reālos apstākļos efektivitāte būtiski krītas pie pieaugošas spiediena starpības starp ārtelpu un iekštelpu. Konkrēti, siltuma atgūšanas efektivitāte bija apmēram 96% pie $\Delta 0$ Pa, bet samazinājās līdz ~76% pie $\Delta 30$ Pa, jo spiediena starpība izmaina pieplūdes/izplūdes gaisa plūsmu attiecību un pazemina pieplūdes gaisa temperatūru²³.

Gaisa apstrādes iekārta ir mehāniskās ventilācijas un iekštelpu klimata nodrošināšanas risinājums, kas paredzēts telpu gaisa kvalitātes uzturēšanai, organizējot kontrolētu āra gaisa pieplūdi un gaisa nosūci. Iekārta parasti ietver ventilatorus pieplūdes un nosūces gaisa plūsmu nodrošināšanai, filtrācijas posmus putekļu un citu piesārņotāju aizturēšanai, kā arī siltummaiņu (rekuperatoru), kura uzdevums ir atgūt siltumu no nosūces gaisa un to nodot pieplūdes gaisam, tādējādi samazinot ventilācijas siltuma zudumus un uzlabojot energoefektivitāti, īpaši aukstajā periodā. Atkarībā no konfigurācijas iekārta var būt papildināta ar gaisa uzsildīšanas vai atdzesēšanas elementiem, mitrināšanas vai sausināšanas funkcijām.

Papildus gaisa apstrādes iekārta var tikt aprīkota ar mainīgās gaisa plūsmas regulēšanu (VAV), kuras darbība balstās uz pieplūdes gaisa daudzuma automātisku pielāgošanu atbilstoši telpas faktiskajai noslodzei un gaisa kvalitātes rādītājiem. Ja regulēšanas kritērijs ir CO₂ koncentrācija, telpā izvietots CO₂ sensors nepārtraukti mēra rādījumu un vadības automātika, izmantojot VAV vārstu vai VAV kārbu un attiecīgi ventilatoru ātruma regulēšanu, palielina gaisa padevi, kad CO₂ līmenis paaugstinās, un samazina to, kad koncentrācija krītas. Šāda pieprasījuma vadīta ventilācija nodrošina stabilāku iekštelpu gaisa kvalitāti, vienlaikus mazinot nevajadzīgu ventilācijas intensitāti un ar to saistītos siltuma un elektroenerģijas patēriņa zudumus.

Ēkas enerģijas patēriņa simulācija tika veikta skolas ēkai ar apsildāmo grīdas platību 5157.98 m². Pamatojoties uz LVS CEN/TR 16798-2:2022, telpu plānojumiem un pieņemtajiem ekspluatācijas nosacījumiem, ēkas aprēķinātā lietotāju noslodze ir 1437 cilvēki.

Lai noteiktu ēkas enerģijas patēriņu dažādu ventilācijas risinājumu gadījumā, tika izstrādāti un analizēti septiņi simulācijas scenāriji (skatīt 1. tabulu). 1.scenārijs ir bāzes gadījums bez atjaunošanas, ar nemainīgu gaisa apmaiņu, ko var pielīdzināt dabīgai ventilācijai ar ~1 gaisa apmaiņu stundā (LBN 231-15), bez rekuperācijas un bez pieplūdes gaisa piesildīšanas; 2. scenārijs ir bez atjaunošanas ar CAV un gaisa daudzumu pēc LVS EN 16798-1:2021 I kategorijas, bet joprojām bez rekuperācijas un bez piesildīšanas; 3. scenārijs saglabā 2. scenārija CAV un I kategorijas plūsmu, pievienojot 82% rekuperāciju, tā samazinot ventilācijas siltuma zudumus; 4. scenārijs ir līdzvērtīgs 3.scenārijam, bet pieplūdes gaiss tiek papildus piesildīts līdz +18 °C, uzlabojot komfortu; 5.scenārijs ir bāzes gadījums ar atjaunošanu, ar nemainīgu gaisa apmaiņu, ko var pielīdzināt dabīgai ventilācijai ar ~1 gaisa apmaiņu stundā, bez rekuperācijas un bez pieplūdes gaisa piesildīšanas; 6. scenārijs paredz atjaunotu ēku ar CAV, 82% rekuperāciju un I kategorijas gaisa daudzumiem bez pieplūdes piesildīšanas; 7. scenārijs ir līdzvērtīgs 5.scenārijam, bet ar pieplūdes gaisa piesildīšanu līdz +18 °C; 8. scenārijs paredz atjaunotu ēku ar VAV²⁴, 82% rekuperāciju un pieplūdes gaisa piesildīšanu līdz +18 °C, kas parasti dod zemāku patēriņu daļējas noslodzes periodos, saglabājot I kategorijas mērķus.

²³ Saite: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224004686>

²⁴ VAV – gaisa plūsma mainās pēc pieprasījuma, piemēram, uzturot CO₂ līmeni

1. tabula**Simulācijas rezultāti skolas ēkai**

Scenārijs	Apkures sistēmas enerģijas patēriņš gadā						Ventilācijas sistēmas enerģijas patēriņš gadā	
	A (kopā B+C)		B radiatori		C gaisa uzsildīšana			
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
1.	614590.4	119.15	614590.4	119.15	0	0	0	0
2.	1202217.3	233.08	1202217.3	233.08	0	0	28821.8	5.59
3.	606987.0	117.68	606987.0	117.68	0	0	27932.9	5.42
4.	1110443.6	215.29	559274.5	108.43	551169.1	106.86	27934.0	5.42
5.	348566.1	67.58	348566.1	67.58	0	0	0	0
6.	337831.1	65.50	337831.1	65.50	0	0	27931.7	5.42
7.	333156.6	64.59	291015.8	56.42	42140.8	8.17	27933.0	5.42
8.	233474.4	45.26	228658.5	44.33	4815.9	0.93	2319.0	0.45

Katram scenārijam maksimāli sasniegtais CO₂ līmenis ir attēlots 2. tabulā.

2. tabula**CO₂ līmeni pēc simulācijas skolas ēkai**

Scenārijs	Ventilācijas tips	Maksimāli sasniegtais CO ₂ līmenis, ppm
1.	CAV	1365
2.	CAV	556
3.	CAV	556
4.	CAV	556
5.	CAV	1376
6.	CAV	556
7.	CAV	556
8.	VAV	917

Salīdzinot nerenovētu ēku bez mehāniskās ventilācijas sistēmas (1.scenārijs) un atjaunotu ēku bez mehāniskās ventilācijas sistēmas (5.scenārijs), kopējais enerģijas ietaupījums sasniedz 43%, bet gaisa kvalitāte paliek tik pat zemā līmenī vai pat paliek sliktāka. Ja nerenovētai ēkai uzstāda mehānisko ventilācijas sistēmu bez siltuma atgūšanas

(2.scenārijs), enerģijas patēriņš pieaug gandrīz 2 reizēs, bet ja ar siltuma atgūšanu (3.scenārijs), tad patēriņš paliek līdzvērtīgs, bet tiek sasniegtā izcila gaisa kvalitāte.

6., 7. un 8. scenāriji (atjaunota ēka ar mehānisko ventilāciju un siltuma atgūšanu) demonstrē enerģijas patēriņa samazinājumu, salīdzinājumā ar 5. scenāriju (atjaunota ēka bez mehāniskās ventilācijas) 3-33% robežās atkarībā no risinājuma, kur lielākais ietaupījums tiek sasniegts izvēloties mainīgās gaisa plūsmas risinājumu, kas palīdz sasniegt trīspusējo līdzsvaru starp ēkas enerģijas patēriņu apkurei, enerģijas patēriņu ventilācijas sistēmas darbināšanai un gaisa kvalitāti.

2.4. Šķēršļi ilgtspējīgu ventilācijas risinājumu piemērošanā

Veiktā modeļa simulācija skaidri parāda (2.tabulas 5.scenārijs), ka renovēta ēka kurā nav ierīkota ventilācijas sistēma nenodrošina nepieciešamo gaisa kvalitāti. Problēma vēl vairāk izgaismojas, ja ēkas funkcionalitāte paredz lielu cilvēku noslodzi salīdzinoši nelielās telpās kā, piemēram, skolās vai bērnudārzos. Tādējādi secināms, ka domājot par ēku atjaunošanu ir jādomā arī par ilgtspējīgiem ventilācijas sistēmu risinājumiem.

Ventilācijas sistēmu izbūve un modernizācija ir būtisks priekšnoteikums veselīgai iekštelpu videi, energoefektivitātei un ilgtspējīgai ēku ekspluatācijai. Tomēr gan Latvijā, gan citviet Eiropā šo procesu ievērojami kavē vairāki šķēršļi. Tie ietekmē gan publisko, gan privāto sektoru, īpaši izglītības iestādes un citas publiskās ēkas, kurās nepieciešamība pēc kvalitatīvas ventilācijas ir īpaši augsta.

2.4.1. Finansiālie un ekonomiskie šķēršļi

Augstas sākotnējās investīcijas ventilācijas sistēmu izbūvei un modernizācijai

Ventilācijas sistēmu uzstādīšana vai modernizācija prasa ievērojamus sākotnējos kapitālieguldījumus. Šie izdevumi ietver projektēšanu, būvniecību, materiālus, automatizācijas sistēmas un energoefektīvu tehnoloģiju integrāciju. Pētījumi liecina, ka kvalitatīvas mehāniskās ventilācijas sistēmas izmaksas var būt īpaši augstas vēsturiskās vai tehniski sarežģītās ēkās, kur nepieciešama būtiska infrastruktūras pielāgošana (European Commission, 2020).

Turklāt ventilācijas sistēmu modernizācija bieži vien ir saistīta ar papildu izmaksām, piemēram:

- elektroinstalācijas pārbūvi,
- ugunsdrošības sistēmu pielāgošanu,
- būvniecības darbu veikšanu ēku ekspluatācijas laikā.

Šie faktori palielina kopējās izmaksas un padara projektu mazāk pievilcīgu ēkas īpašniekiem, kuriem nav pieejami pietiekami finanšu resursi.

Nepietiekams finansējums ēku renovācijai, īpaši izglītības iestādēs

Publiskajā sektorā, īpaši skolās un bērnudārzos, atjaunošanas projekti bieži tiek atlikti ierobežota budžeta dēļ. Izglītības iestāžu infrastruktūra daudzviet Latvijā ir novecojusi, un ventilācijas sistēmas nereti neatbilst mūsdienu veselības un energoefektivitātes standartiem. OECD norāda, ka investīciju trūkums izglītības infrastruktūrā ir raksturīgs daudziem Eiropas reģioniem, un tas tieši ietekmē skolēnu veselību un mācību sasniegumus (OECD, 2019).

Finansējuma nepietiekamību pastiprina vairāki faktori:

- konkurence starp dažādām budžeta prioritātēm (piemēram, pedagogu atalgojums, mācību materiāli),

- sarežģītas un laikietilpīgas ES fondu finansējuma piesaistes procedūras,
- pašvaldību atšķirīgās finansiālās iespējas.

Rezultātā ventilācijas sistēmu modernizācija bieži tiek uzskatīta par “ilgtermiņa investīciju”, kas tiek atlikta par labu īstermiņa vajadzībām.

Nepietiekama izpratne par ilgtermiņa ieguvumiem

Viens no būtiskākajiem šķēršļiem ir sabiedrības un lēmumu pieņēmēju nepietiekamā izpratne par ventilācijas sistēmu ilgtermiņa ieguvumiem. Lai gan sākotnējās izmaksas ir augstas, pētījumi konsekventi apliecina, ka kvalitatīva ventilācija:

- uzlabo iedzīvotāju veselību un samazina elpceļu saslimstību (WHO, 2021),
- paaugstina darba un mācību produktivitāti (Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2017),
- samazina enerģijas patēriņu, ja tiek izmantotas modernās rekuperācijas tehnoloģijas,
- pagarina ēkas kalpošanas laiku un samazina mitruma radītos bojājumus.

Tomēr šie ieguvumi bieži vien nav uzreiz finansiāli izmērāmi, un tādēļ tie netiek pietiekami ņemti vērā budžeta plānošanā. Ekonomikas literatūrā šo fenomenu dēvē par “īso laika horizontu problēmu”, kad lēmumu pieņēmēji dod priekšroku tūlītējiem ietaupījumiem, ignorējot ilgtermiņa ieguvumus (Thaler & Sunstein, 2008).

2.4.2. Tehniskie un infrastruktūras šķēršļi

Ventilācijas sistēmu modernizācija un integrācija esošajā ēku fondā ir viens no būtiskākajiem izaicinājumiem, kas ietekmē gan iekštelpu vides kvalitāti, gan energoefektivitāti. Daudzas ēkas Latvijā un citviet Eiropā ir būvētas laikā, kad mehāniskā ventilācija nebija obligāts standarts, un tas rada virkni tehnisku un infrastruktūras problēmu. Šie šķēršļi ne tikai palielina modernizācijas izmaksas, bet arī sarežģī efektīvu risinājumu ieviešanu.

Esošās ēkas bieži nav projektētas mehāniskai ventilācijai

Liela daļa ēku, īpaši būvētas pirms 2000. gada, un nav paredzētas mehāniskās ventilācijas sistēmu uzstādīšanai. Tas nozīmē, ka trūkst:

- vietas ventilācijas kanāliem,
- tehnisko telpu iekārtu izvietojumam,
- piemērotas konstrukcijas gaisa padeves un nosūces risinājumiem.

Pētījumi liecina, ka mehāniskās ventilācijas ieviešana vēsturiskās vai padomju laika ēkās bieži prasa būtiskas konstrukciju izmaiņas, kas var ietekmēt ēkas statiku un arhitektonisko integritāti (BPIE, 2020). Turklāt daudzas ēkas ir daļēji renovētas, piemēram, siltinātas, bet bez ventilācijas sistēmu uzlabošanas, kas rada t.s. “slēgtās ēkas efektu” – samazinās dabiskā gaisa apmaiņu, palielinās mitrums un pelējuma risks.

