

LATVIJAS ENERGOAUDITA ROKASGRĀMATA

Latvijas Energoefektivitātes fonds

Dānijas Tehnoloģiskais institūts

Rambøll

SATURS

1. ENERGOAUDITS UN ENERGOVADĪBA

2. ĒKU NOROBEŽOJOŠĀS KONSTRUKCIJAS

3. SILTUMAPGĀDES SISTĒMAS

3.1. SILTUMAPGĀDES SISTĒMU PĀRBAUDES VEIDLAPA

3.2. DABAS GĀZE

3.3. NAFTAS PRODUKTI

3.4. CIETAIS KURINĀMAIS

3.5. CENTRĀLĀ SILTUMAPGĀDE

4. VENTILĀCIJAS SISTĒMAS

5. SALDĒŠANAS SISTĒMAS

6. SASPIESTĀ GAISA SISTĒMAS

7. SŪKŅI

8. ELEKTROMOTORI

1. Energoaudits un energovadība

1.1 Energoaudits ražotnē 2

1.2 Prioritāšu saraksts (piemērs) 4

1.3 Piemērs energoauditam ražotnē 7

Energoaudita kopsavilkums

Energoaudits ražotnē

Uzņēmuma apraksts

Enerģijas taupīšanas priekšlikumi

- struktūra
- apgaismojums
- saspieštais gaiss
- vakuuma sistēma
- tehnoloģiskie ventilatori
- pieplūdes ventilatori un dūmsūkņi
- dūmgāzu mērīšana
- gaisa kondicionēšanas sistēma
- citi elektromotoru pielietojumi
- ūdens sūkņi
- izejvielu transports
- energovadība

1.4 Energovadība 23

Uzņēmuma vadība ietver arī energovadību

Energovadība

- sākums
- sākotnējā kartēšana
- energobudžets un galvenie dati
- energobudžeta izveide
- patēriņa uzskaitē
- galveno datu izveide
- analīze
- plānošana

Energovadības ieviešanas piemērs

1.1 Energoaudits ražotnē

1.posms

Nodibina sakarus ar uzņēmumu un izveido pamatu nākotnes sadarbībai. Svarīgi noskaidrot uzņēmuma attieksmi attiecībā uz enerģijas taupīšanu. Ko uzņēmums ir īstenojis jau iepriekš, un vai tam ir kādi nākotnes plāni? No otras puses - vai energoauditors var informēt uzņēmumu par energoaudita saturu, un par to, kādiem vajadzētu būt sagaidāmajiem rezultātiem.

Savāc izejas datus par uzņēmuma patēriņiem (lai iegūtu datus par uzņēmumu, aptaujas lapu var nosūtīt jau iepriekš). Vienas vai vairāku ražotnes apskatu laikā savāc datus un iegūst vispārēju priekšstatu par galvenajiem tehnoloģiskajiem procesiem un iekārtām (var ieteikt noteikta tipa iekārtu lietošanu).

2.posms

Kopējais ikgadējais gāzes, centrālapkures, naftas, ogļu, elektrības patēriņš utt. tiek iedalīts: ēkām, tehnoloģisko procesu grupām, atsevišķiem lielākiem tehnoloģiskajiem procesiem un iekārtām. To sauc par energokartēšanu. Lai veiktu kartēšanu, iespējams jāveic mērījumi. Dažas kartēšanas daļas bieži balstās uz aprēķiniem (piemēram, dažu motoru ekspluatācijas stundas gadā). Sīkāk kartēšana būs aprakstīta tālāk.

1.posma apskates laikā un kartēšanas procesā ievāc informāciju par procesiem un ražotni. Pamatojoties uz šo un, iespējams, uz dažiem papildus mērījumiem un aprēķiniem, nosaka iespējamās ietaupījums. Bieži vien galveno datu salīdzināšana (piemēram, enerģijas patēriņš uz tonnu izejvielas) ar līdzīgām ražotnēm ļauj noteikt iespējamās ietaupījums. Pieredzējis auditors ātri noteiks tipiskākos ietaupījumu veidus (karstas virsmas, sūces zudumi, slikta izolācija, nepārtraukta motoru darbība, karstas izplūdes gāzes utt.).

Visus šos potenciālos ietaupījumus vajadzētu uzskaitīt "iespējamo enerģijas ietaupījumu kopsavilkumā". Tomēr iespējamajiem enerģijas ietaupījumiem būs atšķirīgas prioritātes. Ja tehnoloģiskais process vai ražotne patērē daudz elektroenerģijas (piemēram, 20 % no kopējā gāzes patēriņa - saskaņā ar kartēšanu) un lielākā daļa ietaupījumu potenciāla ir reāla (piemēram, 30 %) tad šiem ietaupījumiem būs augsta prioritāte. No otras puses - ja sistēma (piemēram, apgaismošanas sistēma) patērē tikai 2 % no kopējā elektroenerģijas patēriņa, auditoram nevajadzētu veltīt šai sistēmai daudz laika - pat ja 50 % ietaupījumi ir iespējami (taču tas nenozīmē, ka ietaupījumus nevajadzētu īstenot; vienīgi auditoram ir jāizmanto savs laiks lietderīgi). Kā piemēru varētu minēt, ka tikai tie projekti, kam novērtētais atmaksāšanās laiks ir mazāks par 3 gadiem un ikgadējie ietaupījumi ir lielāki kā 10.000 kW/h or 1.000 m³ dabas gāzes, ir interesanti un tiek virzīti tālāk uz 3.posmu.

3.posms

No "kopsavilkuma par iespējamajiem enerģijas ietaupījumiem" ietaupījumus ar augstu prioritāti (lielu potenciālu) novērtē detalizētāk, ņemot vērā tehniskos un ekonomiskos aspektus. To darot, varētu būt nepieciešams veikt papildus mērījumus, sazināties ar ekspertiem (piemēram, ražotājiem, institūtiem) un veikt pārrunas ar ražotni, lai izveidotu reālu "enerģētikas projektu apskatu". Šajā apskatā individuālajiem ietaupījumiem būtu jādod priekšroka saskaņā ar ekonomisko nozīmību. 3.posma beigās galīgo energoaudita ziņojumu jāiesniedz ražotnes vadībai. Svarīgi, lai pirms ziņojuma iesniegšanas tās svarīgākās daļas tiktu pārrunātas ar ražotnes kontaktpersonām. Ja kādu no

aprakstiem var tiešā vai netiešā veidā interpretēt kā negatīvu personāla kritiku, tad to ir jāpārformulē. Svarīgi, lai arī ziņojums tiktu iesniegts bez nevajadzīgas novēlošanās, lai lēmumu par projekta īstenošanu ražotne var pieņemt nekavējoši. Pieredze rāda, ka, ja šis lēmums tiek atlikts, negatīvu rezultātu risks palielinās.

4.posms

Šis solis ietver galējā izvēlētā enerģijas ietaupījumu projekta īstenošanas plānošanu un izpildi. Energoauditors var nepiedalīties šajā procesā, jo viņš bieži ir (vai viņam vajadzētu būt!) neatkarīga persona (neatkarīga no piegādātājiem un ražotājiem). Tomēr viņš var slēgt ar ražotni vienošanos par projekta īstenošanas pārraudzīšanu.

Vēl viens tipisks solis varētu būt ierosināt vai uzlabot turpmāko ražotnes energovadību. Balstoties uz enerģijas kartēšanu, nozīmīgus tehnoloģiskos procesus un iekārtas var aprīkot ar skaitītājiem (vienkārši stundu, apjoma vai enerģijas skaitītājiem) un datu analīzes plānu utt. To var noformulēt auditors.

Ja iespējams, auditoram vajadzētu uzturēt sakarus ar ražotni, lai saņemtu nepieciešamo informāciju - vai lai veiktu pārbaudes pasākumus - pēc taupīšanas projekta īstenošanas. Tas ir svarīgi viņa turpmākajā darbā kā auditoram.

1.2 Prioritāšu saraksts (piemērs)

Klients	
Adrese	
Kontaktpersona	

Tehnoloģiskā joma	Enerģijas taupīšanas priekšlikumi “labs padoms”	Sākotnējās apskates rezultāts (atzīmēt)		Papildus izpētes rezultāts		
		Rīcības mainīšana dotu ietaupījumus	Būtu jāveic papildus izpēte	Prioritāte		
				A	B	C
1. Ventilācija	1. Eksploatācijas laika samazināšana					
	2. Plūsmas ātruma samazināšana un kontrole saskaņā ar prasībām					
	3. Motoru efektivitātes optimizācija					
	4. Dzēsikņu efektivitātes optimizācija					
	5. Ventilatoru efektivitātes optimizācija					
	6. Sistēmas zudumu samazināšana					
	7. Siltuma reģenerācijas iekārtas temperatūras efektivitātes novērtēšana					
	8. Vietējās izplūdes ventilācijas efektivitātes novērtēšana					
	9. Sildvirsmas kontroles novērtēšana					
	10. Noteiktās iedaļas nepieciešamajam temperatūras līmenim					
	11. Iekārtas uzturēšana					
2. Siltums un ūdens	1. Plūsmas temperatūra					
	2. Laika apstākļus kompensējoša ierīce					
	3. Istabas temperatūra					
	4. Radiatora vārsti					
	5. Cirkulācijas sūknis (apkures sistēma)					
	6. Karstā ūdens temperatūra					
	7. Karstā ūdens tvertne					
	8. Cirkulācijas sūknis (karstais ūdens)					
	9. Katlu māja					
	10. Centrālā apkure					
	11. Gaisa sildītājs					
	12. Elektriskā apkures sistēma					
	13. Saules enerģijas sistēma					
	14. Tualetes					
	15. Krānu ierīces					
	16. Pisuāri					

Tehnoloģiskā joma	Enerģijas taupīšanas priekšlikumi “labs padoms”	Sākotnējās apskates rezultāts (atzīmēt)		Papildus izpētes rezultāts		
		Rīcības mainīšana dotu ietaupījums	Būtu jāveic papildus izpēte	Prioritāte		
				A	B	C
	17. Lietusūdens izmantošana					
	18. Ūdens zudumi					
3. Apgaismošanas sistēma	1. Eksploatācijas laika samazināšana					
	2. Apgaismošanas sistēmas segmentēšana					
	3. Iluminācijas samazināšana					
	4. Reflektoru izmantošana armatūrā fluorescenta gaismai					
	5. Krāsas telpā					
	6. Gaismas avoti					
	7. Enerģijas taupīšanas balastu izmantošana					
	8. Dienasgaismas izmantošana					
	9. Sistēmas uzturēšana					
4. Saspiestais gaiss	1. Eksploatācijas laika samazināšana					
	2. Spiediena līmeņa samazināšana					
	3. Izmaiņas pievades apstākļos					
	4. Elektrības patēriņa samazināšana sakarā ar sūču novēršanu					
	5. Cauruļvadu sistēmas segmentēšana un proporcionāla slēgšana					
	6. Saspiestā gaisa aizstāšana					
	7. Siltuma reģenerācija					
	8. Sistēmas uzturēšana					
5. Motori	1. Eksploatācijas laika samazināšana					
	2. Motoru efektivitātes optimizācija					
	3. Ātruma regulēšana					
6. Sūkņi	1. Eksploatācijas laika samazināšana					
	2. Apgriezienu skaits					
	3. Sūkņa lielums					
	4. Sūkņu elementu segmentācija					
	5. Cauruļvadu sistēmas optimizācija					
	6. Motora efektivitātes optimizācija					
7. Atdzesēšana un saldēšana	1. Preču uzglabāšanas temperatūra					
	2. Atdzesēšanas un saldēšanas telpu izolācija					
	3. Caurspīdīgu pārsegu uzstādīšana atdzesēšanas un saldēšanas telpu atvēršanai					
	4. Preču izvietojums atdzesēšanas un saldēšanas kamerās un telpās					
	5. Kompresori					
	6. Iztvaikošanas un kondensēšanas temperatūra					

Tehnoloģiskā joma	Enerģijas taupīšanas priekšlikumi “labs padoms”	Sākotnējās apskates rezultāts (atzīmēt)		Papildus izpētes rezultāts		
		Rīcības mainīšana dotu ietaupījums	Būtu jāveic papildus izpēte	Prioritāte		
				A	B	C
	7. Siltumu pārvietojošā virsma iztvaicētājā un kondesētājā					
	8. Kanālu, cauruļvadu, konteineru un telpu izolācija					
	9. Atdzesēšanas prasības					
	10. Siltuma reģenerācija					
	11. Sistēmas uzturēšana					
8. Tehniskā izolācija	1. Cauruļvadu izolācija					
	2. Vārstu izolācija					
	3. Atloku savienojumu izolācija					
	4. Līmeņvirsmu izolācija					
	5. Tvertņu izolācija					
	6. Katlu izolācija					
	7. Ventilācijas kanālu izolācija					
	7. Citi priekšmeti					
9. Ēkas norobežojošā konstrukcija	1. Ārējās sienas konstrukcija					
	2. Jumts/griesti					
	3. Strukturālā grīda/pārsegumi					
	4. Durvis/vārti					
	5. Logi					
	6. Salaidumi					
10. Ierīces un iekārtas	1. Eksploatācijas laika samazināšana					
	2. Izolācijas standarts					
	3. Tvaika izolācija					

1.3 Piemērs energoaudita veikšanai ražotnē

Energoaudita kopsavilkums

Audita rezultāti

Energoaudits rūpnīcā tika veikts 19xx. gadā..

