

Liela mēroga saules kolektoru sistēmas

Prasības, iespējas un integrēšana centralizētajā siltumapgādē

Ph.D. Ieva Pakere, Rīgas Tehniskā universitāte



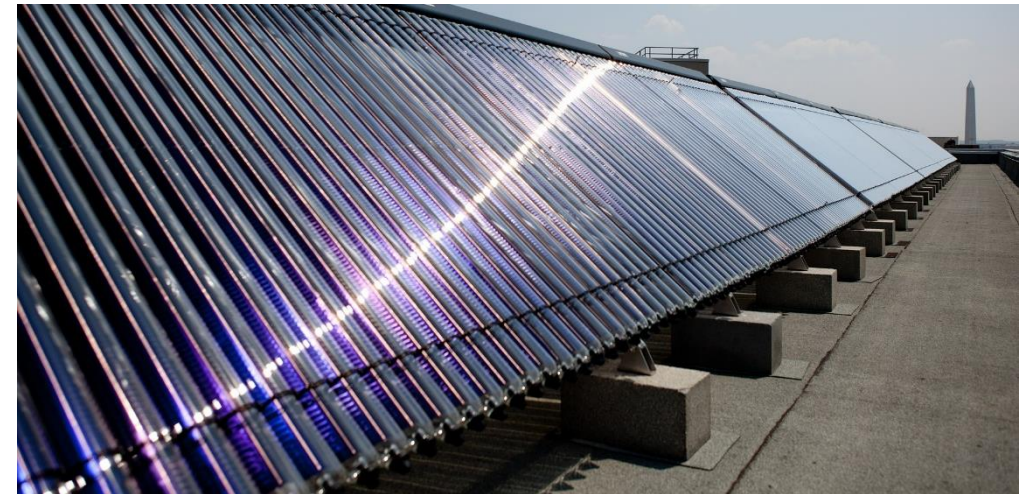
Interreg
Baltic Sea Region



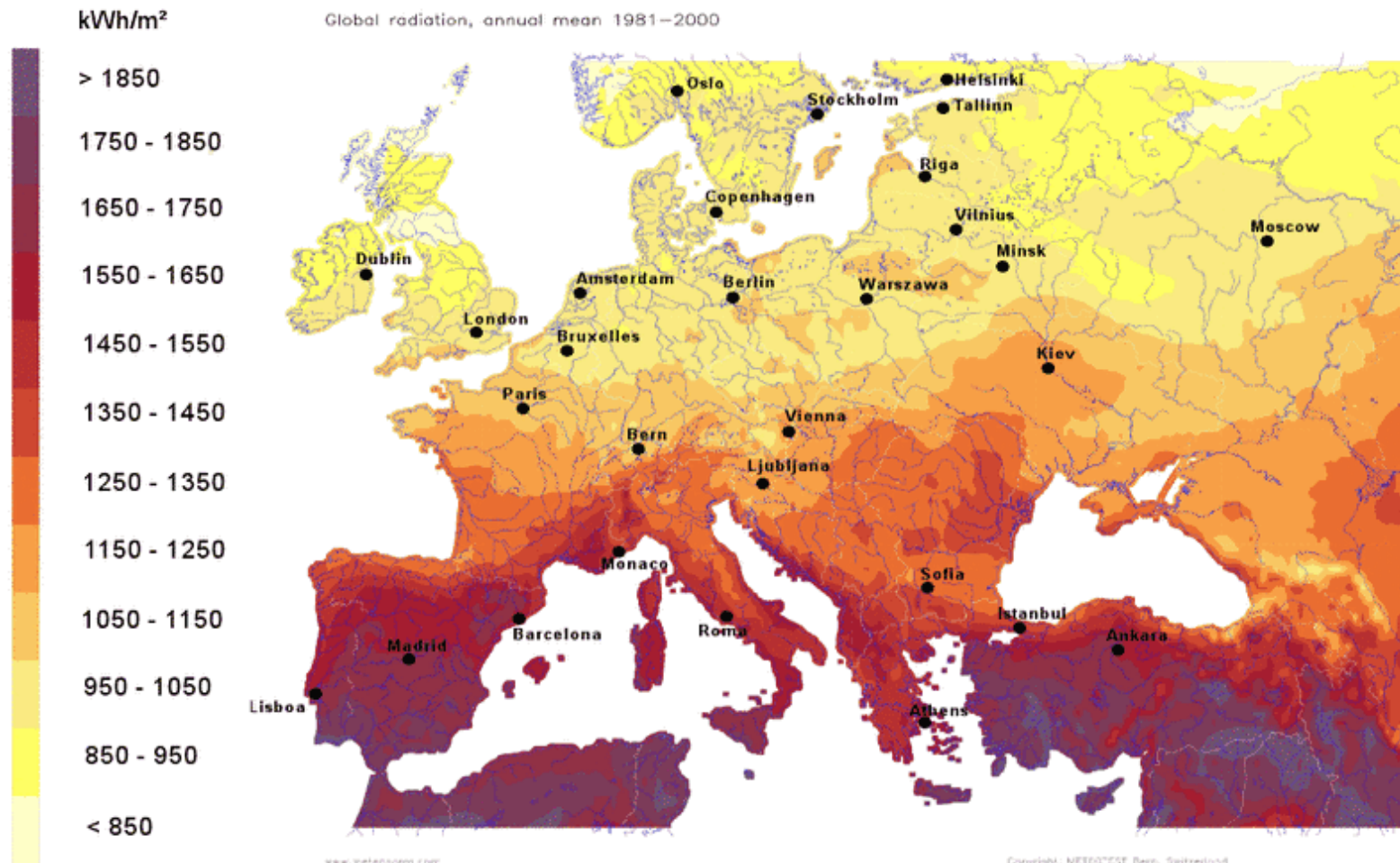
EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

Saturs

- Saules radiācija un siltuma ražošana
- Pārskats par esošajām tehnoloģijām un to darbības piemēriem
- Uzstādīšanas un plānošanas nosacījumi
- Tehniskā un ekonomiskā efektivitāte
- Saules kolektoru lauka piemērs Latvijā
- Sezonālās akumulācijas sistēmas