Nepietiekama inženiersistēmu savstarpējā saskaņošana

Ventilācijas sistēmas efektivitāte ir cieši saistīta ar citu inženiersistēmu – apkures, dzesēšanas, siltumizolācijas un ēkas automatizācijas – darbību. Ja šīs sistēmas nav savstarpēji saskaņotas, rodas vairākas problēmas:

- **enerģijas zudumi**, ja ventilācija darbojas neatkarīgi no apkures vai dzesēšanas režīmiem,
- **neefektīva gaisa plūsma**, ja telpu plānojums vai izolācija nav pielāgota mehāniskai ventilācijai,
- **mikroklimata nestabilitāte**, kas var radīt diskomfortu lietotājiem.

Starptautiskie pētījumi uzsver, ka integrēta pieeja ēku inženiersistēmām ir būtiska, lai sasniegtu Eiropas Savienības energoefektivitātes mērķus (IEA, 2021). Tomēr praksē bieži

sastopama situācija, kur atjaunošanas procesā tiek uzlabota tikai viena sistēma, ignorējot tās mijiedarbību ar citām. Tas īpaši raksturīgs publiskajām ēkām, kur renovācija notiek pakāpeniski un atkarībā no pieejamā finansējuma.

Nepietiekama ventilācijas sistēmu apkope un uzraudzība

Pat tad, ja ventilācijas sistēmas ir uzstādītas, to efektivitāti būtiski ietekmē regulāras apkopes trūkums. Biežākās problēmas ir:

- aizsērējuši filtri,
- neatbilstoši noregulētas gaisa plūsmas,
- nolietoti ventilatori un siltuma rekuperatori,
- nepietiekama sistēmas monitorēšana.

Pētījumi rāda, ka slikti uzturētas ventilācijas sistēmas var samazināt gaisa kvalitāti līdz pat līmenim, kas ir zemāks nekā ēkās bez mehāniskās ventilācijas (ASHRAE, 2019). Turklāt nepareiza apkope palielina enerģijas patēriņu un ekspluatācijas izmaksas, kas savukārt attur ēku īpašniekus no modernizācijas.

Latvijā šo problēmu pastiprina arī kvalificētu speciālistu trūkums un nepietiekama ēku apsaimniekotāju izpratne par ventilācijas sistēmu nozīmi. Daudzās skolās un bērnudārzos ventilācijas sistēmas tiek uzturētas minimālā līmenī, kas var ietekmēt bērnu veselību un mācību vidi.

2.4.3. Kompetences un zināšanu trūkums

Kompetences un zināšanu trūkums ir nozīmīgs šķērslis efektīvu ventilācijas sistēmu ieviešanā un uzturēšanā. Tas ietekmē gan projektēšanas kvalitāti, gan ēku apsaimniekošanas praksi, gan lēmumu pieņemšanu par investīcijām ilgtspējīgos risinājumos. Šī problēma ir īpaši aktuāla Latvijā, kā arī citās valstīs ar novecojušu ēku fondu. Lai veicinātu kompetences celšanu un zināšanu attīstību ir jāveicina ieguldījumi profesionālās izglītības attīstībai.

Zināšanu trūkums par ilgtspējīgiem risinājumiem projektētāju, apsaimniekotāju un pasūtītāju vidū

Atsevišķos gadījumos ēku projektētāji, apsaimniekotāji un pasūtītāji joprojām balstās tradicionālās pieejās, kas ne vienmēr atbilst mūsdienu energoefektivitātes un iekštelpu vides kvalitātes prasībām. Šo situāciju ietekmē vairāki faktori:

- nepietiekama profesionālā tālākizglītība,
- ierobežota piekļuve jaunākajām tehnoloģijām un starptautiskajām vadlīnijām,
- konservatīva pieeja būvniecības praksē,
- nepietiekama izpratne par dzīves cikla izmaksu analīzi.

Pētījumi liecina, ka projektētāju kompetence būtiski ietekmē ventilācijas sistēmu efektivitāti un ekspluatācijas izmaksas (IEA, 2021). Ja projektēšanas procesā netiek ņemti vērā mūsdienīgi risinājumi, piemēram, rekuperācijas tehnoloģijas, automatizēta gaisa kvalitātes kontrole vai integrētas enerģijas vadības sistēmas, ēkas ilgtermiņā zaudē gan energoefektivitātes, gan veselības ieguvumus.

Nepietiekama izpratne par gaisa kvalitātes nozīmi

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir tieši saistīta ar cilvēku veselību, produktivitāti un labklājību. Tomēr sabiedrībā un pat profesionāļu vidū šī tēma bieži tiek novērtēta par zemu. Pasaules Veselības organizācija uzsver, ka sliktā gaisa kvalitāte var palielināt elpceļu slimību risku, ietekmēt kognitīvās spējas un radīt ilgtermiņa veselības problēmas (WHO, 2021). Neskatoties uz to, ventilācijas sistēmas bieži tiek uztvertas kā sekundārs elements, salīdzinot ar apkuri vai siltināšanu.

Šī nepietiekamā izpratne izpaužas vairākos veidos:

- ventilācijas sistēmas tiek projektētas ar minimālām jaudām,
- netiek nodrošināta pietiekama gaisa apmaiņa intensīvi izmantotās telpās,
- netiek veikta regulāra gaisa kvalitātes monitorēšana,
- atjaunošanas projektos ventilācija tiek atstāta "pēdējā vietā".

Hārvardas Sabiedrības veselības skolas pētījumi apliecina, ka uzlabota ventilācija var būtiski paaugstināt darba un mācību produktivitāti, samazinot nogurumu un uzlabojot koncentrēšanās spējas (Allen et al., 2017). Tomēr šie dati bieži netiek integrēti lēmumu pieņemšanas procesos.

Nepietiekamas zināšanas par ventilācijas sistēmu pareizu ekspluatāciju un apkopi

Pat tad, ja ventilācijas sistēmas ir pareizi uzstādītas, to efektivitāte ir atkarīga no regulāras un profesionālas apkopes. Tomēr ēku apsaimniekotājiem bieži trūkst:

- zināšanu par filtru nomaiņas biežumu,
- izpratnes par gaisa plūsmas balansēšanu,
- prasmju izmantot automatizācijas sistēmas,
- spējas identificēt sistēmas darbības traucējumus.

ASHRAE norāda, ka nepareiza ventilācijas sistēmu ekspluatācija var samazināt to efektivitāti līdz pat 30–50% (ASHRAE, 2019). Tas nozīmē, ka pat modernākās sistēmas var nedarboties atbilstoši, ja tās netiek pienācīgi uzraudzītas.

Latvijā šo problēmu pastiprina arī apsaimniekošanas tirgus fragmentācija un atšķirīgais profesionālais līmenis starp apsaimniekotājiem. Daudzās izglītības iestādēs ventilācijas sistēmas tiek uzturētas minimālā līmenī, kas tieši ietekmē bērnu veselību un mācību vidi.

2.4.4. Normatīvie un administratīvie šķēršļi

Ventilācijas sistēmu modernizācija un integrācija ēku atjaunošanas procesos ir cieši saistīta ar normatīvo regulējumu un administratīvajām procedūrām. Lai gan Eiropas Savienības un nacionālie tiesību akti arvien vairāk uzsver energoefektivitātes un iekštelpu vides kvalitātes nozīmi, praksē šo prasību īstenošanu bieži kavē nepilnības projektēšanas dokumentācijā, sarežģīti administratīvie procesi un nepietiekama normatīvo aktu interpretācija. Šie šķēršļi būtiski ietekmē gan atjaunošanas tempu, gan ventilācijas sistēmu kvalitāti.

Kompleksu ventilācijas prasību trūkums projektēšanas uzdevumos

Projektēšanas uzdevums ir pamata dokuments, kas nosaka ēkas tehniskās prasības un projektēšanas virzienu. Tomēr praksē ventilācijas sistēmu prasības tajā nereti tiek formulētas vispārīgi vai nepietiekami detalizēti. Tas rada vairākas problēmas:

- projektētāji balstās uz minimālajām normatīvajām prasībām, nevis uz optimāliem risinājumiem,
- netiek ņemti vērā ēkas lietošanas scenāriji un mainīgā noslodze,
- ventilācijas sistēmas netiek integrētas ar citām inženiersistēmām,
- trūkst prasību par gaisa kvalitātes monitoringu un automatizāciju.

Starptautiskie pētījumi norāda, ka projektēšanas uzdevuma kvalitāte ir viens no kritiskākajiem faktoriem, kas nosaka ēkas energoefektivitāti un iekštelpu vides kvalitāti (IEA, 2021). Ja ventilācijas prasības netiek definētas pietiekami precīzi, gala risinājumi bieži neatbilst mūsdienu veselības un komforta standartiem.

Turklāt Latvijā joprojām pastāv prakse, ka atjaunošanas projektos ventilācija tiek uzskatīta par sekundāru elementu, salīdzinot ar siltināšanu vai apkures sistēmu modernizāciju. Tas ir pretrunā ar Eiropas Komisijas vadlīnijām, kas uzsver nepieciešamību pēc integrētas pieejas ēku renovācijai (European Commission, 2020).

Ilgstošas saskaņošanas procedūras, sarežģītas prasības un interpretācijas atšķirības

Būvniecības ieceres dokumentācijas saskaņošana ar pašvaldībām un citām institūcijām var ievilkties vairāku mēnešu garumā. Tas īpaši attiecas uz:

- kultūras pieminekļu aizsardzības objektiem,
- sabiedriskām ēkām, kur nepieciešami papildu drošības novērtējumi,
- projektiem, kuros tiek mainīta ēkas funkcionālā struktūra.

Lēna saskaņošana palielina projekta izmaksas un attur pasūtītājus no ambiciozākiem risinājumiem, tostarp ventilācijas sistēmu modernizācijas.

Tāpat var būt situācijas, ka normatīvie akti tiek interpretēti atšķirīgi dažādās institūcijās, kas rada neskaidrības projektētājiem un būvniekiem. Piemēram:

- gaisa apmaiņas normatīvi dažkārt tiek interpretēti minimāli, nevis optimāli,
- prasības par energoefektivitāti var konfliktēt ar prasībām par ugunsdrošību vai akustiku,
- ventilācijas sistēmu dokumentācijas prasības var būt nesamērīgi apjomīgas.

Šāda situācija rada risku, ka projektētāji izvēlas vienkāršākos, nevis kvalitatīvākos risinājumus, lai izvairītos no papildu administratīvā sloga.

ES fondu un valsts programmu birokrātija

ES un Latvijā liela daļa atjaunošanas projekti notiek ar ES fondu atbalstu, lai mazinātu klimata pārmaiņas. Atjaunošanas projekti, kas tiek īstenoti ar ES fondu atbalstu, bieži saskaras ar:

- sarežģītām pieteikšanās procedūrām,
- detalizētām atskaišu prasībām,
- ilgstošu projektu izvērtēšanu.

OECD norāda, ka birokrātiskais slogs ir viens no galvenajiem faktoriem, kas kavē publisko ēku renovāciju Eiropā (OECD, 2019).

Gaisa kvalitātes problēmu nenovērtēšana

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē cilvēku veselību, kognitīvās spējas un vispārējo labbūtību. Izglītības iestādēs šī nozīme ir īpaši izteikta, jo bērni un jaunieši ir jutīgāka sabiedrības grupa, kas lielu dienas daļu pavada slēgtās telpās. Tomēr daudzviet, tostarp Latvijā, gaisa kvalitātes problēmas netiek sistemātiski risinātas, un to ietekme bieži tiek nenovērtēta gan politikas veidotāju, gan izglītības iestāžu vadības līmenī.

Daudzās skolās un bērnudārzos gaisa kvalitāte neatbilst rekomendētajiem standartiem. Pētījumi Eiropā un Ziemeļamerikā konsekvēti parāda, ka izglītības iestādēs bieži tiek konstatēti:

- paaugstināti CO₂ līmeņi,
- nepietiekama gaisa apmaiņa,
- paaugstināts mitrums un pelējuma risks,
- paaugstināta putekļu un alergēnu koncentrācija.

Latvijā veikti mērījumi liecina, ka CO₂ koncentrācija klasēs nereti pārsniedz 1500–2000 ppm, kas ir būtiski virs Pasaules Veselības organizācijas un Eiropas Savienības rekomendētajiem līmeņiem (WHO, 2021). Neskatoties uz to, gaisa kvalitātes uzlabošana bieži netiek iekļauta skolu attīstības plānos vai tiek risināta fragmentāri, piemēram, tikai ar logu vēdināšanu, kas nav pietiekami intensīvi izmantotās telpās.

Problēmas sistemātiskas risināšanas trūkumu veicina vairāki faktori:

- nepietiekams finansējums ventilācijas sistēmu modernizācijai,
- zema izpratne par gaisa kvalitātes ietekmi uz mācību procesu,
- administratīvais slogs un sarežģīti atjaunošanas procesi,
- trūkstoši dati par gaisa kvalitāti, jo monitorings netiek veikts regulāri.

OECD norāda, ka izglītības infrastruktūras kvalitāte ir tieši saistīta ar skolēnu sasniegumiem un veselību, tomēr daudzās valstīs šī saikne netiek pietiekami ņemta vērā politikas plānošanā (OECD, 2019).

CO₂ līmeņu pārsniegšana un tās nenovērtētā ietekme

CO₂ koncentrācija ir viens no būtiskākajiem indikatoriem, kas raksturo gaisa apmaiņas efektivitāti telpās. Pētījumi liecina, ka CO₂ līmeņi virs 1000 ppm var negatīvi ietekmēt:

- koncentrēšanās spējas,
- lēmumu pieņemšanas ātrumu,
- uzmanības noturību,
- mācību rezultātus.

Hārvardas Sabiedrības veselības skolas pētījumā konstatēts, ka paaugstināts CO₂ līmenis var samazināt kognitīvo funkciju rādītājus pat par 15–50% (Allen et al., 2017). Neskatoties uz šiem datiem, daudzās izglītības iestādēs CO₂ līmeņu pārsniegšana netiek uzskatīta par kritisku problēmu, un ventilācijas sistēmu uzlabošana netiek prioritizēta.

Šo situāciju pastiprina vairāki faktori:

- CO₂ līmeņi nav redzami vai jūtami, tāpēc problēma bieži paliek “neredzama”,
- skolotāji un administrācija bieži nav apmācīti interpretēt gaisa kvalitātes datus,
- sabiedrībā valda priekšstats, ka logu atvēršana ir pietiekams risinājums,
- gaisa kvalitātes monitoringa iekārtas nav obligātas un bieži netiek izmantotas.