Tas pamatā tika veikts, lai parādītu, kādus iespējamus pasākumus var veikt, lai samazinātu enerģijas patēriņu ražotnē, un parādītu, kādus iespējamus rezultātus var sasniegt.

Pamatojoties uz pieredzi, mēs uzskatām, ka auditā ietverto elektroenerģijas patērētāju kopējais enerģijas ietaupīšanas potenciāls varētu būt apmēram 25 % no esošā patēriņa. Lielākā daļa no neizmantotā potenciāla atrodas gaisa kondicionēšanas sistēmā, kas audita laikā nedarbojās.

Lai ierosinātos ietaupījumus varētu vieglāk ieviest, tie tika sadalīti trīs kategorijās: viena kategorija apraksta ietaupījumus, ko varētu tūlīt ieviest, neieguldot papildus līdzekļus vai arī ar ļoti zemām izmaksām un minimālu riska pakāpi. Otra kategorija apraksta ietaupījumus, kurās plānotais investīciju atmaksāšanās laiks ir mazāks par diviem gadiem. Pēdējā kategorija apraksta ietaupījumus, kas saistīti ar investīcijām, ar plānoto atmaksāšanās laiku lielāku par diviem gadiem un risinājumus, kam vajadzīga tālāka izpēte.

Kopējie iespējamie ietaupījumi, kas tika atklāti audita laikā ir sekojoši:

- Ietaupījumi ar tūlītēju rīcību: 1.057.975 kWh/gadā jeb 17% no patēriņa.
- Ietaupījumi ar atmaksāšanās laiku mazāku par diviem gadiem: 642.950 kWh/gadā jeb 10% no kopējā patēriņa.
- Ietaupījumi, kam vajadzīga tālāka izpēte, vai ietaupījumi ar atmaksāšanās laiku lielāku par diviem gadiem: 1.247.364 kWh/gadā jeb 20% no kopējā patēriņa.

Potenciālie ietaupījumi tika atklāti apgaismošanas sistēmā 2. cehā, saspiestā gaisa sistēmā, vakuuma sistēmā, tehnoloģiskajos ventilatoros 1. cehā, un katlu pieplūdes ventilatoros un dūmsūkņos, taču mēs domājam, ka, pavadot šeit ilgāku laiku, varētu atklāt vēl vairāk ietaupījumu potenciāla.

Metodes, ar kuru palīdzību iegūst ietaupījumus, atbilst Dānijas energoauditoru pieredzei:

- **Sūču** konstatēšana un novēršana saspiesta gaisa un vakuuma sistēmās.
- **Ekspluatācijas laika** samazināšana kopumā, vai nu mainot personāla attieksmi vai nu ar automātisku mašīnu un apgaismes ķermeņu izslēgšanu laikā, kad tās netiek izmantotas.
- **Regulēšanas principu** mainīšana motorizētajās iekārtās, kā piemēram ventilatoros un sūkņos, pārīšana no drošēšanas (vārsti un aizvari) līdzekļiem uz frekvenču pārveidotājiem.
- **Pārvides** zudumu samazināšana, izmantojot labākas kvalitātes dzensiksnas.
- Augstākas lampu **efektivitātes** sasniegšana, ierīkojot reflektorus.

- Nomaina uz jaunākas **tehnoloģijas** vakuuma sūkņiem, gaisa kompresoriem un apgaismes ķermeņiem.

Ar galvenajiem audita rezultātiem tika iepazīstināts personāls, kas atbildīgs par tehnisko iekārtu uzstādīšanu ražotnē.

Novērojumi

Kopumā ņemot, mēs domājam, ka energoaudits valstī īpaši neatšķiras no energoaudita Dānijā, tikai starpība starp esošo un vēlamo ir lielāka. Tas nozīmē, ka metodes, kas ir izstrādātas Dānijā, ir pielietojamas arī šajā valstī.

Ražotnes infrastruktūra atbilst statistiskajam (nevis attīstības) modelim kopš tās izveidošanas, un tās izkārtojums kaut kādā ziņā atgādina visu organizācijas veidu. Tas ir – ražošanas un visu palīgpakalpojumu sadali (vakuuma, elektrības, apkures utt.) veic centralizēti, un viss tiek pārraudzīts un precīzi reģistrēts. Audita laikā mums bija pieejami visi mūs interesējošie dati. Šī situācija ir ideāls sākuma punkts turpmākajai energovadībai un uzņēmumam vajadzētu saglabāt visu patēriņu sīku uzskaiti arī turpmāk, kad bizness attīstīsies, un arī neskaidrības palielināsies.

Mēs domājam, ka precīzi izstrādātu galveno rādītāju salīdzināšana ir iespējama starp tiem uzņēmumiem, kas darbojas šajā pašā nozarē, bet tikai, lai gūtu sākotnēju iespaidu par uzņēmumu.

Mēs domājam, ka galvenajiem rādītājiem ir ļoti liela nozīme energovadībā.

Galveno rādītāju analīzei nevajadzētu novērst uzmanību (auditu) no sīkas visu ražošanas daļu izpētes. Vajadzētu salīdzināt arī tehnoloģiskos procesus, un ja pieredze (vai galvenie dati) rāda, ka vienu atsevišķu tehnisko paņēmieni varētu veikt efektīvākā veidā, šādu veidu vajadzētu ierosināt.

Daudzi tehnisko paņēmieni dati tiek akurāti iereģistrēti, taču mēs ievērojam, ka šo datu analīzi varētu veikt efektīvāk. Mūsu pieredze rāda, ka šo datu grafiskajam attēlojumam ir liela nozīme, lai izprastu konkrētos procesus un to enerģijas patēriņu. Uz PC balstītu tabulu izmantošana kopā ar manuāli reģistrētiem datiem būtu liels solis uz priekšu efektīvākā datu apstrādē. Ja datu apjoms ir ļoti liels vai nolasījumu precizitāte tiek uzskatīta par ļoti nozīmīgu, datu vākšanu var veikt automātiski, nevis manuāli.

Mēs uzskatām, ka personai, kas ražotnē ir atbildīga par enerģētiku, ir jāieņem augsts amats un būtu jābūt tieši pakļautai vadošajam direktoram. Par enerģētiku atbildīgajai personai jāpārzina visa veida enerģijas patēriņš, un jābūt arī lietas kursā gan par iekārtu uzturēšanu, gan par ražošanu. Mēs neesam pārliecināti, ka šobrīd tā notiek. Lai gūtu panākumus enerģijas taupīšanā un vadībā, ir svarīgi, lai uzņēmumā katrs izprastu visu ražošanas izmaiņu nozīmi.

Enerģijas taupīšana parasti sākas ar tehniskās apkalpes grupu, ja tā ir kvalificēta, motivēta un tai ir nepieciešamais laiks. Mēs domājam, ka rūpnīcā varētu nodarbināt lielāku skaitu kvalificētu apkalpes personu. Cilvēki, ko mēs satikām, likās ļoti kvalificēti, bet arī ļoti aizņemti ar ražošanas procesu.

Daži jau zināmi enerģijas taupīšanas potenciāli netiek realizēti, jo tas saistās ar jaunas tehnoloģijas ieviešanu, īpaši frekvenču pārveidotāju ieviešanu. Problēmu varētu iedalīt divās daļās: viena būtu saistīta ar cenu, bet otra ar ticības trūkumu šo ierīču stabilitātei. Ja tiek izvēlēta zemas cenas vietējā ierīce, stabilitāte ir attiecīgi zema, bet ja tiek izvēlēta augstas kvalitātes Eiropā ražota ierīce, cena ir

pārāk augsta. Mēs domājam, ka, ja ietaupījumi tiktu uzkrāti jaunās investīcijas mūža laikā, tad būtu iespējams iegādāties augstas kvalitātes ierīces no ārzemēm. Tas arī būtu stimuls vietējiem ražotājiem nākotnē izstrādāt labākas kvalitātes ierīces.

Mēs uzskatām, ka varētu sasniegt ievērojamu enerģijas taupīšanu, ja cehā tiktu mainīta darbinieku attieksme. Viņiem vajadzētu iemācīties un izprast nepieciešamību izslēgt visu, kas netiek lietots: vakuumu, saspiesto gaisu, motorus, sildītājus, ūdeni, gaismu utt. Audita laikā mēs redzējām, ka bieži mašīnas tiek atstātas bez uzraudzības un darbojoties.

Svarīgi, lai visas jaunās investīcijas tiktu novērtētas gan enerģijas patēriņa ziņā gan kopā ar nepieciešamajām ražošanas iespējām. Ne visas jaunās mašīnas, vietējās vai importētās, ir optimizētas zemam enerģijas patēriņam!

Energoaudits

Uzņēmuma apraksts

Ražošana enerģijas avots ir ogles/nafta un 10 kV elektrība. Arī ūdens tiek lietots ievērojamos daudzumos.

Ražošana norisinās vienā lielā ēkā, kas iedalīta trīs cehos.

1. cehs sagatavo izejvielas tālākai apstrādei. Šī apstrāde sastāv no vairākiem mehāniskiem procesiem..

2. un 3. cehā preces tiek izgatavotas. Abi cehi pamatā ir līdzīgi, vienīgi 2. cehā ir vairākas jaunas Eiropā ražotas mašīnas.

Ražošanas ēkā ir arī iespējas starpproduktu uzglabāšanai.

Ēkas centrā atrodas sešas lielas kondicionēšanas sistēmas, divas katrā stāvā.

Atsevišķā ēkas daļā ir gaisa kompresors, vakuuma sūkņi, ūdens sūkņi, dzesēšanas torņi, un ledus ražošanas sistēmas (kas netiek darbinātas ar elektrību).

Vēl vienā ēkas daļā ir divi katli, viens liels un viens mazs, kuri nodrošina tvaiku visas ražotnes apkurei.

Visas administratīvās funkcijas tiek veiktas atsevišķā ēkā. Elektroenerģija šīm vajadzībām tiek aprēķināta atsevišķi.

Visi 10 kV transformatori atrodas atsevišķā ēkā, no kuras tiek veikta visa elektroenerģijas sadale, un kur tiek mērīts kopējais patēriņš.

Uzņēmuma dati

Ēku teritorija	20.000	m ²
Zemes teritorija	58.000	m ²
Kopējais nodarbināto skaits	2.060	
Nodarbināto skaits ražošanā:	1.700	
Kopējās enerģijas izmaksas:	6.200.000	valūta/gadā
Elektrības izmaksas:	2.200.000	valūta/gadā
Elektrības cena:	0,39	valūta/kWh
Ogļu patēriņš:	4.000	tonnas/gadā
Ūdens patēriņš:	240.000	tonnas/gadā
Elektrības patēriņš:	6.225.000	kWh/gadā
Maksimālā padeve:	2.000	kW
Transformatori:	viens 10	kV
Ražošanas enerģijas indekss:	800kW, 800 kW, 1000 kW	
Ekspluatācijas stundas:	38 kWh/2.500	vienības
• Birojs:	8 - 12 and 14 - 17	
• Dienas maiņa:	7 – 15.30.	
• Vakara maiņa:	15.30 – 24.00	
• Apkalpe:	24.00- 4.30 .	
• Brīvdienas:	Svētdiena 15.30 - Pirmdiena 15.30	

Kopsavilkums

Energoaudita rezultāti ir apkopoti sekojošajā tabulā: aprēķinātie ietaupījumi katrā iespējamajā gadījumā ir izteikti kW*stundās/gadā.

