



Ekonomikas ministrija



Vides aizsardzības un
reģionālās attīstības
ministrija



LATVIJAS BŪVINŽENIERU
SAVIENĪBA

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Savienības
strukturālie un
kohēzijas fondi



DZĪVO
SILTĀK



energoefektīvākā
ēka Latvijā



Saules paneļu un kolektoru faktiskās efektivitātes eksperimentālais novērtējums



Staņislavs Gendelis, Dr. fiz., Latvijas Universitātes Fizikas,
matemātikas un optometrijas fakultāte

Attēli no autora albuma

Trīs Latvijas Universitātes (LU)
studentu viesnīcas pēc renovācijas ir
apriekotas ar saules kolektoru
sistēmām, un LU Botāniskajā dārzā
ilgtermiņa monitoringam ir uzstādīti
dažādas orientācijas saules paneļi.

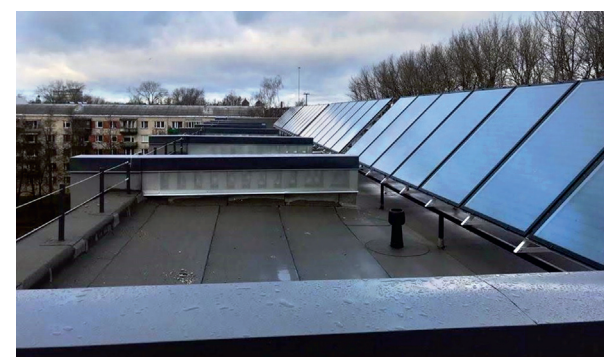
Faktiski saražotās enerģijas apkopojums pa-
rāda saules enerģijas izmantošanas iespējas
Latvijas klimatā.

Saules kolektori uz dienesta viesnīcām

Latvijas Universitāte 2019.–2021. gadā ir vei-
kusi trīs dienesta viesnīcu (Bulļu ielā 5, Tāli-

valža ielā 1b un Mazajā Lubānas ielā 11) reno-
vāciju, katrā no ēkām paredzot arī saules ko-
lektoru sistēmu karstā ūdens sagatavošanas
atbalstam (1. attēls).

Siltuma enerģijas ilggadējo patēriņa datu
analīze parādīja – karstā ūdens sagatavošanai
dienesta viesnīcās tiek izlietoti apmēram 40%
no visas piegādātās siltuma enerģijas, kas ir
raksturīgi tāda tipa ēkām. Lielais iedzīvotāju
skaits nosaka ievērojamu karstā ūdens patēri-
ņu dušās un virtuvēs, kas savukārt ir ievēro-
jams ēkas iekšējais siltuma avots un siltuma
bilancē nozīmē apkurei nepieciešamās ener-
ģijas samazinājumu.



1. attēls. Saules kolektori uz LU dienesta viesnīcām.



2. attēls. 3000 litru akumulācijas tvertnes.

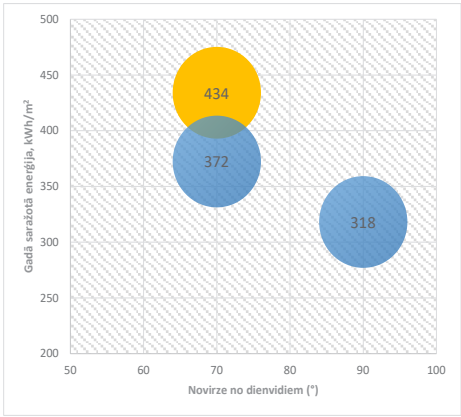
Katrā dienesta viesnīcā ir uzstādīti 28 saules kolektori *Thermosolar TS500* ar kopējo laukumu 63 m² un ražotāja deklarēto jaudu 1,8 kW, kas veido kopējo jaudu 51 kW. Katra saules kolektoru sistēma ir aprīkota arī ar 3000 litru akumulācijas tvertnēm karstā ūdens patēriņa nodrošināšanai pīķa stundās no rītiem un vakaros (2. attēls). Saskaņā ar projekta datiem maksimāli labvēlīgos apstāk-

ļos plānots iegūt līdz 500 kWh gadā no katra saules kolektora kvadrātmetra.