Turklāt paaugstināts CO₂ līmenis bieži ir tikai simptoms plašākai problēmai – nepietiekamai ventilācijas sistēmai vai tās nepareizai ekspluatācijai.

2.5. MESH pilotprojekts un tehniskie risinājumi decentralizētās ventilācijas sistēmas ierīkošanai

FORTESIE projekta ietvaros viens no septiņiem pilotprojektiem tika īstenots Latvijā. Pilotprojekts tika īstenots izglītības iestādē Rīgas 9. vidusskolā, kurā SIA "Mesh"²⁵ (turpmāk - MESH) veica ventilācijas sistēmas izbūvi un ēkas aprīkošanu ar viedo energopārvaldības sistēmu, lai uzlabotu tās iekšējo mikroklimatu un energoefektivitātes rādītājus.

Skolas ēka (skatīt 1.attēlu) tika uzcelta 1972. gadā un 2022. gadā tai tika veikta liela mēroga atjaunošana, kas ietvēra fasādes un jumta siltināšanu. Atjaunošanas ietvaros ārsienas tika siltinātas ar 150 mm biezu akmens vati un apdarinātas ar dekoratīvo apmetumu. Jumts tika siltināts ar 200 mm siltumizolācijas materiālu un pārklāts ar ruļļveida jumta segumu. Papildu atjaunošanas pasākumi ietvēra ēkas pamatu siltināšanu, ārdurvju nomaiņu, kā arī logu rāmju un citu konstrukcijas elementu atjaunošanu.



1.attēls. Rīgas 9. vidusskola pirms un pēc atjaunošanas

Ēkas kopējā platība ir 5258 m². Skolas ēkai ir četri stāvi, un pirmajos trīs līmeņos atrodas klases. Katras klases platība ir no aptuveni 50 līdz 70 m². Kopumā skolā ir 37 klases, tostarp 11 klases pirmajā stāvā, 11 otrajā stāvā un 8 trešajā stāvā. Skolā mācās aptuveni 315 skolēni. Personālu veido 38 skolotāji un 23 tehniskā un administratīvā personāla darbinieki.

Ēkas atjaunošanā netika paredzēti ilgtspējīgi ventilācijas sistēmu risinājumi, tāpēc klases telpās nereti nebija nodrošināta atbilstoša gaisa kvalitāte. Savukārt atbilstošas gaisa kvalitātes nodrošināšanai bija nepieciešams atvērt logus, tādējādi samazinot energoefektivitātes ieguvumus no ēkas siltumnoturības uzlabošanas. Ņemot vērā, ka centralizētie ventilācijas sistēmu risinājumi nebija paredzēti jau ēkas atjaunošanas sākotnējā posmā, tad to ierīkošana būtu ievērojami apgrūtināta, bojātu ēkas iekštelpu dizainu un aizņemt lielu telpu platību, tādējādi skolā bija nepieciešams domāt par inovatīviem decentralizēto ventilācijas sistēmu risinājumiem.

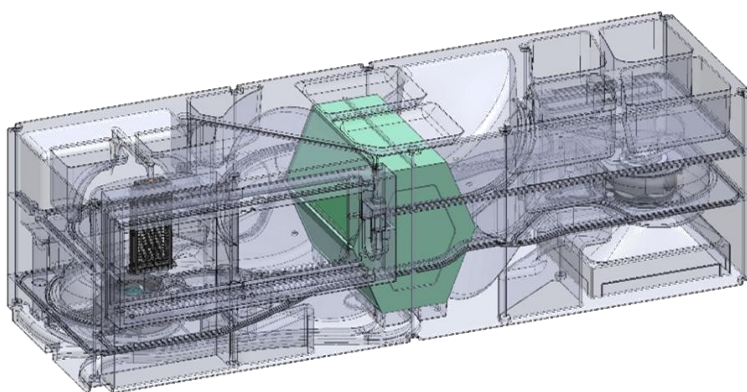
Pilotobjektā tika uzstādīta ēku pārvaldības sistēma (BMS), kuras pamatā ir MESH pēc pieprasījuma izstrādāta tehnoloģija. Sistēma ļauj automatiski pārvaldīt ēkas apkures un ventilācijas sistēmas atsevišķu klašu līmenī. Risinājums ietver pašapkalpošanās vadības paneļus un sensoru tīklu, kas uzrauga iekštelpu vides parametrus, piemēram, CO₂, gaistošos organiskos savienojumus (GOS), temperatūru, mitrumu un spiedienu klasēs (18 800).

Sistēmā ietilpst arī 232 mikroregulēšanas punkti, izmantojot Mesh RRC-030 kontrolierus (12 500), kā arī apkures sistēmā uzstādīti regulēšanas un balansēšanas vārsti, lai nodrošinātu mikroregulēšanu klases līmenī (232 punkti, 10 900). Ir uzstādītas 37 gaisa

²⁵ Saite: <https://www.mesh-bms.com>

apstrādes iekārtas un 58 Mesh gaisa sensori (jauda 500 m³/h, 105 800), kā arī bezvadu Mesh infrastruktūra sensoru vārtejām.

Uzstādītā sistēma (skatīt 2. attēlu) automātiski pielāgo ventilācijas ātrumu atbilstoši klases telpu noslogotībai un iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājiem. Palielinoties noslogotībai un paaugstinoties CO₂ koncentrācijai, ventilācijas ātrums tiek palielināts, lai nodrošinātu pietiekamu svaiga gaisa padevi. Savukārt, ja telpas ir neapdzīvotas vai CO₂ līmenis saglabājas zems, ventilācijas ātrums tiek samazināts, lai samazinātu enerģijas patēriņu. Ventilācijas process darbojas, izmantojot siltuma atgūšanas sistēmu, kas gaisa apmaiņas laikā spēj atgūt vairāk nekā 90% siltuma. Tas ievērojami samazina siltuma zudumus salīdzinājumā ar tradicionālajām ventilācijas praksēm, piemēram, dabisko ventilāciju, atverot logus, un veicina energoefektivitātes uzlabošanu. Iekštelpu vides parametrus, tostarp temperatūru, mitrumu un CO₂ koncentrāciju, nepārtraukti uzrauga Mesh gaisa kvalitātes sensori. Visi sensoru dati ir integrēti Mesh BMS platformā, kas ļauj analizēt ēkas veiktspēju un enerģijas patēriņu. Sistēma atbalsta proaktīvu pārvaldību, ļaujot veikt darbības korekcijas, pamatojoties uz noslogotības modeļiem, laika prognozēm un enerģijas tarifu nosacījumiem.



2.attēls. MESH gaisa ventilācijas sistēma

Ieviestais risinājums sniedz vairākas būtiskas priekšrocības:

- Pielāgots risinājums renovētām publiskām ēkām, kurās nav ierīkota centralizēta ventilācijas sistēma.
- Uzlabota iekštelpu gaisa kvalitāte: Mesh BMS atbalsta stabilu iekštelpu gaisa kvalitātes parametru uzturēšanu, veicinot uzlabotus mācību apstākļus un iemītnieku labsajūtu.
- Uzlabota energoefektivitāte un komforts: Apkures un ventilācijas automatizēta regulēšana uzlabo termisko komfortu, vienlaikus optimizējot enerģijas patēriņu.
- Reāllaika uzraudzība un uz datiem balstīta pārvaldība: Nepārtraukta datu vākšana un analīze ļauj ātri reaģēt uz mainīgiem iekštelpu apstākļiem un nodrošina vēsturiskus datu kopumus un veiktspējas salīdzinājumus, atbalstot efektīvāku ēkas darbību.

Jaunās BMS un ventilācijas sistēmas uzstādīšanas laikā radās vairākas tehniskas problēmas. Tā kā tehnoloģija ir gan inovatīva, gan relatīvi jauna vietējā tirgū, pilotprojekta ietvaros bija nepieciešams papildu laiks, lai izprastu sistēmas arhitektūru, integrētu dažādas komponentes un atrisinātu neparedzētas saderības problēmas. Šie faktori veicināja lēnāku progresu nekā sākotnēji plānots.

Pilotprojekta rādītāji un rezultāti

Rādītāju apraksts	Pārbaudes veids	Bāzes vērtība	Vienība	Mērķa vērtība	
Atjaunošanas procesa apmierinātība	Anketa	N/A	%	70% apmierināti	70% apmierināti <i>Danka</i>
Kopējais enerģijas patēriņa samazinājums	Siltuma patēriņš (no apkures sistēmas operatora)	80 kWh/m ²	%	-25%	-27% 58.4 kWh/m ²
	Elektroenerģijas patēriņš (no Rīgas nodaļas)	0 kWh/m ²		Nepārsniedz +1,46 kWh/m ²	Nepārsniedz +1,46 kWh/m ²
CO ₂ samazinājums no siltuma	Aprēķini	16.048 t CO ₂ /m ²	%	-25%	-27% 11.797 t CO ₂ /m ²
Siltumenerģijas izmaksu samazinājums	Siltumenerģijas rēķini	17 EUR/ m ²	%	-20%	-70% 5.13 EUR/ m ²
Komforta un gaisa kvalitātes uzlabošana (aptaujas)	Iegūts no anketām	Bāzes datus plānots apkopot turpmākajos mēnešos	Kvalitatīvs	70% apmierināti	70% apmierināti <i>Danka</i>
Komforta un gaisa kvalitātes uzlabošana (sensori)	Mērīts ar sensoriem	N/A	Kvantitatīvs	Temperatūra 18 °C Mitrums 30–70% CO ₂ nepārsniedz 1000 ppm	Temperatūra 18 °C Mitrums 30–70% CO ₂ nepārsniedz 1000 ppm

Siltumenerģijas patēriņš

Latvijas apkures sezonai, kas ilgst no oktobra līdz aprīlim, tika aprēķinātas siltuma patēriņa bāzes un mērķa vērtības. Saskaņā ar Latvijas likumdošanu, salīdzinot siltuma

patēriņa datus, jāpiemēro klimata korekcija, jo ziemas temperatūra katru gadu ievērojami atšķiras.

- Pēc klimata korekcijas piemērošanas kopējais siltuma patēriņš tika dalīts ar ēkas kopējo platību 5258 m². Aprēķinātā bāzes vērtība ir 80 kWh/m² pirms atjaunošanas. Pēc īstenotajiem atjaunošanas pasākumiem kopējais siltuma patēriņa samazinājums sasniedza 27%. Samazinājums, kas panākts tikai ar apkures sistēmas uzlabojumiem, ir aptuveni 15%, kas aprēķināts kā vidējais rādītājs pēdējos apkures periodos. Precīzu enerģijas ietaupījumu, kas attiecināms uz ventilācijas sistēmu, vēl nevar pilnībā aprēķināt, jo kopš tās uzstādīšanas nav pagājusi pilna apkures sezona. Tāpēc potenciālās ietekmes novērtēšanai tika izmantota alternatīva analītiska pieeja. Pēc MESH pieprasījuma pārvaldības sistēmas uzstādīšanas kļuva pieejami dati par katra apkures radiatora vārsta ūdens plūsmas procentuālo daļu no nominālās maksimālās vērtības, tāpēc, pamatojoties uz katrai klasei piegādātās siltuma daļu, mēs varam salīdzināt telpas atsevišķi. Tas ļauj salīdzināt konkrētu telpu veiktspēju līdzīgos apstākļos. Ēkas termiskās inerces dēļ minimālais jēgpilnais novērošanas periods ir aptuveni viena nedēļa; tomēr, lai iegūtu skaidrākus un ticamākus salīdzināmus datus, tika izmantots viena mēneša periods. Analīzei tika izvēlētas trīs salīdzināmas klases, kas atrodas uz vienas ēkas fasādes, ļaujot veikt paralēlu salīdzināšanu identiskos klimatiskajos apstākļos: viena klase ar sliktu gaisa apstrādi, kā tas parasti tiek darīts esošajā procedūru sistēmā (4. telpa),
- viena klase, kas tiek ventilēta manuāli caur loga atvēršanu pietiekami bieži, lai CO₂ līmenis būtu apmierinošā diapazonā (3. telpa), un
- viena klase, kas aprīkota ar jaunizveidotu mehānisko ventilācijas iekārtu (5. telpa).

Šī pieeja ļāva tieši salīdzināt trīs dažādu ventilācijas stratēģiju veiktspēju vienā ēkā un vienādos ārējos klimatiskajos apstākļos.

Rezultāti liecina, ka citādi līdzīgās telpās ar vienādu noslogojumu mehāniskās ventilācijas iekārtas uzstādīšana var samazināt enerģijas patēriņu līdz pat 32% salīdzinājumā ar telpām, kurās tiek izmantota tradicionālā ventilācijas prakse.

4.tabula

Telpu testa rezultāti

Periods:	01.11.2025. – 25.02.2026.				
	Temperatūra @ komforta periodi (celsijs)	Temperatūra @ eko periods (celsijs)	Vidējā enerģijas padeves plūsma (%)	Komforta un eko periodu attiecība (%)	CO ₂ @ komforta periods (ppm)
3. telpa	19.9	19.3	81.5	41.5	592.5
4. telpa	20.5	19.2	57.8	41.5	912.8
5. telpa	20.5	18.5	59.5	41.5	539.8

Testa rezultāti attiecas tikai uz speciāli projektētajām demonstrācijas ēkas gaisa apstrādes iekārtām – apkures radiatori atrodas zem gaisa nosūces kanāla, un svaigs gaiss tiek pievadīts tuvu griestiem, lai maksimāli izmantotu *Koanda* efektu un izveidotu slēgtu ventilācijas cilpu visā klasē. Secinājumi:

- 3. telpa salīdzinājumā ar 5. telpu (laba gaisa apstrāde ar dabisko ventilāciju salīdzinājumā ar lokālo rekuperāciju):
 - o Rekuperācija ietaupa enerģiju par 27%;

- Rekuperācija samazina CO₂ par 9%;
- Rekuperācija ļauj uzturēt iestatīto temperatūru (temperatūras pieaugums par 3%).
- 4. telpa salīdzinājumā ar 5. telpu (slikta gaisa apstrāde ar dabisko ventilāciju salīdzinājumā ar lokālo rekuperāciju):
 - Rekuperācija palielina enerģijas patēriņu par 3%;
 - Rekuperācija samazina CO₂ par 59%;
 - Rekuperācija neietekmē gaisa temperatūru.
- 3. telpa salīdzinājumā ar 4. telpu (slikta salīdzinājumā ar labu gaisa apstrādi ar dabisko ventilāciju):
 - Laba gaisa apstrāde palielinās enerģijas patēriņu par 29%;
 - Slikta gaisa apstrāde vidēji par 65% augstāku CO₂ līmeni;
 - Laba gaisa apstrāde samazinās temperatūru par 3% no iestatītās vērtības.