Enerģiju patērējoša iekārta, kas piemērota ietaupījumiem	A Nepieciešama tūlītēja rīcība	B Atmaksāšanās laiks ir mazāks kā divi gadi	C Nepieciešama tālāka izpēte. Atmaksāšanās laiks > 2 gadi
Apgaismošana 2.cehā	Noņemt apsegtiklu. Iztīrīt. Salabot/nomainīt bojātās lampas. Noņemt 25 % cauruļu tipa lampas. 63.630 kWh/g	Noņemt 50% cauruļu tipa lampas un pārējās nomainīt uz jaunām 36W. Instalēt metalizētos reflektorus. 137.271 kWh/g	Papildus B daļas risinājumiem, lampas, kas atrodas tuvu logam, būtu jākontrolē ar fotoelementu. 154.548 kWh/g
Saspiestā gaisa sistēma	Atrast un salabot sūces. Samazināt ekspluatācijas laiku un patēriņu, mainot personāla attieksmi. 728.050 kWh/g	Automātiskais izslēgšanās režīms mašīnās vai to daļās. Pārvades dzensiksnu nomaiņa. 364.353 kWh/g	Pabeigt kapitālremontu. Sekcionēšana. Veco kompresoru nomaiņa. 783.282 kWh/g
Vakuuma sistēma	Samazināt ekspluatācijas laiku un patēriņu, mainot personāla attieksmi. 64.800 kWh/g	Automātiskais izslēgšanās režīms mašīnās vai to daļās. Salabot sūces. Lietot vienu mainīgu sūkni zemam patēriņam. 114.460 kWh/g	Lietot daudzpakāpju kompresiju. 309.534 kWh/g
Tehnoloģiskie kompresori 1.cehā	Lietot esošos frekvenču pārveidotājus. 201.495 kWh/g	Nomainīt pārvades dzensiksna. 26.866kWh/g	Uzstādīt jaunus un lietot abus frekvenču pārveidotājus. 402.990 kWh/g
Pieplūdes ventilatori un dūmsūkņi tvaika katliem			Abu katlu ventilatoriem uzstādīt frekvenču pārveidotājus 140.370 kWh/g
Kopējie ietaupījumi	1.057.975 kWh jeb 17 % no kopējā	642.950 kWh jeb 10% no kopējā	1.247.364 kWh jeb 20% no kopējā

Lūdzu, ņemiet vērā, ka skaitļus nevar vienkārši horizontāli saskaitīt.

Enerģijas ietaupīšanas priekšlikumi

1. Struktūra

Lai šis ziņojums būtu īss un viegli lasāms, ierosinātie ietaupījumi ir attēloti standartformā un sastāv no sekojošām daļām:

Apraksts:

Īss to elektroenerģiju patērējošo iekārtu apraksts, kas izvēlētas tālākai izpētei.

Pirmais iespaids:

Iespaidi no pirmajām ražotnes apgaitām, ar + un – atsauksmēm uz iespējamo iespaidu uz enerģijas patēriņu un/vai pozitīvu izmaiņu iespējām.

Lēmums:

Lēmuma apraksts, kas pieņemts, veicot energoauditu.

Analīze:

Mērījumu analīze un/vai informācija, kas ievākta par iekārtu un tās ekspluatācijas apstākļiem.

Aprēķini:

Dažādi aprēķini, kas attiecas uz ierosināto ietaupījumu izpratni.

Ierosinātā enerģijas taupīšana:

Teksts, kas apraksta ierosināto enerģijas taupīšanu; tam seko aprēķinātie ietaupījumi gadā (kWh/gadā) katram ierosinājumam vai ierosinājumu kombinācijai.

Ierosinājumi iedalīti trīs kategorijās *a*, *b* un *c*. Kategorija *a* apraksta ietaupījumus, ko var uzreiz ieviest, neieguldot papildus līdzekļus vai arī ar ļoti zemām izmaksām un minimālu riska pakāpi. Kategorija *b* apraksta ietaupījumus, kuru novērtētais atmaksāšanās laiks ir mazāks par diviem gadiem, un kategorija *c* apraksta ietaupījumus, kuru novērtētais atmaksāšanās laiks ir lielāks par diviem gadiem un risinājumus, kam vajadzīga tālāka izpēte.

Visi attiecīgie dati, kas iegūti no dažādu iekārtu pārbaudēm, ir pārcelti uz analīzes programmu “kW-flow” (Dānijas enerģētikas programmatūra) vai uz *Lotus* tabulām; visi šajā energoauditā izmantotie dati ir izteikti grafiskā formā, ar attiecīgajiem grafikiem pielikumā.

Papildus ietaupījumu priekšlikumiem, atsevišķa enerģijas patēriņa sadales kartēšana ir pievienota kā atsevišķs “ziņojums” pielikumā. Kartēšana iepriekš minēto apstākļu dēļ nav ļoti precīza, bet ir pievienota, lai parādītu metodes un iespējamās sasniedzamos rezultātus.

2 Apgaismošana:

Apraksts:

Dubultās 38.milimetrīgie fluorescentas gaismas avoti virs ražošanas un iesaiņošanas mašīnām 2. un 3. cehā.

Pirmais iespaids:

- Daudz nolietotu un bojātu lampu.
- Netīri reflektori.
- Netīri apsegi.
- Gaismas ieslēgtas loga tuvumā.
- WS2 gaismas iemontētas griestos.
- + Nav prasības pēc spožas iluminācijas.
- + Gaismas tiek izslēgtas, kad ražošana apstādināta.

Lēmums:

Vienīgais jautājums ir par WS2

Visu lampu skaitīšana utt..

Mērīšana ar luksmetru darba augstumā dažādās vietās.

Vienas jaunas vietējās lampas pārbaude, lai to salīdzinātu ar Eiropas modeli.

Analīze:

Ekvivalents vai pat labāks gaismas līmenis ir sasniedzams ar zemāku enerģijas patēriņu. Gaismas līmeņi ir no 220 lux zem gaismas ķermeņiem ar jaunām caurulēm un bez stikla tuvu logam, un līdz 38 lux starp gaismas ķermeņiem zāles aizmugurē.

Aprēķini:

Stundas gadā, kopumā:	8.760	-52	
“Pirmdienas”:		1.248	-313
“Naktis”:	783		
Aprēķinātās ekspluatācijas stundas:	6.729		
Aprēķinātie kWh/gadā: $730 \times 51 \text{ W} \times 6.729 \text{ h} / 1.000$	250.521		

Ierosinātā enerģijas ietaupīšana:

a) Apsēgstiklu noņemšana palielinātu gaismas līmeni par 35%. Mazgāt griestus un sienas. 25% no caurulēm var demontēt.

b) Nomainīt caurules pret jaunu 36 W tipu, ar vismaz par 35% labāku gaismas spēju.

Iemontēt lētus metalizētus reflektorus lampās un noņemt stiklu. 50% no esošajām caurulēm var noņemt, un gaismas līmenis būs tāds pats vai labāks.

c) Izveidot dienasgaismas kontroli 4 rindām ar apmēram 30 lampām tuvu logam.

Tas samazinās izmantoto laiku gadā par 3.130 stundām šīm 120 lampām.

Ņemiet vērā, ka skaitļus nevar vienkārši saskaitīt kopā.

Aprēķinātie ietaupījumi gadā:

A	$25\% \text{ of } 250.251 \text{ kWh}$	=	62.630 kWh
B	$250.251 - (365 \times 46\text{W} \times 6.729 \text{ h} / 1000)$	=	137.271 kWh
C	$250.251 - (245 \times 46\text{W} \times 6.729 \text{ h} / 1000) - (120 \times 46\text{W} \times 3.599 \text{ h} / 1000)$	=	154.548 kWh

3. Saspiestais gaiss

Apraksts:

Centrālā sistēma ar četriem kompresoriem, kas nodrošina saspiesto gaisu pie 0,65 Mpa, pamatā pie aptuveni 40 ražošanas un iesaiņošanas mašīnām 2. un 3.cehā.

Iekārta:

1 moduļācijas skrūvju kompresors, 138 kW, 20 Nm³, pamata slodze.

1 virzuļu kompresors, 75 kW, 10 Nm³, “pīķa” slodzei.

- 2 virzuļu kompresori, 132 kW, 20 Nm³, maiņa vidējai slodzei.
- 2 gaisa žāvējamās mašīnas, viena 10,4 kW, un otra 4,5 kW (netiek ekspluatēta).
- 1 dzesēšanas tornis ar ventilatoru un diviem maiņas sūkņiem, 9 kW kopumā.

Pirmais iespaids:

- Nolietotas dzensiksnas.
- Sūce 1.kompresora izvades caurulē.
- Cehos daudz sūču.
- Mašīnas, kas netiek ekspluatētas, neatslēdzas automātiski no sistēmas.
- Daudz mašīnu izmanto gaisa spiedienu, kas samazināts līdz 0,35 Mpa.
- + Gandrīz nekad neparādās tukšgaita.

Lēmums:

Vienu nedēļu jāveic enerģijas mērīšana ar 15 minūšu intervālu.

Trīs dienas jāveic enerģijas mērīšana ar 5 sekunžu intervālu, lai pārraudzītu tukšgaitas apstākļus.

Sūču noteikšana sistēmās un mašīnās.

Analīze:

Vidējais patēriņš ekspluatācijas stundu laikā ir 260 kW, un 130 kW iekārtu apkalpes laikā naktī.

Kompresoru un ražošanas patēriņa XY-shēmas 1. un 2. cehā neuzrāda lineāru saistību, iespējams sūču dēļ un mašīnu neizslēgšanas dēļ tad, kad tās netiek ekspluatētas. Lineārā regresija norāda uz aptuveni 85 kW patēriņu, lai sūcēs saglabātu spiedienu.

Aprēķini:

Enerģijas patēriņš ekspluatācijas stundās

$$313 \times 17 \times 260 \text{ kW} = 1.383,46 \text{ kWh/gadā}$$

Enerģijas patēriņš iekārtu uzturēšanai

$$313 \times 4,5 \times 130 \text{ kW} = 183.105 \text{ kWh/gadā}$$

$$\text{Kopējais patēriņš} = 1.566.565 \text{ kWh/gadā}$$

Aprēķinātais visu virzuļu kompresoru patēriņš;

$$1.566.565 \text{ kWh} - (6.730 \text{ h} \times 138 \text{ kW}) = 637.825 \text{ kWh/gadā}$$

Ierosinātā enerģijas ietaupīšana:

A1. Novērst sūces. Apstādināt visas mašīnas un vakuuma iekārtas pirms sūču pārbaudes. Pārbaudes laikā mērīt enerģiju, lai pārraudzītu sūču patēriņu.

Samazināt patēriņu, mainot personāla attieksmi pret atvienošanu vai mašīnu izslēgšanu tad, kad tās netiek ekspluatētas.

- A2. Samazināt ekspluatācijas laiku, piemēram, iekārtu uzturēšanas laikā naktīs. Mēs prognozējam samazināšanos par 1.200 stundām gadā. Ja nepieciešams, jā saglabā spiediens maziem kompresoriem (pēc tam, kad sūces ir novērstas)
- B2. Samazināt patēriņu, izslēdzot automātiski mašīnas vai mašīnu grupas, kad tās netiek ekspluatētas.
- B2. Nomainīt v-tipa dzensiksnas uz robotajām dzensiksnām. Atkarībā no tipa, piedziņas lietderības koeficients palielināsies no 90-93% līdz 96-98%.
- C. Sadalīt sistēmu daļās ar atsevišķiem kompresoriem, kas piegādā nepieciešamo spiedienu, un tos izslēgt, kad tie netiek lietoti. Nomainīt vecos virzuļu kompresorus uz jaunajiem skrūvju kompresoriem.
- Ņemiet vērā, ka punktus nevar vienkārši saskaitīt.

Aprēķinātie ietaupījumi gadā:

A1. 6.730 x 85 kW	=	572.050 kWh
A2. 1.200 x 130 kW	=	156.000 kWh
B1 ~50% no A1	=	286.025 kWh
B2. 5% no 1.566.565 kWh	=	78.328 kWh
C. 50% no 1.566.565 kWh	=	783.282 kWh

4. Vakuuma sistēma

Apraksts:

Centrālā sistēma ar trim 60 kW šķidruma sūkņiem nodrošina vakuumu aptuveni 40 ražošanas un iesaiņošanas mašīnām 2 un 3.cēhā.