Saules starojums un siltuma ražošana

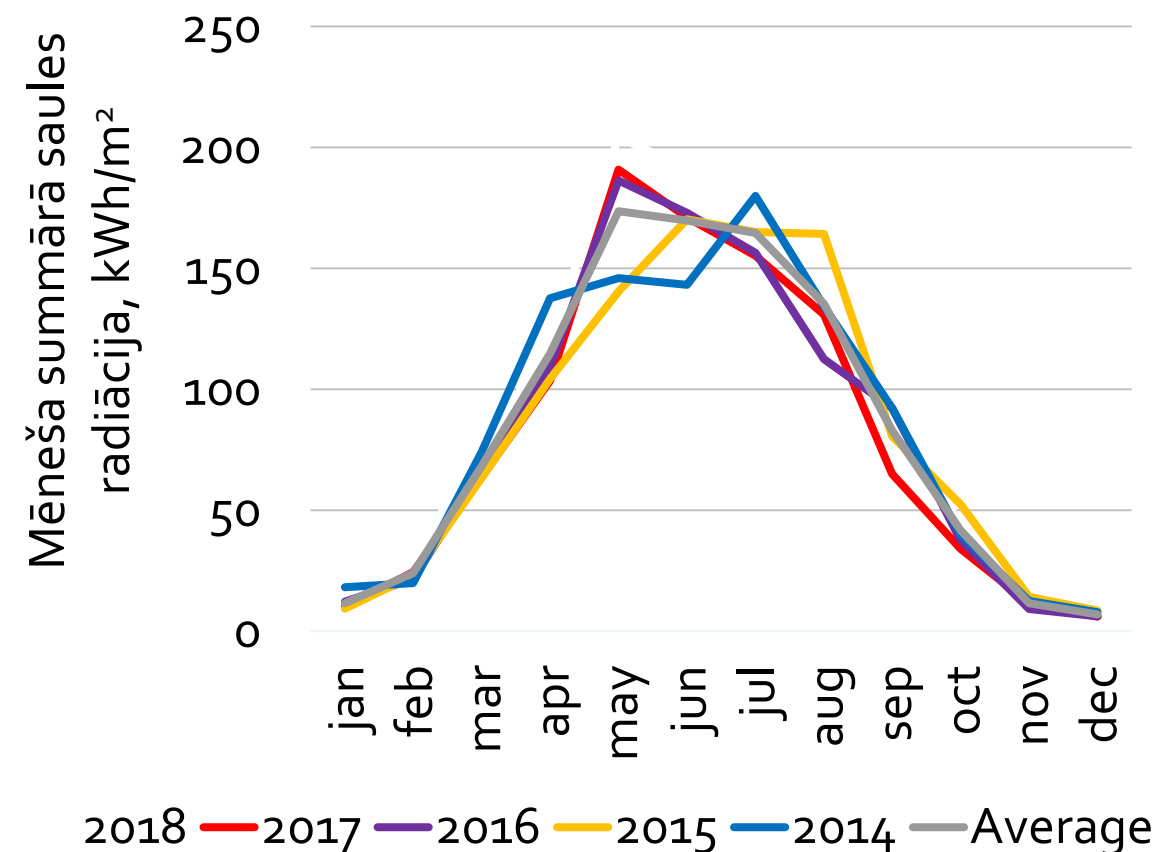
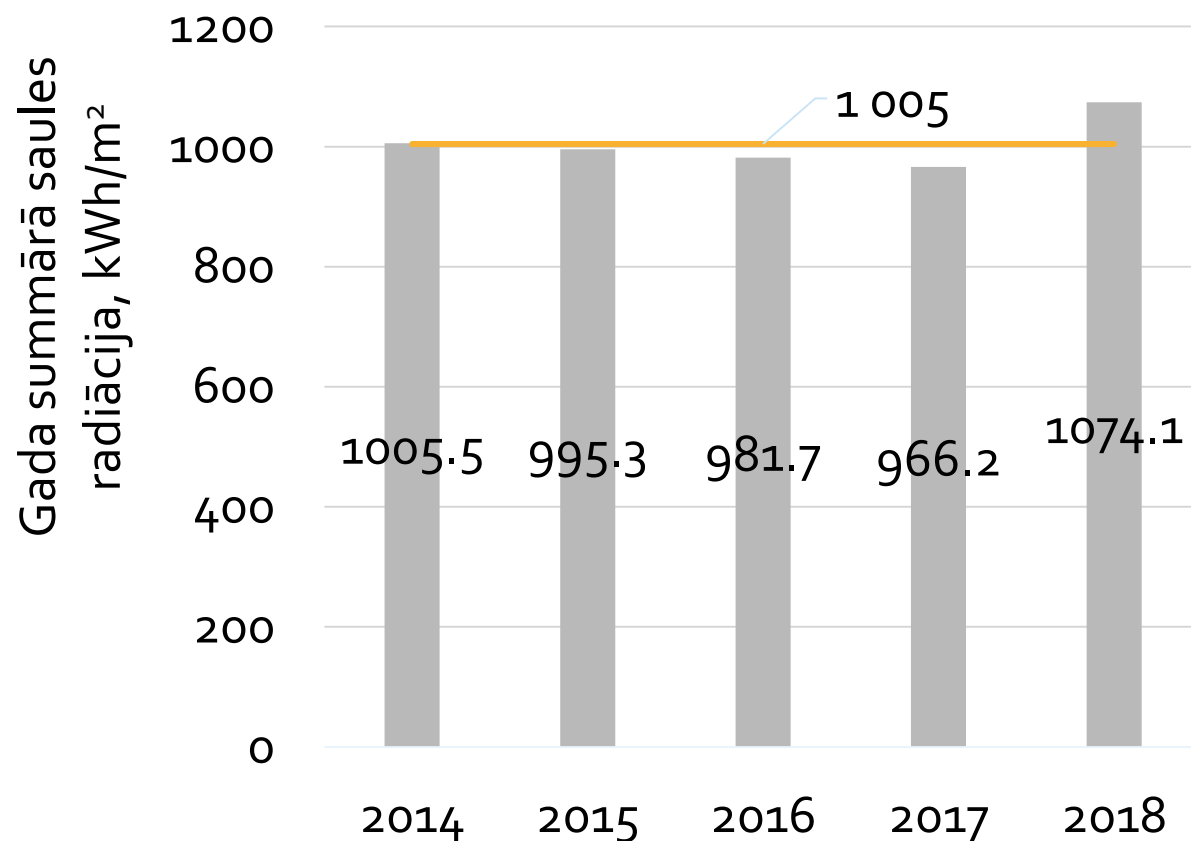


- Gadā saņemtās radiācijas un saražotās siltumenerģijas daudzums ir atkarīgs no daudziem faktoriem:

- Laikapstākļi
- kolektora tips
- vietnes specifiskācijas
- Lauka izmēra un enerģijas patēriņa salāgošana
- uzstādīšanas leņķis utt.

Avots: Meteonorm 2008

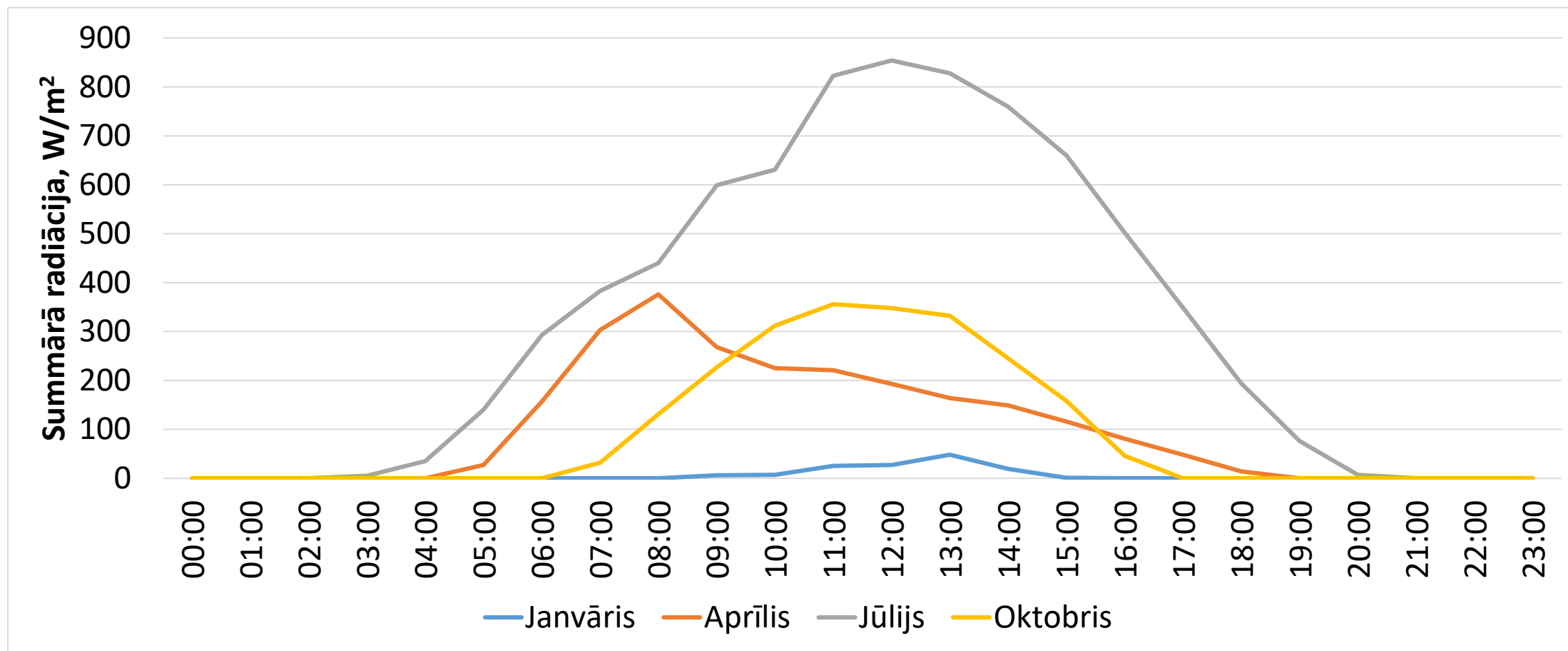
Saules starojums Latvijā



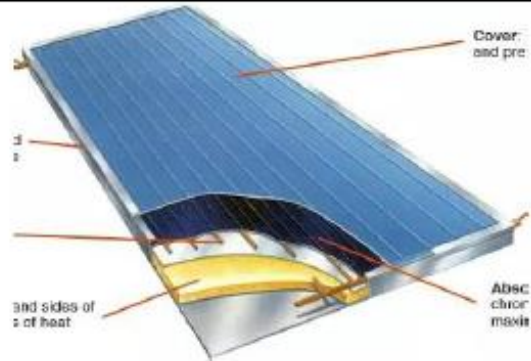
Saules starojums Latvijā (2)



LowTEMP2.0



Saules siltuma sistēmas

types	Plakanie kolektori	Vakuuma cauruļu kolektori		
	Tradicionālie/augstas eektivitātes kolektori	Netiešā plūsma	Tiešā plūsma	
		Siltuma cauruļu princips	Vakuuma caurules	Saliktais paraboliskais koncentrators
	 Source: sunpower	 Source: baunetz_wissen		

