

PĀREJA UZ HIBRĪDA APKURES AVOTIEM

GĀZES UN ŪDENS-GAISA SILTUMSŪKNIS

MG.SC.ING . DMITRIJS IVANCOVS

20.09.2021 .

Saturs

1.	Ievads	2
2.	Gāzes katls	2
3.	Siltumsūkņi	3
4.	COP	4
5.	Siltuma bilance	6
6.	Apkures sistēma	7
7.	Ekonomiskais pamatojums	9
8.	Secinājumi	12

1. Ievads

Agrāk vai vēlāk visi privātmāju īpašnieki saskaras ar novecojošo konstrukciju un inženierkomunikāciju remonta problēmu. Cita starpā rodas jautājums par apkures katla nomaiņu. Tehnoloģijas strauji attīstās, tirgus ir piesātināts ar alternatīviem apkures avotiem, reklāmas brošūras ir pilnas ar vilinošiem efektivitātes rādītājiem, un cilvēkam bez specializētas inženierzinātņu izglītības ir

diezgan grūti analizēt lielu datu masīvu, lai izdarītu sev labāko izvēli. Šī publikācija ir rakstīta, lai izskaidrotu galvenos aspektus un noteiktu faktorus, kuriem privātmājas īpašniekam jāpievērš uzmanība, izvēloties apkures iekārtas. Kopumā mēs izskatīsim scenāriju par gāzes katla nomaiņu pret hibrīdu, kombinēto ūdens-gaiss + gāzes siltumsūkni.

2. Gāzes katls

Gāzes katla nomaiņa ir pavisam vienkārša. Ja apkures sezonā temperatūra mājā bija komfortabla, tad galvenais, kam jāpievērš uzmanība, ir dzesēšanas šķidruma siltuma jaudas un temperatūras apstākļu sakritība.

Ja apkures katls nevarēja tikt galā ar slodzi, tad ir vērts lūgt siltumtehnikas inženiera palīdzību, lai viņš varētu pārrēķināt norobežojošo konstrukciju siltuma zudumus, sildelementu izmērus un siltuma jaudu, dzesēšanas šķidruma temperatūras apstākļus un tīkla hidrauliskās īpašības.

Ja katls darbojās ar zemu efektivitāti un patērēja daudz gāzes, iespējams, tas ir izvēlēts ar lielu jaudas rezervi. Gāzes katli savu efektivitāti sasniedz, darbojoties režimos, kas ir tuvu maksimālajai jaudai. Mūsu klimatiskajos apstākļos (Rīgā) vidējā āra gaisa temperatūra apkures sezonā ir puse no maksimālās. Tas nozīmē, ka lielāko daļu laika katli darbojas ar pusi no maksimālās jaudas. Šo negatīvo faktoru var samazināt, piešķirot prioritāti siltuma sadalei. Diezgan bieži dizaineri apkopo visus siltuma patērētājus: apkuri, karstā ūdens attīrīšanu un ventilāciju.

Tomēr apkures katla kopējo siltuma jaudu var samazināt. Ja kā prioritāti siltuma sadalei izvēlamies sistēmas inerci (vides temperatūras maiņas ātrumu atkarībā no dzesēšanas šķidruma temperatūras izmaiņām), tad iegūstam šādu secību:

1. maksimālā prioritāte tiek dota ventilācijai (gaisa temperatūra mainās uzreiz pēc dzesēšanas šķidruma temperatūras izmaiņām);
2. caurplūdes karstā ūdens apstrāde;
3. akumulācijas ūdens apstrāde (katls);
4. augstas temperatūras apkures sistēmas (radiatori, konvektori);
5. zemas temperatūras apkures sistēmas (siltās grīdas, sienas, griesti).

Siltums ventilācijai ir jānodrošina pastāvīgi, jo tā ir zema inerce.

Karstā ūdens apstrāde prasa lielu jaudu, bet salīdzinoši īsu laiku. Katla uzsildīšana parasti aizņem 10-20 minūtes. Ja mājā uz šo laiku atslēgsiet apkuri, telpās nebūs jūtama temperatūras pazemināšanās.

Tādējādi apkures un karstā ūdens sagatavošanas jaudas var nevis summēt, bet izvēlēties tikai lielāko no tām. Lai to izdarītu,

automātiskās vadības režīmā ir jāiestata karstā ūdens apstrādes prioritāte. Tas ievērojami samazinās katla kopējo jaudu un palielinās tā darbības efektivitāti.

Jāņem vērā, ka siltuma padeves atsākšanas brīdī apkures lokam atgaitas temperatūra var būt zemāka par nominālo. Tas var izraisīt īslaicīgu kondensāta

veidošanos katlā. Lielākā daļa mūsdienu katlu ir kondensācijas tipa, tāpēc viņiem tā nav problēma.

Pirms apkures iekārtu izvēles un nomaiņas ir jāatrisina visi jautājumi, kas saistīti ar apkures sistēmas optimizāciju. Pēc tam šie uzdevumi būs grūtāki, dārgāki un to risināšanai būs nepieciešami kompromisi.

3. Siltumsūkņi

3.1. Darbības princips.

Siltumsūkņa darbības princips ir tāds pats kā ledusskapim. Kompresors saspiež aukstumaģentu, kas no saspiešanas uzsilst un pēc tam, atdziestot, kondensējas kondensatorā (radiatorā aiz ledusskapja). Pēc tam aukstumaģents iziet cauri izplešanās vārstam, aukstumaģenta spiediens pazeminās, un tas vārās, iztvaiko, absorbējot siltumu (iztvaikošanas caurules ledusskapja iekšpusē).

Freons	h_A , kJ/kg	h_B , kJ/kg	h_C , kJ/kg	h_D , kJ/kg	SOR
R22	414.3	450.97	466.69	265.41	3.84
R410	437.5	482.7	502.07	287.5	3.32
R12	356.02	390.02	404.59	247.75	3.22
R134	401.1	448.3	468.53	279.58	2.80
R507	373.4	414.7	432.40	274.3	2.67
R404	376.5	424.9	445.64	287.1	2.29

3.2. Variācijas.

Siltumsūkņa darbības princips ir viens, taču ir daudz dizaina iespēju. Siltumu no kondensatora (iekštelpu bloka) var pārnest uz telpu caur gaisu (vairums mūsdienu gaisa kondicionētāju ir gaiss-gaiss siltumsūkņi), vai caur siltummaini ūdens sildīšanai. Iztvaicētāja (āra bloka) auksto kontūru var sildīt ar āra gaisu, zemes akas, ķēdēm zemē vai ūdenstilpē. Tehniskā projekta izvēle ir atkarīga no vides apstākļiem iekārtas uzstādīšanas vietā.