Pirmais iespaids:

- Zemas efektivitātes sūkņi.
- + Piemērota ļoti mitram gaisam ar lielu putekļu daudzumu.
- + Zemas ekspluatācijas izmaksas.
- Lielā neizmantotā sūkņēšanas kapacitāte norāda uz slikto tehnoloģiju.
- Liels ūdens zudums vai atpakaļatgriešanas sūkņa nepieciešamība.
- + Lietderīga sadales sistēmas bufertilpums, un zemi pārvades zaudējumi sakarā ar liela diametra caurulēm.
- Mašīnas, kas netiek ekspluatētas, neizslēdzas automātiski.

Lēmums:

Vienu nedēļu jāveic enerģijas mērīšana ar 15 minūšu intervālu.

Ierobežoto iekārtu resursu dēļ citas mazākas slodzes (ūdens sūkņi) tiek mērītas vienlaicīgi.

Analīze:

Mazas slodzes izskatās stabilas, un tādējādi var tikt atskaitītas no mērījumiem.

Vakuuma sūknim ir ļoti stabils patēriņš – 54 kW - un tas nenorāda uz izmaiņām saistībā ar izmaiņām ražošanā:

Tas ir tā, jo:

1. ir liela pastāvīga sūce, ko izraisa mašīnu neatslēgšana no sistēmas, kad tās tiek apstādinātas.
2. – vai ir liela pastāvīga sūce, kas ir lielāka par patēriņu.
3. – vai vakuuma sūknim ir lēzena jaudas raksturlīkne.

1. un 3. punktu kombinācija liekas visiespējamākā.

Sūknis tiek arī dažreiz darbināts bez iemesla.

Aprēķini:

Stundas gadā kopumā:	8.760
- 52 "Pirmdienas"	1.248
- 313 "Naktis"	783
Aprēķinātās ekspluatācijas stundas	6.729
Aprēķinātās kWh/gadā	363.366

Ierosinātie enerģijas ietaupījumi:

- a. Samazināt ekspluatācijas stundas, piemēram, iekārtu apkopes laikā naktī. Mēs prognozējam samazināšanos par 1.200 stundām gadā.
- b1. Samazināt patēriņu, izslēdzot mašīnas vai mašīnu grupas, kad tās netiek ekspluatētas, ja iespējams – automātiski.

Uzturēt sistēmu; salabot sūces.

Tas samazinās vajadzīgo sūknēšanas kapacitāti, bet, lai sasniegtu vēlamo enerģijas samazināšanu, sistēmai vajadzīgs uz pusi mazāks sūknis, kas automātiski varētu pārņemt funkcijas, kad pieprasījums ir zems. Vienu no esošajiem sūkņiem vajadzētu pārbaudīt šim mērķim ar piedziņas ātruma samazinājumu. Mēs domājam, ka 30 % no vidējās enerģijas samazinājuma var sasniegt par mērenu cenu.

- b2. Visas v-tipa dzensiksnas jānomaina uz robotajām dzensiksnām. Atkarībā no tipa, piedziņas lietderības koeficients palielināsies no 90-93% līdz 96-98%.
- c. Lietot daudzpakāpju kompresiju.

Moderns ieeļļots lāpstiņriteņu sūknis ar atbalsta sūkni ir ļoti efektīvs.

Pie 0,03 Mpa 8 kW daudzpakāpju sūknis no *Leybold* piegādās 1.500 m³/h, salīdzinot ar 15 kW no kādas citas firmas ar ražību 220 m³/h.

Rezultātu atšķirība ir desmitkārtīga.

Ņemiet vērā, ka punktus nevar vienkārši saskaitīt.

Aprēķinātie ietaupījumi gadā:

a	1.200 h x 45 kW	=	64.800 kWh
b1 + b2	(30 + 5 x 0,3)% of 363.366 kWh	=	114.460 kWh
c	(363.366 - 8 x 6.729) kWh	=	309.534 kWh

5. Tehnoloģiskie ventilatori

Apraksts:

Divas identiskas mašīnas 1. cehā katra ir aprīkotas ar vienu 110 kW centrālās ventilatoru.

Pirmais iespaids:

- Gaisa plūsmu regulē ar trim paralēliem aizvāriem, vienu lielu un diviem mazākiem, gaisa iesūkšanas pusē.
 - Normālas ekspluatācijas laikā aizvāri ir uzstādīti uz mazāk kā 50% atveri, kā ir norādīts uz enerģijas pārveidotāja un kontrolpaneļa.
 - Sūcvada gumijas kompensators ventilatora ieejā norāda uz zemu spiediena līmeni.
 - Jau uzstādītais frekvenču pārveidotājs (tikai viens!) tiek izmantots tikai iedarbināšanai.
- + Gaisa tiek atkārtoti lietots, izņemot mazo apeju pie ventilatora izvades. Siltums tiek saglabāts.

Lēmums:

Trīs dienas jāveic enerģijas patēriņa mērīšana ar 15 minūšu intervālu vienam ventilatoram.

Analīze:

Pārtrauktās darbības dēļ nevarēja ievākt pietiekami daudz datu, taču esošie dati ļauj konstatēt, ka enerģijas patēriņš ir diezgan stabils: 101 kW.

Dati par gaisa plūsmu ir balstīti uz pieredzi ar līdzīgiem ventilatoriem, un mēs novērtējam gaisa iesūkšanas spiedienu -2000 Pa, izvades spiedienu + 1500 Pa un gaisa plūsmu 20 m³/sec. Ventilatora lietderības koeficients sastāda 84%.

Aprēķini:

Aprēķinātās ekspluatācijas stundas gadā:

$$(365 - 52) \times 8.5 \text{ h} = 2.660 \text{ h}$$

Aprēķinātās kWh/gadā, abiem ventilatoriem:

$$202 \text{ kW} \times 2.660 \text{ h} = 537.320 \text{ kWh}$$

Ierosinātā enerģijas taupīšana:

- Būtu jāpārbauda, vismaz eksperimenta līmenī, kā varētu lietot vienu no ventilatoriem kopā ar esošo frekvenču pārveidotāju.
- Aprēķinot līdzīgu ventilācijas sistēmu, ABB ietaupījumu programmatūra rāda, ka 83 % ietaupījumi ir sasniedzami.

Ņemot vērā, ka kaut kādai regulācijai jānotiek starp trijiem aizvāriem/pievadēm, mēs aprēķinām, ka uz vienu ventilatoru būs iespējami 75 % ietaupījumi.

Svarīgi, protams, ka procesu neietekmēs zemāks vakuums!

Visas v-tipa dzensiksnas jānomaina uz robotajām dzensiksnām. Atkarībā no tipa, piedziņas lietderības koeficients palielināsies no 90-93% līdz 96-98%.

- Risinājums, kas dots punktā a, būtu jāīsteno arī otrajā ventilatorā.

Ņemiet vērā, ka punktus nevar vienkārši saskaitīt.

Aprēķinātie ietaupījumi gadā:

A	201.495 kWh		
B	5% of 537.320 kWh	=	26.866 kWh
C	201.495 kWh		
a + b	2 x 201.495 kWh	=	402.990 kWh

Sekojošie jautājumi cehā un rezultātos, kas tika iesniegti ražotnei, nebija apskatīti, bet, lai radītu patiesu ainu par situāciju ražotnē, mēs arī tās esam ietvēruši.

6. Pieplūdes ventilatori un dūmsūkņi

Apraksts:

Galvenais katls (mazākais katls netika ekspluatēts) ir aprīkots ar vienu 30 kW pieplūdes ventilatoru un 55 kW dūmsūkni. Visa regulēšana notiek ar pievades spārniem un abiem ventilatoriem ir tiešā piedziņa.

Pirmais iespaids:

- + Tiešais piedziņa rada mazākus pārvades zudumus.
- + Pievades spārnu regulēšana ir daudz labāka par parasto droselēšanu, īpaši strādājot ar jaudu no 50% līdz 100% .
- Augstā katla jauda norāda, ka ilgāka laika periodā ventilatori jāekspluatē ar daļēju slodzi.
- Ļoti netīrā ventilatora telpa norāda, ka ventilatoriem varētu būt nepieciešama apkope.

Lēmums:

Trīs dienas jāveic enerģijas mērīšana ar 15 minūšu intervālu.

Iekārtu ierobežoto resursu dēļ citas mazākas slodzes, kā piemēram cirkulācijas un degvielas sūkņi, tiek mērītas vienlaicīgi. Mazākais sekundārais katls netika mērīts, jo energoaudita laikā tas netika ekspluatēts.

Analīze:

Vidējais patēriņš ekspluatācijas stundu laikā ir 80 kW dienas maiņā un 70 kW nakts maiņā.

Nedēļas nogalēs un iekārtu apkopes laikā patēriņš samazinās līdz 10 kW. Šī slodze jāuzskata par pamatslodzi, ko nevar attiecināt uz ventilatoriem.

Vispārējs aprēķins norāda, ka ekspluatācijas stundu laikā patēriņš mainās no 60 kW līdz 70 kW abiem ventilatoriem, kas atbilst aptuveni 60% un 70% no pilnās slodzes darbināšanas laikiem puse uz pusi.

Aprēķini:

Stundas gadā, kopumā:	8.760
-52 "Pirmdienas"	1.248
-313 "Naktis"	783
Aprēķinātās ekspluatācijas stundas:	6.729

Ierosinātā enerģijas taupīšana:

c. Aprēķinot līdzīgu ventilatoru, *ABB* ietaupījumu programmatūra rāda, ka 140.370 ietaupījumi ir iespējami, pārejot no pievades spārna uz frekvenču pārveidotājiem.

7. Dūmgāzu mērījumi

Kā daļa no standarta energoaudita, mērījumi tika veikti katlam, lai redzētu, vai tvaika ražošana notiek ar minimālu enerģijas patēriņu.

Temperatūra un daļiņu saturs un oglekļa dioksīds tika mērīti ar instrumentiem, kas piegādāti projekta ietvaros, un rezultāti tika pārbaudīti ar nomogrammu, kas bija kopā ar instrumentiem.

Instrumentu komplektā ir arī skaitītājs vilkmes mērīšanai dūmeņos. Taču šis instruments nav piemērots mērījumiem dūmsūkņu sistēmā un to var izmantot tikai maziem katliem.

Mērīšanas rezultāti:

Gāzu temperatūra tuvu siltummainim	150 grādi C
Gāzu temperatūra pie dūmsūkņa	130 grādi C
CO ₂ saturs mērīts ar <i>Fyrite</i>	5,5 %
CO ₂ saturs mērīts ar <i>Dräger</i>	5 %
Daļiņu saturs	2 (pieņemams)

Nomogrammas rezultāti: 10% zudumi dūmgāzēs, kas ir pilnīgi pieņemami šāda veida katlam.

8. Gaisa kondicionēšanas sistēma

Apraksts:

Ražošanas ēkas centrā atrodas sešas lielas gaisa kondicionēšanas sistēmas. Piecas sistēmas ir apgādātas ar 37 kW ventilatoriem un vienu 55 kW ventilatoru. Visus ventilatorus regulē ar parastiem aizvāriem.

Visas sistēmas ir apgādātas ar diviem 15 kW sūkņiem katra. Šie sūkņi nodrošina ūdens recirkulāciju gaisa mitrinātājos. Gaisa mitrinātāji, acīmredzot, netiek regulēti saskaņā ar faktisko mitrumu.

Pirmais iespaids:

- Visas sistēmas izskatās tā, it kā nebūtu pienācīgi uzturētas.
- Nolietotas dzensiksna
- Neefektīva vai neregulāra gaisa daudzuma regulēšana
- Nav gaisa mitrinātāju regulēšanas
- + Sistēmas darbojas tikai nepieciešamības gadījumā.
- + Gaisa kondicionēšana iedalīta loģiskās daļās (pa cehiem)

Lēmums:

Tā kā gaisa kondicionēšanas sistēma netika ekspluatēta, tika nolemts tai piešķirt zemu prioritāti laika trūkuma dēļ.

Ierosinātā enerģijas taupīšana:

Mēs domājam, ka vispārējais kapitālremonts, ieskaitot rūpīgu ventilatoru un sūkņu optimizāciju, būtu noderīgs. Vēl labāk būtu uzstādīt modernu kontroles sistēmu, ieskaitot frekvenču pārveidotājus visiem ventilatoriem un sūkņiem, lai gaisa daudzuma plūsmu un ūdens plūsmu varētu regulēt saskaņā ar nepieciešamību.