Source: AGFW-Project GmbH

Saules siltuma sistēmas un darbības režīmi

- **Kur izvietot saules kolektorus?**

- **Uz zemes** uzstādīti saules kolektori

(lētākais risinājums; atkarīgs no zemes cenām, attāluma līdz esošajai cauruļu sistēmai vai patērētājam, vispārējās siltuma izmantošanas, uzglabāšanas un daudziem citiem parametriem)

- **Uz jumta** uzstādīti saules kolektori (iespējams uz lieliem un līdzeniem jumtiem ar lielu laukumu)



Avots: Ritter XL Solar



Avots: Ritter XL Solar



Avots & autortiesības: Stefan Simonides

Plakano kolektoru darbības princips (1)

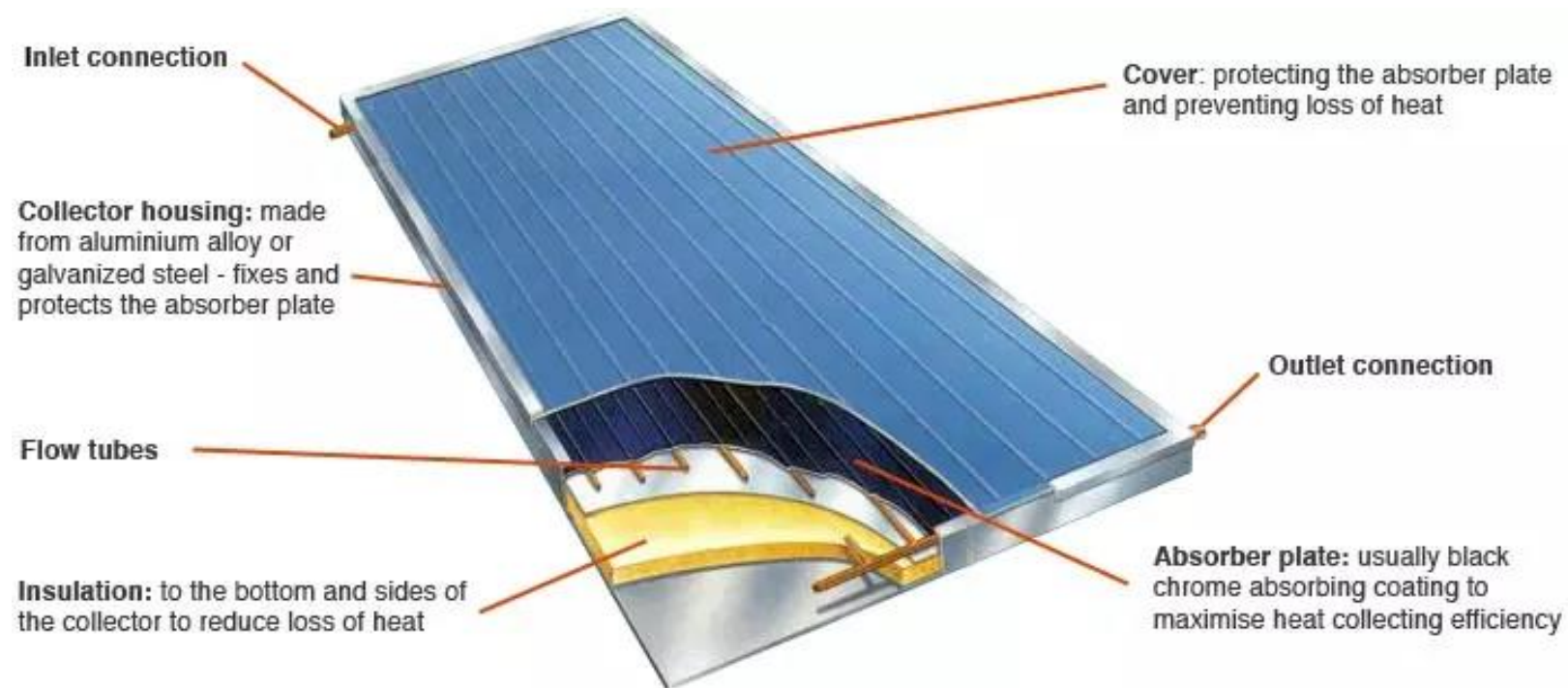
- Plakanajos kolektoros tiek izmantota **plakana absorbētāja plāksne**, kas ir izolēta ar siltinājumu (minerālvati, poliuretāna putām vai citiem materiāliem)
- Šī izolācija ir mazāk efektīva nekā vakuumā izolēto cauruļu kolektoru izolācija
- Augstas veiktspējas plakano plākšņu kolektori darbojas ar vara absorbētājiem



Avots & autortiesības : Stefan Simonides

Plakano kolektoru darbības princips (2)

- Saražo apm. 500-550 kWh gadā no kolektora bruto virsmas
- Sasniedziet darba temperatūru no 30 līdz 80 °C
- Var uzstādīt virknē vai paralēli
- Iespējams mainīt uzstādīšanas leņķi.
- Kā darba šķidrumu parasti izmanto ūdens un antifrīzu šķidrumu



Avots: sunpower

Vakuuma cauruļu kolektori



Avots: Ritter XL Solar



Avots: Solites



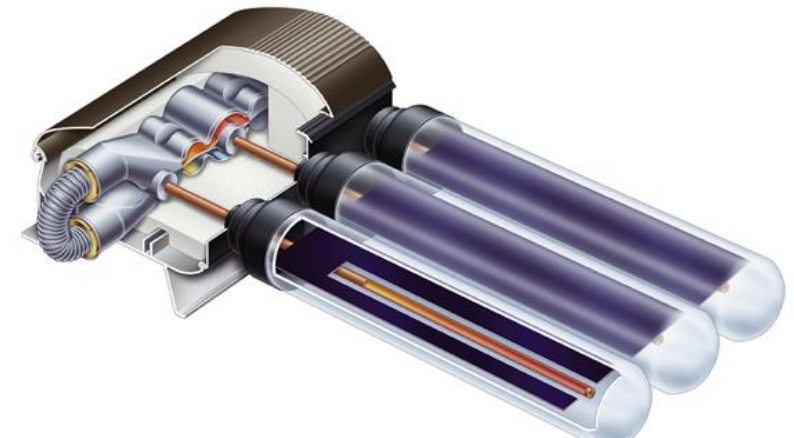
Avots: Ritter XL Solar

Vakuuma cauruļu kolektoru darbības princips

- Vakuuma cauruļu kolektorus parasti projektē ar paralēlām **dubultkorpusu stiklu cauruļu rindām**
- Vakuums ļauj sasniegt ļoti **augsto siltumizolāciju**
- Siltuma caurules pārvada siltumu uz siltumnesēju (netiešā plūsma), vai tiešās plūsmas līnijas caur iekšējo stikla cauruli siltuma nesēju transportē "U formā".
- Var sasniegt augstāku temperatūras līmeni (virs 200°C līdz 350°C)
- augstāka siltuma ražošanas efektivitāte temperatūras diapazonā virs 80 °C
- Augstākas izmaksas nekā plakanajiem kolektoriem

