



Atjaunojamie energoresursi

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģiju
institūts

Dr.sc.ing. **Anna Ramata**



VIDES AIZSARDZĪBAS UN
REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS MINISTRIJA

Apkures katla jaudas izvēle

Aptuvenis aprēķins

- Apkures katla jaudu aptuveni izvēlas pēc apkurināmās platības vai tilpuma.
 - Pēc platības: $70 - 110 \text{ W/m}^2$, ja telpu griestu augstums ap 2,5m,
 - Pēc tilpuma: $20 - 50 \text{ W/m}^3$, ja telpu griestu augstums virs 2,5m.
 - + ~10-20% karstā ūdens sagatavošanai;
 - +~20% cietajam kurināmajam (mitra malka utt.)

Piemērs:

Ēkas apsildāmā platība 200 m^2 un griestu augstums ir $h=2,5\text{m}$.

Jāaprēķina aptuvena ēkas siltuma zudumu plūsma sliktai un labai sienu siltumizolācijai.

Piemēra atrisinājums

- Ja ir slikta sienu siltumizolācija, tad pieņem, ka īpatnējie siltuma zudumi ir 110 W/m^2

nepieciešamā apkures katla jauda ir $Q=200*110*1,1*1,2=29\,040 \text{ W}$
 $=29 \text{ kW}$;

- Ja ir laba sienu siltumizolācija, tad pieņem, ka īpatnējie siltuma zudumi ir 70 W/m^2

nepieciešamā apkures katla jauda ir $Q=200*70*1,1*1,2=18\,480 \text{ W}$
 $=18,5 \text{ kW}$.

- Metode ir ļoti vienkārša,
- Tā nedod precīzu rezultātu, kas objektīvi izvērtētu reālos apstākļus,
- Ieteicams izmantot tikai aptuveniem aprēķinu uzmetumiem,
- Nav ieteicams izmantot precīzai siltuma zudumu noteikšanai.

Precīzs siltuma zudumu aprēķins caur būvkonstrukcijām

Apvidus klimatiskie dati [LBN 003-01 Klimatologija.pdf](#)

Apkurināmo telpu normējamā temperatūra t_{ie} , normētā gaisa apmaiņa un iekštelpu temperatūra atbilstoši projektēšanas uzdevumam, kā arī telpu ekspluatācijas režīms.

[Dzivojamie nami LBN 211-98.pdf](#) (4. pielikums).

LBN 002-01 „Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”

$$R_0 = 1/\alpha_{ie} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \dots + 1/\alpha_A,$$

- α_t un α_A – iekšējās un ārējās sienas virsmas siltumatdeves koeficienti,
 - $\alpha_t = 7 \dots 8,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 - $\alpha_A = 23 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ sienām, kas saskaras ar āra gaisu,
 - $\alpha_A = 12 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ bēniņu pārsedzēm,
 - $\alpha_A = 7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ pagraba pārsedzēm,
- $R_1 + R_2 + \dots$ – atsevišķu slāņu termisko pretestību summa, $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

$$R_0 = \delta/\lambda_d, (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}); \quad U_0 = 1/R_0, (\text{W/m}^2 \cdot \text{K})$$

- δ – celtniecības materiāla slāņa biezums, m
- λ_d – slāņa materiāla aprēķina siltumvadītspēja, $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$

Precīzs siltuma zudumu aprēķins caur būvkonstrukcijām

Precīzāk siltuma zudumus ēkai var noteikt aprēķinot siltuma zudumus caur ēkas būvkonstrukciju virsmām, kas atdod siltumu apkārtnei (sienas, griesti un jumts, grīdas, logi, durvis). Siltuma zudumu aprēķins caur būvkonstrukcijām (sienām, griestiem, grīdu) var aprēķināt:

$$Q = F \cdot U_o \cdot (t_{ie} - t_{a5}) \cdot n$$

- F - konstrukcijas virsmas laukums, m^2 ;
- U_o - norobežojošās konstrukcijas siltuma transmisijas koeficients, $W/m^2 \cdot K$;
- t_{ie} – nepieciešamā vidējā telpas gaisa temperatūra, $^{\circ}C$;
- t_{a5} – gada piecu visaukstāko diennakšu vidējā temperatūra, $^{\circ}C$;
- n - koeficients, kas ievērtē konstrukcijas novietojumu pret debesspusēm (Z, ZA, A, R, ZR), valdošo vēju ātrumu (m/s), papildus zudumi Z, ZA, ZR stūru istabām.

Zudumu palielināšanas nepieciešamība

- Aprēķinātie siltuma zudumi caur norobežojošām būvkonstrukcijām jāpalielina par:
 - 1. sienām, kas atrodas uz Z, A, ZA, ZR +10%
 - 2. sienām, kas atrodas uz R, DA +5%
 - 3. sienām, ja vēja vidējais ātrums janvārī nepārsniedz 5m/s
 - +5%
 - 5...10m/s +10%
 - virs 10m/s +15%
- Ja ēka atrodas atklātā vietā (kalnā, krastā u.tml.), šie pieskaitījumi jādubulto.
- Dzīvojamās ēkās jāievērtē sadzīvē izdalītais siltums atbilstoši normām, kas jāatņem no zudumiem.

Siltuma ģeneratora izvēle

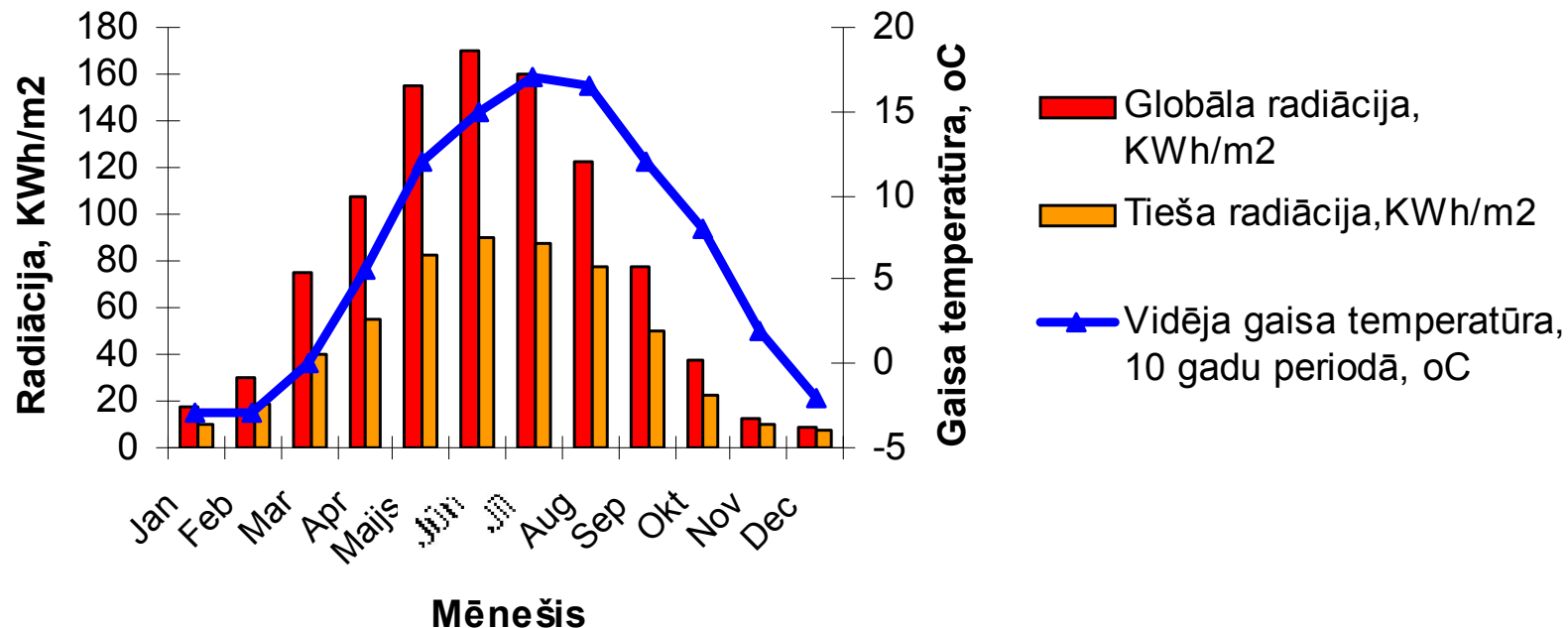
- Kad aprēķināti kopējie ēkas siltuma zudumi W , siltuma ģeneratoru izvēlas ar tuvāko lielāko jaudu;
- Pie izvēles jāņem vērā papildus jauda, ja vienlaicīgi paredzēta siltā ūdens sagatavošana, akumulācijas tvertnes izmantošana;
- Cietā kurināmā katliem jāņem vērā kurināmā kvalitāte;
- Ja ar izvēlēto katlu reālā gaisa temperatūra telpās nav pietiekoša, tad, nevis jāmaina katls, bet jānovērš siltuma zudumi caur norobežojošām konstrukcijām.