Ventilācijas iekārtas ir uzstādītas klasēs ar kopējo platību 2013 m², savukārt ēkas kopējā platība ir 5258 m². Pamatojoties uz šo proporciju un izmērīto veiktspēju telpu līmenī, tiek lēsts, ka **ventilācijas sistēma veicina ēkas kopējā enerģijas patēriņa samazinājumu par papildu 12%**.

Rezultātā tiek aprēķināts, ka **pilotprojekta rezultātā kopējais siltuma patēriņa samazinājums bija 27%**, pārsniedzot sākotnēji plānoto 25% samazinājumu. Rezultāti tiks vēlreiz apstiprināti nākamajā apkures sezonā, kad novērtēšanai būs pieejams pilns ventilācijas sistēmas darbības cikls.

Elektroenerģijas patēriņš

Attiecībā uz elektroenerģijas patēriņu ventilācijas sistēmai tika noteikta sākotnējā vērtība 0 kWh/m², jo pirms projekta īstenošanas ēkā nebija uzstādītas mehāniskās ventilācijas iekārtas.

Pašlaik ēkas elektroenerģijas patēriņš galvenokārt ir saistīts ar apgaismojuma sistēmu, kuras vidējais patēriņš ir 23 kWh/m² gadā, pamatojoties uz vēsturiskajiem datiem no 2020. līdz 2025. gadam. Tā kā apgaismojuma elektroenerģijas patēriņš nav atkarīgs no jaunizveidotās ventilācijas sistēmas, projekta ietvaros nebija iespējams noteikt procentuālu samazinājuma mērķi šai komponentei.

Tāpēc ventilācijas sistēmas elektroenerģijas patēriņš tika noteikts, izmantojot tehniskos aprēķinus. Ventilācijas iekārtu nominālais elektroenerģijas patēriņš tika aprēķināts, pamatojoties uz sistēmas projektēšanas parametriem. Tā kā ventilācijas iekārtas darbojas saskaņā ar šiem fiksētajiem tehniskajiem parametriem, to elektroenerģijas patēriņš darbības laikā atbilst aprēķinātajām vērtībām.

Turpretī ēkas kopējais elektroenerģijas patēriņš gadu no gada ievērojami atšķiras vairāku ārēju un ekspluatācijas faktoru dēļ, piemēram, apdzīvotības modeļu, izglītības aprīkojuma izmantošanas, apgaismojuma intensitātes un citu ar ēku saistītu darbību dēļ. Šī iemesla dēļ ēkas kopējā elektroenerģijas patēriņa svārstības netiek uzskatītas par uzticamu rādītāju ventilācijas sistēmas mērķrādītāju sasniegšanas novērtēšanai.

Siltumenerģijas patēriņa izmaksas

Siltuma patēriņa izmaksas pēdējos gados ir ievērojami samazinājušās, tomēr šo samazinājumu nevar attiecināt tikai uz projekta ietvaros īstenotajām atjaunošanas aktivitātēm. Siltumenerģijas tarifus spēcīgi ietekmē ārējie faktori, jo īpaši enerģijas tirgu svārstības.

Bāzes vērtība 17 EUR/m² tika noteikta laikā, kad sākās karš Ukrainā, kas izraisīja strauju dabasgāzes cenu pieaugumu visā Baltijas reģionā un līdz ar to ievērojami augstākus centralizētās siltumapgādes tarifus.

Kopš tā laika enerģijas cenas ir stabilizējušās un samazinājušās. Pēdējā pilnajā apkures sezonā (2024./2025.) apkures izmaksas tika samazinātas par aptuveni 70%, sasniedzot 5,13 EUR/m².

Tāpēc ir svarīgi atzīmēt, ka, lai gan ēkas energoefektivitātes uzlabojumi veicināja siltuma pieprasījuma samazināšanos, dramatiskais siltuma izmaksu samazinājums lielā mērā ir saistīts gan ar enerģijas tirgus cenu izmaiņām, gan arī atjaunošanas pasākumiem.

Gaisa kvalitāte

Komforta un gaisa kvalitātes uzlabošanas (izmantojot sensorus) bāzes mērķa vērtība ir noteikta Latvijas normatīvajos aktos publiskajām ēkām, kas nosaka minimālās vērtības, kas jāuztur klasēs. Analizējot sensoru datus, redzams, ka **jaunizveidotās sistēmas ļauj skolai samazināt vidējo CO₂ līmeni klasēs mācību stundās par gandrīz 300 ppm, un maksimālā vērtība tiek mainīta no 2400 ppm līdz 1300 ppm.**

Pilotprojekta secinājumi

Mesh pieprasījuma ēku pārvaldības sistēmas (BMS) un modernu ventilācijas risinājumu ieviešana pilotprojektā ir nozīmīgs pagrieziena punkts skolu infrastruktūras un ēku pārvaldības prakses modernizācijā Latvijā. Pilotprojekts demonstrē, kā inovatīvas digitālās tehnoloģijas var veiksmīgi integrēt esošajās publiskajās ēkās, lai uzlabotu iekštelpu vides kvalitāti, energoefektivitāti un kopējo darbības rādītāju.

Kā pirmā izglītības iestāde Latvijā, kas ieviesusi šādu modernu uz Mesh balstītu ēku pārvaldības un pieprasījuma kontrolētu ventilācijas sistēmu, pilotprojekts ir radījis svarīgu demonstrācijas gadījumu viedu enerģijas pārvaldības risinājumu plašākai ieviešanai publisko ēku sektorā. Uzstādīšanas un nodošanas ekspluatācijā fāzēs gūtā pieredze ir sniegusi vērtīgu ieskatu gan pilotprojekta komandai, gan citām ieinteresētajām pusēm, kas ir ieinteresētas līdzīgu risinājumu ieviešanā.

Neskatoties uz dažām ieviešanas kavēšanām, kas saistītas ar tehnoloģijas inovatīvo raksturu un sistēmas integrācijai nepieciešamo mācību procesu, pilotprojekts ir devis nepārprotamus pozitīvus rezultātus. Iekštelpu gaisa kvalitāte klasēs ir ievērojami uzlabojusies, pateicoties vides sensoru un pieprasījuma kontrolētas ventilācijas uzstādīšanai. Nepārtraukta CO₂ līmeņa, temperatūras un mitruma uzraudzība ļauj sistēmai automātiski pielāgot ventilācijas ātrumu, pamatojoties uz faktisko noslogojumu un iekštelpu apstākļiem, nodrošinot veselīgāku un ērtāku mācību vidi skolēniem un darbiniekiem.

Vienlaikus mikroregulācijas punktu ieviešana un apkures sistēmas viedā vadība ir veicinājusi efektīvāku enerģijas pārvaldību. Rezultātā ēkas siltuma patēriņš ir samazināts, vienlaikus saglabājot stabilus iekštelpu komforta apstākļus. Tas parāda, cik efektīvi ir apvienot modernas ēku pārvaldības sistēmas ar mērķtiecīgu apkures un ventilācijas kontroli.

Pilotprojekts ir arī ievērojami stiprinājis iesaistīto ieinteresēto personu tehniskās spējas un praktisko pieredzi. Uz tīkla bāzes veidotās sistēmas uzstādīšana un integrācija prasīja jaunu tehnisko zināšanu attīstību saistībā ar sensoru tīkliem, automatizētu ēku vadību un sistēmu nodošanu ekspluatācijā skolas vidē. Šī uzkrātā pieredze atvieglos līdzīgu risinājumu vienmērīgāku un ātrāku ieviešanu turpmākajos projektos.

Kopumā pilotprojekta rezultātus ir pozitīvi uztvērusi skolas administrācija, tehniskais personāls, skolotāji un skolēni. Uzlabotais iekštelpu klimats, labāka ēku sistēmu kontrole un uzlabotā energoefektivitāte ir radījusi ērtāku un ilgtspējīgāku vidi visai skolas kopienai.

Noslēgumā secināms, ka pilotprojekts ir veiksmīgi demonstrējis viedo ēku pārvaldības tehnoloģiju potenciālu uzlabot gan energoefektivitāti, gan iekštelpu vides kvalitāti izglītības ēkās. Kā pirmais šāda veida pilotprojekts Latvijā, tas nodrošina stabilu pamatu un praktisku piemēru līdzīgu viedās ventilācijas un enerģijas pārvaldības risinājumu ieviešanai citās izglītības iestādēs un publiskās ēkās visā Latvijā.

3. PIEJAMIE ATBALSTA PASĀKUMI LATVIJĀ

3.1. Finanšu instrumenti

Atbalsta pasākumu raksturojums

Publiskā finansējuma pieejamība ir būtisks elements valsts un ES politikā, lai veicinātu ekonomisko izaugsmi, inovācijas, sociālo iekļaušanu un ilgtspējīgu attīstību. Publiskā finansējuma mērķis ir kompensēt identificētas tirgus nepilnības, t.i., gadījumus, kuros kredītiestādes nav gatavas piešķirt līdzekļus vai privātais sektors nav gatavs investēt²⁶. Šāds atbalsts var tikt piešķirts dažādos veidos, sākot no aizdevumiem un kapitāla ieguldījumiem līdz naudas vai atbalsta piešķiršanai, negaidot tās atgūšanu (piemēram, tiešie maksājumi grantu veidā). Katram no šiem atbalsta veidiem ir savas priekšrocības un piemērotības jomas, un to izvēle ir cieši saistīta ar to, kādu tirgus nepilnību tas risinās, konkrētā projekta mērķiem, riska profilu, attīstības stadiju un finansējuma vajadzībām. Tāpēc, izvēloties piemērotāko atbalsta veidu, būtiski ir ņemt vērā tirgus un projekta specifiku.

Atbalsta pasākumu veidi

Atbalsta pasākumi var tikt iedalīti divās kategorijās:

- finanšu instrumenti,
- citi atbalsta pasākumi.

Tiek uzskatīts, ka finanšu instrumenti ir mazāk tirgu kropļojoši nekā tiešie citi atbalsta pasākumi (granti, subsīdijas), tādēļ tie tiek uzskatīti par piemērotāku atbalsta instrumentu, ja iespējams tos piemērot²⁷. Tomēr katram no atbalsta veidiem ir savas priekšrocības un gadījumi, kuros tie būs piemērotāki.

Finanšu instrumenti ir piemēroti gadījumos, kuros paredzams, ka investīcijas radīs finansiālu atdevi vai ietaupījumus, no kuriem varēs investīcijas atmaksāt²⁶. To galvenās priekšrocības ir²⁶:

- finansējuma atkārtotas izmantošanas iespējamība, jo finansējumu ir iespējams atkārtoti izmantot pēc tā atmaksāšanas. Līdz ar to līdzekļi konkrētā atbalsta ietvaros tiek piesaistīti tikai uz noteiktu laika periodu;
- iespēja atbalstu apvienot ar privātā finansējuma līdzekļiem. Proti, finanšu instrumentus var apvienot ar privāto finansējumu, palielinot iespējamo finansējumu tā saņēmējam (piemēram, ar garantijas palīdzību);
- finansējuma izlietojums tieši dzīvotspējīgiem projektiem, tādējādi palielinot tā radītos ieguvumus sabiedrībai.

Savukārt citi atbalsta pasākumi piemēroti būs gadījumos, kuros nav paredzams, ka investīcijas radīs pietiekamu finansiālu atdevi vai ietaupījumus, no kuriem investīcijas varētu atmaksāt. Līdz ar to citi atbalsta pasākumi ir piemērotāki agrīnākās projektu attīstības stadijās, kad projekta finansiālā dzīvotspēja ir viszemākā²⁸, privātā kapitāla interese par projektu īpaši zema, bet atbalsta administrēšanas laiks un izmaksas ir ievērojami zemākas.

Praksē pastāv un labumu var sniegt arī finanšu instrumentu un citu atbalsta pasākumu kombinācijas (*blended finance*). Kombinējot finanšu instrumentus ar citiem atbalsta pasākumiem, iespējams veicināt ieiešanu jaunos vai riskantos tirgos, īpaši atbalstot projektus ar augstu ekonomisko vai sociālo ietekmi, bet nepietiekamu finansiālo atdevi.

²⁶ Fi-Compass: New to financial instruments?: [Saite](#)

²⁷ EK: Guidelines on State aid to promote risk finance investments (2021/C 508/01): [Saite](#)

²⁸ Fi-Compass: Combination of financial instruments and grants: [Saite](#)

Šāda pieeja ļauj izstrādāt elastīgus finanšu risinājumus, kas pielāgoti gala saņēmēju vajadzībām, piemēram, nodrošinot ilgāku atmaksas termiņu vai atbalstu projektos ar zemāku rentabilitāti. Kombinācija var palīdzēt strukturēt projektus tā, lai tie kļūtu pievilcīgāki privātajiem investoriem, piemēram, samazinot riskus vai demonstrējot tirgus dzīvotspēju. Koordinēta citu atbalsta pasākumu un finanšu instrumentu izmantošana var uzlabot efektivitāti, veicinot vienas pieturas pieeju atbalsta saņemšanā un labāku sadarbību starp iesaistītajām pusēm. Visbeidzot, šāda kombinācija nodrošina lielāku motivāciju īstenot dzīvotspējīgus un ilgtspējīgus investīciju projektus, salīdzinot ar tādiem atbalsta pasākumiem kā granti un subsīdijas, vienlaikus attīstot kvalitatīvu projektu portfeli un paātrinot finanšu instrumentu ieviešanu²⁸.

Vadlīniju 5.tabulā ir attēlots kopsavilkums ar tipiskākajiem identificētajiem atbalsta pasākumu veidiem un to apakštipiem.