3.3. Dzesēšanas šķidrums.

Siltumsūkņa efektivitāte lielā mērā ir atkarīga no darba apstākļiem un aukstumaģenta parametriem. Aukstumaģenta viršanas temperatūras maiņa būtiski ietekmē siltumsūkņa darbību un līdz ar to arī COP vērtības (COP ir koeficienta saīsinājums no sniegums).

Siltumsūkņa konversijas koeficienta vērtība ir atkarīga no starpības starp aukstumaģenta viršanas temperatūru iztvaicētājā un tā kondensāciju kondensatorā. Jo mazāka šī atšķirība, jo augstāks ir konversijas koeficients.

Piemēram, 1. tabulā parādītas entalpijas un COP vērtības dažādiem freoniem 0°C temperatūrā. Iztvaicētājs.

1. tabula. Entalpija un COP vērtības dažādiem freoniem 0°C temperatūrā uz iztvaicētāja

Termodinamiskā procesa parametrus nosaka siltumsūkņu ražotāji konkrētam aukstumnesēja veidam, pamatojoties uz paredzamajiem darbības apstākļiem. Aukstumaģenta nomaiņa pret tādu, kas atšķiras no ražotāja norādītā, ir iespējama, taču nav ieteicama, nezinot aģenta īpašības un konkrētas iekārtas kompresijas cikla termodinamiskos parametrus.

Lietotājam ir jāsaprot, ka, neskatoties uz siltumsūkņu vispārējo darbības principu, to tehniskie parametri var ievērojami atšķirties. Ja lietotājam "A" apstākļos "X" iestatījums "1"

darbojas labi, tas nenozīmē, ka lietotājam "B" pie nosacījumiem "Y" iestatījums "2" darbosies tieši tāpat.

4. COP

4.1. Parametra būtība.

COP ir viens no svarīgākajiem parametriem, kas nosaka iekārtu efektivitāti. Piemēram, ja COP vērtība ir 4,0, 4,0 kW siltumenerģijas ražošanai tiek patērēts 1,0 kW elektroenerģijas.

COP vērtība nav nemainīga un ļoti atšķiras atkarībā no darbības parametriem un lietošanas apstākļiem.

4.2. Nominālās vērtības.

Ņemsim tehniskos datus, kas ir brīvi pieejami ražotāja vietnē, un analizēsim tos. Hibrīda siltumsūkņi ūdens-gaiss+gāze. Jaunā gāzes katla tehniskie dati ir līdzīgi vecajam, par tiem sīkāk neiedziļināsimies. Apskatīsim siltumsūkņa parametrus.

Nominālā siltuma jauda pie dzesēšanas šķidruma padeves temperatūras 45°C - 6,89 kW. Nominālā elektriskā jauda apkures režīmā ir 2,01 kW. COP=3,42.

2. tabula – Ražotāja tehniskie dati

CONNECTABLE INDOOR UNITS				
Heating capacity	Min.		kW	1.80 (2)
	Nom.		kW	7.40 (1) 6.89 (2)
	Max.		kW	10.0 (1) 9.53 (2)
Power input	Heating	Nom.	kW	1.66 (1) 2.01 (2)
	COP			4.45 (1) 3.42 (2)

Turklāt ražotājs norāda faktiskos parametrus pie noteiktām ārējā gaisa un dzesēšanas šķidruma temperatūrām piegādes cauruļvadā.

3. tabula. Temperatūras režīmi un jauda

LWC [°C]	30		35		40		45		50		55	
T _{amb} [°C]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]
-20	3.79	2.41	3.73	2.71	3.51	3.03	3.29	3.19	3.18	3.23		
-15	4.96	2.38	4.81	2.64	4.52	2.93	4.33	3.12	4.25	3.21	3.86	3.21
-7	6.57	2.31	6.41	2.58	6.35	2.83	6.25	3.03	5.99	3.13	5.48	3.20
-2	7.38	2.28	7.29	2.50	7.25	2.73	7.25	2.91	6.70	3.02	6.16	3.14
2	7.90	2.25	7.68	2.42	7.43	2.63	7.28	2.79	7.16	2.92	6.59	3.06
7	10.17	2.35	10.02	2.54	9.81	2.74	9.53	2.96	9.04	3.07	8.50	3.16
12	11.04	2.32	10.76	2.49	10.48	2.70	10.05	2.92	9.61	3.05	9.03	3.15
15	12.04	2.28	11.72	2.44	11.35	2.66	10.92	2.89	10.38	3.03	9.76	3.15
20	13.81	2.25	13.46	2.38	13.01	2.62	12.52	2.85	11.87	3.01	11.17	3.15

45°C kolonnā atrodam siltumenerģijas (HC) vērtību tuvu nominālvērtībai – 6,82 kW. Blakus ir patērētās elektroenerģijas (PI)

vērtība 2,91 kW. Faktiskā COP=2,34, kas ir ievērojami zemāka par nominālo. Tas ir tāpēc, ka COP ietekmē daudzi dažādi parametri, tāpēc ir vieglāk darboties ar nominālvērtībām pie standarta (EN 14511) vērtībām. Dažādu ražotāju iekārtas ir vieglāk salīdzināt, ja vērtības ir norādītas vienādos (standarta) apstākļos.