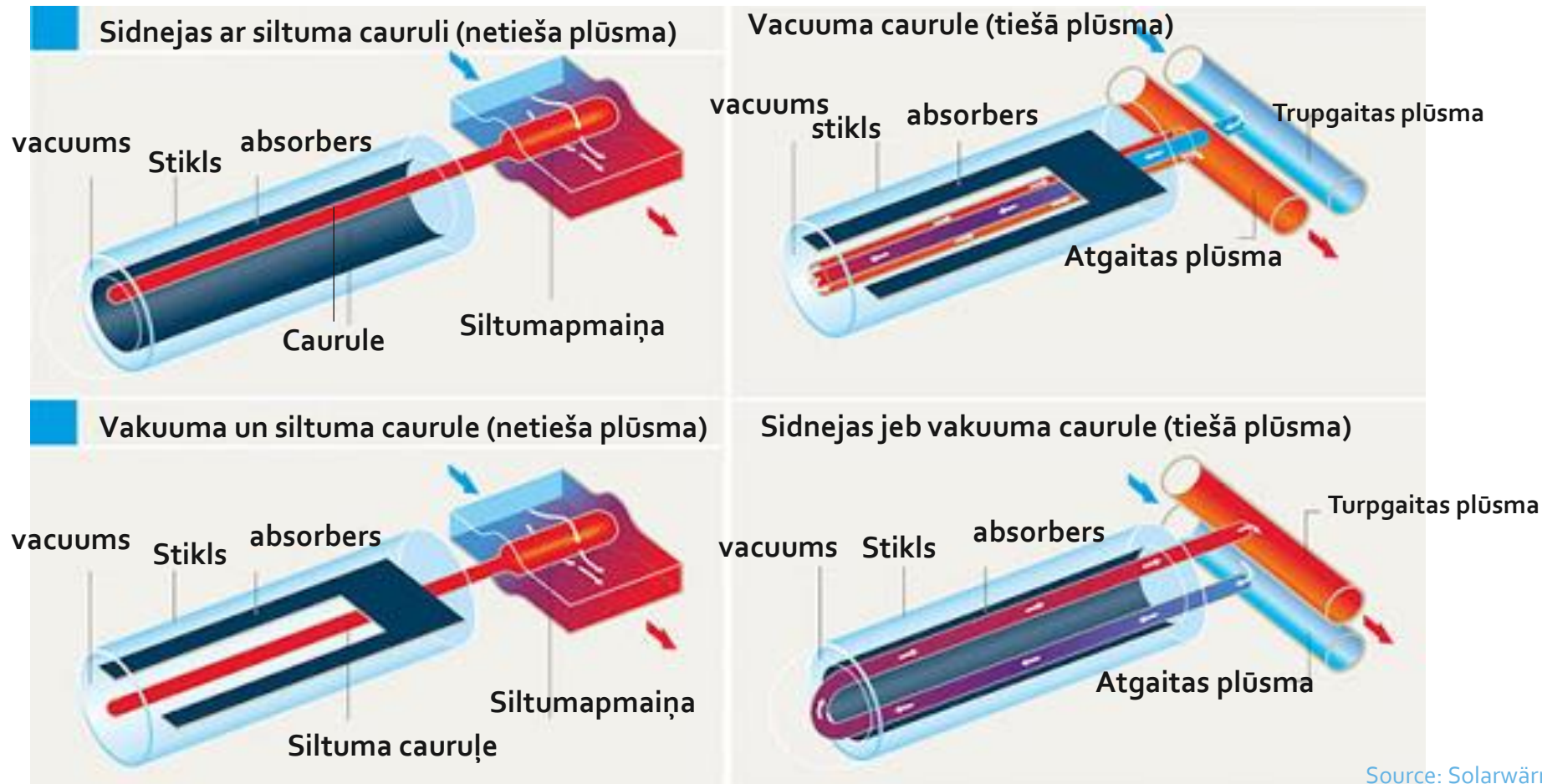


Avots: Ritter-XL-Solar



Avots: Viessmann Werke

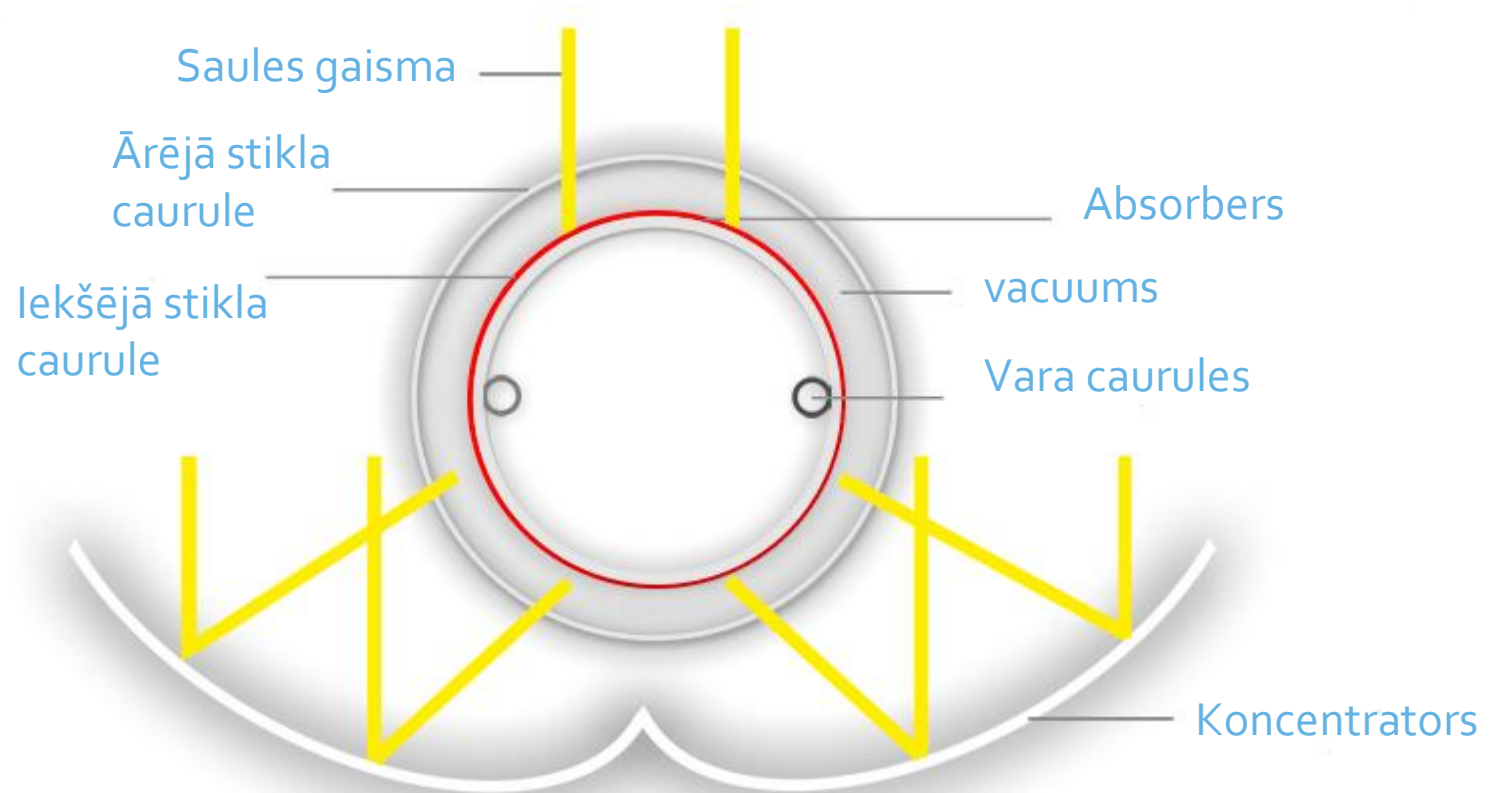
Vakuuma cauruļu kolektoru darbības princips



Source: Solarwärme (2014); translated & adjusted

Saliktais paraboliskais koncentrators

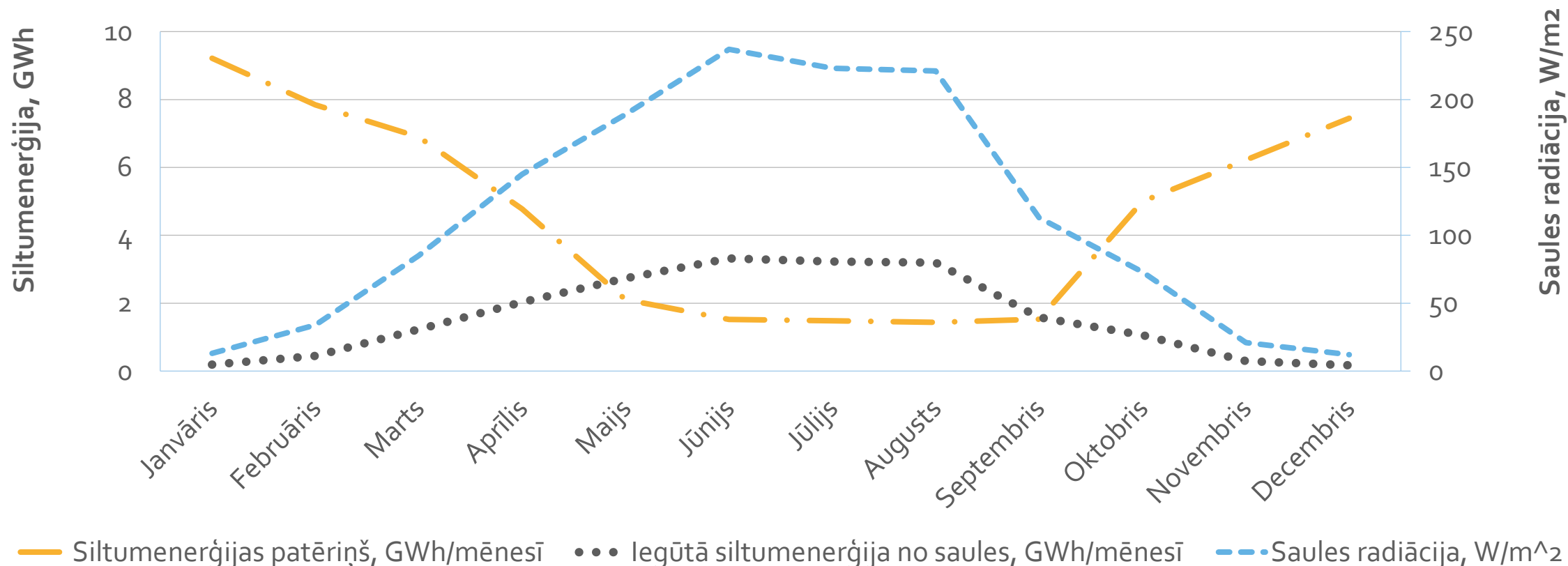
- Spēja atstarot absorbētājam visu krītošo starojumu
- Izmantojot vairākus iekšējos atstarotājus, jebkurš starojums, nonāk līdz absorbētāja virsmai
- Augstas investīciju izmaksas!