Siltuma ģenerators izvēle

- Nav vēlams izmantot katlu, kura jauda ievērojami pārsniedz aprēķināto, jo tas darbosies ar nepilnu slodzi, kā rezultātā:
 - pazeminās lietderības koeficients;
 - palielinās darvas nosēdumu veidošanās uz sildvirsmām;
 - pastiprinās kondensāta veidošanās katlā (var samazināt uzturot pietiekošu temperatūru ūdenim un dūmgāzēm)
 - katlu viegli pārkurināt.

Saules enerģija

Saules enerģiju var izmantot siltuma (saules kolektori) un elektroenerģijas (saules baterijas - PV) ražošanai. Latvijā saules starojumam ir samēra zema intensitāte. Kopējais saules enerģijas daudzums ir 1109 kWh/m² gadā, kas ir nedaudz vairāk nekā Skandināvijas valstīs. Lai vasaras mēnešos nebūtu enerģijas pārpalikums un pārējos mēnešos iegūtu maksimālo tās daudzumu, kolektora novietojuma leņķi pret horizontu izvēlas vienādu ar vietas ģeogrāfisko platumu un tas ir 57°.



Saules radiācija

	Baltijas jūras zona	Rīgas rajons	Vidzeme, Latgale
Gada vidējais radiācijas lielums (stundas)	1900	1800	1700
Mākoņaino dienu skaits	100	90	110
Gada vidējais saules dienu skaits %	mazāk kā 30 %	pārsniedz 30%	30%

Saules kolektoru izmantošana Latvijā, kā parādīja eksperimentālie pētījumi, ir iespējama ar labiem rezultātiem. Saules radiācijas enerģiju Latvijā var izmantot 1700-1900 stundas gadā. Saules globālā radiācija mūsu platuma grādos mainās atbilstoši laika sezonām no maija līdz septembrim no 1 m² saules kolektora var iegūt 700-740 kWst/m², no oktobra līdz aprīlim – 200-240 kWst/m², no novembra līdz februārim - 40-50 kWst/m².

Saules enerģijas pielietojums

- Saules kolektoru saražotais siltā ūdens daudzums ziemas periodā (oktobris-marts) būs mazāks nekā vasarā, kad ir daudz saules. Tas ir atkarīgs no laika apstākļiem. Dažas ziemas ir ļoti aukstas, bet saulainas. Tādos laika apstākļos vakuuma kolektori ir daudz efektīvāki par plakanajiem kolektoriem. Tie uzņem saules enerģiju un nezaudē to pateicoties vakuuma siltuma izolācijai.
- Saules enerģijas izmantošanas potenciālie veidi Latvijā ir karstā ūdens sagatavošana vasaras mēnešos, īpaši vasarnīcās, viesnīcās, graudu kaltēs vai siena žāvēšanai. Saules enerģijas izmantošana jāplāno karstā ūdens sagatavošanai vasaras periodā, jo karstā ūdens pieprasījuma nodrošināšanai visu gadu ir nepieciešams kombinēt ar tradicionāliem siltumenerģijas iegūšanas veidiem, tas savukārt palielina kapitāla un ekspluatācijas izmaksas.

Saules kolektori

Saules kolektori ir tehniskas iekārtas, kuras absorbēto saules starojumu pārvērš siltumā, ko pēc tam saņem patērētāji karstā ūdens, telpu apkures, peldbaseinu apsildes vai citā veidā.

Saules kolektori mēdz būt divu veidu - **ar vakuuma caurulēm un plakanie**. Pateicoties zemākai cenai un izmantošanas vienkāršumam populārāki ir plakanie saules kolektori.

Parasti plakano kolektoru sistēmas tiek izmantotas sezonāli, no pavasara līdz rudenim. Ziemas laikā plakanās saules kolektoru sistēmas ražotspēja samazinās uz siltuma zudumu rēķina apkārtējā vidē. Visu gadu ūdens uzsildīšanas iekārtās parasti izmanto vakuuma saules kolektorus, kaut gan ir iespējama arī plakano kolektoru izmantošana ar labu siltumizolāciju. Jebkurā gadījumā ir nepieciešams pievērst uzmanību cauruļu siltumizolācijai.

Dažādu ražotāju piedāvāto kolektoru konstrukcija ir līdzīga, atšķiras parasti tikai materiāli, ko izmanto ražošanā, darbu kvalitāte un tehnoloģiskais aprīkojums.

Saules kolektori

- Ja plakanajiem kolektoriem maksimālā temperatūra nepārsniedz 80-90°C, tad vakuuma kolektoros siltumnesēja temperatūra var sasniegt 100°C un vairāk. No vienas puses, tas pieprasa pastāvīgu siltuma novadi no vakuuma kolektora, lai tas neuzvārītos. Taču no otras puses plakano kolektoru sistēmās eksistē baktēriju un citu mikroorganismu savairošanās problēma, kura nepastāv vakuuma kolektoru sistēmās.
- **Piemērs:** pienākošā aukstā ūdens temperatūra ir 10°C, ar saules kolektoru to var uzsildīt līdz 30°C saulainā ziemas dienā un izmantojot elektrību, malku vai siltumsūkni, ūdeni uzsildīt līdz nepieciešamajiem 40-45°C. Ieguvums ir 20°C, ko uzsilda ar saules enerģiju, vai 2/3 no izlietotās enerģija daudzuma.

Saules kolektori

- Saules kolektoru sistēma sastāv no pieciem galvenajiem mezgliem:
 - ✓ saules kolektors;
 - ✓ solārais boileris;
 - ✓ izplešanās tvertnes;
 - ✓ vadības bloks;
 - ✓ cirkulācijas sūkņa hidromezgls.

Tie visi savā starpā ir savienoti ar izolētām nerūsējošā tērauda vai vara caurulēm, pa kurām plūst nesasalstošs siltumnesējs. Parasti tas ir propilēnglikols vai analogs šķidrums.

- Kolektoriem ar vakuuma caurulēm ir augstāks saules enerģijas izmantošanas koeficients, taču tos izmanto mazāk, jo to ekspluatācija ir sarežģītāka, bet sākotnējā cena krietni augstāka.