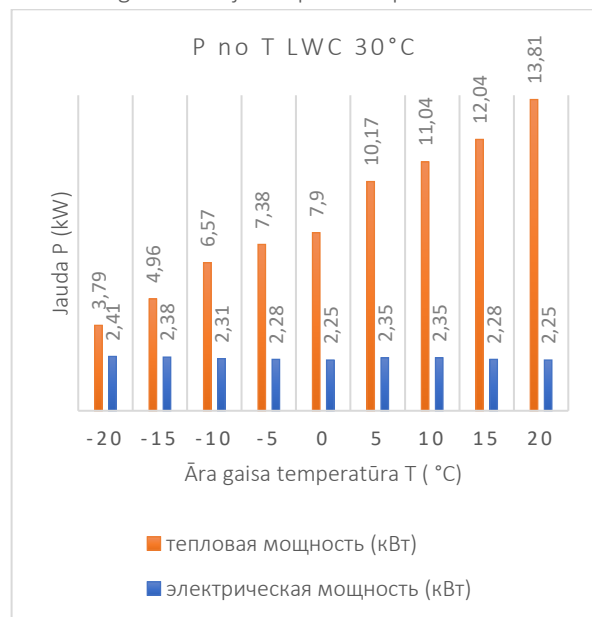
4.3. Temperatūras apstākļi.

Lai atvieglotu uztveri, mēs attēlosim ražotāja tabulas datus grafiku veidā. Ņemsim vērā tikai galējās vērtības ar plūsmas temperatūru (LWC) 30°C un 55°C.

4. tabula. Temperatūras režīmi un jaudas

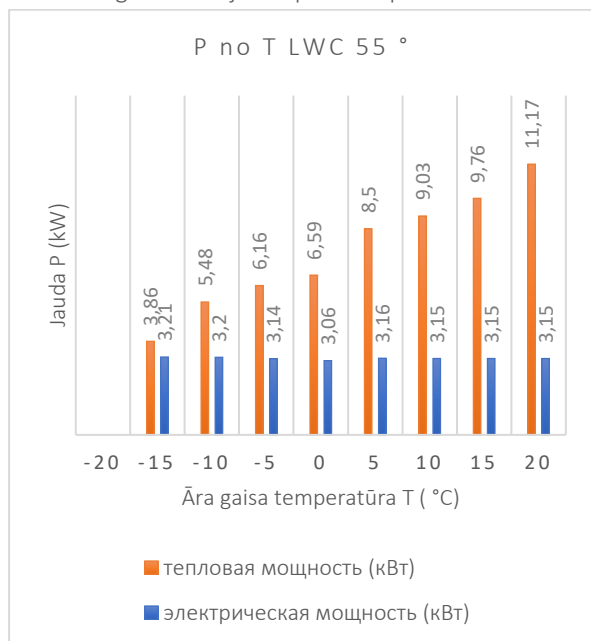
LWC [°C]	30		35		40		45		50		55	
T _{amb} [°C]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]	HC [kW]	PI [kW]
-20	3.79	2.41	3.73	2.71	3.51	3.03	3.29	3.19	3.18	3.23		
-15	4.96	2.38	4.81	2.64	4.52	2.93	4.33	3.12	4.25	3.21	3.86	3.21
-7	6.57	2.31	6.41	2.58	6.35	2.83	6.25	3.03	5.99	3.13	5.48	3.20
-2	7.38	2.28	7.29	2.50	7.25	2.73	7.25	2.91	6.70	3.02	6.16	3.14
2	7.90	2.25	7.68	2.42	7.43	2.63	7.28	2.79	7.16	2.92	6.59	3.06
7	10.17	2.35	10.02	2.54	9.81	2.74	9.53	2.96	9.04	3.07	8.50	3.16
12	11.04	2.32	10.76	2.49	10.48	2.70	10.05	2.92	9.61	3.05	9.03	3.15
15	12.04	2.28	11.72	2.44	11.35	2.66	10.92	2.89	10.38	3.03	9.76	3.15
20	13.81	2.25	13.46	2.38	13.01	2.62	12.52	2.85	11.87	3.01	11.17	3.15

1. diagramma – jauda pret temperatūru LWC 30°C



Grafikā LWC 30°C ir skaidri redzams, ka jo augstāka ir āra gaisa temperatūra, jo lielāka ir starpība starp patērēto elektroenerģiju un saražoto siltumu, jo augstāka ir COP.

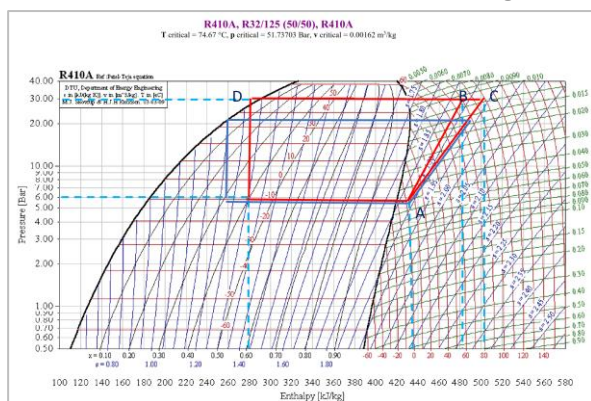
2. diagramma – jauda pret temperatūru LWC 55°C



Palielinoties LWC temperatūrai līdz 55°C, vispārējais modelis palika nemainīgs, taču ar dažām atšķirībām. Lielākas kompresora slodzes dēļ palielinājās elektroenerģijas patēriņš un samazinājās apkures jauda.

Procesi, kas ietekmē šīs izmaiņas, ir parādīti termodinamiskajā diagrammā i- lgP (freonam R410A), un to fiziskā nozīme ir tāda, ka, jo zemāka ir dzesēšanas šķidruma temperatūra apkures sistēmā, jo efektīvāk darbojas siltumsūknis.

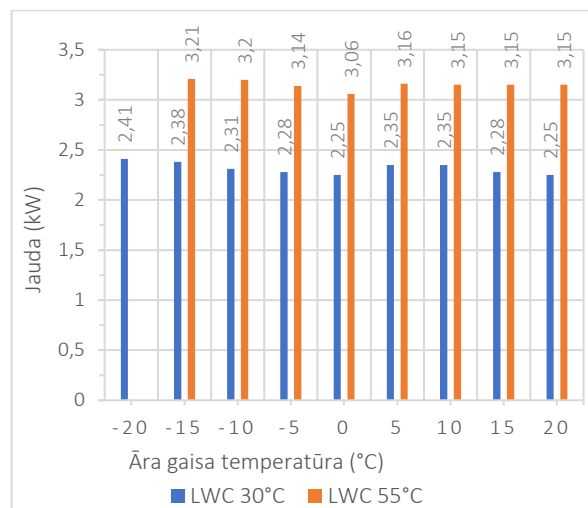
R410A freona termodinamiskie procesi i- lgP diagrammā



Šī iemesla dēļ zemā ārējā temperatūrā tas nevar darboties stabili.