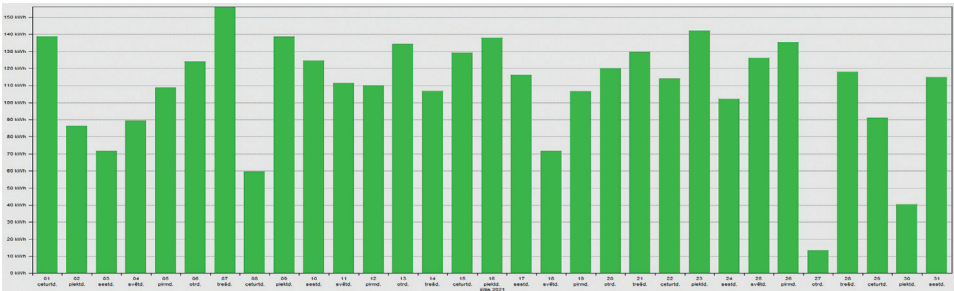
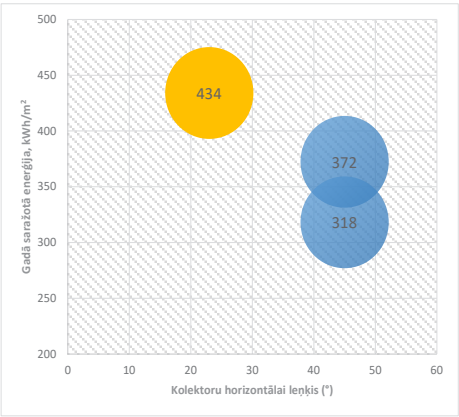
Katra no solārajām sistēmām ir aprīkota ar svarīgāko datu (temperatūras, plūsmas, jaudas un enerģijas) reģistrēšanas un uzkrāšanas iespēju, ļaujot veikt faktiski saražotās enerģijas ilgtermiņa monitoringu un vispusīgi analizēt iegūtos datus (sk. tabulu). Saules kolektoru novietojums pret debespusēm un arī

Saules kolektoru sistēmu monitoringa rezultāti

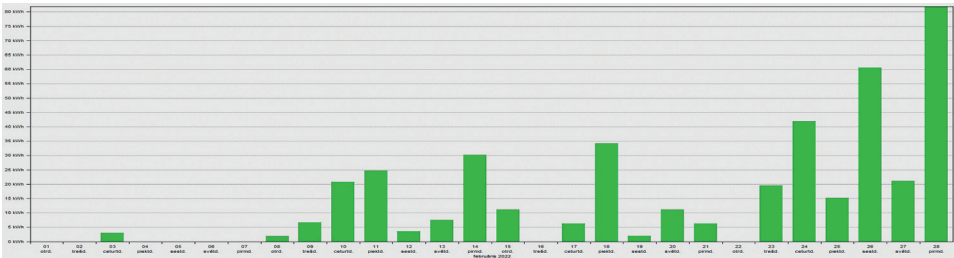
Ēkas adrese	Saules kolektori		2021. gadā saražotā enerģija		Gadā pieejamā enerģija (PVGIS)	Saražots no pieejamās enerģijas
	Orientācija	Horizonta leņķis	MWh	kWh/m ²	kWh/m ²	
Tālvilža iela 1B	110° (DA)	23°	27 478	434	1046	42%
Mazā Lubānas iela 11	250° (DR)	45°	23 573	372	1024	36%
Buļļu iela 5	270° (R)	45°	20 139	318	920	35%



3. attēls. Gadā saražotās enerģijas atkarība no kolektoru telpiskās orientācijas.



4. attēls. Dienā saražotais siltuma daudzums vasarā.

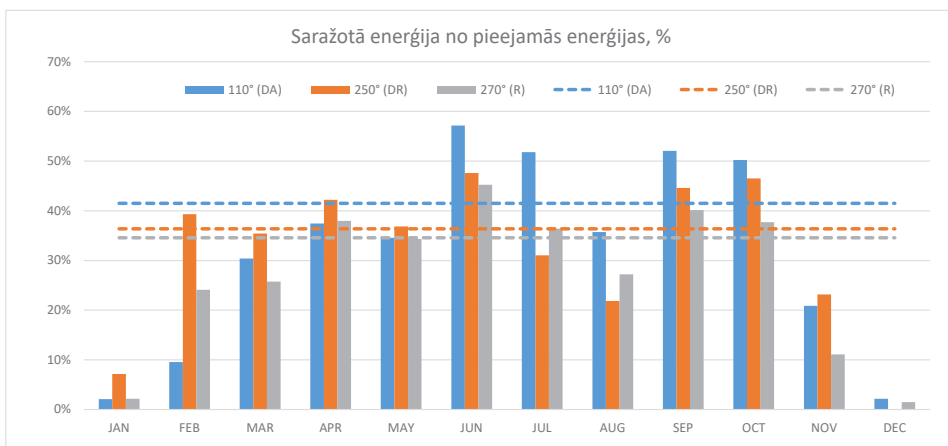


5. attēls. Dienā saražotais siltuma daudzums ziemā.