5.tabula

Atbalsta pasākumu veidi²⁹

Atbalsta pasākumu veidi		
Veids	Skaidrojums	Apakštipi
Aizdevumi	Līgums, kas uzliek aizdevējam pienākumu noteiktā laika periodā padarīt aizņēmējam pieejamu noteiktu naudas summu un kurā aizņēmējs apņemas šo summu atmaksāt noteiktajā termiņā.	Ilgtermiņa kredīti, kredītlīnijas un citi ilgtermiņa un īstermiņa kredīti Mikrokredīts Agrīnas attīstības stadijas kredīts (<i>seed loan</i>)
Galvojumi	Apņemšanās uzņemt atbildību par visu vai daļu no trešās puses parāda vai saistībām vai par šīs trešās puses saistību pienācīgu izpildi, ja iestājas garantētais gadījums, piemēram, aizdevuma saistību neizpilde.	Portfeļa galvojumi Individuāli galvojumi
Kvazi ieguldījums pamatkapitālā	Finansējuma veids, kas riska ziņā ierindojas starp pašu kapitālu un aizdevumu. Tas var tikt strukturēts gan kā pašu kapitāls, gan kā aizdevums.	Subordinēts aizdevums Konvertējamas obligācijas Priekšrocību akcijas (preferred stock)
Ieguldījums pamatkapitālā	Pamatkapitāla ieguldījums uzņēmumā, kas tiek veikts apmaiņā pret pilnīgu vai daļēju īpašumtiesību iegūšanu šajā uzņēmumā un ieguldītājs var iegūt arī noteiktu vadības kontroli vai tiesības saņemt uzņēmuma peļņu.	Riska kapitāls (Venture Capital) Privātais kapitāls (Private Equity)
Atbalsts bez vajadzības to atmaksāt	Finansiāls vai mantisks atbalsts, kas piešķirts bez vajadzības to atmaksāt.	Subsīdijas Granti / dotācijas
Nodokļu, nodevu atvieglojumi	Atbalsta veids, kas samazina nodokļu un citu nodevu maksājumus. Tas ir līdzīgs atbalstam bez vajadzības to atmaksāt, tomēr šajā gadījumā atbalsts tiek	n/a

²⁹ Avots: EK, Fi-Compass **Error! Bookmark not defined.,Error! Bookmark not defined.** KPMG analīze.

Atbalsta pasākumu veidi		
Veids	Skaidrojums	Apakštipi
	nodrošināts samazinot naudas izplūdi, nevis palielinot ienākošo naudu.	
Citi	Citi, bieži specifiskiem gadījumiem veidoti, atbalsta tipi	<p>Dividendēs izmaksājamās peļņas daļas novirzīšana atpakaļ uzņēmumam tās kontrolē esošajās komercsabiedrībās</p> <p>Parādu norakstīšana (dzēšana)</p> <p>Valsts īpašuma pārdošana vai iznomāšana par cenu, kas ir zemāka par tā tirgus vērtību</p> <p>Īpašuma pirkšana vai nomāšana valstij par cenu, kas ir augstāka par tā tirgus vērtību</p> <p>Cita finansiālā palīdzība vai citi atvieglojumi/priekšrocības</p>

Ventilācijas sistēmu modernizācijai esošās publiskās ēkās un jaunu uzstādīšanai jaunbūvēs faktiski ir izmantojami trīs atbalsta pasākumu veidi: aizdevumi (ilgtermiņa kredīti, kredītlīnijas un citi ilgtermiņa un īstermiņa kredīti), atbalsts bez vajadzības to atmaksāt (subsīdijas, granti), nodokļu, nodevu atvieglojumi un citi (Cita finansiālā palīdzība vai citi atvieglojumi/priekšrocības). Zemāk katrs veids un apakštips ir aplūkots detalizētāk.

Aizdevumi

Tirgus nepilnības, kuras aizdevumu finanšu instruments var risināt³⁰:

- banku ierobežota likviditāte un neatbilstoši kapitāla pietiekamības rādītāji regulatoru prasību izmaiņu rezultātā;
- banku finansējuma ierobežotā pieejamība augstāka riska uzņēmumiem, īpaši maziem un vidējiem uzņēmumiem, augsto darījuma izmaksu (tai skaitā procentu izmaksas) un banku nespējas precīzi izvērtēt inovatīvu uzņēmumu riskus dēļ.

Apakštipi:

- ilgtermiņa kredīti, kredītlīnijas un citi ilgtermiņa un īstermiņa kredīti (kas paredzēti investīciju, apgrozāmo līdzekļu un citu izdevumu finansēšanai);
- mikrokredīti - neliela apmēra kredīti (ierasti zem €25 tūkstošiem), kurus izsniedz saņēmējiem, kuriem nav pieejams privātā tirgus finansējums nodrošinājuma vai kredītvēstures neesamības dēļ, kas bieži saistāma arī ar biznesa pieredzes un zināšanu trūkumu³⁰;
- agrīnas attīstības stadijas kredīti (*seed loans*) - kredīti, kurus izsniedz jaunuzņēmumiem, uzņēmuma un idejas agrīnās attīstības stadijā, kad neatmaksāšanas risks ir visaugstākais³⁰.

Granti, dotācijas un subsīdijas

Tirgus nepilnības, kuras granti, dotācijas un subsīdijas var risināt³⁰:

- projekta radītie ieņēmumi vai ietaupījumi nav pietiekami, lai segtu aizdevuma atmaksu vai atmaksātu investīcijas;

³⁰ Fi-Compass: ERDF loan financial instruments: [Saite](#)

- uzņēmuma un/vai projekta profila dēļ pieejamais finansējums būtu pārāk dārgs;
- finanšu instrumentu atbalsts konkrētā riska profila tirgum bez papildu atbalsta nebūtu pieejams.

Latvijas normatīvajos aktos konkrētas definīcijas dotācijām, grantiem, subsīdijām neeksistē, tāpēc teorētiski šie termini var tikt lietoti kā sinonīmi. Tomēr praksē novērojamas nelielas atšķirības to lietojumā:

- subsīdijas - atbalsts, ko piešķir, lai kompensētu izmaksas vai uzturētu konkrētas nozares konkurētspēju;
- dotācijas - finansiāls atbalsts, ko piešķir noteiktam mērķim vai projektam;
- granti - finansējums, kas parasti tiek piešķirts uz konkurences pamata, lai atbalstītu noteiktu projektu, izpēti vai attīstību.

Vienojošais elements visiem šiem atbalsta pasākumiem ir tas, ka finansējums tiek piešķirts, bet piešķirtā summa netiek atmaksāta (tomēr ir nepieciešamība atskaitīties par tā izlietojumu).

Atbalsta pasākumi var būt mērķēti uz dažādu šķēršļu novēršanu, izmaksu samazinājumu, piemēram, aizņēmumu procentu likmju subsīdijas, tehniskā atbalsta granti, investīciju grants, aizņēmuma pamatsummas atmaksāšanas grants³⁰.

Nodokļu, nodevu atvieglojumi

Tirgus nepilnības, kuras nodokļu, nodevu atvieglojumi var risināt, ir līdzīgas kā atbalsta bez vajadzības to atmaksāt gadījumā, bet ir identificēts, ka būtisku šķērslī rada tieši nodokļu un nodevu maksājumi, kuru samazinājuma rezultātā projekta dzīvotspēja ievērojami uzlabojas.

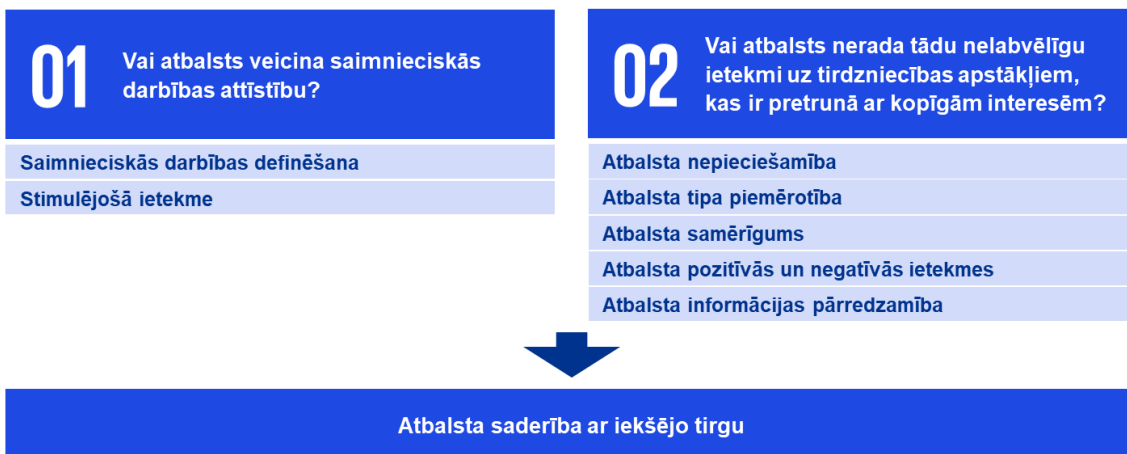
Citi

Citi atbalsta mehānismi iekļauj dažādus atbalsta pasākumus, kas tipiski neparedz atmaksu. Katrai tirgus nepilnībai vai problēmsituācijai piemērotākais atbalsta mehānisms var būt cits.

Atbalsta pieļaujamības izvērtējums

EK ir izveidotas vadlīnijas, kā tā izvērtē riska finansējuma jeb finanšu instrumentu atbalsta saderību ar iekšējo tirgu jeb atbalsts, kas ir pieļaujams, jo tas veicina saimnieciskās darbības attīstību un tas nerada nelabvēlīgu ietekmi uz tirdzniecības apstākļiem, kas ir pretrunā ar kopīgām interesēm²⁷. Vadlīniju 3.attēls grafiski attēlo šo izvērtēšanas procesu. Lai gan vadlīnijas vērstas uz riska finansējuma saderības izvērtēšanu gadījumos, kad tie izriet no VGAR³¹, definētiem pieļaujamiem rāmjiem, tajās aprakstītais izvērtēšanas process var būt piemērojams arī plašākam atbalsta veidu izvērtējumam.

³¹ EK regula (ES) Nr. 651/2014 (2014. gada 17. jūnijs), ar ko noteiktas atbalsta kategorijas atzīst par saderīgām ar iekšējo tirgu, piemērojot Līguma 107. un 108. pantu: [Saite](#)



3.attēls. Atbalsta pieļaujamības izvērtējums. Avots: EK27. KPMG analīze.

Izvērtējuma process tiek iedalīts divu galveno nosacījumu izvērtēšanas soļos:

1. Vai atbalsts veicina saimnieciskās darbības attīstību;
2. Vai atbalsts nerada tādu nelabvēlīgu ietekmi uz tirdzniecības apstākļiem, kas ir pretrunā ar kopīgām interesēm.

Lai izvērtētu pirmo soli, nosaka saimniecisko darbību un stimulējošo ietekmi. Tiek noteikts saimnieciskais darbības veids un tiek definēta nozare. Stimulējošā ietekme tiek noteikta, izvērtējot, vai atbalsta ietekmē uzņēmums veica darbības, kuras bez atbalsta tirgus nepilnību vai citu šķēršļu dēļ tas neveiktu pilnā apmērā.

Tā kā jebkurš atbalsta mehānisms rada tirgus un konkurences izkropļojumus, otrā soļa izvērtēšanas pamatā ir mērķis noskaidrot, vai atbalsta radītais tirgus izkropļojums tiek samazināts līdz minimumam. Lai to noskaidrotu, ir izšķirami pieci apakšsoļi.

Pirmkārt, ir jāizvērtē, vai atbalsts vispār ir nepieciešams. Lai to izdarītu, sākumā ir jānedefinē problēma jeb tirgus nepilnība vai cits šķērslis, kuru paredzēts ar atbalstu risināt, jo tirgus pats to risināt bez atbalsta nespētu vai nedarītu.

Otrkārt, ir jāizvērtē, vai izvēlētais atbalsta veids ir piemērotākais risinājums, t.i., vai citi atbalsta veidi kropļotu tirgu un konkurenci mazāk, sasniedzot to pašu pozitīvo rezultātu. Šajā apakšsolī ir vērtīgi apzināt dažādus stimulu veidus - no regulatīviem pasākumiem, grantiem un tamlīdzīgiem atbalsta tipiem līdz finanšu instrumentu dažādajām priekšrocībām. Lai izvērtētu piemērotību, ir jāņem vērā tādi aspekti kā: papildu privātā ieguldījuma piesaiste atbalsta rezultātā; risku un atlīdzības samērs starp privāto un publisko ieguldītāju; privātā ieguldītāja stratēģijas saskaņotība ar atbalsta mērķiem; un citi aspekti, kas definēti vadlīnijās.

Treškārt, ir jāizvērtē atbalsta samērīgums jeb tas, vai atbalsts noteikts minimālā apmērā, kas nodrošina tirgus nepilnību vai šķēršļu pārvarēšanu un nedod nepamatotas priekšrocības tirgus dalībniekiem.

Ceturtkārt, ir jāizvērtē, vai atbalsta pasākuma negatīvā ietekme ir ierobežota un nepārsniedz pozitīvo ietekmi. Negatīvo ietekmi veido konkurences un tirgus izkropļojumi, savukārt pozitīvo primāri rada atbalsta saņēmēja iespēja attīstīt uzņēmumu un veicināt ekonomikas izaugsmi. Tomēr pozitīvie aspekti jāvērtē plašākā mērogā, iekļaujot arī tādus aspektus kā Eiropas mērķu sasniegšanu (piemēram, digitalizācija, pāreja uz ilgtspējīgiem risinājumiem).

Visbeidzot, lai novērstu nevēlamus konkurences izkropļojumus, informācijai par izsniegtajiem atbalstiem jābūt viegli pieejamai.

Ja izsniegtais atbalsts atbilst iepriekšminētajiem diviem soļiem un to apakšsoļiem, tad uzskatāms, ka tas saderīgs ar iekšējo tirgu un vēlams sabiedrībai.