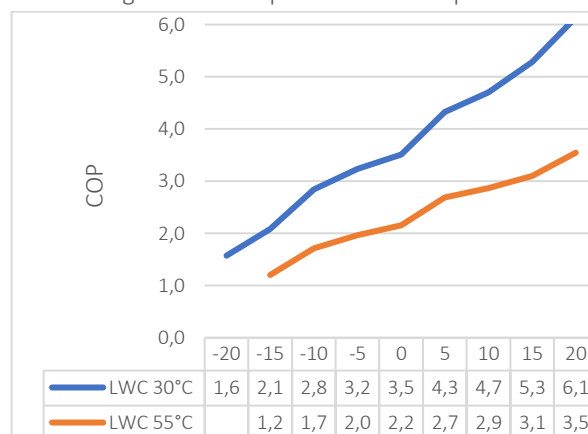
Salīdzinot elektroenerģijas patēriņu pie LWC 55°C un pie LWC 30°C. Pie LWC 55°C tas ir par 35-40% augstāks.

3. diagramma. Enerģijas patēriņš pie LWC 55°C un pie LWC 30°C



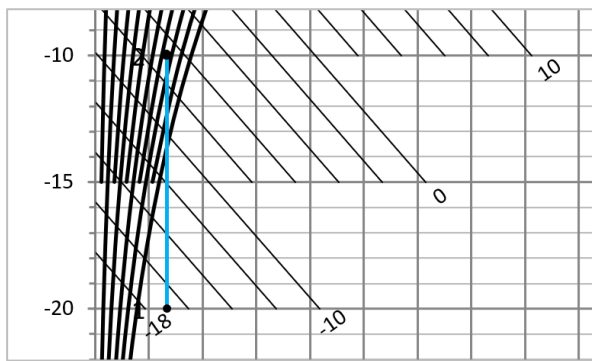
Dzesēšanas šķidruma temperatūra padeves cauruļvadā (LWC) arī ietekmē COP vērtību.

4. grafiks – COP pie LWC 55°C un pie LWC 30°C



Pazeminoties āra temperatūrai, COP strauji samazinās. Ļaujiet man atkārtot, ka šīs vērtības ir norādījis ražotājs, un tās nav matemātiskās modelēšanas rezultāts. Reālos apstākļos rezultāti būs nedaudz sliktāki. Ārējai gaisa temperatūrai tuvojoties freona iztvaikošanas temperatūrai, vārišanās ātrums palēninās, kas savukārt palēnina freona cirkulāciju sistēmā un kopējo veiktspējas kritumu. Papildus tam iztvaicētājs periodiski sasilst, jo iztvaicētāja temperatūra ir zemāka par ārējā gaisa rasas punktu.

2. attēls – mitra gaisa dzesēšanas process



Parasti atkausēšana notiek, mainot aukstumaģentu, t.i., siltumsūkņi pārslēdzas uz gaisa kondicionēšanas režīmu. Atkausēšana

nenotiek ilgi, taču šajā laikā siltums neietilpst sistēmā.

Paaugstinoties āra temperatūrai, COP strauji palielinās. Diagrammā redzams, ka tas var sasniegt vērtības 6,1. Lai to izdarītu, ir jābūt zemas temperatūras patērētājam (LWC 30°C), kam pie +20°C ārējās temperatūras nepieciešams 13,81 kW siltuma. Šādi apstākļi gandrīz nekad nenotiek, tāpēc COP 6.1 paliek tikai teorētisks.

5. Siltuma bilance

5.1. Spēks un enerģija.

Inženieriem atšķirība starp jaudu un enerģiju ir acīmredzama, bet tiem, kas nav inženieri, līdzīgi vienību mērījumi (kW un kWh) dažus mulsina.

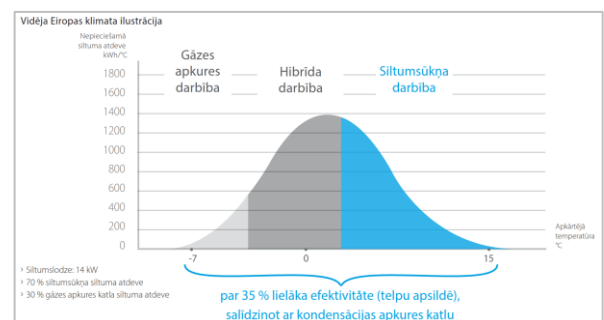
Nepieciešamā siltuma jauda (kW) vienmēr tiek aprēķināta pie maksimālajām vērtībām. Ja ārā ir -20°C, jaudai jābūt pietiekamai, lai telpās uzturētu 20-23°C temperatūru. Nepieciešamo jaudu nevar samazināt, jo telpas kļūs aukstas.

Enerģija (kWh) ir siltuma daudzums, ko jūs patērējat noteiktā laika periodā. Piemēram, 2,0 kW elektriskais sildītājs darbojās 5,0 minūtes. Tā jauda ir 2,0 kW, bet patērētā enerģija ir 0,167 kWh. Ja sildītājs darbojas veselu stundu bez pārtraukuma, patērētā enerģija būs 2,0 kWh.

5.2. Jaudas režīms.

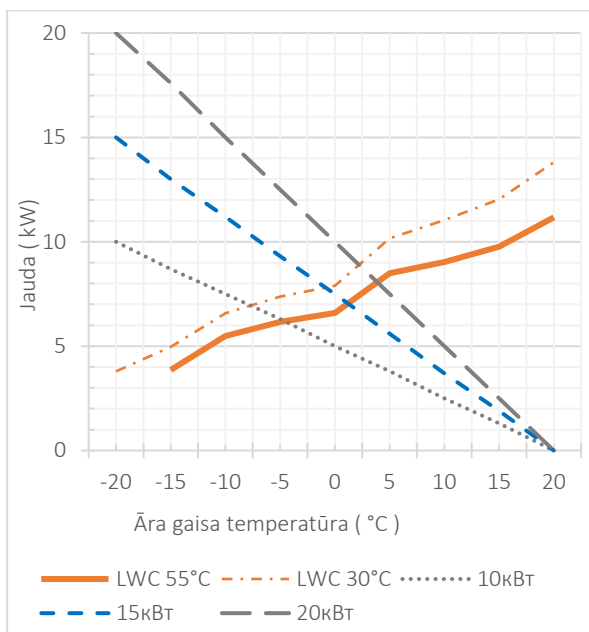
Šāda veida ilustrācijas bieži atrodamas reklāmas brošūrās.