9. Citas motorizētās iekārtas

Mēs novērojam, ka gandrīz visas mašīnas visos trijos cehos nepārtraukti darbojas, kad tika ekspluatētas. 1.cehā daudzas mašīnām bija aprīkotas ar maināma ātruma dzensiksu piedziņām.

Mēs iesakām mašīnas, kas darbojas ar fiksētu ātrumu, bet ar mainīgām slodzēm, apgādāt ar automātisko sprieguma samazinātāju, kas, kā mēs uzzinājām, jau tiek ražots un izmantots valstī. Papildus tam, motorus mašīnās, kas netiek ekspluatētas, vienmēr ir jāizslēdz, ja iespējams – automātiski.

Mēs iesakām motorus, kas ir apgādāti ar mainīgu ātruma piedziņām, aprīkot ar frekvenču pārveidotājiem.

10. Ūdens sūkņi

Gandrīz visi sūkņi, kas novietoti paralēlās grupās, ir apgādāti ar kontrolierīcēm, lai iedarbinātu nepieciešamo sūkņu skaitu pieprasījuma apmierināšanai. Vēl vienu mazāku enerģijas ietaupījumu varētu panākt, uzstādot vienu frekvenču pārveidotāju katrai sūkņu grupai kopā ar spiediena kontroli. Šāds izkārtojums izlīdzinās spiedienu pakāpes, kad ūdens pieprasījums mainīsies.

11. Izejvielu transports

Mēs ievērojam, ka izejvielu transportēšanai tika izmantots vakuums 1.cehā un ka jaunā vakuuma transportsistēma tika būvēta 2.cehā. Izmantosim iespēju uzsvērt, ka šāda veida transportēšana patērē ļoti daudz enerģijas. Transports, kas izmanto dažāda veida elevatorus, ir daudz ekonomiskāks un dažreiz labāk piemērots tehniskajam procesam un/vai ražojumam.

12. Energovadība

Pilnīgs energoaudits ietver vēl vairākas citas tēmas šajā atskaitē. Vissvarīgākā no tām ir energovadības ieviešana. Tā ietvertu:

- a. Nozīmētā cilvēka apmācīšanu energobudžeta sastādīšanā un aprēķināšanā.
- b. Palīdzību, lai uzsāktu energovadību, ieskaitot atbilstošu galveno rādītāju un atbildības sadalījuma izstrādi.
- c. Energovadības nepārtrauktības nodrošināšanu ar mērījumiem.

1.4 Energovadība

Uzņēmuma vadība ietver arī energovadību

Visi vadītāji tirdzniecības un rūpniecības, sabiedriskajā un dzīvojamajā sektorā apzinās savu uzņēmumu ekonomiskos un ražošanas tehniskos apstākļus. Tikai pēdējo pāris gadu laikā uzņēmumu vadītāji sākuši pievērst uzmanību elektrības, ūdens un siltuma patēriņam. Šī pozitīvā attīstība, cerams, uzlabosies turpmāko gadu laikā.

Tam ir vairāki iemesli:

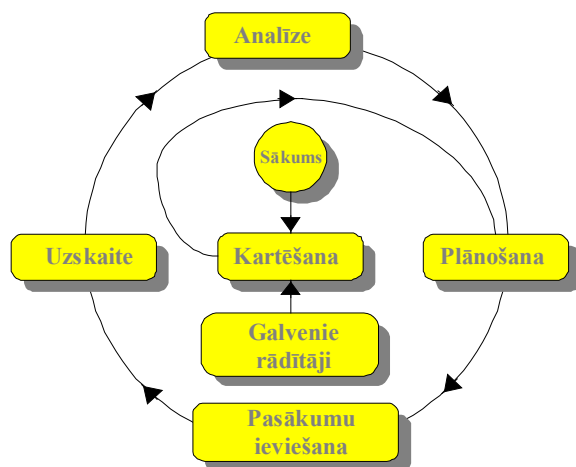
- Uzņēmumam būs mazāki izdevumi
 - Samazināsies ietekme uz apkārtējo vidi
 - Darba apstākļi uzņēmumā uzlabosies
 - Uzņēmums uz apkārtējā fona izskatīsies rūpīgs, cenšoties uzlabot apkārtējās vides apstākļus.
- Tas uzņēmumam dos pozitīvu imidžu.

Tāpēc visiem vadītājiem vajadzētu izvēlēties darbinieku, kas atbild par kopējo enerģijas patēriņu. Par enerģiju atbildīgajai personai ir jābūt tieši pakļautai ekonomiskajai vadībai. To organizāciju pieredze, kas izvēlējušās šo modeli, ir ļoti pozitīva.

Energovadība

Energovadība ir organizatoriska un tehnoloģiska pieeja, kuras mērķis ir samazināt kurināmā/enerģijas izmaksas un ietekmi uz apkārtējo vidi. Tas ir vadības pastāvīgu centienu un efektīvu enerģijas tehnoloģiju savienojums.

Energovadība (skatīt 1.attēlu) sastāv no vairākām vienkāršām atkārtotām darbībām, kas izkārtotas apla veidā: energovadības procesa uzsākšana, esošā enerģijas patēriņa kartēšana, taupīšanas un uzlabošanas procesu uzsākšana, enerģijas patēriņa pārraudzīšana, patēriņa attīstības analizēšana, salīdzinot to ar iepriekšējo enerģijas patēriņu, un tā rezultātā – jauna energobudžeta sastādīšana, plānojot jaunas taupīšanas darbības utt.



1.attēls. Energovadības loks.

Energovadības mērķis ir:

- Eksploatēt ēkas un tehniskās iekārtas visefektīvākajā veidā;
- Samazināt enerģijas patēriņu, nepasliktinot iekšējo klimatu;
- Enerģijas efektivitāti noteikt par primāru, ieguldot investīcijas iekārtās, kas patērē enerģiju.

Sākums

Pirms darba uzsākšanas vadībai un darbiniekam, kas atbild par enerģētiku, jāvienojas par pirmo divu darba gadu mērķi un rezultātiem.

Sākotnējā kartēšana

Energovadība sākas ar sākotnējo kopējo siltuma patēriņa (kurināmais ogles, gāze un nafta) kartēšanu, kas balstās uz piegāžu novērtēšanu, aptuveniem aprēķiniem. Patēriņam vajadzētu aptvert pēdējos 2-3 gadus (saskaņā ar apkures sezonu vai kalendāro gadu). Personām, kas atbildīgas par enerģiju, būs jāiesniedz īss pārskats/ vai jāsniedz intervija par konkrētajiem ekspluatācijas gadiem, lai atklātu problēmas, kam patēriņā varētu būt izšķiroša nozīme. Kā daļa no kartēšanas, tiek ievākti dati un informācija par siltumapgādi (ražošana, sadale, sadales punkti, un katlu mājas), ēku iekārtām utt., ieskaitot rasējumus, diagrammas un citus noderīgus materiālus.

Energobudžets un galvenie rādītāji

Pirmajam energobudžetam ir izšķiroša nozīme, lai veiktu energovadību. Tiklīdz kā labi funkcionējoši būtiskākie skaitītāji tiks uzstādīti, galvenie rādītāji un mēneša energovadības budžets būs uzticamāks.

Lai izveidotu pareizu energovadību, nepieciešams reālo enerģijas patēriņu izteikt kvantitatīvi skaitītāju izteiksmē. Enerģijas skaitītāja uzstādīšana neietaupe enerģiju, bet ir priekšnosacījums enerģijas ietaupījumu dokumentēšanai. Patiesā elektrības un siltuma patēriņa skaitīšana ir priekšnosacījums pareizai energovadībai.

Energobudžeta izveide

Ja iespējams, jāveic sīka galveno skaitītāju mērījumu nolasīšanu (piemēram, periods: 14 dienas) un jānovērtē patēriņš, ekstrapolējot nolasīšanas rezultātus viena gada periodā. Jāsālīdzina šis novērtētais patēriņš ar iepriekšējiem datiem no sākotnējās kartēšanas. Energobudžetu, kas sastāv no siltuma, elektrības (gāzes) un ūdens patēriņa, sastādīta viena mēneša periodam atsevišķai ēkai/ēkām. Šim budžetam būtu jāatbilst normālam gadam (gadam ar vidēju klimatu).

Patēriņa uzskaitē

Ir jāizveido regulāra skaitītāju nolasīšana reizi nedēļā vai mēnesī. Tas sniegs par enerģiju atbildīgajai personai labu pārskatu par enerģijas plūsmām uzņēmumā, un kalpos kā dokumentācija enerģijas ietaupījumiem, kas vēlāk tiks īstenoti. Svarīgi, lai nolasīšana tiktu veikta precīzos intervālos. Iepriekš sastādītas shēmas nolasīšanai padarīs nolasīšanu vieglāku.

Galveno rādītāju izveide

Galvenie rādītāji ļauj viegli sekot enerģijas patēriņa attīstībai, salīdzinot reālo patēriņu ar agrākajiem gadiem/mēnešiem, apspriežot darbību, nākotnes uzlabojumus, ietaupījumu dokumentēšanu. Galvenie rādītāji ļauj arī vieglāk salīdzināt enerģijas patēriņu ēkās ar līdzīgām funkcijām, līdzīgas produkcijas ražošanu utt. lai novērtētu, vai patēriņam ir samērīgs līmenis.

No energobudžeta aprēķina galvenos rādītājus. Rādītāji ēkām, atbilst normāla gada rādītājiem: (grādu-dienu pārbaude)

- Apkure: kWh/m² apkurinātā teritorija
- Elektrība: kWh/m² vai persona (citas ēkas)
- Ūdens: m³/ persona

Galvenos rādītājus par ražošanas procesiem parasti aprēķina kā Wh/gabals īpašos ražošanas apstākļos.

Uzskaitē

Reālo ēku vai tehnisko procesu uzskaiti uzsāk pēc iespējas ātrāk. Ja uzstāda tikai vienu galveno skaitītāju, tad noteikt iespējams tikai kopējo patēriņu. Vairāki skaitītāji, piemēram, katrai atsevišķai ēkai, iekārtu zonai vai tehniskajam procesam, nodrošina labākas pārbaudes iespējas – taču, būtu jāuzstāda tikai tik skaitītāji, cik var nolasīt un ar cik var strādāt katru mēnesi noteiktajā laikā. Laba doma būtu vēlāk uzstādīt skaitītājus patēriņa daļas uzskaitīšanai.

Analīze

Vissvarīgākā energovadības daļa ir analīze, t.i., novērtētā un reģistrētā patēriņa salīdzināšana. Novirzes analīzē daļēji ar ēku un to darbības pārbaudi (ieskaitot mērīšanas iekārtu pārbaudi), un daļēji ar budžeta pamata kritisku novērtējumu, ko uzlabo ar jauniem galvenajiem rādītājiem un piegādes aprēķiniem. Ierosinājumus uzlabojumiem sagatavo par enerģētiku atbildīgā persona, balstoties uz analīzi, tad to ievieš pēdējā fāzē - energoplānošanā.

Plānošana

Izmaiņas gan attiecībā uz darbību izmaiņām, gan uz aprēķinātajiem datiem, kas iegūti analīzes rezultātā, iekļauj jaunajā budžetā nākamajam darbības periodam. Papildus tam izstrādā plānus enerģijas taupīšanas pasākumu īstenošanai šī perioda laikā. Šādā veidā iespējams īstenot ikdienas uzlabojumus budžetā un ēkas enerģijas patēriņa apstākļos. Materiālus uzrāda uzņēmuma ekonomiski atbildīgajai personai un izstrādā vienošanos attiecībā uz energovadības mērķi turpmākajos gados. Sekojot šai procedūrai, mēs ieejam energovadības pozitīvajā fāzē.

Piemēri energovadības īstenošanai ēkās

Piegādes datu nolasīšana

Piegādes datu nolasīšanu veic personāls atsevišķās ēkās vai ēku sekcijās.

Sākt ar galveno patēriņu

- Kopējais siltuma patēriņš
- Kopējais elektrības patēriņš
- Kopējais ūdens patēriņš

Attiecīgi, var ieviest papildus mērījumus

- Karstā ūdens patēriņa mērīšana
- Papildus skaitītāju uzstādīšana atsevišķu daļu patēriņam
- Stundu skaitītāja uzstādīšana motoros un apgaismošanas sistēmā

Atskaites intervāls

Sākt ar ikmēneša patēriņa atskaiti.