Avots: Frank Tebbe

Uzstādīšanas un plānošanas prasības

Saules lauka platības noteikšana



Uzstādīšanas un plānošanas prasības

Saules lauka platības noteikšana

- Pietuvinātais aprēķins- stratēģisko virzienu salīdzināšanai
- Ikstundas aprēķins- tehnisko ekonomiskā pamatojuma novērtēšanai
- Dinamiskā modelēšana- saules sistēmas projektēšanai

$$Q \text{ (kWh)} = S \cdot \eta_k \cdot R \cdot PR$$

S -saules kolektora absorbcijas laukums (m²)

η_k -kolektora nominālā efektivitāte (%)

R – Vidējā summārā saules radiācija, (kWh/m²)

PR –saules sistēmas zudumu koeficients (no 0.9 līdz 0.95)

Uzstādīšanas un plānošanas prasības

Kolektora orientācija / slīpums (iestatīšanas leņķis) un efektivitāte

Eiropai parasti ideālākais “**saules augstuma leņķis**” ir 25° līdz 45° , bet ir kolektori, kas novietoti arī leņķi līdz 60° , piem. uz jumtiem

→ optimāls novietojuma leņķis mainās atkarībā no dienas laika un sezonas

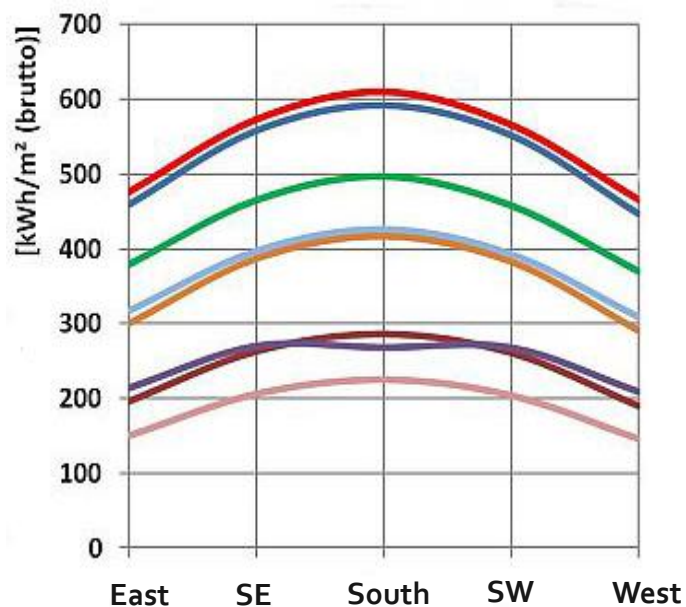
Jo augstāks slīpums, jo lielāka kolektora saražotā siltumenerģija ziemas laikos/dienās ar zemu saules starojumu

→ augstie slīpumi samazina termisko stagnāciju vasarā, bet arī temperatūras līmeni

→ **Orientācija vienmēr ir atkarīga no konkrētās vietas darbības / plānotās siltuma izmantošanas (apkurei / karstā ūdens sagatavošanai / abiem / ar sezonālu uzglabāšanu vai bez tās) / siltuma pieprasījuma utt.**

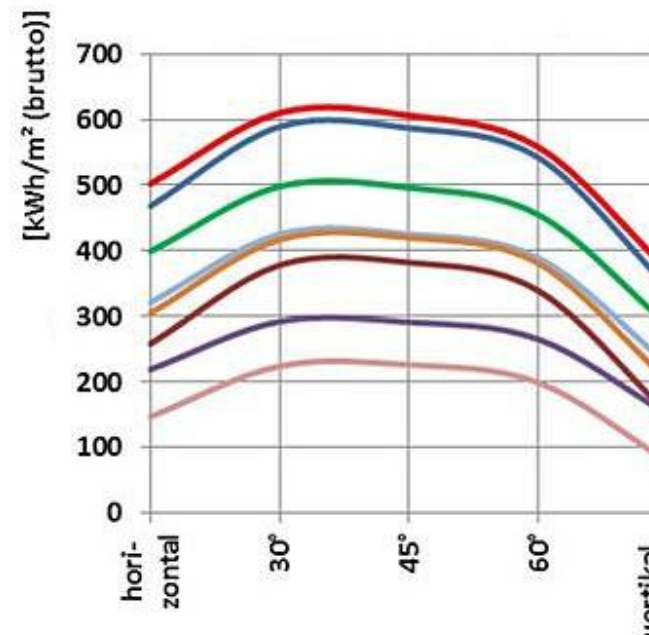
Uzstādīšanas un plānošanas prasības

Kolektora orientācija / slīpums (iestatīšanas leņķis) un efektivitāte



Aprēķina PIEMĒRS dažādām saules kolektoru veidiem.

- Atrašanās vieta: Vircburga, Vācija
- Uzstādīšanas leņķis: 75 °; orientācija: mainīga
- Kolektora vidējā temperatūra: 75 C °



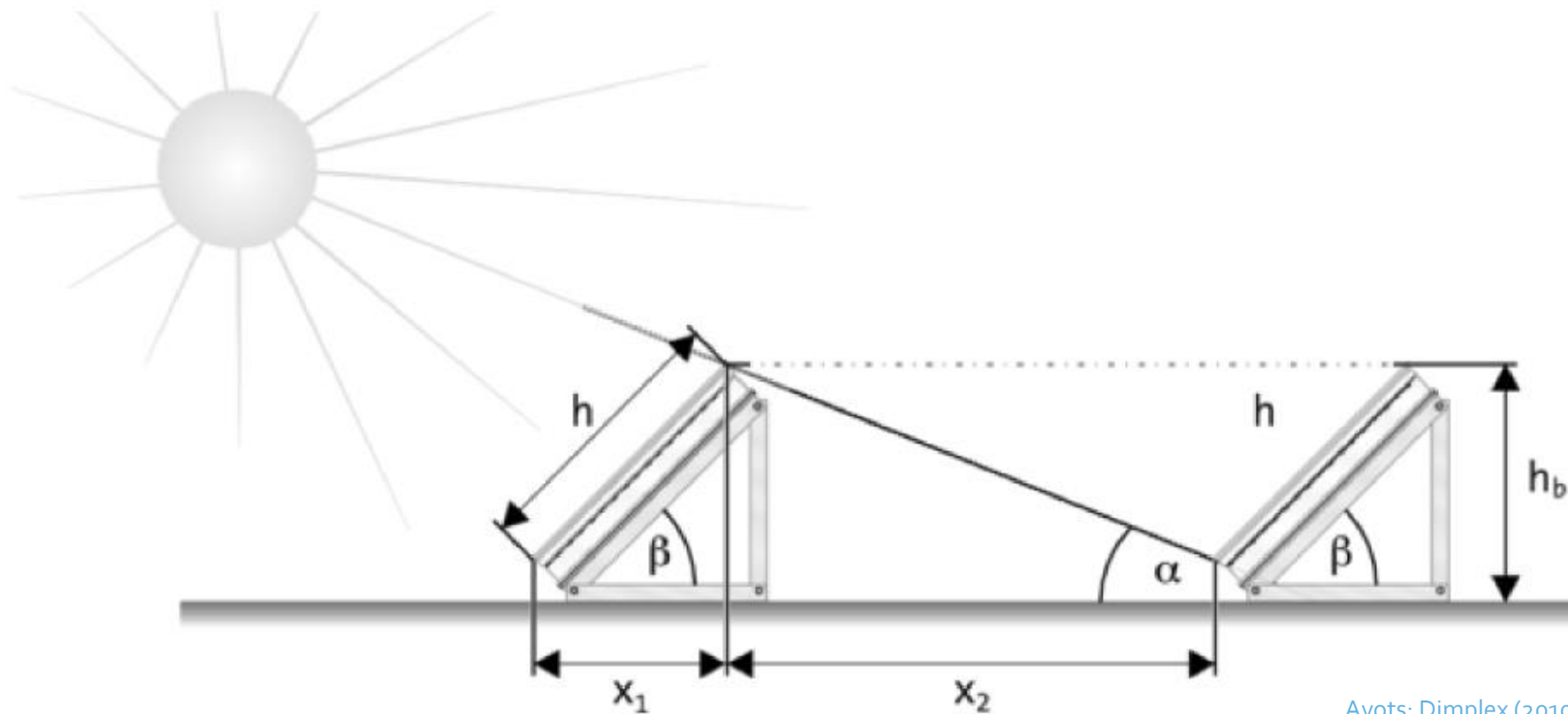
Aprēķina PIEMĒRS dažādām saules kolektoru veidiem.