3. attēls – Enerģijas izmaksu sadalījums atkarībā no darbības režīma un ārējā gaisa temperatūra



Attēlā redzams, ka siltumsūkņi nodrošinās 14,0 kW apkures jaudu pie ārā gaisa temperatūras 5°C. Salīdzināsim to ar datiem, kas jums jau zināmi no 4. tabulas. Grafiski attēlosim saražoto siltuma jaudu kā ārējās temperatūras funkciju LWC 30°C un LWC 55°C. Mēs neuzskatīsim, ka dzesēšanas šķidruma temperatūra padeves cauruļvadā ir vienāda ar 30°C (LWC 30°C), jo vairumā gadījumu LWC būs tuvu 55°C. Šeit tas norādīts tikai salīdzinājumam un parāda, ka jo zemāka ir dzesēšanas šķidruma temperatūra, jo zemāka ir ārējā gaisa temperatūra, pie kuras siltumsūkņi var darboties, vienlaikus ražojot lielāku jaudu.

5. grafiks – saražotā siltumenerģija atkarībā no ārējās temperatūras LWC 30°C un LWC 55°C

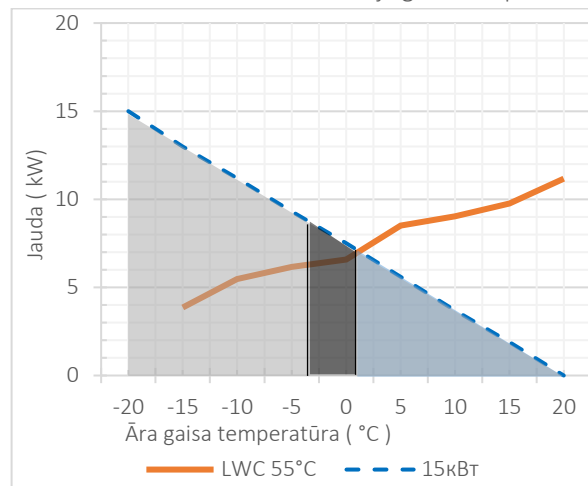


Punktētā līnija parāda telpas(-u) siltuma zudumus 10, 15 un 20 kW atkarībā no ārējā gaisa temperatūras. Šo grafiku krustošanās punkti parāda āra gaisa temperatūru, pie kuras siltumsūknis spēj kompensēt siltuma zudumus pats, bez gāzes katla palīdzības. Šeit ir skaidri redzams, ka jo lielāki siltuma zudumi, jo ātrāk siltumsūknis pārslēdzas hibrīdrežīmā. Tātad 20 kW tas būs aptuveni 3 ° C, 15 kW - apmēram 1 ° C un 10 kW - apmēram -5 ° C.

Jāņem vērā, ka šie parametri ir spēkā gadījumam, kad visa jauda tiek atvēlēta tikai apkurei, neņemot vērā karstā ūdens attīrīšanu un ventilāciju. Šos patērētājus sildīs gāzes

katls, kas nozīmē, ka hibrīdrežīms ieslēgsies agrāk. Cik agrāk ir atkarīgs no šo patērētāju jaudas.

6. grafiks – jaudas sadalījums atkarībā no darba režīma un ārējā gaisa temperatūra



3. attēlā pāreja no hibrīda uz tikai gāzes režīmu notiek pie āra gaisa temperatūras aptuveni 3,5°C. Tehniskajā informācijā norādītie darbības režīmi ir ievērojami zemāki.

Tas ir, siltumsūknis var strādāt pie zemākas gaisa temperatūras, bet tā darbība kļūst ekonomiski neizdevīga, jo strauji samazinās COP (≈ līdz 2,1) . Siltumsūkņa patērētās elektroenerģijas izmaksas kļūst augstākas nekā patērētās gāzes izmaksas, tāpēc izdevīgāk ir pilnībā pāriet uz gāzi.

6. Apkures sistēma

6.1. Termiskie apstākļi.

Mēs jau esam iepazinušies ar to, kā dzesēšanas šķidruma temperatūras apstākļi ietekmē siltumsūkņa efektivitāti. Tagad apskatīsim, kā šie paši režīmi ietekmē pašu apkures sistēmu.

Visbiežāk sastopamos temperatūras apstākļus privātmājās var iedalīt trīs grupās:

- zemas temperatūras sistēmas (≈30 /45°C);
- augstas temperatūras sistēmas (≈ 80/60°C);
- kombinētās sistēmas.

Zemas temperatūras sistēmas.

Apsildāmās grīdas un karstā ūdens sagatavošana.

Ideāli apstākļi siltumsūkņa izmantošanai. Dzesēšanas šķidruma temperatūra apsildāmajā grīdā ir aptuveni 35°C. Siltumsūknis var darboties efektīvāk pie zemākas ārējās temperatūras. Sistēma ir ļoti inerciāla, kas ir labi, jo prasa ilgu laiku atdzist bez siltuma padeves un slikti, jo pēc dzesēšanas šķidruma padeves atjaunošanas ir nepieciešams ilgs laiks, lai uzsiltu.

Karstā ūdens apstrāde ļoti efektīvi darbosies vasarā un ārpus sezonas. Aukstā laikā daļu slodzes nodrošinās gāzes katls vai elektriskie sildītāji kombinētajā katlā.

Pieplūdes gaisa sildīšanai ventilācijas sistēmā sildītāju var izmantot tikai kā sekundāro (kad nav apkures slodzes) vai vasarā gaisa sausinātājā.

Augstas temperatūras sistēmas.

Radiatorī, siltais ūdens, ventilācija.