Vispirms sākt ar energointensīvām ēkām

Energointensīvām ēkām ir primāra nozīme, ja nav iespējams novērtēt visas ēkas vienlaicīgi. Vēl jāievēro, ka ēkas ar mainīgu enerģijas patēriņu ir īpaši interesantas, jo patēriņu ir iespējams ierobežot ārpus izmantošanas laika.

Prioritātes ierosinājumi:

- skolas
- administrācijas ēkas, nedzīvojamās telpas
- dzīvojamās mājas
- privātie iedzīvotāji
- aprūpes iestādes

Papildus priekšrocība šajā prioritāšu sarakstā ir tam, ka pirmās trīs kategorijas nodarbina personālu enerģētikā kā svarīgā darba jomā.

Galvenā patēriņa datu apstrāde

Iesniegtās reģistrācijas veidlapas analizē galvenā administrācija vai darbības vadība. Reālo patēriņu salīdzina ar budžetā paredzēto patēriņu un meklē iespējamo noviržu iemeslu:

Grādi-dienas, saule, vējš, lietošanas atļauja, atskaites par ražotnes kļūmēm. Personālam vajadzīga atbilde par ikmēneša rezultātiem, un neizskaidrojams enerģijas pārtēriņš tiek nekavējoties analizēts. Siltuma patēriņa gadījumā bieži tiek nolemts ietvert grādu-dienu pārbaudi pirms patēriņa salīdzināšanas ar budžetu.

Piemērs budžeta vadības veidlapai

Ēka: _____ m²: _____ Gads: _____

_____ Skaitītāja Nr.: _____

Kontaktpersona: _____ Skaitītāja vienība: l nafta ☐ m³ gāze ☐

Telefons: _____ m³ DH ☐ MWH DH ☐ Gcal DH ☐

_____ Citi ☐ Veids: Elektrības patēriņš, MWH

Skaitītāja nolasīšana	Patēriņš	Budžets	Novirzes %	Esošais patēriņš	Esošais budžets
Decembris					
Novembris					
Octobris					
Septembris					
Augusts					
Jūlijs					
Jūnijs					
Maijs					
Aprīlis					
Marts					
Februāris					
Janvāris					
Decembris					

Piezīmes:

2. Ēku norobežojošās konstrukcijas

2.1	Ēku norobežojošo konstrukciju pārbaudes saraksts	2
2.2	Pārvades zudumi un zudumi gaisa apmaiņas rezultātā	4
2.3	Siltuma zudumi un siltuma patēriņš	6
2.4	Siltumizolācija un U-vērtība	7
2.5	Logi un efektīvā U-vērtība	10
2.6	Gaisa dabiskā apmaiņa	12
2.7	Būvnormatīvi	14
2.8	Ēkas izpēte - energoaudits	16
2.9	Enerģijas taupīšanas pasākumi	18
2.10	Īpaši apstākļi	25
2.11	Enerģijas ietaupījumi un atmaksāšanās laiks	28
2.12	Energoefektīva ēka	33

2.1 Ēku norobežojošo konstrukciju pārbaudes saraksts

Tabula atspoguļo apstākļus, kas var ietekmēt siltumapgādes enerģijas patēriņu un kas jāizpēta pirmajā apskatē.

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Jumts/griesti	Vai jumta/griestu konstrukcijas ir pietiekami izolētas? (U-vērtība zem 0,3 W/m ² °C)			Ja nē, jāizsver, vai var sasniegt izdevīgus enerģijas ietaupījumus, pārīzolējot jumta/griestu konstrukcijas. Optimālais: vismaz 20 cm izolācijas (U-vērtība <0,2 W/m ² °C)
Ārējā siena	Vai ārējā siena ir labi izolēta? (U-vērtība zem 0,7 W/m ² °C)			Ja nē, jāizsver, vai var sasniegt komforta uzlabojumus un izdevīgus enerģijas ietaupījumus, izolējot ārējās sienas konstrukciju. Optimālais: vismaz 10 cm izolācijas (U-vērtība <0,4 W/m ² °C)
Stāvu pārseguma konstrukcijas, kas robežojas ar pagrabu/ zemi/ grūti sasniedzamu vietu	Vai stāvu pārseguma konstrukcijas, piemēram grīdas konstrukcijas pienācīgi izolētas? (U-vērtība zem 0,5 W/m ² °C)			Ja nē, jāizsver, vai var sasniegt komforta uzlabojumus un izdevīgus enerģijas ietaupījumus, pārīzolējot stāvu atdalošās konstrukcijas. Optimālais: vismaz 10 cm izolācijas (U-vērtība <0,4 W/m ² °C)
Logi	Vai logiem ir viens vai divi stikla slāņi? (U-vērtības: 5,5 / 2,9 W/m ² °C)			Ja jā, jāizpēta, vai var sasniegt komforta uzlabojumus un izdevīgus enerģijas ietaupījumus, nomainot/uzlabojot esošos logus. Optimālais: efektīva blīvēšana un 3 stikla rūtis vai energoefektīvs stikls (U-vērtības: 2,0 / 1,6 W/m ² °C)
Savienojumi	Vai savienojumi materiāla un konstrukcijas ziņā ir sliktā tehniskā stāvoklī? (vidējais gaisa apmaiņas ātrums > 0,7 reizes/stundā)?			Ja jā, jāizpēta, vai var sasniegt komfortablus uzlabojumus un izdevīgus enerģijas ietaupījumus, uzlabojot savienojumus. Optimālais: efektīva blīvēšana – vidējais gaisa apmaiņas ātrums < 0,6 reizes/stundā.
Durvis/vārti	Vai durvis/vārti ir sliktā stāvoklī? (nav blīvēti un U-vērtības virs 3,0 W/m ² °C)			Ja nē, jāizpēta, vai var sasniegt komfortablus uzlabojumus un izdevīgus enerģijas ietaupījumus, uzlabojot vai nomainot durvis/vārtus. Optimālais: efektīva blīvēšana, izolācija un 2 stikla rūtis vai energoefektīvs stikls, kā rezultātā kopējā U-vērtība ir zem 1,0 W/m ² °C)

Optimālais:

Izvērtējot projektu, vienmēr jāņem vērā sekojošais: jābūt vietai izolācijai; jābūt iespējams veikt darbu (pieejamības prasības); un konstrukcijai jābūt pareizi vēdināmai darbus nobeidzot, lai izvairītos no kondensācijas problēmām.

1. Jumta konstrukcija jāizolē ar vismaz 20 cm biezu minerālvati, taču jāņem vērā arī vietas iespējas (piemēram, slīpas sienas un lēzeni jumti).

2. Masīvas sienas, kā likums, jāizolē no ārpuses ar materiālu, kas līdzvērtīgs 12½-15 cm minerālvates. Ja siena ir daļēji sabrukusi, tā jāsalabo, pirms tā tiek paslēpta zem izolācijas. Šis uzlabojums radikāli izmainīs ēkas izskatu, un var būt relatīvi dārgs. Ja ir dobjas sienas, tās jāpārizolē ar uzsmidzinātu izolācijas materiālu. Krāsotas dobjas sienas nedrīkst pārizolēt, tās iepriekš neizpētot.
3. Visiem logiem jābūt ar vismaz divām stiklojuma kārtām. Jāapsver 3 stikla kārtu vai energoefektīva izolējoša stikla iespējas.
4. Logi jāblīvē ar funkcionālu izturīgu elastīgu materiālu, lai izvairītos no “svīšanas” problēmām. Drīvēts savienojums starp ķieģeļiem un apšuvumu ir jāoderē ar minerālvati un jānoklāj no ārpuses ar javu, salaidumu vai atbilstošu plastikas savienojumu pildīšanas materiālu.
5. Ārdurvis un/ vai lieveņi ir jāveido ar funkcionālu un izturīgu blīvējumu, kas pie normālas izmantošanas nenolietojas. Durvīm ir jābūt aprīkotām ar durvju fiksatoriem.
6. Grīdas struktūra virs ventilētām grūti sasniedzamām vietām no apakšas ir jāizolē ar vismaz 10 cm biezu minerālvati.
7. Strukturālā grīda, kas robežojas ar aukstu pagrabu, ir jāizolē ar beramo minerālvati siju salaidumu konstrukcijās vai pie pamatnes ar 5 līdz 10 cm minerālvates slāni saskaņā ar pieejamo vietas daudzumu. Izolācija ir jāpārklāj saskaņā ar telpas izmantošanas nosacījumiem.

Ēku norobežojošās konstrukcijas

Ēku norobežojošās konstrukcijas vispārējā nozīmē ir ēkas daļas, kas atdala iekštelpu klimatu no ārējā klimata. Parasti ēku norobežojošās konstrukcijas ietver jumta konstrukcijas, logus un durvis, ārējās sienas (ieskaitot stiklotas telpas un pagrabu ārsienas), kā arī konstrukcijas, kas robežojas ar zemi, grūti sasniedzamu vietu vai neapkurināmu pagrabstāvu.

Kā jau pats nosaukums saka priekšā, ēku norobežojošām konstrukcijām jāpasargā ēku no vēja, lietus un aukstumu visu ēkas ekspluatācijas laiku.

Energoauditoram jāspēj noteikt iespējas uzlabot ēku norobežojošās konstrukcijas, lai samazinātu enerģijas patēriņu apkurei. Tādēļ auditoram jāzina energotaupības principi un sakarības.

2.2 Pārvades zudumi un zudumi gaisa apmaiņas rezultātā

Tā kā ir atšķirība starp iekštelpu klimatu un ārējo klimatu, apmēram astoņos gada mēnešos (apkures sezonā) siltums no ēkas izplūst apkārtņē. Siltuma zudumi daļēji sastāv no siltuma pārvades caur ēku norobežojošām konstrukcijām (pārvades zudumi) un daļēji no ēkas vēdināšanas ar apkārtējo gaisu (ventilācijas zudumi).

Pārvades zudumi

Pārvades zudumu ir atkarīgi no ēku norobežojošo konstrukciju dažādu elementu siltumizolācijas, ieskaitot aukstuma tiltu lielumu un temperatūras starpību starp ēkas konstrukcijas divām pusēm. Šos zudumus var aprēķināt sekojoši:

$$Q_t = U \times A \times (t_i - t_o)$$

kur:

Q_t	ir pārvades zudumi, W
U	ir konstrukcijas U-vērtība, W/m ² °C
a	ir virsmas laukums, m ²
t_i and t_o	ir attiecīgi telpu temperatūra un ārgaisa temperatūra, °C

Kopējos pārvades zudumus visai ēku norobežojošai konstrukcijai aprēķina, saskaitot kopā siltuma zudumus no ēkas atsevišķām konstrukciju daļām.

Acīmredzams, ka pārvades zudumus esošā ēkā var daļēji samazināt, uzlabojot siltumizolāciju, daļēji – samazinot vidējās telpu temperatūras.

Ventilācijas zudumi

Dabīgo gaisa apmaiņu rada vilkme, vēja radītais spiediens uz ēku un termiskā konvekcija. Svaigs gaiss ienāk caur lūkām, ventilācijas atverēm, caur spraugām ēku norobežojošajā konstrukcijā (piemēram, savienojumiem ap logiem un durvīm) un caur atvērtiem logiem un durvīm. Izplūdes gaiss iet laukā pa izplūdes kanāliem, parasti no telpām, kur ir lielākais mitrums.

Siltuma zudumus no gaisa apmaiņas no telpām var aprēķināt sekojoši:

$$Q_v = 0.34 \times n \times V \times (t_i - t_o)$$

kur:

Q_v	ventilācijas zudumi, W
0.34	konstante, ko nosaka gaisa īpatnējā siltumietilpība
n	gaisa apmaiņa, reizes stundā
V	telpas tilpums, m ³
t_i and t_o	attiecīgi telpu temperatūra un ārgaisa temperatūra, °C.

Kopējos ventilācijas zudumus no visas ēku norobežojošās konstrukcijas var aprēķināt, saskaitot kopā zudumus no atsevišķām telpām. Taču bieži var izmantot vidējo gaisa apmaiņu visai ēkai.