- Atrašanās vieta: Vircburga, Vācija
- Orientācija: Dienvidu; Uzstādīšanas leņķis: mainīgs
- Kolektora vidējā temperatūra: 75 C °

Avota piemērs: Paradigma (translated and adjusted)

Uzstādīšanas un plānošanas prasības

Kolektoru novietojums



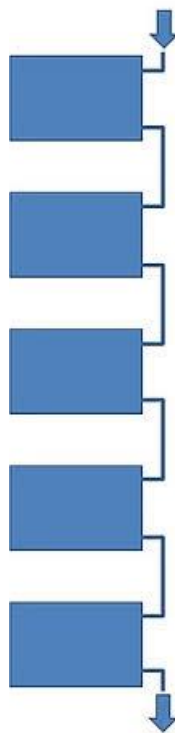
Avots: Dimplex (2010)

Uzstādīšanas un plānošanas prasības

Kolektoru izvietojums un shēmas

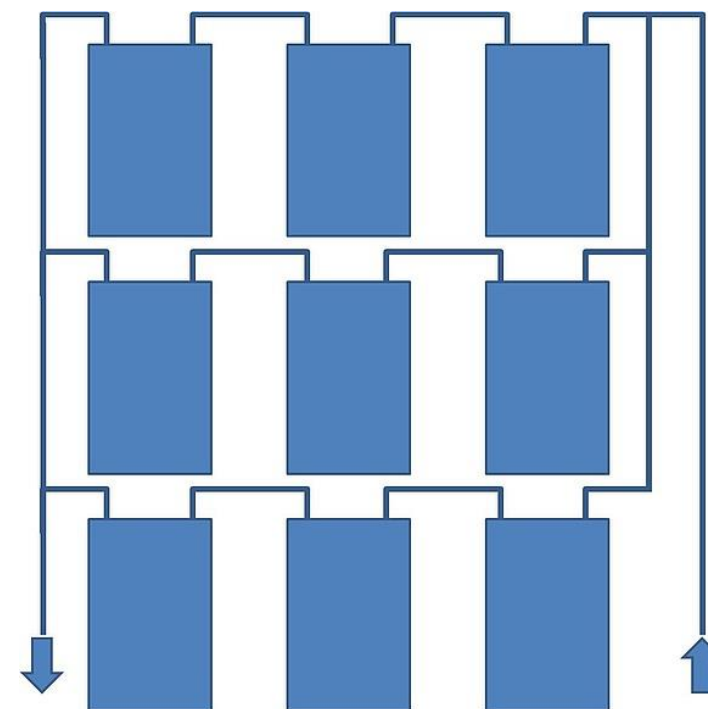
Virknes slēgums

- augsti spiediena zudumi
- liela sūkņa jauda
- vienmērīgi plūsmas ātrumi
- Mazākas cauruļvadu uzstādīšanas izmaksas



Paralēlais slēgums

- Zemi spiediena zudumi
- Mazāka sūkņa jauda
- Nepieciešamas papildus darbības, lai nodrošinātu vienmērīgu plūsmu
- Zemāki plūsmas ātrumi
- ΔT atkarīga no kolektoriem sērijveida savienojumā
- Lielizmēra kolektoru laukiem



Stagnācijas novēršana

Stagnācijas ietekmes:

- Spiediena palielināšanās un tvaika veidošanās kolektorā
- Liels spiediens uz sistēmas sastāvdaļām (piemēram, sūkņa blīvēm)
- Iespējama glikola plaisāšana

Keymark-Sertifikāta piemērs:



TÜVRheinland®
DIN CERTCO



Page 1/2

Summary of EN 12975 Test Results, annex to Solar KEYMARK Certificate	Licence Number	
	Issued	2015-11-30

Stagnation temperature - Weather conditions see note 2	Tstg	301	°C
Effective thermal capacity	ceff = C/Ag	9.18	kJ/(m²K)
Max. intended operation temperature - see note 3	Tmax,op	160	°C
Max. operation pressure - see note 3	pmax,op	1000	kPa

(Avots: www.estif.org)

Stagnācijas novēršana:

- Saules sistēmas siltumnesēja novadīšana (īpaši nepieciešama glikola sistēmām pirms stagnācijas stāvokļa sākšanās)
- Atspējot sūkņus un pārspiediena vadību
- Aktīva dzesēšana, piem. ar gruntsūdeni un otru siltummaini

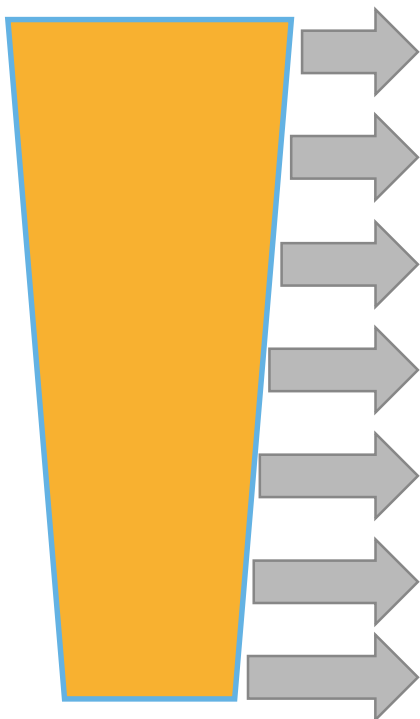
Saules īpatsvars

Sasniedzamais saules īpatsvars atkarīgs no:

- Saules siltuma ražošanas sistēmas integrēšanas karstā ūdens sistēmās
 - Plānotā siltuma izmantošanas un darba temperatūras līmeņa
 - Ēkas struktūra (attīstības zona, esošā ēkas struktūra)
 - Saules sistēmas tehniskie parametri (akumulācijas sistēmas lieluma)
 - Tieša vai netieša integrēšana tīklos
- **Nav noteiktu atsaucēs vērtību!** (jānosaka katram konkrētajam projektam)
- Saules sistēma var apm. sasniegt 30-60% no gada pieprasījuma pēc karstā ūdens sagatavošanas (pilnīga slodzes segšana vasarā)
- Sezonālā akumulācija var palielināt ikgadējo saules īpatsvaru, palielinot akumulēto daudzumu, piem. ar siltumsūkni pārejas periodos

Tehniskā un ekonomiskā efektivitāte

Kolektoru lauks



Maksimālā sistēmas
efektivitāte

Atšķirības starp kolektoros un sistēmā saražoto siltumenerģijas daudzumu

Atšķirības rodas...

- ... dēļ uzsilšanas rītos un atdzišanas vakaros
- ... dēļ zudumiem caurulēs un vārstos
- ... dēļ zudumiem akumulācijas sistēmā
- ... dēļ stagnācijas
- ... dēļ aktīvās aizsalšanas aizsardzības
- ... dēļ pretaizsalšanas šķidruma
- ... dēļ zudumiem siltummaiņos

Starpība starp kolektora efektivitāti un maksimālo sistēmas efektivitāti var aptuveni noteikt, ņemot 10% no gada vidējā starojuma

Investīciju izmaksas un ekonomisko efektivitāti ietekmējošie faktori

- Kopējā siltumenerģijas pieprasījuma un saules lauka salāgošana
- Nepieciešams akumulācijas lielums / sezonāla uzglabāšana (varbūt būs nepieciešams siltumsūknis?)
- Nepieciešamā zemes platība, piemērotība un cena
- Kura saules siltuma sistēma ir nepieciešama?
- Kāds temperatūras līmenis ir nepieciešams?
- Cik lielam jābūt aprēķinātajam saules siltuma īpatsvaram?
- Kāds ir enerģijas ietaupījums no citiem integrētiem / esošiem siltuma avotiem (piemēram, (bio) gāze / biomasa utt.)?
- Cik liels finansējums ir iespējams?
- Kādas ir finansēšanas izmaksas (termiņš, procentu likme)?
- Enerģijas izmaksu attīstība tuvāko gadu laikā?

Galvenās saules lauku izmaksu pozīcijas

- Zemes izmaksas
- Kolektori
- Uztādīšanas izmaksas
- Siltumnesēja šķidrums
- Pārvades caurules
- Siltumsistēmas apsaiste (siltummaiņi, vārsti, izplešanās trauki utt.)
- Pieslēgums esošajai centralizētās siltumapgādes sistēmai
- Akumulācijas sistēma
- Regulēšanas sistēma
- Projektēšana un optimizēšanas izmaksas
- Citas būvniecības izmaksas

(Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). Solar district heating guidelines – Collection of fact sheets WP3-D3.1 & D.3.2. Page 8 Fact sheet 2.3

Tehniskā un ekonomiskā efektivitāte

Cik maksā saules siltumenerģija?