Viens no valsts atbalsta regulējumiem ES līmenī ir *de minimis*, ko nosaka vispārējā *de minimis* regula (ES 2023/2831)³². Atbalsts tiek uzskatīts par piešķirtu brīdī, kad uzņēmumam rodas juridiskas tiesības to saņemt; ja izmaksas ir pa daļām, tās diskontē līdz piešķiršanas brīdim. Regula attiecas uz atbalstu (dotācijas un procentu subsīdijas, aizdevumi, kapitāla ieguldījumi, garantijas, atbalsts finanšu starpniekiem, u.c.), kura bruto apmērs ir skaidri identificējams piešķiršanas brīdī.

De minimis apjoms nedrīkst pārsniegt 300 000 € jebkuram vienotam uzņēmumam (saņēmējs kopā ar saistītajiem uzņēmumiem) trīs fiskālo gadu periodā vienā dalībvalstī.

No vispārējās *de minimis* regulas izriet *de minimis* regula ES 2023/2832, kas attiecas uz atbalstu uzņēmumiem, kuriem rakstiski vai elektroniski ir uzticēta konkrēta VTNP nodrošināšana³³. Kopējais *de minimis* atbalsts vienam VTNP uzņēmumam katrā dalībvalstī trīs fiskālo gadu periodā nedrīkst pārsniegt 750 000 eiro.

Atbalsta intensitāte

Periodā no 2014. gada līdz 2020. gadam ēku energoefektivitātes projekti tika galvenokārt atbalstīti ar atbalsta veidiem, kurus nav vajadzīgs atmaksāt (granti). Finanšu instrumentu atbalsta mehānismi tika izmantoti tikai 14% no ESIF, bet pārējais tika piešķirts bez vajadzības to atmaksāt³⁴.

Atbalsta intensitāte nav universāla un tipiska visiem. Tā ir atkarīga no konkrētā atbalsta veida, piemērojamā regulējuma, mērķgrupas un finansējuma pieejamības. Intensitātes apjoms ir regulēts, kontekstuāls un mērķorientēts. ES regulās noteiktās likmes ir, piemēram, šādas:

- MVU inovāciju atbalsts – līdz 50–70%;
- reģionālais atbalsts – līdz 30–50% atkarībā no reģiona;
- vides projektiem – līdz 60–100%, ja ir sabiedriskais labums.

Publiskajā sektorā, piemēram, pašvaldību īstenotajos projektos vai VTNP sniegšanā, komercdarbības atbalsta regulējums ne vienmēr ir piemērojams. Tas attiecas uz gadījumiem, kad attiecīgā darbība nav uzskatāma par saimniecisku, proti – tā netiek veikta tirgus apstākļos vai ar mērķi gūt peļņu. Šādos gadījumos atbalsta intensitāte var sasniegt pat 100%, ja tiek nodrošināts sabiedriskais labums un netiek kropļota konkurence. Tas ir īpaši aktuāli, ja pakalpojums tiek sniegts vispārējās pieejamības interesēs un nav komerciāli pievilcīgs privātajiem tirgus dalībniekiem.

Vadlīniju 6.tabulā tiek apkopoti dažādu projektu atbalsta intensitātes līmeņi un VGAR noteiktie līmeņi. Tomēr ir jāņem vērā tas, ka minētā regula paredz arī dažādus izņēmumus un speciālus gadījumus, kuri nav atspoguļoti šajā tabulā.

³² ES: [Saite](#)

³³ ES: [Saite](#)

³⁴ Fi-Compass: The potential for investment in energy efficiency through financial instruments in the European Union: [Saite](#)

Atbalsta intensitāte katram identificētajam atbalsta veidam³⁵

Atbalsta intensitāte katram identificētajam atbalsta veidam		
Veids	Piemērs no prakses vai limits no normatīvajiem aktiem	Piemērojamais atbalsta intensitātes diapazons
Aizdevumi	<ul style="list-style-type: none"> • 50% no kopējā aizdevuma apmēra³⁶ • 70% no kopējā aizdevuma apmēra³⁷ • <i>De minimis</i> - aizdevums ir vismaz 50 % nodrošināts un nepārsniedz €1,5 miljonus uz 5 gadiem vai €750 000 uz 10 gadiem • <i>De minimis</i> (VTNP) - aizdevums ir vismaz 50 % nodrošināts un nepārsniedz €3,75 miljonus uz 5 gadiem vai €1,875 miljonus uz 10 gadiem 	50-70% no kopējā aizņēmuma
Granti, subsīdijas, dotācijas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>De minimis</i> – nepārsniedz € 300 tūkstošus trīs gadu laikā • <i>De minimis</i> (VTNP) – ieguldījums nepārsniedz € 750 tūkstošus trīs gadu laikā 	50%-70% no izmaksām
Nodokļu, nodevu atvieglojumi	n/d	n/d
Citi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>De minimis</i> – nepārsniedz € 300 tūkstošus trīs gadu laikā • <i>De minimis</i> (VTNP) – nepārsniedz € 750 tūkstošus trīs gadu laikā 	n/d

Finansēšanas pieejamība Latvijā

Finansējus ēku atjaunošanai ir cieši saistīts ar klimata un enerģētikas mērķu sasniegšanu. Līdz šim finansējums ēku energoefektivitātes veicināšanai Latvijā galvenokārt ir bijis no klimata finanšu instrumentiem (Klimata pārmaiņu finanšu instruments, Emisijas kvotu izolīšanas instruments, Modernizācijas fonds) un ES fondu ietvaros īstenotajās programmās, kā arī privātā finansējuma. Finansējuma avoti Latvijā ietver banku aizdevumus, valdības grantus/dotācijas, garantijas un dažas privātās investīcijas. Atsevišķi ēku atjaunošanas projekti ir īstenoti, izmantojot ESKO modeli.

3.2. Energoefektivitātes pakalpojumi (ESKO)

ESKO ir uzņēmējdarbības veids, kas sniedz plašu ar enerģētikas sektoru saistītu pakalpojumu klāstu. ESKO ietvaros uz līguma pamata tiek īstenoti energoefektivitātes, enerģijas piegādes un citi ar enerģijas racionālu izmantošanu saistīti pasākumi dažādās nozarēs, piemēram, rūpniecībā, lauksaimniecībā, ēkās. ESKO principa pamatā uzņēmums

³⁵ Avots: EK, Fi-Compass **Error! Bookmark not defined.,Error! Bookmark not defined.** KPMG analīze.

³⁶ Fi-Compass: 'TEPIX Business Restart' Action, Greece: [Saite](#)

³⁷ Fi-Compass: Research and Innovation Funds in Italy - ERDF loan and equity financial instruments: [Saite](#)

finansē, projektē, ievieš un uztur energoefektivitātes risinājumus, bet klients maksā tikai no **reāli sasniegtajiem ietaupījumiem**. Ja ietaupījumi nav sasniegti, ESKO sedz starpību, tādējādi garantējot rezultātu. Tādējādi ESKO uzņēmums gūst finansiālu labumu no energoefektīvo risinājumu enerģijas ietaupījumiem, bet klients gūst labumu no dzīves apstākļu ēkas mikroklimata uzlabošanās pēc atjaunošanas.

Energoefektivitātes pakalpojumi (*Energy Service Company*, ESKO) principa piemērošana ēku atjaunošanas projektos ļauj strukturēti risināt iepriekš aprakstītās pretrunas starp energoefektivitātes mērķiem un iekštelpu vides kvalitāti. **ESKO modelis balstās uz veikspējas līgumiem, kuros pakalpojuma sniedzējs uzņemas saistības sasniegt noteiktu enerģijas ietaupījumu līmeni** un nereti arī citus ekspluatācijas rādītājus, piemēram, iekštelpu gaisa kvalitāti vai siltuma komfortu³⁸. Tas rada institucionālu ietvaru, kurā ventilācijas sistēmu projektēšana, izbūve un ekspluatācija tiek integrēta kopējā energoefektivitātes stratēģijā, nevis uztverta kā sekundārs elements.

Zinātniskajā literatūrā³⁹ uzsvērts, ka ESKO projekti ir īpaši piemēroti kompleksiem pasākumu kopumiem, kuros apvieno norobežojošo konstrukciju siltumnoturības uzlabošanu, inženiertehnisko sistēmu modernizāciju un automatizācijas risinājumus. Šādā pieejā ventilācijas sistēmas—piemēram, mehāniskā pieplūdes-nosūces ventilācija ar siltuma atgūšanu, pieprasījumam pielāgota ventilācija, CO₂ vai gaiss-gaiss siltummaiņu izmantošana—tiek iekļautas kā specifiski energoefektivitātes elementi ar skaidri definētiem veikspējas rādītājiem. ESKO līgumos iespējams noteikt ne tikai enerģijas ietaupījuma mērķus, bet arī minimālās ventilācijas intensitātes, maksimālās pieļaujamās CO₂ koncentrācijas vai temperatūras un relatīvā mitruma robežvērtības, tādējādi juridiski nostiprinot prasību, ka energoefektivitāte nedrīkst tikt sasniegta uz iekštelpu vides kvalitātes rēķina⁴⁰.

Svarīgs ESKO modeļa elements ir mērījumu un verifikācijas procedūras, kas ļauj objektīvi novērtēt gan enerģijas ietaupījumu, gan iekštelpu vides parametrus. Literatūrā⁴¹ norādīts, ka "pirms un pēc" protokoli, piemēram, IPMVP, var tikt pielāgoti tā, lai papildus enerģijas patēriņam sistemātiski monitorētu ventilācijas sistēmu darbību, gaisa apmaiņas intensitāti un iekštelpu gaisa kvalitāti. Tas ir īpaši nozīmīgi publiskajās ēkās, piemēram, skolās un bērnudārzos, kur augsts cilvēku blīvums un ilgstoša uzturēšanās telpās pastiprina ventilācijas nozīmi. ESKO līgumos iekļautas "pirms un pēc" prasības motivē pakalpojuma sniedzēju nodrošināt ne tikai teorētiski pareizi projektētas, bet arī praksē efektīvi funkcionējošas ventilācijas sistēmas ar regulāru apkopi un ekspluatācijas uzraudzību.

Turklāt ESKO modelis ļauj pārvarēt tipisko investīciju barjeru ventilācijas sistēmām, kas bieži tiek uztvertas kā "papildu izmaksas" salīdzinājumā ar tiešiem siltināšanas pasākumiem. Tā kā ESKO uzņēmums parasti finansē vai līdzfinansē pasākumus un atgūst ieguldījumus no sasniegtajiem ietaupījumiem, tas ir ieinteresēts izvēlēties tehnoloģiski optimālus risinājumus ar augstu dzīves cikla efektivitāti⁴². Ventilācijas sistēmas ar siltuma atgūšanu un pieprasījumam pielāgotu vadību šādā kontekstā kļūst ekonomiski pievilcīgas, jo tās vienlaikus samazina enerģijas patēriņu un uzlabo iekštelpu vides kvalitāti. Pētījumi liecina, ka integrēti ESKO projekti, kuros ventilācija ir viens no centrālajiem elementiem,

³⁸ Avots: Vine, 2005; Marino et al., 2011

³⁹ Avots: Goldman et al., 2005; Bertoldi et al., 2006

⁴⁰ Avots: Mills, 2011

⁴¹ Avots: EVO, 2012; Xu et al., 2015

⁴² Avots: Bleyl-Androschin, 2009

var nodrošināt stabilākus un ilgtspējīgākus ietaupījumus nekā projekti, kas balstās tikai uz norobežojošo konstrukciju siltināšanu⁴³.

Latvijas publisko ēku kontekstā ESKO principa konsekventa piemērošana varētu kalpot kā instruments, lai sistemātiski novērstu situācijas, kur pēc siltināšanas pasākumiem būtiski pasliktinās iekštelpu gaisa kvalitāte. Iekļaujot ventilācijas sistēmu veiktspējas rādītājus un iekštelpu vides kvalitātes kritērijus ESKO līgumos, pasūtītājs un pakalpojuma sniedzējs tiek motivēti plānot un īstenot kompleksus risinājumus, kuros siltumtehniekie uzlabojumi, ventilācija un automatizācija tiek aplūkoti kā vienota sistēma.

3.3. Ventilāciju sistēmu ieviešanas ekonomiskais pamatojums

Viens no rādītājiem, lai pamatotu ventilācijas sistēmas ēkā ekonomisko pamatotību projekta ieviešanas laikā ir neto pašreizējā vērtība (NPV), kas ir finanšu un ekonomiskās izvērtēšanas termins, ko izmanto, lai noteiktu, vai projekts, investīcija vai politikas pasākums ir ekonomiski pamatots, ņemot vērā naudas vērtību laikā. NPV ir diskontēto ieguvumu un izmaksu starpība, kurā visas nākotnes naudas plūsmas tiek pārrēķinātas uz šodienas vērtību, izmantojot diskonta likmi.

NPV parāda starpību starp visiem nākotnes ieguvumiem un izmaksām, pārrēķinātiem uz šodienas vērtību (diskontētiem):

- $NPV > 0$ → projekts ir ekonomiski pamatots, t.i. dzīvotspējīgs un nav nepieciešams papildu finansējums;
- $NPV = 0$ → projekts ir “uz robežas”;
- $NPV < 0$ → projekts pats par sevi nav dzīvotspējīgs, t.i. ir nepieciešams papildu finansējums. Vienlaikus ir nepieciešams papildu kritērijs, lai novērstu, ka papildu atbalsts nav neproporcionāli liels salīdzinājumā ar kopējiem pieejamajiem resursiem.

NPV aprēķins balstās uz trim galvenajiem elementiem:

1. **Sākotnējās investīcijas** (kapitālizmaksas);
2. **Ikgadējā naudas plūsma** (ienākumi un izmaksas pa gadiem);
3. **Diskonta likme.**

Ventilācijas sistēmas ieviešanas ekonomiskais pamatojums ir cieši saistīts ar ēkas sākotnējo siltumenerģijas patēriņu. Lai to ilustrētu, veikta NPV vienkāršota analīze divos gadījumos – “ventilācijas sistēmu uzstāda neatjaunotā publiskā ēka” un “ventilācijas sistēmu uzstāda atjaunotā publiskā ēka”, pieņemot identiskus tehniskos un finanšu parametrus ventilācijas sistēmai, bet atšķirīgu ēkas energoefektivitātes līmeni (150 kWh/m² VS 45 kWh/m²).