Saules baterijas

- Saules bateriju (PV) pamatā solārās šūnas - elektriskās sistēmas ierīces, kas Saules enerģiju pārvērš elektrībā. Šūnas ir zilā vai melnā krāsā, segtas ar neatstarojošu pārklājumu, kas uzlabo gaismas absorbēšanu. Solārās šūnas spēj pievadīt elektrību baterijām, sūknim vai elektrotīklam, tās apkopotas solārajā sadales panelī, kas iekapsulēts stiklā un plastikātā. Solārā moduļa ģenerētās enerģijas daudzums atkarīgs no tā virsmas platības, moduļa efektivitātes, novietojuma pret Sauli un Saules radiācijas lieluma.
- Vismodernākās PV spēj panākt 25% efektivitāti, komerciāli ražotās - 6—16%. No kvadrātmetra vidēji var iegūt 80—85 W_p , iekārtām ar augstāku efektivitāti - līdz 130 W_p .
- PV moduļi ražo līdzstrāvu, ko pēc tam nepieciešams pārvērst maiņstrāvā - šim nolūkam izmanto invertorus.

Saules baterijas

Elektrības ražošanai tiek izmantota saules gaisma, nevis siltums, tāpēc, neatkarīgi no gaisa temperatūras, saules baterijas pilda savas funkcijas pat Latvijas aukstākajos ziemas mēnešos. Latvijā saulainu stundu ir vairāk, nekā Berlīnē, Stokholmā, Oslo vai Kopenhāgenā.

Lielākā atdeve ir no marta līdz septembrim. Atlikušajos – rudens, ziemas mēnešos tiek saražoti 17% no kopējās gadā saražotās elektroenerģijas. No novembra līdz janvārim saules enerģijas potenciāls ir minimāls.

Saules enerģija tiek mērīta kilovatstundās (kWh). 1 kilovatstunda (kWh) = enerģijas daudzums, kas nepieciešams, lai desmit 100 vatu spuldzītes degtu 1 stundu. 1 kilovats = 1000 vati. Ar 1kW lielu saules staciju gadā ir iespējams saražot vidēji 900-950kWh.

Saules baterijas

Enerģijas potenciāls 1.0kW saules paneļu sistēmai Latvijas laika apstākļos



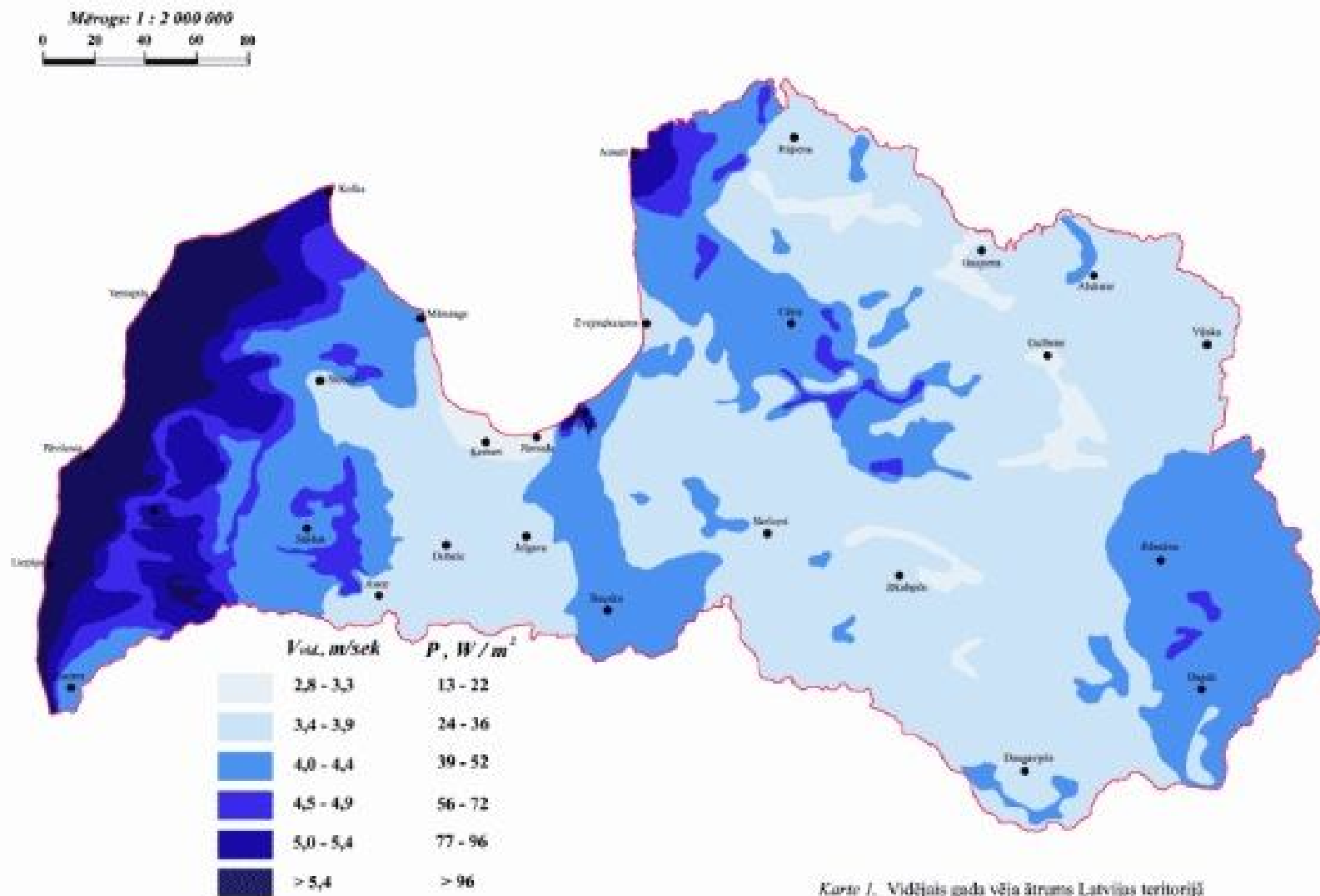
Saules enerģijas pielietojums

- Saules baterijas var izmantot energotīklam pievienotās vai autonomās sistēmās. Autonomās sistēmas parasti papildina dīzeļa ģeneratora vai vēja spēkstacijas ražotu elektroenerģiju, kas var būt aktuāli lauku apvidos, atpūtas mājās.
- Veikti pētījumi kopējai saules kolektoru un saules bateriju izmantošanai. Saules iekārtu ūdens sildīšanai galvenās sastāvdaļas ir kolektors, akumulators, savienojošās caurules, armatūra. Atkarībā no konstrukcijas komplekts var tik papildināts ar siltummaini, papildus siltuma avotu, cirkulācijas sūkni. Cirkulācijas sūkņa barošanas avots - saules baterijas (PV), tās lielums tiek aprēķināts pēc sūkņa izvēles.
- Pat mākoņainās dienās saules baterijas ražo enerģiju. Ar 1kW sistēmu iespējams saražot līdz 950 kWh gadā.

Vēja enerģija

Vēja turbīna gūst enerģiju, pārvērzdama vērpes momentā (griezes momentā) spēku, ar kādu pūš vējš uz rotora spārniem. Enerģijas daudzums, kādu vējš atdod rotoram, ir atkarīgs no trim faktoriem: gaisa blīvuma, laukuma, kuru šķeļ rotora spārni, un no vēja ātruma. Tāpēc vēja stacijas efektīvi darbojas tikai vējainās dienās un daudz lielāka nozīme par vēja vidējo ātrumu ir tam, vai vējš pūš stiprāks, brāzmaināks un vai tuvumā neatrodas šķēršļi - pakalni, ēkas, meži.