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,el}}{(1+i)^t}}$$

I_0 – sākuma investīcijas, EUR;

A_t – izdevumi gadā, EUR/gadā;

$M_{t,el}$ – saražotā enerģija, kWh/gadā;

i – reālā diskonta likme, %;

n – sistēmas ekspluatācijas laiks, gadi;

t – ekspluatācijas gads, (1, 2, ...n).

Saules sistēma Salaspilī



Saules kolektoru sistēma 21 595 m²
Plānots gadā saražot 12 000 MWh

Akumulācijas tvertne 8000 m³

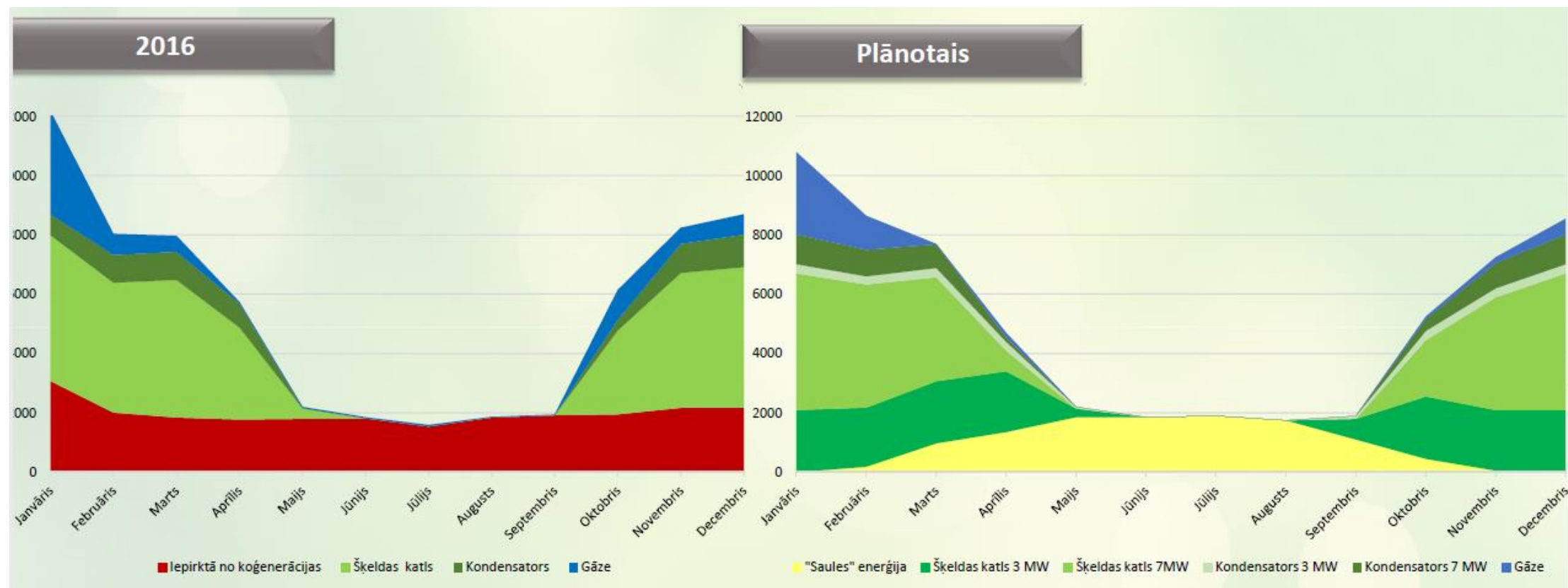
3 MW šķeldas katls ar
dūmgāzu kondensatoru



9

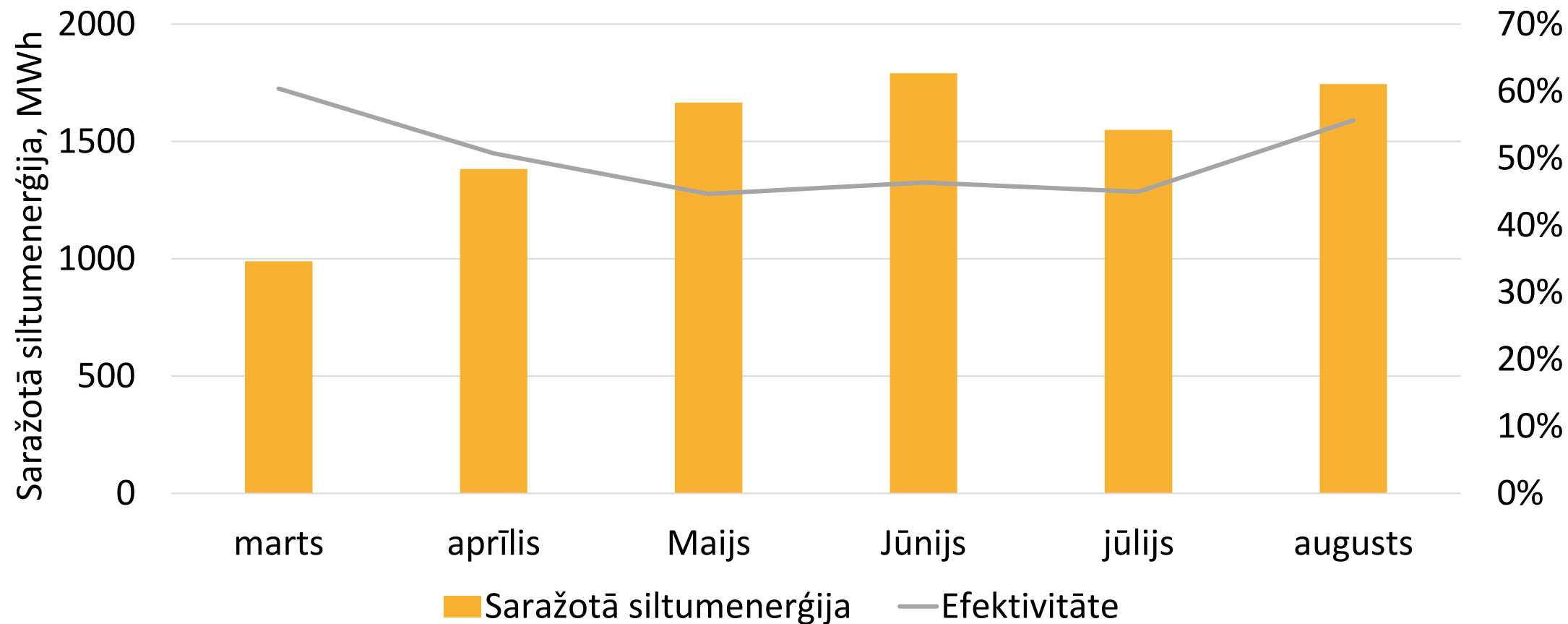
Avots: I. Poļikarpova, «SIA «Salaspils siltums» esošā situācija un nākotnes izaicinājumi