Analīzē pieņemts:

- Ēkas platība: **S = 3 500 m²**
- Kapitālieguldījumi: **41 EUR/m²**
- Analīzes periods: **n = 20 gadi**
- Diskonta likme: **r = 5 %**
- Centralizētās siltumapgādes tarifs: **65 EUR/MWh**
- Elektroenerģijas cena: **0,20 EUR/kWh**
- Ventilācijas sistēmas elektroenerģijas patēriņš: **3 kWh/m² gadā**
- Siltumenerģijas ietaupījums no rekuperācijas sistēmas: **27 %**

⁴³ Avots: Pātāri et al., 2016

Ēkas platība - 3500 m²: publisko ēku platības Latvijā būtiski atšķiras atkarībā no ēkas funkcijas. Izglītības iestāžu (skolu) platība tipiski ir 3 000–6 000 m², pirmsskolas izglītības iestāžu (bērnudārzu) – 1 000–2 500 m², bet pašvaldību administratīvo ēku – 2 000–4 000 m². Izmaksu-ieguvumu analizē kā reprezentatīvs tipveida publiskās ēkas lielums tiek izmantota ēka ar aptuveni 3 500 m² platību.

Ventilācijas sistēmas kapitālieguldījumi (iekārtas un ar to saistītas palīgiekārtas izmaksas un uzstādīšana): 41 EUR/m², t.i., kopā 143 500 EUR. Balstoties uz praksē lietotiem pieņēmumiem publiskām ēkām (skolas, administratīvās ēkas) ventilācijas sistēmas CAPEX ir 40–70 €/m².

Analīzes periods - 20 gadi: ventilācijas sistēmas ekonomiskais ekspluatācijas periods publiskajās ēkās tipiski ir 15–25 gadi, praksē bieži vien NPV un izmaksu-ieguvumu analizē aprēķinos izmanto 20 gadus.

Diskonta likme - 5 %. Diskonta likmes izvēle būtiski ietekmē NPV rezultātus. Pie augstākas diskonta likmes ilgtermiņa ieguvumi tiek būtiski samazināti, kas padara kapitālietilpīgus un ilga dzīves cikla pasākumus, piemēram, ventilācijas un ēku atjaunošanas projektus, ekonomiski mazāk pievilcīgus. Savukārt zemāka diskonta likme labāk atspoguļo publiskā sektora un sabiedrības ilgtermiņa ieguvumus;

Centralizētās siltumapgādes tarifs - 65 EUR/MWh: centralizētās siltumapgādes tarifa pieņēmumos izmantota reprezentatīva vidējā vērtība 65 EUR/MWh (bez PVN), kas atbilst Latvijā pēc 2023.–2025. gada cenu stabilizācijas dominējošajam centralizētās siltumapgādes tarifu līmenim. Šāds pieņēmums nodrošina salīdzināmību starp projektiem un tiek plaši izmantots energoefektivitātes un klimata politikas ekonomiskajās analizēs.

Elektroenerģijas cena - 0,20 EUR/kWh: elektroenerģijas cenu pieņēmumos izmantota reprezentatīva vidējā elektroenerģijas cena publiskajām ēkām 0,20 EUR/kWh apmērā, kas atbilst 2024. gada Latvijas elektroenerģijas tirgus līmenim, ietverot elektroenerģijas cenu un tīkla pakalpojumu izmaksas, bet neiekļaujot PVN.

Ventilācijas sistēmas elektroenerģijas patēriņš - 3 kWh/m² gadā: ventilācijas sistēmas elektroenerģijas patēriņš analizē pieņemts 3 kWh/m² gadā, kas atbilst modernām mehāniskās ventilācijas sistēmām ar siltuma atgūšanu un automātisku gaisa plūsmas vadību. Šāds pieņēmums balstīts uz Latvijā veiktu ēku enerģijas patēriņa simulāciju un pilotprojektu rezultātiem, un tiek uzskatīts par konservatīvu, bet reprezentatīvu vērtību NPV un izmaksu-ieguvumu analizēs.

NPV aprēķināta pēc standarta formulas:

$$NPV = -CAPEX + \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

kur:

- *CAPEX* – sākotnējie kapitālieguldījumi,
- *CF_t* – neto naudas plūsma gadā *t*,
- *r* – diskonta likme,
- *n* – analīzes periods.

Kopējās ventilācijas sistēmas izmaksas uz vienu kvadrātmetru veido apmēram 41 EUR/m². Līdz ar to kopējie kapitālieguldījumi ēkai ar platību 3 500 m² sastāda:

$$CAPEX = 3\,500 \times 41 = 143\,500 \text{ EUR}$$

Ventilācijas sistēmas ekspluatācijā pieņemts elektroenerģijas patēriņš 3 kWh/m² gadā, kas raksturo mūsdienīgu mehānisko ventilāciju ar siltuma atgūšanu un pieprasījuma vadību. Gada elektroenerģijas patēriņš un izmaksas aprēķinātas šādi:

$$E_{el} = 3 \times 3\,500 = 10\,500 \text{ kWh/gad}$$
$$C_{el} = 10\,500 \times 0,20 = 2\,100 \text{ EUR/gad}$$

Minētās izmaksas abos gadījumos ir vienādas, jo tās ir atkarīgas no ēkas platības un ventilācijas režīma, nevis no ēkas siltumtehniskā stāvokļa.

Neatjaunota publiskā ēka ar ventilācijas sistēmu

Neatjaunota publiskā ēka ar augstu sākotnējo siltumenerģijas patēriņu – 150 kWh/m². Ventilācijas sistēma ar siltuma atgūšanu samazina ventilācijas radītos siltuma zudumus, pieņemts, ka kopējais siltumenerģijas patēriņš samazinās par 27%. Pēc ventilācijas uzstādīšanas specifiskais patēriņš kļūst:

$$150 \times (1 - 0,27) = 109,5 \text{ kWh/m}^2 \text{ gadā}$$

Gada siltumenerģijas ietaupījums visai ēkai ir:

$$\Delta E_{silt} = (150 - 109,5) \times 3\,500 = 141\,750 \text{ kWh/gadā}$$

Naudas izteiksmē tas veido:

$$\Delta C_{silt} = 141,75 \times 65 = 9\,214 \text{ EUR/gadā}$$

No šī ietaupījuma jāatņem ventilācijas sistēmas elektroenerģijas izmaksas, tādējādi neto gada ieguvums ir:

$$CF = 9\,214 - 2\,100 = 7\,114 \text{ EUR/gadā}$$

Līdz ar to:

$$NPV = -143\,500 + 7\,114 \times 12,46 = -54\,859,56 \text{ tūkst. EUR}$$

Izmantojot 20 gadu diskonta koeficientu pie 5% (aptuveni 12,46), iegūstams, ka neatjaunotā publiskā ēkā ventilācijas sistēmas NPV ir negatīva, taču salīdzinoši tuva nulles atzīmei. Tas nozīmē, ka ventilācijas sistēma šādā ēkā gandrīz kompensē savas izmaksas ar siltumenerģijas ietaupījumu.

Atjaunota publiskā ēka ar ventilācijas sistēmu

Aplūkota atjaunota publiskā ēka ar zemu sākotnējo siltumenerģijas patēriņu – 45 kWh/m² (ēku energoefektivitātes klase "A"). Ventilācijas sistēmas siltuma atgūšanas efekts procentuāli ir līdzīgs, taču absolūtais ietaupījums ir būtiski mazāks. Pēc ventilācijas uzstādīšanas specifiskais patēriņš ir:

$$45 \times (1 - 0,27) = 32,9 \text{ kWh/m}^2 \text{ gadā}$$

Gada siltumenerģijas ietaupījums šajā gadījumā ir:

$$\Delta E_{silt} = (45 - 32,9) \times 3\,500 = 42\,350 \text{ kWh/gadā}$$

Naudas izteiksmē tas atbilst:

$$\Delta C_{silt} = 42,35 \times 65 = 2\,753 \text{ EUR/gadā}$$

Atņemot ventilācijas elektroenerģijas izmaksas, neto gada ieguvums ir:

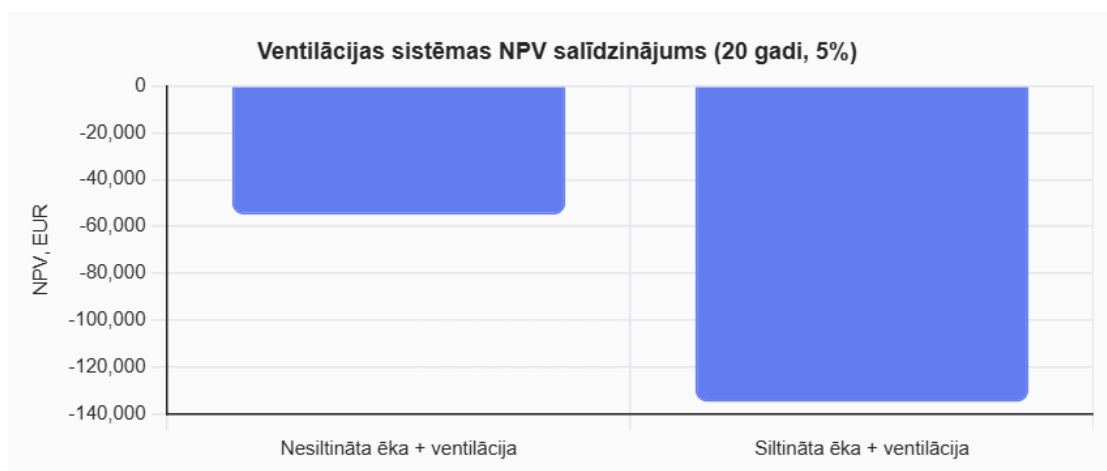
$$CF = 2\,753 - 2\,100 = 653 \text{ EUR/gadā}$$

Līdz ar to:

$$NPV = -143\,500 + 653 \times 12,46 = -135\,363,62 \text{ tūkst. EUR}$$

Šis naudas plūsmas apjoms ir nepietiekams, lai segtu ventilācijas sistēmas kapitālieguldījumus 20 gadu laikā, un NPV šajā gadījumā ir izteikti negatīva.

NPV salīdzinājums starp abiem risinājumiem skaidri parāda, ka ventilācijas sistēmas ekonomiskā atdeve ir cieši saistīta ar ēkas sākotnējo enerģijas patēriņu. Nesiltinātā ēkā ventilācija ar siltuma atgūšanu dod būtisku siltumenerģijas ietaupījumu un var būt tuvu ekonomiskajai pašpietiekamībai. Savukārt siltinātā ēkā ventilācijas sistēmas uzstādīšanu nav iespējams pamatot tikai ar enerģijas ietaupījumu – tā jāvērtē primāri kā iekštelpu gaisa kvalitātes, veselības, komforta un normatīvās atbilstības pasākums.



4.attēls. Ventilācijas sistēmas neto pašreizējā vērtība (NPV) salīdzinājums

Publiskā **nesiltinātā ēkā** ventilācijas sistēmas NPV ir **tuvu nullei** (≈ -55 tūkst. EUR). Tas nozīmē, ka lielo sākotnējo siltuma zudumu dēļ ventilācijas siltuma atgūšana dod būtisku ekonomisko efektu, un neliels papildu atbalsts vai augstāks siltumenerģijas tarifs var padarīt investīciju ekonomiski pamatotu. Savukārt publiskā **siltinātā ēkā** ventilācijas sistēmas NPV ir **izteikti negatīva** (≈ -135 tūkst. EUR). Šeit enerģijas ietaupījums ir mazs, jo ēka jau ir energoefektīva, bet ventilācijas elektroenerģijas patēriņš paliek nemainīgs.

4. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

4.1. Secinājumi

4.1.1. Renovācija un mikroklimats

Latvijas kontekstā ēku energoefektivitātes īstenotajos projektos līdz šim dominējošais uzsvars bieži ir bijis uz tiešu enerģijas patēriņa samazinājumu, mazāk pievēršot uzmanību tam, kā ēkas ārējo norobežojošo konstrukciju siltumnoturības paaugstināšana un hermetizācijas pasākumi ietekmēs komforta līmeni pēc atjaunošanas, īpaši attiecībā uz gaisa kvalitāti un ventilācijas nodrošinājumu.

FORTESIE projekta apskatītie labās prakses piemēri Polijā un Grieķijā parāda, ka ēku atjaunošanas pasākumu īstenošanā ir jādomā ne tikai par ēku siltumnoturības uzlabošanu, bet arī ēku mikroklimatu atbilstoši ēkas pielietojumam, piemēram, baseins vai muzejs.

Ēku atjaunošanas pasākumi, bez ventilācijas sistēmu uzstādīšanas nenodrošina normatīvajiem aktiem atbilstošu gaisa kvalitāti publiskajās ēkās ar lielu noslodzi. Ēku energoefektivitātes pasākumu īstenošana ir jāvērtē kā komplekss pasākumu kopums, tai skaitā ventilācijas sistēmu ierīkošana.

4.1.2. Gaisa kvalitāte un cilvēka veselība

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē cilvēku veselību, kognitīvās spējas un vispārējo labbūtību. Pieļaujama CO₂ līmenis telpā gandrīz visās ES valstīs ir 1000 ppm. Ja šī vērtība jau ir pārsniegta, un tuvojas robežās pie 1500 ppm vai vairāk, tad ir jābūt rīkoties (jāvēdina telpas, jāuzlabo ventilācijas pasākumi).

4.1.3. Ventilācijas tehniskie risinājumi

Publisko ēku ventilāciju sistēmas optimālā izvēle: centralizētā /decentralizētā. Izvēlē ir jāņem vērā, ka daudzas ēkas Latvijā un citviet Eiropā ir būvētas laikā, kad mehāniskā ventilācija nebija obligāts standarts, un tas rada virkni tehnisku un infrastruktūras problēmu. Šie šķēršļi ne tikai palielina modernizācijas izmaksas, bet arī sarežģī efektīvu risinājumu ieviešanu.

Ventilācijas sistēmu ierīkošana nodrošina gan atbilstošu gaisa kvalitāti, gan enerģijas ietaupījumu. Atjaunotā ēka ar mehānisko ventilāciju un siltuma atgūšanu demonstrē enerģijas patēriņa samazinājumu salīdzinājumā ar renovētu ēku bez mehāniskās ventilācijas 3-33% robežās atkarībā no risinājuma.