leņķis pret horizontu ir atšķirīgs, kas pamatā arī nosaka atšķirības saražotajā enerģijā – vislielākā tā tika reģistrēta 25° novietotiem kolektoriem ar dienvidrietumu orientāciju (3. attēls). Tomēr nevienā no sistēmām netika sasniegta projektā plānotā vērtība enerģijas ražošanai – 500 kWh/m².

Salīdzinot ar PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) modeļa datiem par

pieejamo saules enerģiju uz noteikti orientētās virsmas, ir redzams, ka 2021. gadā faktiski saražoti 35–42% no tās – 320–430 kWh/m² (sk. tabulu). Atšķirības no projektētās 500 kWh/m² vērtības var būt saistītas gan ar lielāku mākoņainumu šajā gadā kopumā, gan arī ar faktu, ka mākoņainās dienās ar zemu āra gaisa temperatūru saules kolektoru sistēma netiek iedarbināta vispār (4. un 5. attēls).



6. attēls. Saules kolektoru sistēmu vidējā mēneša efektivitāte.

Uz gada kopējās efektivitātes samazinājumu tieši ziemas mēnešu dēļ skaidri norāda ikmēneša efektivitātes datu analīze (6. attēls), kad vasarā atsevišķos gadījumos vidējā mēneša efektivitāte pārsniedz 50%, bet janvārī un decembrī tā nesasniedz pat 5% no PVGIS noteiktās maksimāli pieejamās saules enerģijas.

Īpaši jāatzīmē, ka saules kolektoru efektivitāte jeb enerģijas daļa, kas ar to palīdzību tiek lietderīgi izmantota no maksimāli pieejamās saules enerģijas (LU dienesta viesnīcās novērtētie 35–42% gadā), ir lielāka par saules paneļu efektivitāti, kas labākajiem modeļiem sasniedz tikai pusi no saules kolektoru snieguma, t. i., ap 21%.

Saules paneļi Botāniskajā dārzā

Atšķirībā no saules kolektoriem, kur saules enerģija tiek izmantota siltumnesēja tiešajai sildīšanai, saules paneļu, kas sastāv no moduļiem (angliski *photo-voltaic (PV) modules*), darbības pamatā ir saules gaismas enerģijas pārvēršana līdzstrāvā, izmantojot fotoelektrisko efektu. To pirmoreiz 1887. gadā novēroja vācu fiziķis Heinrihs Herts, bet Alberts Einšteins to izskaidroja un aprakstīja, saņemot par to Nobela prēmiju 1921. gadā.

LU Botāniskā dārza teritorijā kopš 2018. ga-

da beigām ir uzstādīti divu veidu (polikristāliskie un monokristāliskie) un piecu dažādu telpisko orientāciju (13° ar austrumu, rietumu un dienvidu orientāciju un precīzi uz dienvidiem orientētie ar 40° un 90° horizonta leņķi) saules paneļi (7. attēls). Katrs no paneļiem ir aprīkots ar individuālo kontrolieri ar datu uzkrāšanas iespēju (8. attēls), ļaujot analizēt datus no katra paneļa atsevišķi. Monokristālisko paneļu cena pēdējos gados ir būtiski samazinājusies (kritums 50% piecos gados), ļaujot praktiski atteikties no mazāk efektīvu, bet lētāku polikristālisko paneļu izmantošanas, kuru rezultātus šeit neapskatīsim. Uzstādīto monokristālisko paneļu deklarētā maksimālā jauda ir 275 W, bet, pateicoties tehnoloģijas straujai attīstībai, ko nosaka pieaugošs pieprasījums, līdzīga izmēra saules paneļu maksimālā jauda jau var sasniegt 380 W.