Ja Ainažos vēja vidējais ātrums ir 5.8 m/s, bet Užavā 6.5 m/s, tad pie vidējā vēja ātruma starpības ~10%, vēja stacija Užavā saražos par 33% vairāk elektroenerģijas.



Karte 1. Vidējais gada vēja ātrums Latvijas teritorijā
standartā 10 metru mērīšanas augstumā.

1. Vai vietā, kur paredzēts uzstādīt ģeneratoru ir pietiekami gada vidējie vēja daudzumi?

To var uzzināt, ieskatoties kartē, kas uzrāda vēja ātruma vidējos rādītājus 10m augstumā. Lai iegūtu precīzākus datus, ir jāsazinās ar Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centru www.meteo.lv

2. Vai vieta ir pietiekami klaja, bez augstām būvēm un kokiem, kas varētu bremzēt vēju un radīt gaisa virpuļus?

Turbulences, ko rada barjeras, kas atrodas vēja ceļā (celtnes, koki, pauguri) ievērojami samazina iespēju, izmantot vēju enerģijas ražošanai un var bojāt ģeneratoru.

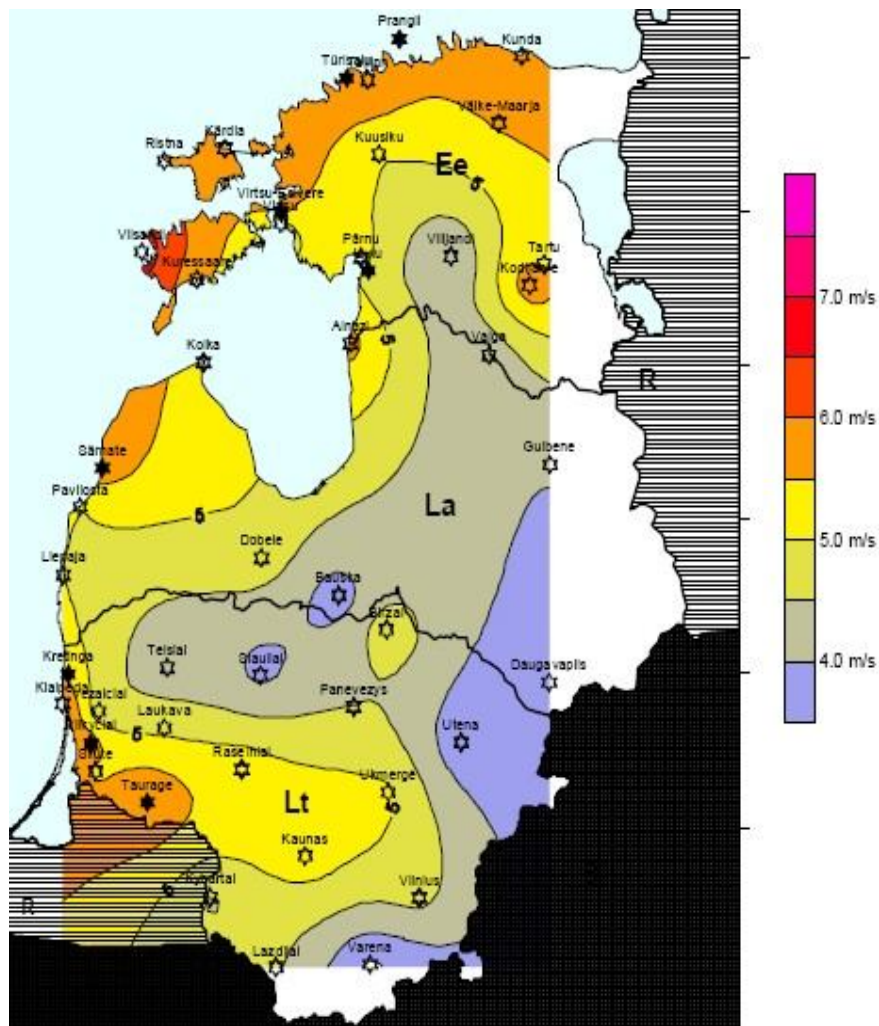
Vietās ar apbūvi un kokiem ir iespējams uzstādīt ģeneratorus uz būvēm vai iespējami pagarināt mastu. Ģeneratoru ir vērts uzstādīt arī vietās, kas ir dabīgi vai mākslīgi veidoti vēja tuneļi. Piemēram – garas, taisnas, apbūvētas ielas, kas ir orientētas valdošo vēja virzienā.

Ko der zināt:

- kaut arī tiek uzskatīts, ka vēja ģenerators spēj konvertēt elektroenerģijā līdz 50 vai 60% vēja enerģijas, praksē šis procents ir zemāks 30-37% (uzstādot vēja ģeneratoru ar jaudu 4 kW, atdeve būs 1.2 kW),
- iespējams veidot saražotās vēja enerģijas akumulācijas sistēmas,
- tie vēja ģeneratori, kas izvietoti klajā apvidū vai uz pauguriem ir efektīvāki kā tie, kas atrodas koku ieskautās vietās,
- lai precīzi novērtētu vēja ģeneratoru ražību, atrašanās vietā nepieciešams uzstādīt anemometru vēja ātruma mērīšanai,
- mazās un vidējās (līdz 50 kW) vēja ģeneratoru iekārtas sāk darboties ja vēja ātrums pārsniedz 3.5 - 3.7 m/s,
- Vēja ātrumi un gaisa blīvums Latvijā ir lielāki ziemā un mazāki vasarā. Šis apstāklis ir jāņem vērā, plānojot nepieciešamās elektroenerģijas apjomu. Vasaras enerģijas sarukumu ir iespējams kompensēt ar saules baterijām, taču ir jāņem vērā, ka saules bateriju cena ir ievērojami augstāka kā vēja ģeneratoriem.

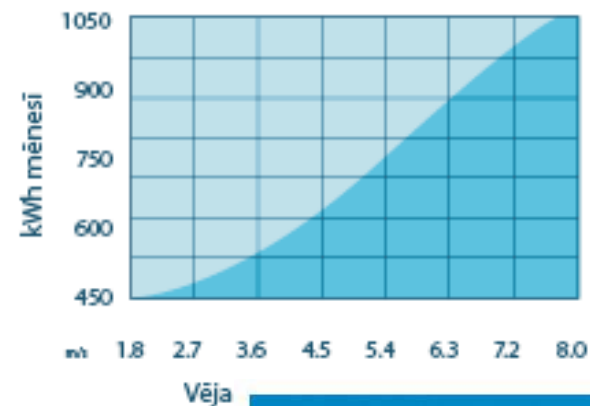
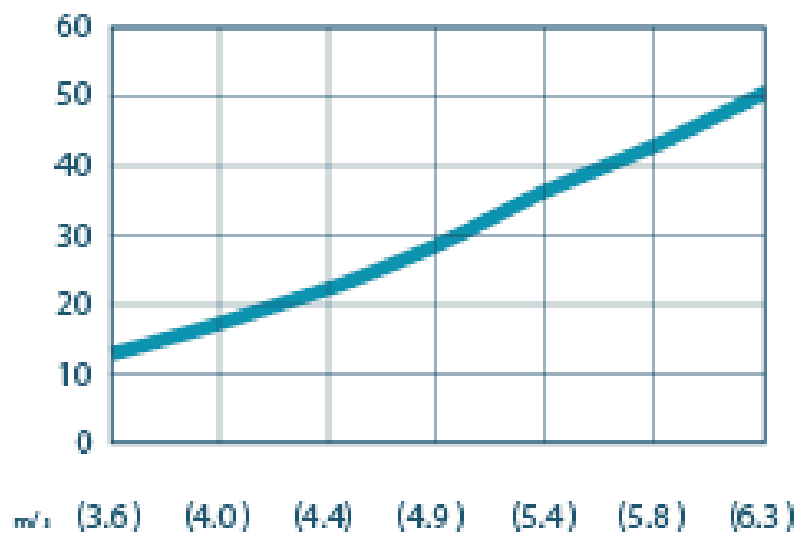
Vēja ģeneratori