Tehniskā modeļa analīze (skat. 1.pielikumu) parāda, ka lielākais energoetaupījums tiek noteikts atjaunotai ēkai ar gaisa plūsmu, kas mainās pēc pieprasījuma, 82% rekuperāciju un pieplūdes gaisa piesildīšanu līdz +18 °C, kas parasti dod zemāku patēriņu daļējas noslodzes periodos, saglabājot I kategorijas gaisa kvalitātes mērķus.

SIA "Mesh" pilotprojekta rezultāti parāda, ka ir pieejami efektīvi decentralizētie ventilācijas sistēmu risinājumi publiskajām ēkām ar lielu noslodzi (piemēram, skolās un bērnudārzos), kas ir uzskatāms par piemērotu risinājumu gadījumos, kad sākotnējā ēkas atjaunošanā netika padomāts par ēkas mikroklimatu un gaisa kvalitāti.

Ventilācijas sistēmu darbībā būtiska ir arī pareiza ventilācijas sistēmu uzstādīšana. Ventilācijas sistēmu atslēgšana nav energoefektivitātes pasākums, bet ir būtiski izvēlēties sistēmas uzstādījumus, lai nodrošinātu optimālu tās darbību. Enerģijas patēriņa un izmaksu ietaupījums veidojas no uzstādītās iekārtas regulāras uzturēšanas un datu regulārai izsekojamībai patēriņa regulācijā.

4.1.4. Atbalsta instrumenti un finansēšana

Ņemot vērā būtiskās vajadzības ēku energoefektivitātes veicināšanai, tai skaitā ventilācijas sistēmu ierīkošanai, tad jāizvērtē plašāks atbalsta pasākumu kopums. Atbalsta pasākumi var tikt iedalīti divās lielās kategorijās: finanšu instrumenti un citi atbalsta pasākumi. Parasti tiek uzskatīts, ka finanšu instrumenti ir mazāk tirgu kropļojoši nekā tiešie citi atbalsta pasākumi (granti, subsīdijas), tādēļ tie tiek uzskatīti par piemērotāku atbalsta instrumentu, ja iespējams tos piemērot.

Viens no finansēšanas veidiem, ko piemērot ēku energoefektivitātes veicināšanā ir ESKO modelis. Tas balstās uz veiktspējas līgumiem, kuros pakalpojuma sniedzējs uzņemas saistības sasniegt noteiktu enerģijas ietaupījumu līmeni un nereti arī citus ekspluatācijas rādītājus, piemēram, iekštelpu gaisa kvalitāti vai siltuma komfortu.

Ņemot vērā, ka ventilācijas sistēmu ierīkošana vienlaikus nodrošina enerģijas ietaupījumus (pareiza ēku ekspluatācija gaisa kvalitātes nodrošināšanai), gan arī rada enerģijas patēriņu (ventilācijas sistēmu darbībai), tad ESKO principa piemērošana ventilācijas sistēmu ierīkošanas finansēšanai pakalpojumu sniedzējiem var nebūt pietiekami pievilcīga, jo negarantē salīdzinoši ātru investīciju atmaksāšanās periodu.

4.2. Rekomendācijas

4.2.1. Ventilācijas sistēmu ieviešana un ekspluatācija

Veiktā analīze parāda, ka ventilācijas sistēmu izvēle un ekspluatācija būtiski ietekmē gan iekštelpu gaisa kvalitāti, gan ēku enerģijas patēriņu. Tādēļ publisko ēku īpašniekiem un apsaimniekotājiem ieteicams ievērot vairākus būtiskus principus:

- Ēku atjaunošanas projektos nepieciešams vienlaikus risināt gan energoefektivitātes, gan ventilācijas jautājumus. Simulāciju rezultāti parāda, ka ēkas renovācija bez mehāniskās ventilācijas sistēmas var samazināt enerģijas patēriņu apkurei pat par aptuveni 43%, tomēr šādā gadījumā iekštelpu gaisa kvalitāte saglabājas zemā līmenī vai pat pasliktinās.
- Ventilācijas sistēmu ieviešanā jāparedz siltuma atgūšanas tehnoloģiju izmantošana. Analīze parāda, ka mehāniskās ventilācijas sistēmas bez siltuma rekuperācijas var gandrīz divkārtot enerģijas patēriņu apkurei, savukārt sistēmas ar siltuma atgūšanu ļauj nodrošināt augstu gaisa kvalitāti ar līdzvērtīgu kopējo enerģijas patēriņu.
- Publisko ēku īpašniekiem jānodrošina regulāra ventilācijas sistēmu ekspluatācijas kontrole, tostarp gaisa plūsmas balansēšana, filtru nomaiņa un sistēmas darbības parametru uzraudzība. Nepietiekama ventilācijas sistēmu apkope var samazināt sistēmas efektivitāti un palielināt enerģijas patēriņu.
- Ieteicams izmantot iekštelpu gaisa kvalitātes monitoringa risinājumus, piemēram, CO₂ koncentrācijas mērījumus. Šādi mērījumi ļauj novērtēt ventilācijas sistēmu darbības efektivitāti un nepieciešamības gadījumā pielāgot sistēmas darbības režīmus.
- Ventilācijas sistēmu ekspluatācijā ieteicams izmantot pieprasījuma vadītu ventilāciju, kas pielāgo gaisa plūsmu telpas faktiskajam cilvēku skaitam. Šāda pieeja ļauj vienlaikus nodrošināt labu gaisa kvalitāti un optimizēt enerģijas patēriņu.

4.2.2. Ventilācijas prasību integrēšana atbalsta programmās

Integrēt prasības ventilācijas sistēmām publisko ēku energoefektivitātes atbalsta programmās ar mērķi mainīt tradicionālo pieeju, kas koncentrējas uz siltuma zudumu mazināšanu, taču bez ventilācijas modernizācijas tas bieži noved pie pretēja efekta – CO₂ koncentrācijas pieauguma, mitruma problēmām un pelējuma riska. Integrētas prasības palīdz novērst šo “atjaunošanas paradoksu”.

4.2.3. Plašāks atbalsta instrumentu klāsts

Izvērtēt citus atbalsta pasākumus ēku energoefektivitātes veicināšanā, piemēram, noteikt nekustamā īpašuma nodokļa atvieglojumus renovētām ēkām ar ventilācijas sistēmām, veicināt pieejamus aizdevumus pilnai ēkas renovācijai, kā arī attīstīt ESKO principa piemērošanu.

4.2.4. ESKO modeļa paplašināšana

ESKO principa piemērošana individuālām ēkas sistēmām, piemēram, ēku ventilācijas sistēmu ierīkošanai, tai skaitā paredzot kompleksus risinājumus, kas ietver ne tikai izmaksu ietaupījumus no energoefektivitātes pasākumiem, bet arī sistēmu uzturēšanas izdevumus. Paplašināts ESKO modelis ļautu iekļaut kompleksus risinājumus, kuros pakalpojuma sniedzējs uzņemas atbildību ne tikai par enerģijas ietaupījumu, bet arī par sistēmas uzturēšanu, darbību un ekspluatācijas izmaksu optimizāciju.

4.2.5. Normatīvo prasību pilnveide

Normatīvo prasību izvērtēšana būtu jāvērs uz to, lai gaisa kvalitātes standarti būtu cieši sasaistīti ar ēkas faktisko izmantošanu un funkcionālajām vajadzībām. Tas nozīmē ne tikai noteikt minimālos CO₂, ventilācijas un mikroklimata parametrus, bet arī nodrošināt, ka prasības atšķiras atkarībā no telpu noslodzes, lietotāju grupām un ēkas specifiskās funkcijas:

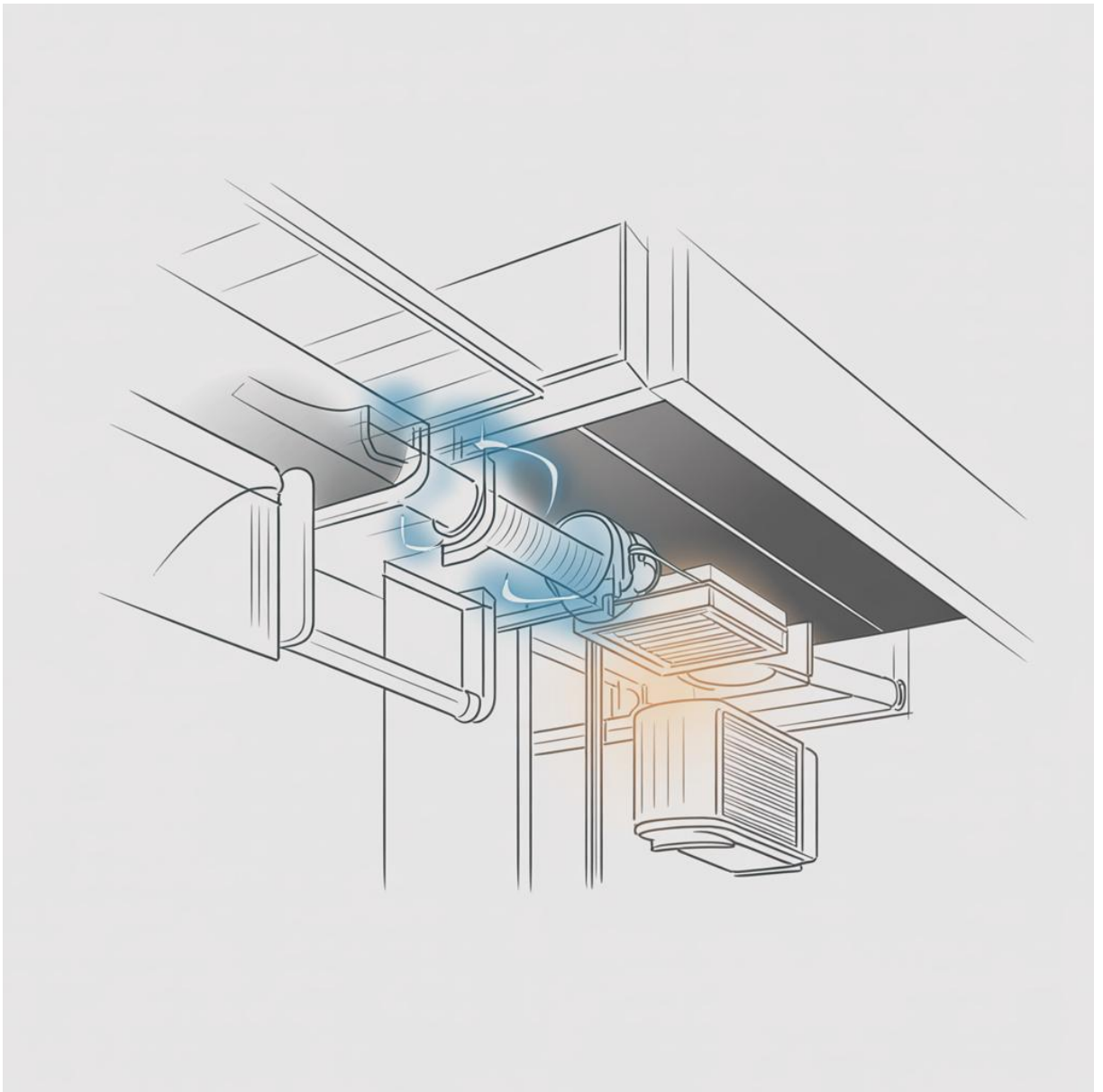
- Dažādot gaisa kvalitātes prasības publiskajās ēkās atkarībā no tās funkcionalitātes (slimnīcas vai administratīvas ēkas), jo vienotas prasības piemērošana visām publiskajām ēkām var radīt situāciju, kurā ventilācijas sistēmas tiek projektētas ar pārmērīgi lielām gaisa plūsmām. Tas būtiski palielina: ventilācijas sistēmu izbūves izmaksas, ventilatoru elektroenerģijas patēriņu, siltuma zudumus ventilācijas procesā, kā arī pazemina mitruma līmeni ziemas laikā.
- Normatīvā regulējuma pilnveidošanā būtu lietderīgi skaidrāk paredzēt pieprasījumam pielāgotu ventilācijas regulēšanu, piemēram izmantojot mainīgas gaisa plūsmas (*VAV – Variable Air Volume*) sistēmas vai citus pieprasījuma vadītas ventilācijas risinājumus, jo daudzās publiskajās ēkās telpu noslodze būtiski mainās dienas laikā.

4.2.6. Sabiedrības informēšana

Veicināt sabiedrības izpratni un zināšanas par ēku mikroklimata un gaisa kvalitātes nozīmīgumu cilvēku veselības un kognitīvo spēju nodrošināšanā. Būtiski organizēt publiskās kampaņas un informatīvus seminārus, lai vērstu sabiedrības uzmanību uz ventilācijas sistēmu nozīmi ēku mikroklimata nodrošināšanā, lai veicinātu ēku īpašnieku vēlmi investēt arī ventilācijas sistēmās.

4.2.7. CO₂ monitoringa ieviešana publiskajās ēkās

Ieviest un uzturēt CO₂ līmeņa monitoringu publiskajās ēkās, lai nodrošinātu, ka ēku lietotāji ir informēti par gaisa kvalitāti ēkā un varētu piemērot integrētus uz datiem balstītus risinājumus atbilstošas gaisa kvalitātes nodrošināšanā. Vienlaikus tas ļautu nodrošināt, ka laikus tiek konstatēti trūkumi ventilācijas sistēmas darbībā. Nodrošināt datu caurspīdīgumu un uzskaiti, lai ilgtermiņā novērotu ēkas lietošanas paradumus un nodrošinātu iespējami efektīvus ēkas lietošanas risinājumus.



Rīgas Tehniskās universitātes
Ilgtspējīgo būvmateriālu un inženiersistēmu institūta

**Rekomendācijas par ilgtspējīgiem ventilācijas sistēmas kā
inženiersistēmas sastāvdaļas risinājumiem ēku
energoefektivitātes veicināšanai**

Līgums Nr. IL/48/2025/KEM

skatīt datni "Pielikums RTU Rekomendācijas"