Šie ir sliktākie nosacījumi siltumsūkņa izmantošanai. Siltumsūknis nevar nodrošināt apkures sistēmas temperatūras režīmus 80/60°C vai 70/60°C. Tas darbosies tikai apkures sezonas sākumā un beigās, kad siltuma zudumi mājā nav lieli.

karstā ūdens attīrīšanu gandrīz visu gadu, izņemot stipras salas. Ja jums ir liels karstā ūdens patēriņš, siltumsūkņa uzstādīšana darbosies efektīvāk.

Ja siltummezglam ir iespēja pievadīt 80°C gaisa sildītājam ventilācijas agregātā, tad šim nolūkam nav praktiski izmantot siltumsūkni. Dzesēšanas šķidruma zemās temperatūras dēļ sildītājs palielināsies, kā rezultātā palielināsies pretestība un ventilatora patērētā jauda. Tas palielinās gaisa sildītāja aizsalšanas risku un iekārtu bojājumu un izslēgšanas gadījumu skaitu, kas saistīti ar pieplūdes gaisa temperatūru.

Kombinētās sistēmas.

Kombinētās sistēmas apvieno dzesēšanas šķidruma zemas temperatūras un augstas temperatūras režīmus. Galvenais no tiem ir augstas temperatūras ķēde, kurai ir pievienota maisīšanas iekārta temperatūras pazemināšanai apsildāmajai grīdai. Siltumsūkņa uzstādīšanas lietderība kombinētās apkures sistēmās ir atkarīga no zemas temperatūras ķēdes kopējās jaudas. Piemēram, ja apsildāmās grīdas ir tikai vannas istabās, tad diez vai tas būs ekonomiski pamatoti.

6.2. Temperatūras spiediens.

Siltuma jauda, ko sildelements izstaro telpā, ir atkarīga no tā izmēra un virsmas temperatūras. Nomainot apkures katlu, ir nepieciešams uzturēt dzesēšanas šķidruma temperatūras apstākļus.

Ļaujiet man paskaidrot, izmantojot piemēru par 22 radiatoriem, 500 mm augstumu un 1000 W jaudu. Temperatūrā 80/60°C un istabas temperatūrā 23°C temperatūras starpība būs 46,28°C. 800 mm plats radiators nodrošinās nepieciešamo siltuma pārneses jaudu.

5. tabula. Radiatora izmēri 80/60°C temperatūras režīmā

Type	11	21	22	33
Height, mm	500	500	500	500
Norm output, W/m	868	1156	1470	2035
Exponent, n	1,3070	1,3076	1,3270	1,3371
Length, mm				
400	315	420	533	737
500	394	525	666	922
600	473	630	800	1106
700	552	735	933	1290
800	630	840	1066	1475
900	709	945	1199	1659
1000	788	1049	1333	1843
1100	867	1154	1466	2028
1200	946	1259	1599	2212
1400	1103	1469	1866	2581
1600	1261	1679	2132	2950
1800	1419	1889	2399	3318
2000	1576	2099	2665	3687
2300	1813	2414	3065	4240
2600	2049	2729	3465	4793
3000	2364	3148	3998	5530

Otrajā variantā mēs pazemināsim temperatūru līdz 45/40°C. Tajā pašā telpas temperatūrā 23°C temperatūras starpība būs tikai 19,4°C. Šajā gadījumā 800 mm vietā būs nepieciešams 2600 mm garš radiators.

6. tabula. Radiatora izmēri 45/40°C temperatūras režīmā

Type	11	21	22	33
Height, mm	500	500	500	500
Norm output, W/m	868	1156	1470	2035
Exponent, n	1,3070	1,3076	1,3270	1,3371
Length, mm				
400	101	135	168	230
500	126	168	210	288
600	152	202	252	346
700	177	236	294	403
800	202	269	336	461
900	228	303	378	519
1000	253	337	420	576
1100	278	370	462	634
1200	303	404	504	691
1400	354	471	588	807
1600	405	538	672	922
1800	455	606	756	1037
2000	506	673	840	1152
2300	581	774	966	1325
2600	657	875	1092	1498
3000	758	1010	1260	1728

Ja pazemināsim dzesēšanas šķidruma temperatūru, nemainot apkures sistēmu, tad radiators no mūsu piemēra 1066 W vietā spēs dot tikai 336 W.

6.3. Hidraulika.

Šī sadaļa ir paredzēta tiem, kuri joprojām saskaras ar apkures sistēmas izvēli. Ir par vēlu mainīt temperatūras iestatījumus uzstādītajā sistēmā.

Temperatūras apstākļi ietekmē cauruļvadu, slēg- un regulēšanas vārstu un sūkņu izmērus tāpat kā sildelementu izmērus.

Piemēram, caur cauruli ar diametru 16 mm pie temperatūras 80/60°C apkures

ierīcēm iespējams nodot 10 kW siltumjaudu. Samazinot ΔT līdz 5°C (45/40°C), nepalielinot sistēmas ātrumu un pretestību ar esošajiem sūkņiem – tikai 2,5 kW.

7. tabula. Tīkla parametru atkarība no temperatūras apstākļiem

d (mm)	Q (kW)	Δt °C	G (l/s)	V (m/s)
16	10	20	0,12	0,59
16	2,5	5	0,12	0,59
16	10	5	0,48	2,38
32	10	5	0,48	0,59

Lai pārvadītu 10 kW pie ΔT 5°C, cauruļvada diametrs jāpalielina līdz 32 mm un dzesēšanas šķidruma plūsmas ātrums no 0,12 līdz 0,48 l/s.

Visas sistēmas lieluma palielināšana nozīmē ievērojamu tās izmaksu pieaugumu.

7. Ekonomiskais pamatojums

Apskatīsim jautājuma ekonomisko komponentu. Pēc ražotāja aprēķiniem, ietaupījums, nomainot veco apkures katlu pret hibrīdu, gadā var būt no 351 līdz 714 eiro.

4. attēls. Dati par ietaupījumiem no ražotāja

-20% salīdzinot ar jaunu gāzes kondensācijas apkures katlu	351 €/gadā
-33% salīdzinot ar esošo gāzes kondensācijas apkures katlu	714 €/gadā

Aprēķinu veiksim paši, ņemot vērā mūsu klimata datus un pašreizējās enerģijas cenas. Par pamatu ņemam ražotāja sniegtos sākotnējos datus.