- Jau kopš pagājušā gadsimta vidus ir pieejami arī nelieli ģeneratori, kuri ir domāti mājas vai nelielas lauku saimniecības vajadzību apmierināšanai. Šādi ģeneratori ir daudz pieejamāki un „cilvēcīgāki” gan cenas, gan izskata, gan arī apkopes ziņā.
- Lai izvērtētu savas iespējas ražot elektroenerģiju, izmantojot vēju un sauli, un visatbilstošāko saražotās enerģijas apjomu un patēriņa/uzkrāšanas veidu un apjomu, ir jānoskaidro vairāki jautājumi:
 - ✓ Jūsu iespējas ražot elektroenerģiju ar vēju un sauli.
 - ✓ Jūsu elektroenerģijas patēriņa apjomi, racionālākie elektroenerģijas uzkrāšanas un lietošanas veidi.



Privātmājas vajadzībām būtu nepieciešams uzstādīt 4-5 kW jaudas vēja ģeneratoru, kas gadā saražo apmēram 10 - 12 000 kWh elektroenerģijas, pieņemot, ka vidējais vēja režīms ir 5 m/s. 4-5 kW vēja ģeneratora saražotā elektroenerģija ir pietiekama 200 kv.m. lielas privātmājas patēriņa nodrošināšanai, nerēķinot apkures nodrošinājumam nepieciešamās slodzes. Maza mēroga vēja turbīnas (parasti 10-20 kW), paredzētas nelielu vietējo patērētāju apgādei bez ieslēgšanas kopējā teritorijas elektrības sadales tīklā

kWh mēnesī/ vēja ātrums (gada caurmērs)



Spārnu diametrs 1,17 m, 5,9 kg

Spārnu diametrs 4,5 m
Svars 70 kg



Siltumsūkņu darbības princips

Siltuma sūknis ir iekārta, kura, pieliekot noteiktu enerģijas daudzumu, pārveido zemā potenciāla enerģiju augstāka potenciāla enerģijā. Kā darba vielu parasti izmanto šķidrumu, kas vārās iespējami zemās temperatūrās. Kompresors, ko darbina ar dzinēju, saspiež tvaiku, kā rezultātā darba vielas temperatūra pieaug. Nonākot kondensatorā, kurš tiek dzesēts ar gaisu vai ūdeni, tvaiki kondensējas, atdodot siltumu dzesējošam gaisam vai ūdenim, kurš sasilst līdz temperatūrai T_1 . Droselējošā ventilī kondensāta spiediens samazinās, līdz līmenim, kad šķidrums ar attiecīgu spiedienu vārās un nonāk iztvaikotājā, noņemot siltumu no ūdens vai gaisa, kuri tiek piegādāti no vides un kuru temperatūras tiek pazeminātas līdz T_2 . Temperatūra T_1 pārsniedz vides temperatūru, bet temperatūra T_2 ir zemāka par vides temperatūru.

Siltumsūkņa darbības princips

- Siltuma sūkņa darbības rezultāts tiek panākts ar to, ka darba šķidrums vārās zemā vides temperatūrā ($\approx 4^{\circ}\text{C}$) un zemā spiedienā ($\approx 0,2 \text{ Mpa}$). Kondensējas augstā temperatūrā ($\approx 53^{\circ}\text{C}$) un paaugstinātā spiedienā ($\approx 1 \text{ Mpa}$). Nepieciešamā temperatūru starpība ($40 - 50^{\circ}\text{C}$) un spiedienu starpība (saspiešanas pakāpei) atbilst darba šķidruma fizikālām īpašībām.
- Siltuma sūkņa darbības efektivitāti nosaka pārveidošanas koeficients:

$$\Phi = T_k / T_k - T_i;$$

kur T_k un T_i – siltuma aģenta kondensācijas un izgarošanas temperatūras, kur $T_k - T_i = \Delta T$.