Saules sistēma Salaspilī



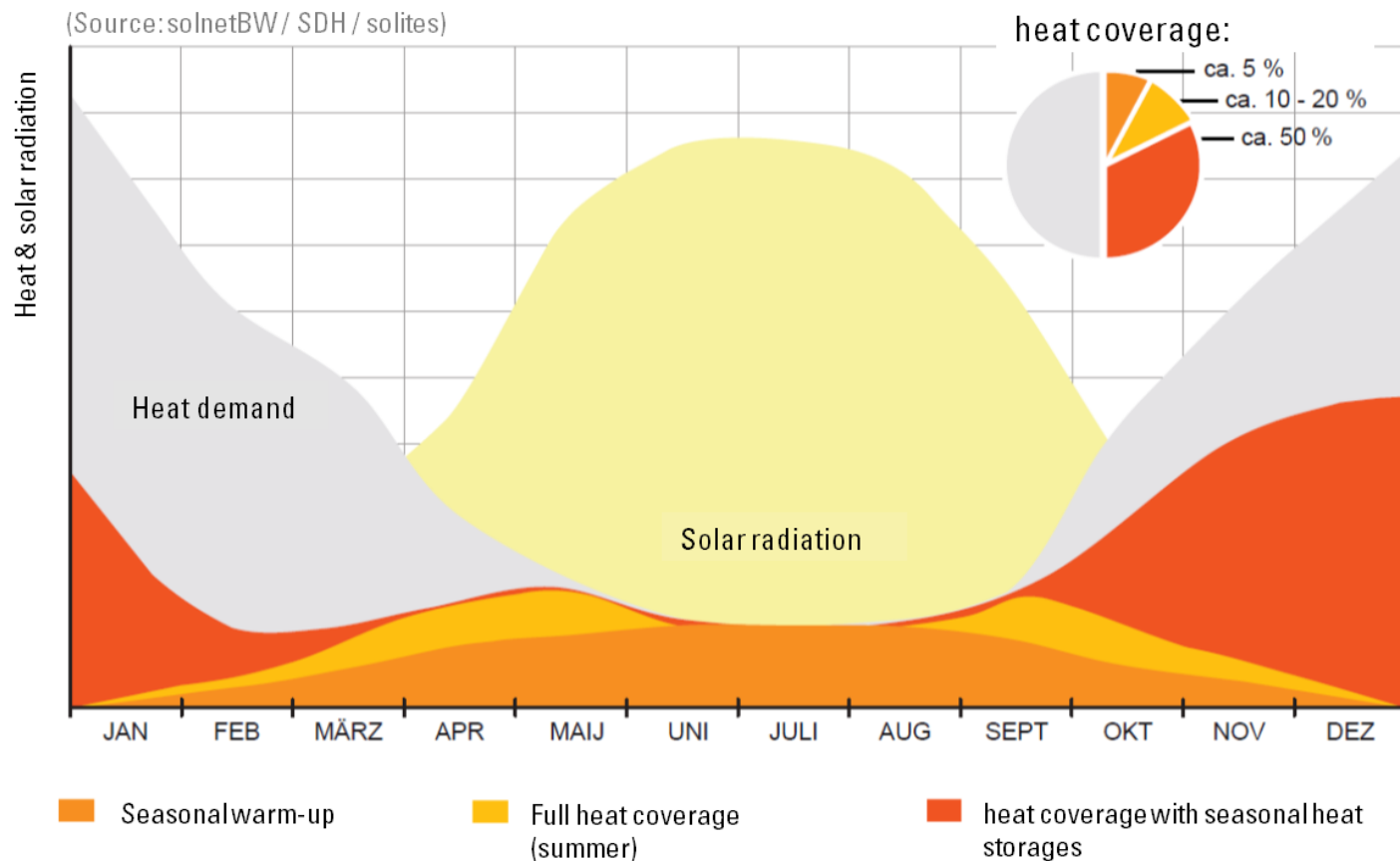
Avots: I. Poļikarpova, «SIA «Salaspils siltums» esošā situācija un nākotnes izaicinājumi

Saules sistēma Salaspilī



Saules īpatsvara palielināšana izmantojot sezonālo akumulāciju

Sezonālā akumulācijas sistēma Friedrichshafen, Vācijā ar jaudu aptuveni 12 000 m³



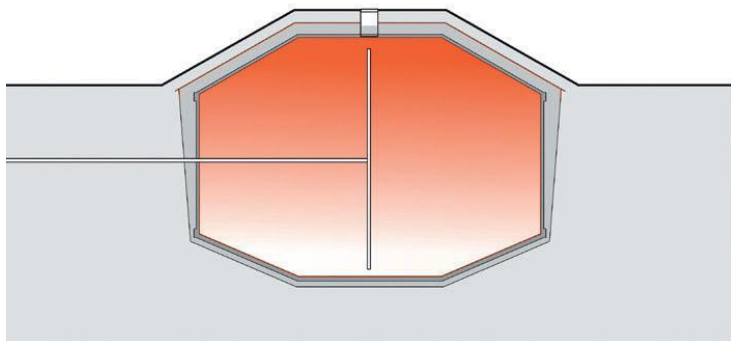
(Avots: bine.info)

Saules īpatsvara palielināšana izmantojot sezonālo akumulāciju

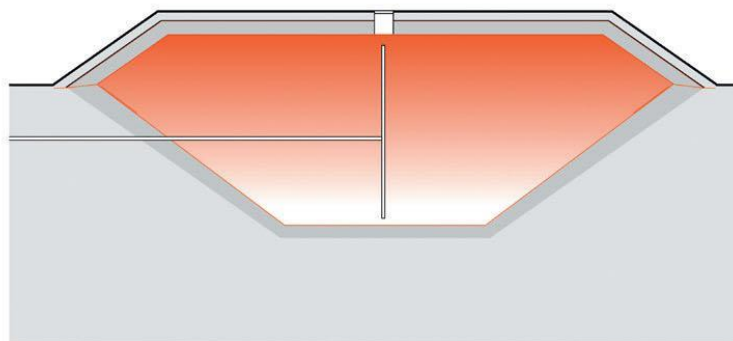


LowTEMP2.0

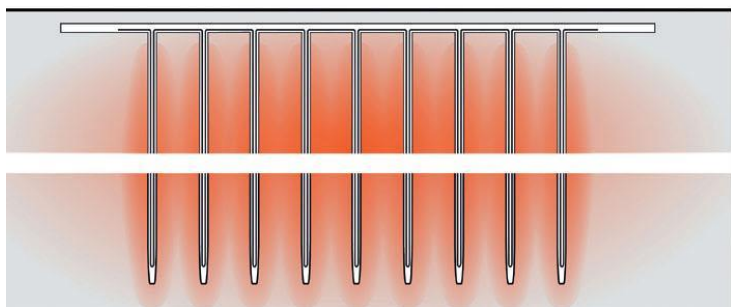
Siltuma akumulācijas tvertne
(60 to 80 kWh/m³)



Bedres akumulācija
(30 to 80 kWh/m³)



Dziļurbuma akumulācijas sistēma
(15 to 30 kWh/m³)



Akumulācija gruntsūdens nesējslānī
(30 to 40 kWh/m³)



Avots: ikz.de (translated)

Sezonālās akumulācijas salīdzinājums

	Siltumenerģijas akumulācija ūdens tvertnē	Siltumenerģijas akumulācija bedrē	Dziļurbuma siltumenerģijas akumulācija	Siltumenerģijas akumulācija ūdens nesējslānī
Akumulācijas vide	ūdens	ūdens	augšne/ieži un ūdens	Smiltis/māls un ūdens
Siltumietilpība, kWh/m ³	60–80	60–80	15–30	30–40
Ģeoloģiskie nosacījumi	- Stabili grunts apstākļi; - Nav gruntsūdeņu - akumulācijas tvertnes ierīkošana 5 m līdz 15 m dziļumā	- Stabili grunts apstākļi; - Nav gruntsūdeņu - akumulācijas tvertnes ierīkošana 5 m līdz 15 m dziļumā	- gruntsūdeņu plūsmai jābūt mazākai nekā 1 m/gadā; - hidrauliskā vadītspēja $k_f < 10^{-10}$ m/s - dziļurbumu ierīkošana 30 m līdz 100 m dziļumā - augsta siltuma vadītspēja	- dabīgs ūdens nesējslānis - jābūt augstai hidrauliskajai vadītspējai $k_f > 10^{-5}$ m/s - zema gruntsūdeņu plūsma - nepiesārņots ūdens - ūdens nesējslāņa optimālais biezums 20 m līdz 50 m



LowTEMP2.0

Kontaktinformācija

AGFW-Project GmbH

Racionalizācijas, informācijas un
standartizācijas projektu kompānija

Georg Bosak
Urbānās attīstības departaments

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main
Vācija

E-pasts: info@agfw.de
Tel: +49 69 6304 - 247
www.agfw.de

Pielāgoja / moduli tulkoja:

Rīgas Tehniskā Universitāte

Elektrotehnikas un vides inženierzinātņu fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Dagnija Blumberga, Professore
Francesko Romagnoli, Profesors
Dzintars Jaunzems, Docents
Ieva Pakere, Docente
Vladimirs Kirsanovs, Docents

Āzenes iela 12/1-609
1048 Rīga
Latvija

E-pasts: ieva.pakere@rtu.lv
Tālrunis: +371 67089943
www.rtu.lv, www.videszinatne.lv
www.lowtemp.eu

ANNEX II: SDH Online-Calculator – EXAMPLE



<http://www.sdh-online.solites.de/?lang=en-US> LowTEMP2.0

SDH ONLINE-CALCULATOR

SDH
solar district heating

Welcome to the Online-Calculator for solar district heating (SDH) systems

This public domain online calculator for solar district heating (SDH) systems is available for interested market actors as an easy accessible and user friendly calculation program for a first dimensioning and forecast of performance and economical values for solar district heating systems.

The calculator was developed based on numerous and detailed dynamic system simulations with the simulation program TRNSYS and under consideration of a large number of influencing factors. Calculations are possible for the distributed and centralised system concepts listed in the selection box.

>> More information about the Online-Calculator
>> More information about SDH
>> More Information about seasonal thermal energy storage


Distributed SDH system


Central SDH system

The Online-Calculator has been developed in cooperation with



and with support from selected solar thermal industry companies.

supported by:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Imprint | Contact: sdh-online@solites.de Copyright by Solites