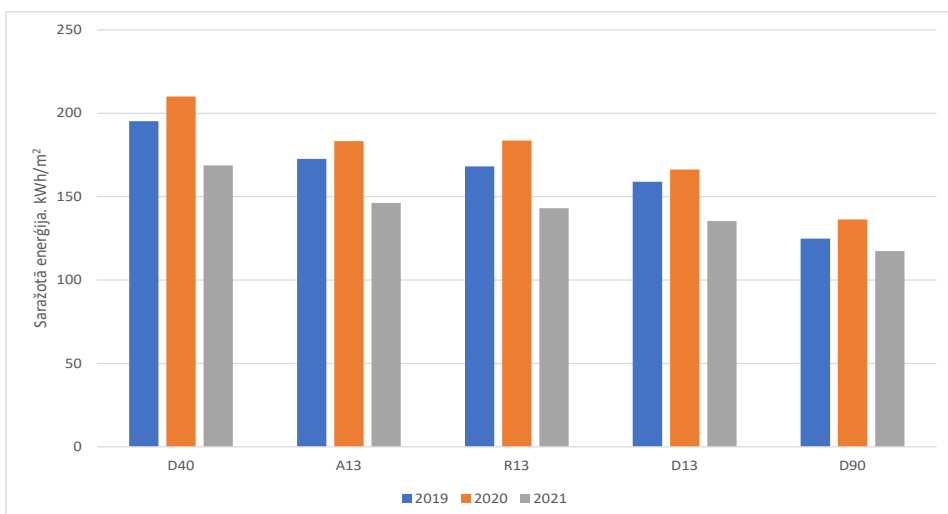
2019.–2021. gadā iegūtie dati par summāro saražoto elektroenerģiju ir parādīti 9. attēlā. Dažāda paneļu telpiskā orientācija skaidri nosaka atšķirības starp paneļu faktiski saražoto enerģiju, bet ir redzamas arī dažādu gadu datu izmaiņas, kas pamatā ir saistītas ar mākoņainības un āra gaisa temperatūras fluktuācijām, kas ietekmē paneļu darbības efektivitāti.



7. attēls. Dažādas orientācijas eksperimentālie saules paneļi.



8. attēls. Saules paneļu kontrolieri.

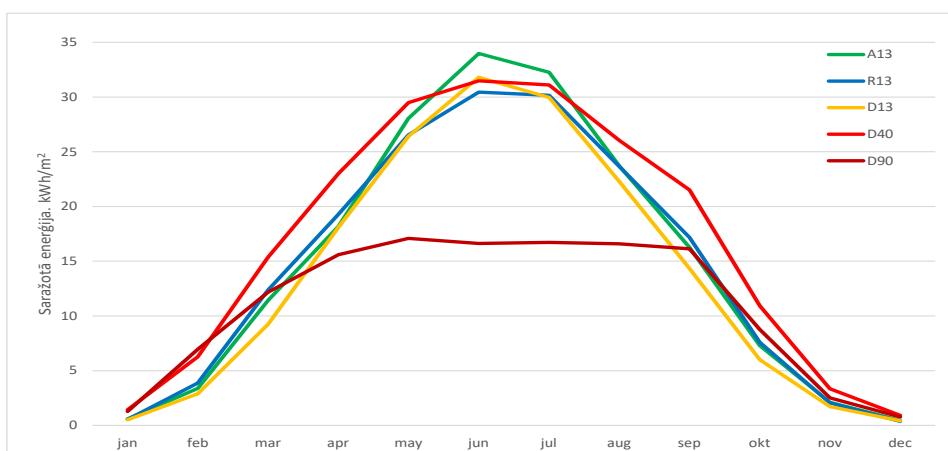


9. attēls. Dažādas orientācijas saules panelu gadā saražotā enerģija.