5. attēls – priekšizpētes sākotnējie dati no ražotāja

Apstākļi	
Siltumslodze	16 kW
Aprēķina temperatūra	-8°C
Temperatūra pie izslēgtas telpu apsildes	16°C
Maksimālā ūdens temperatūra	60°C
Minimālā ūdens temperatūra	38°C
Gāzes tarifs	0,070 €/kWh
Elektrības tarifs (dienas)	0,237 €/kWh
Elektrības tarifs (nakts)	0,152 €/kWh
Kopējā telpu apsildes slodze	19,500 kWh
Kopējā KŪ uzsildīšanas slodze (4 personām)	3,000 kWh

Jauda – 16 kW – pieņemta.

Paredzamā temperatūra -8°C – nē. Ņemsim no LBN 003-19 " Būvklimatoloģija " 6. un 7.tabulu. Aprēķinātā apkures sezonas temperatūra Rīgā ir -20°C. Apkures sezona

ilgst 192 dienas, aukstā piecu dienu perioda vidējā temperatūra ir 1,1°C.

Zemas istabas temperatūras režīms - 16°C – nē. Tā kā mēs plānojam siltumsūkni izmantot efektīvi, mēs pieņemam zemas temperatūras apkures sistēmu. Sistēmām ar zemas temperatūras siltuma avotu nepieciešams ļoti ilgs laiks, lai sasniegtu darbības režīmu. Es par to rakstīju iepriekš. Ņemsim 22°C nemainīgā režīmā.

Mūsu aprēķinam nav nepieciešamas īpašas dzesēšanas šķidruma temperatūras. Ņemsim vērā, ka ir norādīts zemas temperatūras darbības režīms.

Gāzes maksa – 0,070 € / kWh – nav.

Mēs atrodam pašreizējās gāzes izmaksas šodien - tās ir 0,054 € / kWh.

6. attēls – Gāzes tarifs

ТАРИФЫ С 01.07.2021. ДО 31.12.2021.		
Переменная часть в зависимости от потребления, 01.07.2021. - 31.12.2021.:		
Годовое потребление газа	0 - 2635 кВт-ч (0 - 250 м³)	2635.1 - 5269 кВт-ч (250.01 - 500 м³)
Природный газ EUR/кВт-ч	0.0343216	0.0343216
Природный газ с 01.10.2021 EUR/кВт-ч	0.0343959	0.0343959
Распределение - переменная часть EUR/кВт-ч	0.0180761	0.0074416
Передача EUR/кВт-ч	0.002004	0.002004
Передача с 01.10.2021*** EUR/кВт-ч	0.0019297	0.0019297
Акцизный налог* EUR/кВт-ч	0.00165	0.00165
НДС 21% EUR/кВт-ч	0.0117709	0.0095376
Тариф за 1 кВт-ч	0.0678226	0.0549548

(<https://lg.lv/ru/dlja-doma/tarify-i-kalkuljator>)

Cena dažādiem piegādātājiem ir atšķirīga, bet mēs varam pieņemt 0,060 € / kWh . Ņemot vērā straujo gāzes cenu kāpumu, ļoti iespējams, ka tā drīzumā sasniegs 0,070 € / kWh .

7. attēls – Gāzes cenu pieauguma dinamika

Gaspool _{fm} cena, EUR/MWh							
2018.gads		2019.gads		2020.gads		2021.gads	
		Janvāris	24.07	Janvāris	14.88	Janvāris	16.08
		Februāris	21.86	Februāris	11.69	Februāris	19.75
Marts	18.12	Marts	18.43	Marts	9.68	Marts	17.74
Aprīlis	18.41	Aprīlis	16.19	Aprīlis	8.78	Aprīlis	17.76
Maijs	19.15	Maijs	15.37	Maijs	6.86	Maijs	20.56
Jūnijs	21.54	Jūnijs	13.80	Jūnijs	5.12	Jūnijs	24.98
Jūlijs	21.91	Jūlijs	11.06	Jūlijs	5.13	Jūlijs	28.78
Augusts	22.32	Augusts	10.89	Augusts	5.40	Augusts	35.69
Septembris	23.80	Septembris	11.04	Septembris	7.89	Septembris	43.69
Oktobris	27.81	Oktobris	12.75	Oktobris	11.26		
Novembris	26.29	Novembris	15.39	Novembris	14.25		
Decembris	24.98	Decembris	15.95	Decembris	13.84		

(<https://www.gaso.lv/dabasgazes-tirgus>)

Elektrības maksa – 0,237 € / kWh – nav. Cenas stipri atšķiras no izvēlēta tarifa, ņemsim 0,1 5 € / kWh . Mēs ignorējam nakts likmi.

Kopējais enerģijas patēriņš apkurei – 19500 kWh – nav. Apkures sezona Rīgā ilgst 192 dienas jeb 4608 stundas. Siltuma zudumi pie vidējās temperatūras 1,1°C būs uz pusi, 16*0,5=8 kW. Mēs iegūstam 4608*8 ≈ 36864 kWh . Precīzāks aprēķins ir sniegts 8. tabulā. Karstā ūdens apstrādi no aprēķiniem izņemsim konsekvences labad. Būtībā tas uzlabos siltumsūkņa darbību vasarā un pasliktinās to ziemā.

Salīdzināsim aprēķinu rezultātus. Hibrīda katla ekspluatācijas enerģijas izmaksas pēc ražotāja aprēķiniem ir 1429 € /gadā.

4. attēls – ražotāja aprēķinu rezultāti

Gada siltuma nepieciešamība: 19,500 kWh		
SS saražotā enerģija	12,800 kWh	-
SS efektivitāte	3.64 SCOP*	-
Ekspluatācijas izmaksas	€ 675	-
Gāzes apkures katla saražotā enerģija	6,700 kWh	19,500 kWh
Telpu apsildes efektivitāte	90%	90%
Ekspluatācijas izmaksas	€ 521	€ 1,517
Gada siltuma nepieciešamība: 19,500 kWh		
Gāzes apkures katla saražotā enerģija*	3,000 kWh	3,000 kWh
KU uzsildīšanas efektivitāte	90%	80%
Ekspluatācijas izmaksas*	€ 233	€ 263
		TOTAL
Ekspluatācijas izmaksas	€ 1,429	€ 1,780

* vai 364%

Mūsu klimatiskajos apstākļos un pie pašreizējām enerģijas cenām - 2155 € /gadā.