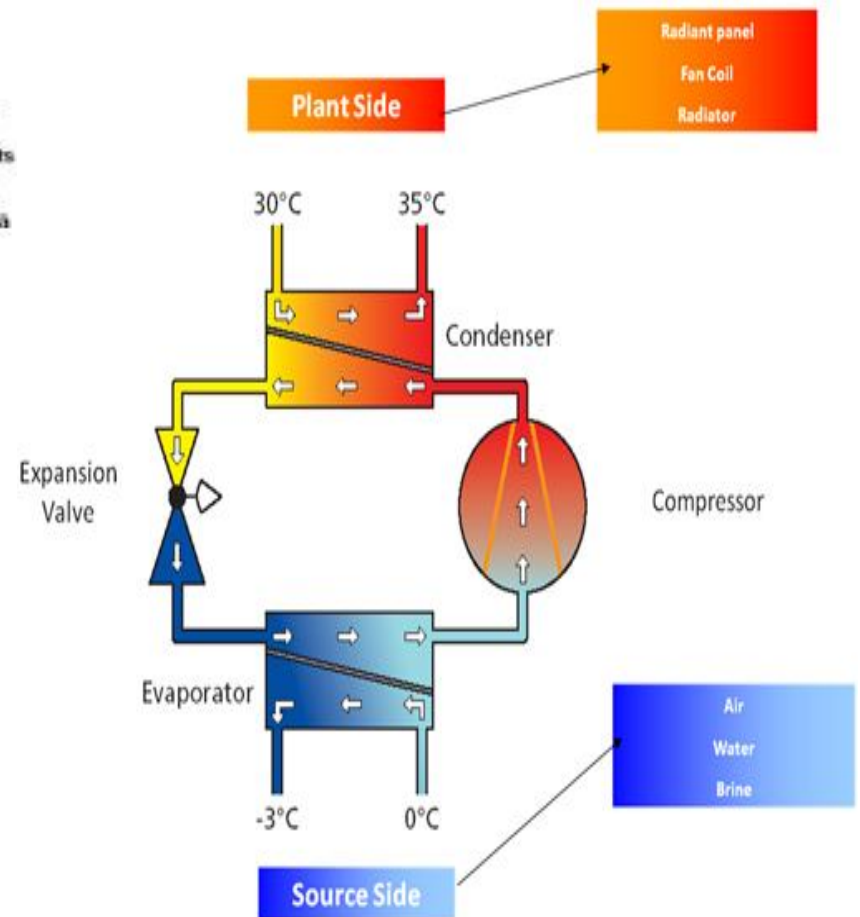
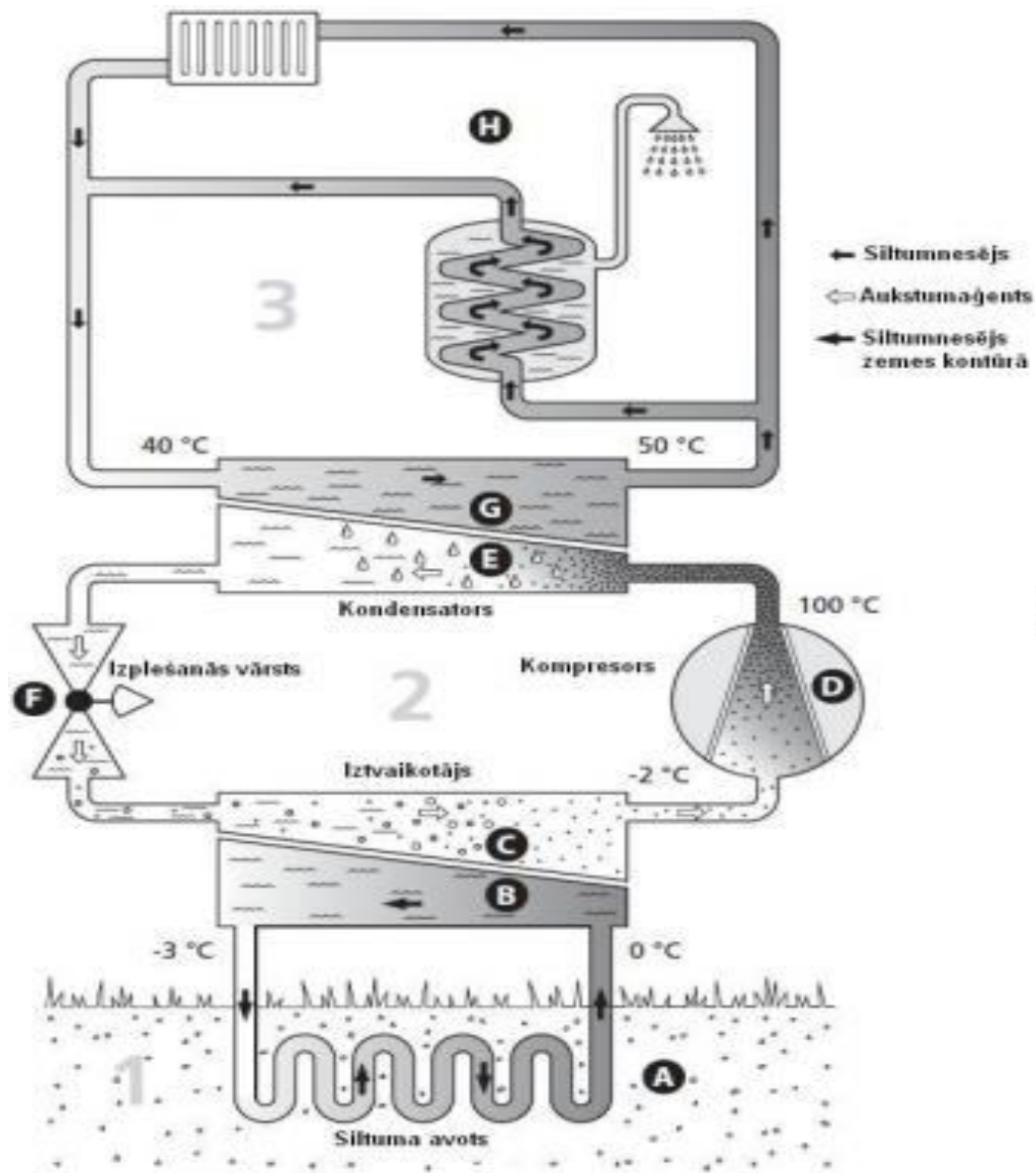
Siltuma sūknī saražotais siltuma daudzums:

$$Q = \Phi \cdot E,$$

kur E – siltuma sūknim pievadītā enerģija (elektrība, vai mehāniskā enerģija kompresora darbināšanai).

Lielums Φ parasti ir lielāks par 1. Jo augstāka ir vides temperatūra, jo augstāks ir pārveidošanas koeficients.

Siltumsūkņa darbības princips



Siltumsūkņu klasifikācija

Izšķir 4 ģeotermālo sistēmu veidus, no kuriem trīs (horizontālā, vertikālā un ūdenstilpņu) attiecināmas uz slēgtām sistēmām. Ceturtā sistēma balstās uz atvērtās cauruļu kontūras. Katram sistēmas veidam piemīt savas priekšrocības un trūkumi. Atbilstošākās konfigurācijas izvēli lielā mērā nosaka klimats, augsnes stāvoklis, brīvās platības pieejamība un iekārtas izmaksas. Visas četras sistēmas var tikt izmantotas gan privātajā apbūvē, gan komercsektorā.

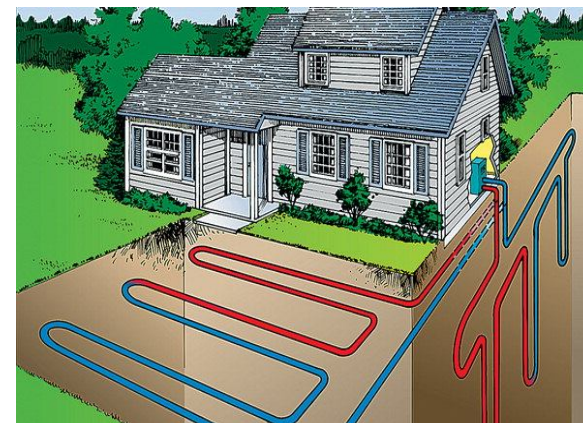
Slēgto kontūru sistēmu darbības pamatā ir ūdens (vai antifrīza) cirkulēšana slēgtā kontūrā, kas ir ierīkots zem zemes. Kontūras garumu nosaka augsnes temperatūra, mitrums un siltuma vadīšanas spēja, kā arī sistēmas dizains.

- ✓ Ģeotermālais siltumsūknis ar horizontālo siltummaini.
- ✓ Ģeotermālais siltumsūknis ar vertikālo siltummaini.
- ✓ Ģeotermālais siltumsūknis ar slēgtu ūdens aprites ciklu.

Siltumsūkņu klasifikācija

- Atvērtā cikla ģeotermālais siltumsūknis, atšķirībā no slēgtām sistēmām, izmanto grunts ūdeņus. Iekārtas darbības princips ir sekojošs - gruntsūdeņi, ko izsūknē no augsnes ūdens nesējslāņa vienā akā, tiek novirzīti uz siltummaini, bet pēc tam jau atvēsināti nonāk atpakaļ augsnē caur citu aku, kas atrodas nelielā attālumā no pirmās. Pateicoties gruntsūdeņu temperatūras spējai palikt nemainīgai visu gadu, atvērtā cikla ģeotermālās sistēmas aizvien biežāk tiek atzinīgi novērtētas. Acīmredzami, atvērto sistēmu var ierīkot tikai tur, kur augsne satur pietiekoši daudz gruntsūdeņu.
- Siltumsūkņos kā aukstuma aģentus izmanto freonus ar zemu viršanas temperatūru. Visbiežāk izmanto R404 vai R407C bez hlora, kas ir nekaitīgs apkārtējai videi.
- Ģeotermālās sistēmas ierīkošanai nepieciešamas specifiskās zināšanas un speciālās iemaņas, jābūt atbilstošiem sertifikātiem un ilgstošai pieredzei šaiā nozarē.