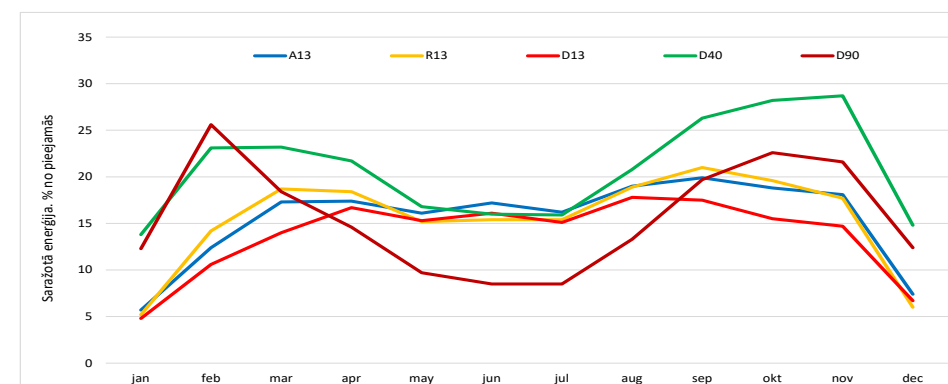
Uz dienvidiem orientēts 40° panelis (D40) gada laikā saražo vairāk enerģijas nekā pārējie paneli (220 kWh/m² 2020. gadā), un šāda ir labākā orientācija Latvijai, ja ir runa par gada integrālo enerģiju. Vismazāk enerģijas tiek saražots no vertikālā S90 panela. Saražotā enerģija no visiem pārējiem 13° paneliem ir ļoti līdzīga un sasniedz 180–200 kWh/m². Ja 40° paneli tiek novietoti vairākās rindās, starp tiem nepieciešams izveidot lielāku atstarpi, lai

izvairītos no ēnas – tādējādi var veidoties situācija, ka uz horizontālās virsmas (jumta) ir enerģētiski izdevīgāk uzstādīt vairākas uz rietumiem–austrumiem orientēto 13° panelu rindas ar mazāku attālumu starp tām, rezultātā iegūstot vairāk saražotās elektroenerģijas uz jumta (nevis panela) kvadrātmetru.

Attēlojot ikmēneša datus dažādi orientētiem paneliem (10. attēls), var redzēt, ka novembrī, decembrī un janvārī saražotā elektro-



10. attēls. Dažādas orientācijas saules panelu pa mēnešiem saražotā enerģija.



11. attēls. Dažādas orientācijas saules panelu vidējā mēneša efektivitāte.

enerģija nepārsniedz 5 kWh/m², bet jau februārī dienvidu orientācijas stāvie paneli (D40 un D90) sāk ražot būtiski vairāk par pārējiem 13° paneliem, ko izskaidro saules pozīcija tuvu horizontam. Vertikālo D90 panelu saražotā enerģija paliek nemainīga 17 kWh/m² līmenī pusgadu – no aprīļa līdz septembrim. Ziemas un vasaras laikā saražotās enerģijas proporcija ir 1:10 optimizētai orientācijai (D40) un 1:30 horizontāliem novietojumiem.

Salīdzinot iegūtos saražotās elektroenerģijas datus ar globālā saules starojuma enerģiju, kas pieejama uz horizontālās virsmas (11. attēls), var uzskatāmi redzēt, ka stāvie paneli

D40 un D90 ir efektīvāki pavasarī un rudenī, turklāt vertikālais D90 panelis vasaras mēnešos ir izteikti neefektīvs. BI

Materiāls ir tapis projektā
Gandrīz nulles enerģijas ēku faktiskā
energopatēriņa analīze un nepieciešamo
energoefektivitātes paaugstināšanas
risinājumu izstrāde
Nr. 1.1.1.2/VIAA/3/19/505.



Atjaunojamās saules enerģija Latvijā skaitļos

- Enerģijas ražošana no saules piedāvātās enerģijas ir būtiski atkarīga no mākoņainības, kas tieši ietekmē saules starojumu. Ikdienu enerģijā ir fiksētas līdz pat 300% lielas atšķirības, bet gadā saražotās enerģijas izkliede ir mazāka – 10–15%. Tāpēc aprēķinos un novērtējumos ir objektīvi izmantot tikai gada vidējos datus.
- Optimālo orientāciju saules kolektoriem vai paneliem Latvijā var ieteikt atkarībā no patērētāja vajadzībām:
 - ✓ ja mērķis ir gada kopējā enerģija, tad dienvidi 40°;
 - ✓ ja svarīgāka ir enerģijas ražošana tikai ziemas mēnešos, tad dienvidi 90°;
 - ✓ ja interesē vasaras periods, tad: dienvidi 90°, ja uzstādīšanai ir pieejama liela platība; austrumi/rietumi 13°, ja uzstādīšanai pieejamā vieta ir ierobežota.
- Eksperimentos ir noteikta šāda vidējā faktiski saražotā enerģija uz uzstādīto iekārtu platību:
 - ✓ saules kolektoriem (siltuma enerģija): 320–430 kWh/m² jeb 400–540 kWh no uzstādīta kW;
 - ✓ saules paneliem (elektroenerģija): 130–190 kWh/m² jeb 820–1200 kWh no uzstādīta kW.