Jāpiebilst, ka līdz ar gāzes cenu kāpumu siltumsūkņa izmantošana kļūst izdevīgāka, jo kļūst vēlams to lietot pie zemākas temperatūras un sliktāka COP rādītāja . Ražotāja aprēķins norāda uz nominālo COP 3,64 (4. attēls), bet faktiskais COP ir no 3,0 līdz 2,1.

Ekonomiskos rādītājus spēcīgi ietekmē faktiskā āra temperatūra un auksto dienu skaits gadā.

8. tabula – Tehniskais un ekonomiskais aprēķins

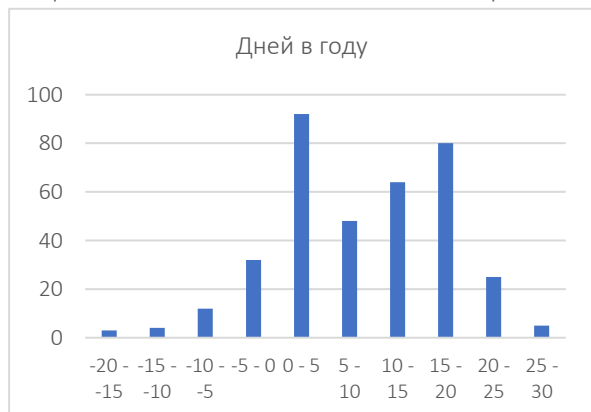
Āra gaisa temperatūras diapazons	Dienas gadā	Siltuma	Vecs gāzes katls	Jauns gāzes katls	Jauns hibrīda katls

		zudumi			Gāze	Siltumsūkņis	COP	Elektrība
°C		kW	kWh	kWh	kWh	kWh		kWh
-20 - -15	3	14.0	1008. gads	1008. gads	1008. gads			
-15 - -10	4	12.1	1162	1162	1162			
-10 - -5	12	10.3	2966. gads	2966. gads	2966. gads			
-5-0	32	8.4	6451	6451	3226	3226	2.1	1536. gads
0:5	92	6.6	14573	14573	4858	9715	2.4	4048
5-10	48	4.7	5414	5414		5414	2.8	1934. gads
10-15	64	1.9	2918. gads	2918. gads		2918. gads	3.0	973
15-20	80							
20-25	25							
25-30	5							
Summa:	365		34493	34493	13219	21274		8491
Gāzes katla efektivitāte			0,75	0,90	0,90			
Energijas izmaksas €/ kWh			0,06	0,06	0,06			0.15
Apkures izmaksas €/gadā			2759	2300	881			1274. gads

Apkures izmaksas	€/gadā
Vecs gāzes katls	2759
Jauns gāzes katls	2300
Jauns hibrīda katls	2155

	Ietaupījums €/gadā
Veca gāzes katla (efektivitāte 0,75) nomaiņa pret jaunu (efektivitāte 0,9)	460
Veca gāzes katla (efektivitāte 0,75) nomaiņa pret hibrīda katlu	605
Katla ar lietderības koeficientu 0,9 nomaiņa pret hibrīda katlu	145

7. grafiks – dienu skaita sadalījums gadā pa temperatūras diapazoniem



Jo siltāka ziema, jo labāk siltumsūkņa veiktspēja.

No tehnisko un ekonomisko parametru salīdzinošās analīzes var izdarīt šādus secinājumus:

- Vienkārša vecā gāzes katla nomaiņa pret jaunu ar labāku lietderību ietaupīs 460 € /gadā. Izmaksājot 1500-2000 eiro, tas atmaksāsies 3-4 gados.
- Veca apkures katla nomaiņa pret hibrīdu ļaus ietaupīt nedaudz vairāk - 605 € /gadā, bet izmaksājot 7000-10000 eiro, tas atmaksāsies pēc 11-16 gadiem.

- Pareizi funkcionējoša katla nomaiņa ar lietderības koeficientu 0,9 nekad neatmaksāsies.

8. Secinājumi

8.1. Gāze + siltumsūkņi.

Efektīva siltumsūkņu izmantošana ir iespējama diezgan ierobežotā darbības segmentā. Mūsdienu gāzes katli ir diezgan efektīvi, autonomi, uzticami un spēj nodrošināt lietotājam augstu komforta līmeni.

8.2. Cietais kurināmais + siltumsūkņi.

Šo siltumsūkņu kombināciju neesam apskatījuši, taču uzstādīšanas izmaksas var attaisnot ar paaugstinātu komfortu. Mazāk darba ar degvielas iekraušanu un tīrīšanu. Mazākas temperatūras svārstības telpās, autonomija, ērtības. Tas nav ekonomiski attaisnojams, bet, ja klients ir gatavs maksāt par savu komfortu, viņam ir iespēja to iegūt.

8.3. Gaiss-gaiss siltumsūkņi.

Viena no vienkāršākajām un efektīvākajām ierīcēm. Spēj darboties ar augstāko iespējamo COP līmeni.

8.4. COP.

COP indikators ir mainīga vērtība un ir atkarīgs no darbības apstākļiem un vides.

8.5. Darbība

Iegādājoties hibrīda siltumsūkni, jūs iegādājat divas apkures ierīces. No vienas puses, tas ir labi, jo ir rezerves siltuma avots. No otras puses, tas ir slikti, jo vairāk mehānismu palielina bojājumu iespējamību un attiecīgi arī uzturēšanas izmaksas un ar to saistītos nejaušos bojājumus.

8.6. Apkures sistēmas izmaksas.

Zemāki dzesēšanas šķidrums temperatūras apstākļi - jo dārgāka ir apkures sistēma.

8.7. Projekts.

Siltumsūkņim nav nepieciešams projekta apstiprinājums. Viegli uzstādīt. Aizņem maz vietas. Nav nepieciešama atsevišķa telpa.

Tiesa, tas viss ir taisnība tikai tad, ja tas nav apvienots.

8.8. Ekonomiskie rādītāji.

Universālu risinājumu nav, un siltumsūkņi nav izņēmums. Hibrīdsistēmu uzstādīšanas ekonomiskā iespējamība jāapsver apkures sistēmai kopumā un katram konkrētajam gadījumam atsevišķi.