Materiāls	Blīvums ρ	Siltum vadītspēja	Īpatnējā siltumietilpība
Māls	1200 - 1800	1,5	1670 - 2500
Smilts, grants	1700 - 2200	2	910 - 1180



Grunts:

Zemesgabala ģeoloģiskie, hidroloģiskie un telpiskie raksturojumi ir noteicošie, izvēloties ģeotermālo sistēmu. Augsnei ar labām siltumvadīšanas spējām ir nepieciešams mazāks cauruļu skaits noteiktā enerģijas daudzuma akumulēšanai, nekā augsnei ar sliktu siltumvadīšanu. Svarīgi ir noskaidrot gan gruntsūdeņu, gan virszemes ūdeņu dziļumu, kvalitāti un apjomu.

Arī gruntsūdeņu klātbūtne nosaka ģeotermālās sistēmas izvēli. Pirms atvērtās sistēmas iegādes jāpārlecina, vai uzņēmums, kas veiks aprīkojuma uzstādīšanu, ir rūpīgi izvērtējis hidroloģisko situāciju attiecīgajā teritorijā. Tas ļaus izvairīties no nopietnām problēmām nākotnē - ūdens nesējslāņa noplicināšanas un gruntsūdeņu piesārņošanas.

Atgādinājums – siltumsūkņa stabilai darbībai jānodrošina nepārtraukta elektroenerģijas piegāde. Rezervēt dīzeļģeneratoru.

Siltumsūkņa darbības princips

Siltumsūkņa galvenās sastāvdaļas ir kompresors, kondensators, iztvaicētājs un izplešanās vārsts. Iztvaikošanai nepieciešamais siltuma daudzums tiek pievadīts no siltuma savācēja (kolektora). Atdzesētais šķidrums tiek nogādāts siltuma avotā (augsnē, dziļurbuma ūdenī, ūdens krātuvē u.t.t.) kur tas atkal sasilst. Kā siltumnesošais šķidrums tiek izmantots propilēnglikols vai etanols un to maisījumi. Iztvaikotājā radušies freona tvaiki kompresorā tiek saspiesti. Spiedienam paaugstinoties freona tvaiki sakarst un izdalās siltumenerģija. Uzkarsušā freona siltumenerģija kondensatorā (siltummainī, pamatkondensatorā, apakšdzesētājā) tiek nodota apsildes ūdenim un izmantota karstā ūdens sagatavošanai.

Siltuma izdalīšanai izmanto principu, ka šķidrā stāvoklī esošās vielas iztvaicēšanai lietotais siltums izdalās pieaugot spiedienam (kompresija). Šajā gadījumā iztvaikošanai nepieciešamais siltums tiek ņemts no vides siltuma avotiem. Papildus enerģija tiek izmantota tikai kompresijai un cirkulācijas nodrošināšanai sistēmā. Tās proporcijas:

Kurināmais

- Kurināmais ir viela, kura degšanas procesā izdala siltumu.
- **Kurināmo iedala:**
 - Pēc ieguves veida:
 - Dabiskais – sastopams dabā un tiek izmantots bez speciālas pārstrādes – dabas gāze, ogles, malka, biomasas;
 - Mākslīgais – iegūst mehāniski, termiski, ķīmiski apstrādājot dabisko kurināmo – mazuts, dīzeļdegviela, ko iegūst pārstrādājot naftas produktus.
 - Pēc agregātstāvokļa:
 - Gāzveida – dabas gāze, biogāze, LPG u.c.;
 - Šķidrā – mazuts, dīzeļdegviela, biodegviela, degakmens eļļa;
 - Cietais – biomasas, kūdra, ogles.
 - Pēc izcelsmes:
 - Kodolkurināmais;
 - Organiskais kurināmais.
 - Pēc vecuma:
 - Fosilie (dabas gāze, ogles, kūdra, naftas produkti);
 - Atjaunojamie jeb reģeneratīvie (biomasas, biogāze)

Kurināmais

Izšķir augstāko un zemāko sadegšanas siltumu:

- Augstākais sadegšanas siltums Q_a [kJ] – siltums, kurš atbrīvojas pilnīgi sadedzinot 1 kg kurināmā.
- Zemākais sadegšanas siltums Q_z – no augstākā sadegšanas siltuma atņem mitruma iztvaikošanas siltuma daudzumu.
- Praksē parasti izmanto zemāko sadegšanas siltumu, jo iztvaikojušais mitrums kurtuvē nekondensējas un iztvaikošanai patērēto siltumu neatdod (ūdens tvaiki ar dūmgāzēm tiek izvadīti atmosfērā).
- Viens no izdevīgākajiem biokurināmā veidiem ir granulas. Latvijā tiek ražotas arī salmu un kūdras granulas, kas salīdzinājumā ar koknes granulām ir lētākas, taču ar līdzīgu siltuma atdevi.

Biomasa

- Biomasa – koksnes mežizstrādes atlikumi, kokapstrādes atlikumi, ātraudzīgie krūmi, salmi u.c.;
- Ļoti plašs sortiments, kas atšķiras pēc izmēriem, mitruma satura, sadegšanas siltuma, izcelsmes veida utt.;
- Sadegšanas siltums ir atkarīgs no mitruma satura, koka sugas, vecuma, sastāvdaļas (stumbrs, zari, celms);
- Kurināmā veidi
 - Malka;
 - Nomaļi, klucīši;
 - Meža atlikumi (skujas, lapas, mizas);
 - Šķelda (no kokapstrādes un mežizstrādes atlikumiem);
 - Zāģskaidas;
 - Briketes, granulas;
 - Pulverveida atlikumi (kokapstrādes uzņēmumu slīpēšanas atlikumi).
 - Graudi;
 - Salmi, salmu granulas.

Dažādu kurināmo siltumspēja, kJ/kg

Koksnes relatīvais mitrums, %	10	20	30	40	50	60	70
Q_z , kJ/kg	16296	14112	11298	9744	7560	5376	3192

- Mitrums pazemina kurināmā kvalitāti, jo samazina degšanas siltumu, apgrūtina aizdedzināšanu, palielina ūdens tvaika saturu dūmgāzēs (palielina siltuma zudumus ar aizplūstošajām dūmgāzēm).
- Sadegšanas siltums dažādas struktūras biomasai var mainīties:
 - ✓ žagari, tehniskās skaidas – 8600 – 15000 kJ/kg;
 - ✓ Celmi – 8500 – 14500 kJ/kg.

Kurināmā veids / Siltumspēja	W, %	Kcal/kg	kJ/kg	Blīvums kg/m ³
Kokskaidu granulas	7,70	4320	18086	649
Kūdras granulas	10,30	3870	16202	639
Saulespuķu granulas	8,22	4819	18543	639
Niedru granulas	9,85	4109	17203	237
Miežu graudi	12,00	3860	16161	548
Kviešu graudi	12,50	3770	15784	524
Rudzu graudi	10,00	3620	15156	562
Auzu graudi	11,50	3800	15909	513
Salmu granulas	10,5	3540	14821	690

Dažādu kurināmo zemākais sadeģšanas siltums

Kurināmā veids	Kurināmā zemākais sadeģšanas siltums		
	kcal/kg	MWh/t	GJ/t
Dabas gāze	8100	9,421	33,913
Mazuts	9700	11,282	40,612
Ogles	4000 – 6800	4,652-7,909	16,747-28,470
Koksne:			
Šķelda (w=40%) *	2400	2,791	10,048
Malka (w=40%)	2440	2,838	10,216
Briketes(w=10-12%) □	4000-4200	4,652-4,885	16,747-17,585
Granulas □□	4200-4400	4,885-5,117	17,585-18,422
Kūdra:			
Briketes (w=16%)	3800	4,42	15,91
Frēzkūdra (w=40%) □	2200-2600	2,559-3,024	9,211- 10,886
Dīzeļdegviela	11000	12,794	46,055
Salmi (w=15%)	3400 - 3600	3,9 – 4,16	14,039- 14,975
Salmu granulas (w=8-10%)	3700-4150	4,292-4,814	15,491-17,375

Ūdens sildkatli

Katlu iekārta - iekārtu komplekss, kas atrodas speciālā telpā un kalpo, lai pārvērstu kurināmā ķīmisko enerģiju siltuma enerģijā un pievadītu to siltumnesējam.