Acīmredzams, ka ventilācijas zudumus esošā ēkā var daļēji mazināt, samazinot gaisa apmaiņu, daļēji – samazinot vidējās telpu temperatūras. Jāatceras, ka gaisa apmaiņas mērķis ir saglabāt gaisu telpās pietiekoši sausu un svaigu. Ja ēku norobežojošā konstrukcija ir veidota efektīvi hermētiska, var būt nepieciešams palielināt svaiga gaisa apmaiņu, piemēram, ar palielinātu ventilāciju.

Att. 1: Kopējo ēkas siltumu zudumu vienkārša aprēķina piemērs

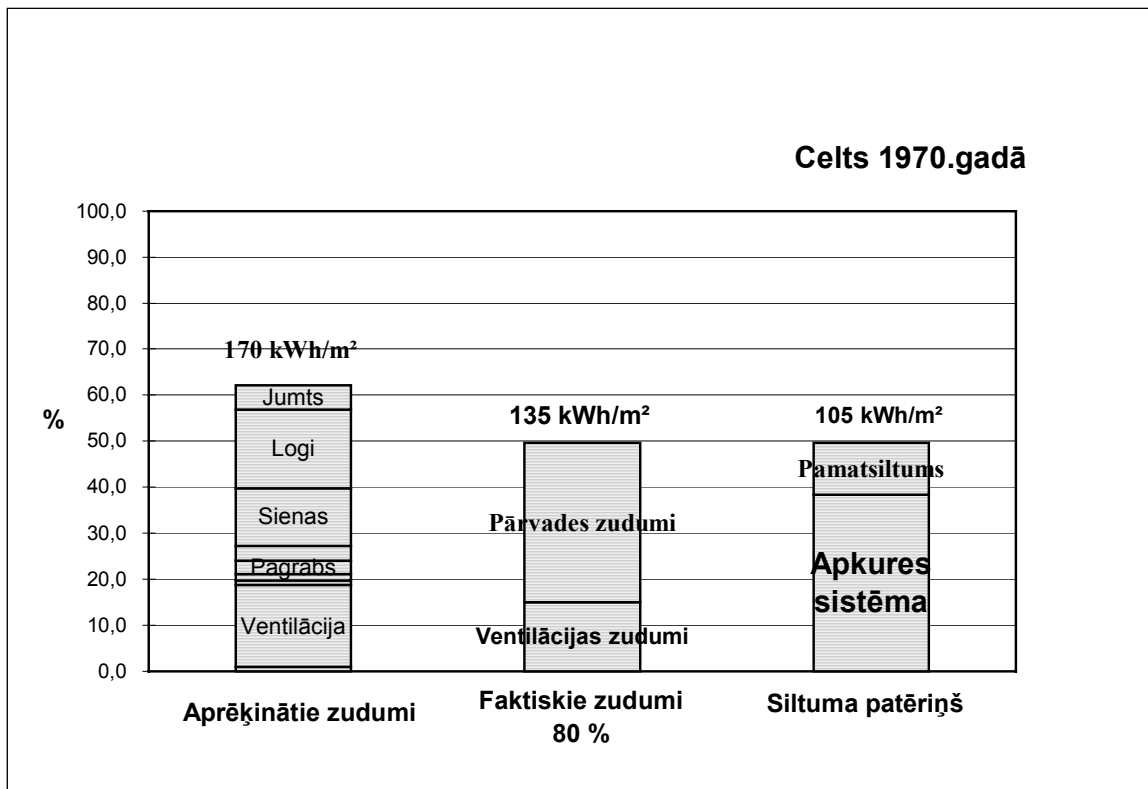
Ēka, 3 stāvi, pagrabs, celta 1970.gadā Dānijā					
Pārvades zudumi		U-vērtība W/m ² °C	Laukums m ²	t _i -t _o °C	Siltuma zudumi W
Jumts, konstrukcija		0,45	558	18,4	4624
Logi, durvis		2,90	315	16,0	14616
Siena		0,80	841	16,0	10762
Grīda, kas robežojas ar pagrabu		0,60	558	6,0	2010
Logi, pagrabs		5,60	60	10,0	3360
Siena, pagrabs		0,60	325	9,0	1757
Grīda, pagrabs		0,50	558	6,0	1675
Pārvades zudumi, kopā:					38804
Ventilācijas zudumi	Tilpums m ³		Gaisa apm. reizes/stun dā	t _i -t _o °C	Siltuma zudumi W
Ēka	4691	0,34	0,50	16,0	12758
Pagrabs	1564	0,34	0,20	10,0	1063
Ventilācijas zudumi, kopā:					13822
Kopējie vidējie siltuma zudumi stundā:					52625
Kopējie siltuma zudumi apkures sezonā:					
227 * 24 * 52625 : 1000 kWh =				286700	kWh

t_i un t_o atbilst telpu temperatūrai 20 °C Dānijas parasti 227 dienu apkures sezonā, kad vidējā ārējais temperatūra ir 4°C;

t_i - t_o ir palielināts par 15% jumtam, sakarā ar starojumu aukstajā atmosfērā; t_o pagraba grīdai atbilst pieņemtajai zemes temperatūrai (8°C).

2.3 Siltuma zudumi un siltuma patēriņš

2.attēlā ir piemēri siltuma zudumiem un atbilstošajam siltuma patēriņam, ko sedz siltumapgādes sistēma.



Pirmā kolonna rāda aprēķinātos zudumus (jumta, logu, sienas, pagraba konstrukciju un ēkas ventilācijas), kā redzams 1.attēlā.

Otrā kolonna rāda faktiskos zudumus, kas atbilst faktam, ka ne visas telpas apkurina līdz pieņemtajiem 20°C.

Trešā kolonna rāda, kā zudumi tiek segti, galvenokārt ar apkures sistēmu, bet arī ar siltumu no cilvēkiem, no elektrības izmantošanas un no saules enerģijas, kas ienāk pa logiem.

Acīmredzams, ka siltuma patēriņu var samazināt:

- uzlabojot ēkas izolāciju
- blīvējot caurlaidīgos savienojumus, samazinot ventilāciju
- samazinot telpu temperatūru
- paaugstinot papildus siltuma izmantošanu

2.4 Siltumizolācija un U-vērtība

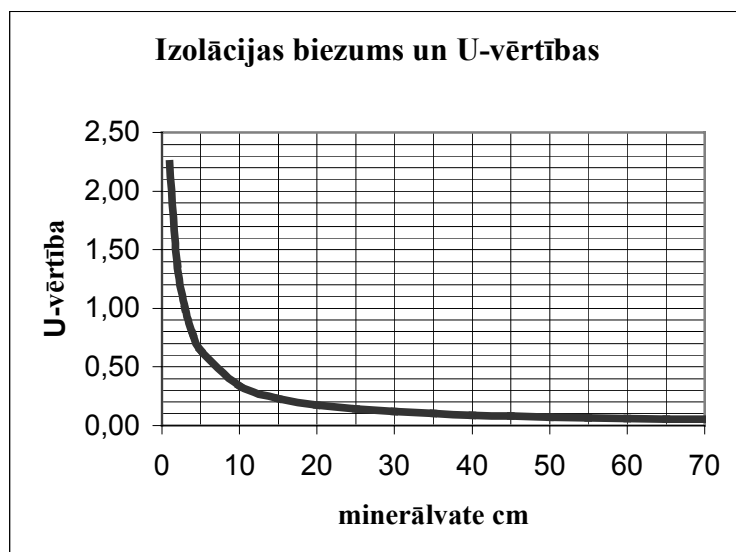
Ēkas daļas siltuma pārvades skaitlis, U-vērtība, izsaka konstrukciju siltumizolācijas īpašības: jo mazāka U-vērtība, jo mazāki siltuma zudumi. U-vērtība rāda, cik lieli ir pārvades zudumi stundā caur ēkas sekcijas 1 m^2 , kad temperatūru starpība starp ēkas sekcijas abām pusēm ir 1°C . U-vērtību izsaka $\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Daži materiāli ar lielu gaisa saturu ir īpaši piemēroti ēku izolācijai. Tā, piemēram, ir ar minerālvati, kas sastāv no minerāliem vai stikla šķiedras ar tikai sporainu iekšējo saskari. Tā kā gaisam starp šķiedrām jābūt nekustīgam izolācijas dēļ, caur izolāciju nedrīkst notikt gaisa kustība. To nodrošina, izmantojot vēja drošu materiāla slāni.

Siltumizolācijā materiāla biezums ir izšķirošs. Ja 10 cm bieza minerālvates sekcija ir saspiesta kopā tā, ka tā aizņem tikai 5 cm, tā izolēs kā 5 cm bieza.

Galvenais ēku izolācijas likums nosaka, ka vissvarīgākie ir pirmie centimetri. To var redzēt 3.attēlā, kas rāda sakarību starp siltumizolācijas slāņa biezumu un konstrukcijas U-vērtību. Tā, piemēram, grafiks rāda, ka izolācijas biezuma palielināšana no 5 cm uz 10 cm dod apmēram to pašu efektu kā palielināšana no 10 cm uz 70 cm.

3.attēls. U-vērtības un izolācijas biezums



U-vērtības aprēķināšana

Pirmkārt un galvenokārt energoauditoram savā darbā jāizmanto esošās U-vērtību tabulas. Tālāk tekstā sekojošie paskaidrojumi ir ietverti, lai nodrošinātu auditora izpratni par sakarību starp konstrukcijas sastāvu un tās U-vērtību, kā arī sekojoši siltuma zudumiem.

Pārvades koeficienta U-vērtību aprēķina, balstoties uz materiālu praktisko siltuma vadītspēju λ p W/mK (λ -vērtība). Jo zemāka λ -vērtība, jo labāka siltumizolācija. λ -vērtību atrod tabulā.

Materiālu λ_p piemēri:

λ_p vielām:

Foamed glass T4	0,042 W/mK
Minerālvate: stikla vates ārējā izolācija	0,036 W/mK
Minerālvate: Rockwool Super A-batts	0,036 W/mK
Minerālvate: Dobuma izolācija dobā sienā	0,045 W/mK
Polistirols, paplašināts, kā Sundolitt G65	0,039 W/mK
Šūnbetons, Multi-unit	0,200 W/mK

λ_p citiem materiāliem:

gaiss (stāvošs)	0,024 W/mK
stikls	0,800 W/mK
korķis, 200 kg/m ³	0,050 W/mK
čuguns	50,00 W/mK
flīze, 1800 kg/m ³	0,750 W/mK
koks, 450 kg/m ³ (priede, egļe)	0,120 W/mK

Konstrukcijai, kas sastāv no vienkāršiem paralēliem viendabīgiem slāņiem, U-vērtību nosaka sekojoši:

$$1/U = R_i + R_u + \sum R_m + \sum R_v + \sum R_l$$

kur

U ir pārvades koeficients, W/m²K

R_i ir iekšējās virsmas pagaidu siltumizolācija (parasti 0,04 m²K/W)

R_u ir ārējās virsmas pagaidu siltumizolācija (parasti 0,13 m²K/W)

R_m ir materiāla slāņa siltumizolācija

R_v ir konstrukcijas ventilēta slāņa siltumizolācija

R_l ir konstrukcijas gaisa telpas siltumizolācija

-visas siltumizolācijas izsaka m²K/W

Siltumizolāciju var atrast tabulā vai aprēķināt, izmantojot standartus

Siltumizolācija nepārtrauktam, viendabīgam materiāla slānim ir vienāda ar

$$R_m = s/\lambda_p$$

kur

s materiāla slāņa bļivums metros

λ_p ir materiāla praktiskā siltumvadītspēja (W/mK)

U-vērtības aprēķina piemērs standarta konstrukcijai – un uzlabojumam.

Konstrukcija.

30 cm bieža siena no gāzbetona ($\lambda_p = 0,22$ W/mK)

$$1/U = 0,13 + 0,04 + 0,3/0,22 = 1,53 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U-vērtības aprēķins, ko iegūst, pārizolējot konstrukciju:

Uzlabojums.

Ārējā izolācija ar 10 cm minerālvates A ($\lambda_p = 0,039 \text{ W/mK}$)

un 1 cm apmetuma ($\lambda_p = 0,75 \text{ W/mK}$)

U-vērtība kopējai uzlabotai konstrukcijai:

$$1/U = 0,13 + 0,04 + 0,3/0,22 + 0,1/0,039 + 0,01/0,75 = 4,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U-vērtība ir uzlabota no $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ līdz $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ar ārējās pārizolācijas palīdzību.