- Katlu iekārtas galvenās sastāvdaļas:
 - Kurtuve;
 - Siltumnesēja cirkulācijas un siltumapmaiņas elementi;
 - Barošanas sistēma;
 - Velkmes sistēma;
 - Kurināmā padeves sistēma;
 - Vadības sistēma;

- **Kurtuve:**

Notiek degšanas process, kurā kurināmā ķīmiskā enerģija pārvēršas siltuma enerģijā;

Kurtuvei jābūt atbilstošai izmantotajam kurināmajam;

Kurtuvē atrodas ārdi, degļi un citas iekārtas degšanas procesa nodrošināšanai.

- **Siltumnesēja cirkulācijas un siltumapmaiņas elementi:**

Siltumapmaiņas virsmas (ekrāncaurules vai ūdens apvalki, kuros notiek silšanas vai iztvaicēšanas procesi), kolektori.

- **Barošanas sistēma:**

Katla barošanas ūdens sagatavošana un pievadīšana;

Sistēmu veido barošanas ūdens sūknis, cauruļvadi, armatūra, u.c.
Kalpo kurtuvei pievadāmā gaisa padevei.

- **Velkmes sistēma:**

Elementi – velkmes ventilatori, gaisa vadi, dūmgāzu aizvadīšanas elementi (dūmsūkņi, dūmejas, dūmgāzu attīrīšanas iekārtas, dūmenis)

Sildkatlu galvenie parametri

- Nominālā jauda jeb siltuma ražīgums Q , W , kW , MW ;
- Nominālā ūdens temperatūra $t_{\bar{u}}$ $^{\circ}C$;
- Katla lietderības koeficients η , % raksturo katla darbības efektivitāti nominālajā režīmā;
- Iegūtā īpatnējā siltuma jauda Q/H , W/m^2 izsaka iegūto siltuma jaudu no silšanas virsmas laukuma vienības; raksturo katla kompaktumu; dažreiz aizstāj ar silšanas virsmas laukumu H m^2

Ūdens sildkatli

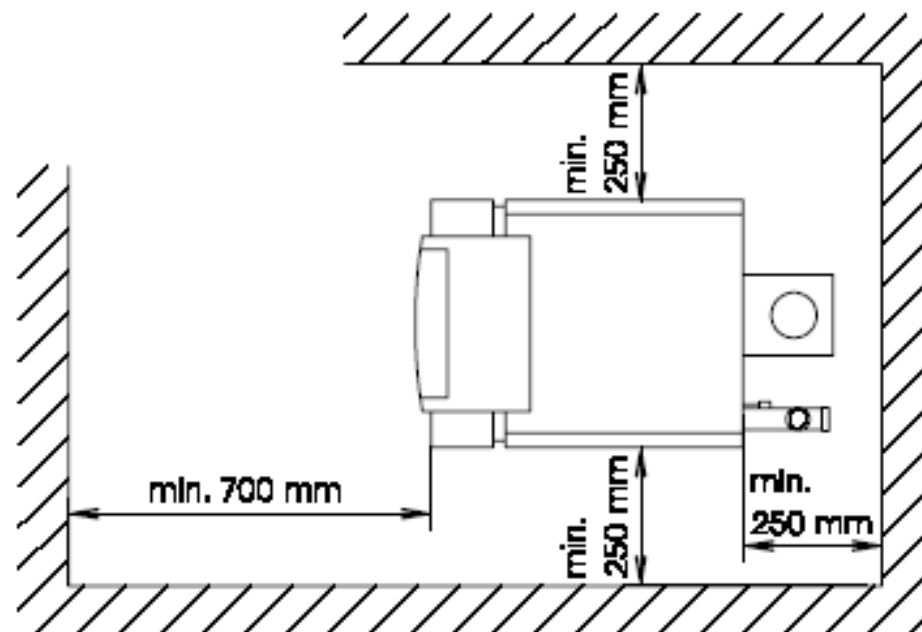
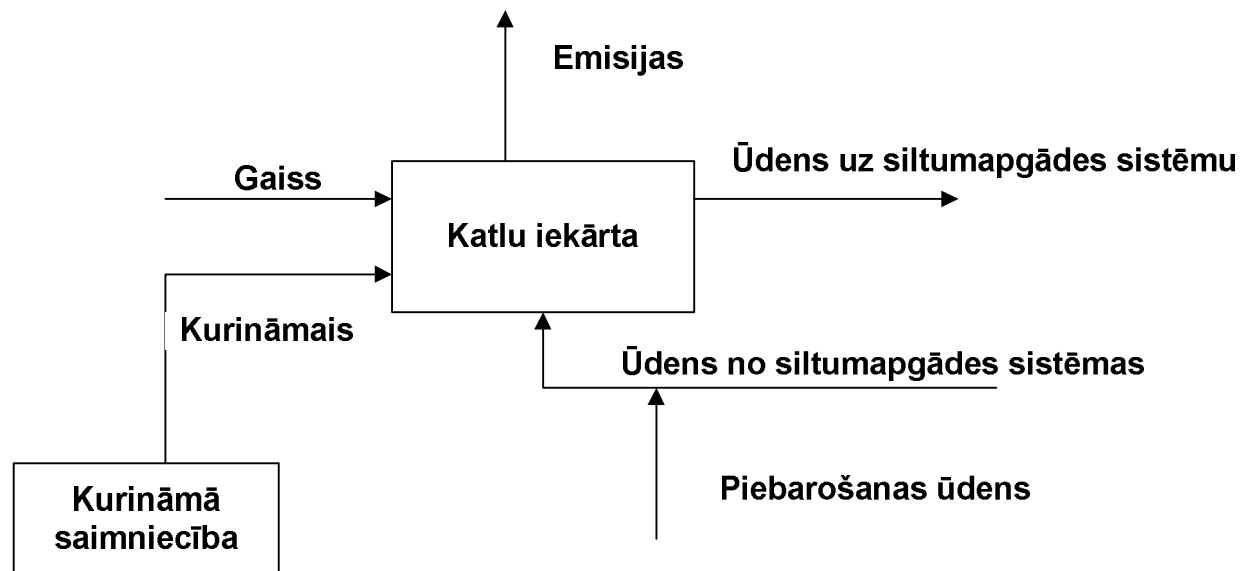
Ir pieejami dažādas modifikācijas, jaudas un komplektācijas granulu, graudu, šķeldas un malkas apkures katli, kas paredzēti individuālo māju apkurei:

- ✓ Cietā kurināmā katli (malka);
- ✓ Šķeldas katli;
- ✓ Granulu / graudu katli;
- ✓ Kombinēti malkas – granulu / graudu katli.

Pirms iegādāties katlu, pārdomāt:

- vai ir piemērota telpa katla novietošanai atbilstoši drošības noteikumiem;
- kur tiks uzglabāts kurināmais;
- vai ir tā uzglabāšanai piemērota saimniecības telpa;
- Cik tālu paredzēts transportēt kurināmo, u.c.

Katla novietojums



Paldies par uzmanību

Latvijas siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģiju
inženieru savienība: www.lsgutis.lv