Aukstuma tiltu efektu konstrukcijās nosaka, pamatojoties uz mērījumiem vai īpašiem aprēķiniem. Tas attiecas arī uz ar enerģiju saistītiem apstākļiem attiecībā uz logiem, konstrukcijām ar neviendabīga materiāla slāņiem, kā arī uz arhitektoniskiem modeļiem, piemēram, ārējās sienas sastāv no konstrukcijām ar augstām un zemām U-vērtībām.

Aukstuma tilti

Aukstuma tilts ir termins, ar kuru apzīmē ēku norobežojošās konstrukcijas daļas, kurām ir relatīvi augsta U-vērtība salīdzinājumā ar pārējo konstrukciju. Aukstuma tilti palielina siltuma zudumus, un var arī radīt problēmas ar aukstu starojumu no aukstām virsmām iekšpusē (bieži vien tas tiek jaukts ar caurvēju), aukstu caurvēju (piemēram, lieli auksti logi) un var izraisīt kondensāciju ar tam sekojošām negatīvām sekām.

Kā aukstuma tiltu piemērus var minēt:

- logu un durvju ietvars
- nepārtraukti konstrukcijas skeleta elementi vai betona ribojums
- Ar javu pildīti savienojumi starp betona elementiem
- Caurumi siltuma izolācijas līmenī, piemēram, ja izolācija cieši nepieguļ konstrukcijai, utt.
- Metāla cauruļvadi
- Logi
- Metāla rāmji izolācijas plāksnēm

Betona sastāvdaļai, kas izolēta ar 70 mm minerālvates un ar ribojumu (sijām) bez izolācijas 15% no platības U-vērtība ir $1,00 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Ja ribojums (sijas) ir izolēts ar 20 mm, U-vērtība šajā gadījumā ir $0,60 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

2.5 Logi un efektīvā U-vērtība

Logi un citas ēku norobežojošās konstrukcijas ar stiklotiem laukumiem atšķiras no pārējām ēkas daļām. Tie ir aukstuma tilti, taču tajā pašā laikā tās laiž cauri saules starojumu, kas var nosegt daļu no siltuma patēriņa. Šīm ēkas daļām viena pati U-vērtība ir tikai necīga tās siltuma tehnisko īpašību izpausme. Tādējādi U-vērtība ir jāpapildina ar “efektīvo U-vērtību”, kas ietver izstarotās saules siltumenerģijas izmantoto daļu.

Starojums Dānijā caur 1 kvadrātmētru dubultstikla laika periodā no 1.oktobra līdz 1.maijam attēlots zemāk redzamajā tabulā. Skaitļi doti kWh/m² neaizsargāta stikla. Protams, ka starojums būtiski atšķiras atkarībā no stikla izvietojuma. Kā piemēru var minēt to, ka starojums caur 1 kvadrātmētru dubultstikla, kas pagriezts pret dienvidiem, ir 280 kWh, taču tas ir tikai puse (140 kWh) stiklam, kas pagriezts pret austrumiem vai rietumiem.

Novietojums attiecībā uz dienvidiem	Saules enerģijas ieguvums kWh/m ²
0	280
30°	260
60°	210
90° (austrumi/ rietumi)	140
120°	100
150°	80
180° (ziemeļi)	80

4.attēls. Saules enerģijas ieguve neaizsargātā statniski novietotā logā ar dubultstiklu

Saules enerģijas ieguve caur 1 m² loga samazinās, pateicoties ēnām no ārpuses un no pašas ēkas, loga rāmjiem un ietvaram, izvēlētajam stikla veidam un iespējamajam saules aizēnojumam. Visubeidzot, tikai daļa no saules enerģijas ieguves tiek izmantota apkurei. Lielām logu platībām ir nepieciešams, lai saules siltumu varētu absorbēt un paturēt sienā vai betona konstrukcijā, tā, lai starojums cik vien iespējams daudz varētu sniegt ieguldījumu apsildīšanā un neizraisīt nesamērīgi augstu temperatūru, kam vajadzīga pastiprināta vēdināšana.

Pateicoties šīm apstākļiem efektīvā U-vērtība nozīmīgi atšķirsies katrā stikla rūtī un tādējādi visā logā.

“Tumšas” un efektīvas U-vērtības logiem (W/m^2K) - piemēri

Ēnas faktors 0,9. Saules siltuma izmantošana 90 %.

Stikla platība = 75% no kopējās loga platības

Loga stikls	Tumšā U-vērtība	Efektīvā U-vērtība apkures sezonas laikā		
		Dienvidi	Austrumi/ rietumi	Ziemeļi
1 stiklojuma kārta	5,50	3,30	4,40	4,90
2 stiklojuma kārtas	2,80	0,80	1,80	2,20
3 stiklojuma kārtas	2,00	0,20	1,10	1,50
2 stiklojuma kārtas, zema enerģija	1,55	- 0,05	0,75	1,10
3 stiklojuma kārtas, zema enerģija	1,20	- 0,20	0,50	0,80

Minētie piemēri parāda U-vērtības un atbilstošo efektīvo U-vērtību logiem ar standarta ēnas apstākļiem un normālu saules siltuma izmantošanu apkures sezonas laikā. Kā redzams, pat uz ziemeļiem vērstā loga efektīvā U-vērtība ir labāka nekā “tumšā” U-vērtība.

Gadījumā, ja logs ir pret dienvidiem ar energoefektīvu stiklu, efektīvā U-vērtība ir negatīva. Tas nozīmē, ka stikls – pēc aprēķiniem – sniedz savu siltuma ieguldījumu apkures sezonas laikā.

Aprēķinot potenciālos enerģijas ietaupījumus saistībā ar logu uzlabojumiem, ir jāņem vērā apstākļi, kas saistīti ar starojumu. Vai nu ēkai kā daļai no galvenās apkures vai izmantojot efektīvo U-vērtību katram logam. Tam ir nepieciešams precīzs ēnas un akumulācijas iespēju izvērtējums.

2.6 Gaisa dabiskā apmaiņa

Svaigai gaisa apmaiņai ir jānodrošina, lai gaiss iekštelpā būtu pietiekoši sauss, brīvs no smakām, putekļiem, kā arī neveselīgām gāzēm, ko rada celtniecības materiāli un darbības, kas tiek veiktas ēkā.

Šī svaigā gaisa apmaiņa, kas ir tieši saistīta ar ēku norobežojošām konstrukcijām, sastāv no pamata gaisa apmaiņas un lietotāja gaisa apmaiņas.

Pamata gaisa apmaiņa ir gaisa apmaiņa ēkā (vai atsevišķās telpās), kad ir slēgti visi logi, ventilācijas vārsti un durvis. Pamata gaisa apmaiņa ir atkarīga no celtniecības elementu ciešuma, arhitektoniskā projekta un bloku izvietojuma, ventilācijas sistēmas projekta un ēkas apkārtnes. Pamata gaisa apmaiņa tiek saukta arī par "savienojuma zudumiem".

Lietotāja gaisa apmaiņa ir gaisa apmaiņa, ko rada durvju un logu virināšana, vārstu un ventilācijas rūšu izmantošana, utt.

Tabulā ir parādīts viens no veidiem, pēc kura ēku konstrukcijas var sadalīt kategorijās, un pieņemtā kategorijas gaisa apmaiņa stundā:

	Gaisa apmaiņa stundā	Ēkas konstrukcija
1)	0.1	<i>Īpaši necaurlaidīga.</i> Betona ēkas un ķieģeļu ēkas ar labi uzstādītiem logiem un durvīm, kas aprīkotas ar efektīvu, elastīgu aizsardzību pret caurvēju. Ietver arī labi konstruētus vieglus fasādes elementus.
2)	0.3	<i>Ļoti necaurlaidīga.</i> Kā 1), taču logi un durvis ir aprīkotas ar normālu aizsardzību pret caurvēju.
3)	0.5	<i>Normāli necaurlaidīga.</i> Kā 1), taču logi un durvis ir aprīkotas ar efektīvām metāla sloksnēm aizsardzībai pret caurvēju, vai ēka ar vieglu fasādi un logiem ar normālu aizsardzību pret caurvēju.
4)	0.7	<i>Caurlaidīgs</i> Kā 3), taču logi un durvis ir aprīkotas ar vecām vai neefektīvām blīvējuma sloksnēm aizsardzībai pret caurvēju, un savienojumi ap logu elementiem ir caurlaidīgi.
5)	0.9	<i>Ļoti caurlaidīgs.</i> Kā 3), taču ar caurlaidīgiem elementu savienojumiem. Logi un durvis bez aizsardzības pret caurvēju vai aprīkoti ar neefektīvām blīvējuma sloksnēm. Caurlaidīgi savienojumi ap loga elementiem.

Rupju savienojumu caurlaidīguma novērtējumu, it īpaši ap logiem un durvīm, var veikt vienkārši ar dūmu ampulas palīdzību.

Īsti gaisa apmaiņas mērījumi var dot patiesu gaisa apmaiņas ainu. Pamata gaisa apmaiņu tipiskām

Ēkām precīzi var izmērīt zināmā laika periodā un pēc tam veicot klimatiskos novērtējumus, ko aprēķina visam gadam.

Kā parādīts, lielu pamata gaisa apmaiņu rada neesošs vai nepiemērots savienojumu izolējums, galvenokārt ap logu. Blīvējuma sloksnes logos noveco un kļūst neefektīvas. Blīvējuma sloksnes ir izmantojamas 2-10 gadus, atkarībā no materiāla un nostiprinājuma izvēles. Pašlīmējošās šūnu gumijas sloksnes ir ar īsāko lietošanas mūžu.

Caurvējš, kas nāk paralēli grīdai, rodas parasti pateicoties tam, ka tiek ielaists auksts gaiss tieši telpā vai caur celtniecības elementiem (piemēram, grīdas dēļiem). Caur elementu savienojumiem vai plaisām ienākošais gaiss var atklāt trūkumus, kurus jāizpēta ekspertam.

2.7 Ēkas standarti

Izmantotās konstrukcijas un U-vērtības

Tabulā ir atspoguļotas Dānijas prasības attiecībā uz ēkas konstrukciju siltumizolāciju – no sākotnējās valdības prasībām aizdevumam 1940-jos un 1950-jos līdz pašreiz spēkā esošajiem būvnormatīviem.

U-vērtības prasības individuālajai konstrukcijai ir kļuvušas stingrākas it īpaši no BR 72 līdz BR 77 pēc "enerģētikas krīzes" Dānijā 1973.gadā. Ēku būvnormatīvi parasti nosaka maksimālo U-vērtību.

Starpība starp vecāku ēku siltumizolāciju un pašreizējām prasībām ir liela. Tādējādi tika veikti atbilstoši pārizolēšanas darbi lielākajā daļā celtnu pēdējo 25 gadu laikā.

Enerģijas taupīšanas pasākumu mērķis ir modernizēt ēku, izpildot jaunāko standartu prasības.

5.attēls parāda attiecīgās izolācijas biezumu, izmantojot minerālvati, vairākām U-vērtībām. Katram izolācijas standartam tabulas zemākajā daļā ir dots atbilstošs aprēķinātais gada siltuma patēriņš uz m² bruto stāva platības.

Ēkas elementi	Prasības U-vērtībai ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$) saskaņā ar:			
	Valdības aizdevuma prasības 1952	Būvnormatīvi (BR)		
		1961/66/72	1977/82	1995
Bēniņi/ jumti	0,8-0,9	0,45	0,2 (20 cm)	0,15 (30 cm)
Ārsienas >100 kg/m ²	1,2-1,4	1,0-1,3	0,4 (12½cm)	0,3 (15 cm)
Iekšējās sienas <100 kg/m ²	1,05	0,6	0,3 (15 cm)	0,2 (20 cm)
Logi	1 lag	3,1-3,6	2,9 dubults stiklojums	1,8 trīskāršs stiklojums
Grīda uz zemes	0,6	0,45	0,3 (15 cm)	0,2 (20 cm)
Grīda virs grūti sasniedzamas vietas	0,6	0,6	0,3 (15 cm)	0,2 (20 cm)
Grīda virs pagraba	0,65-0,75	0,6-0,8	0,4-0,6 (7½ cm)	0,3 (15 cm)
Aprēķinātais gada siltuma patēriņš kWh/m²	300 – 400	250 - 200	150 - 100	125 - 75

5.attēls. Dānijas prasības maksimālajām U-vērtībām ēku konstrukcijās.

2.8 Ēku pārbaude – energoaudits

Ēku norobežojošo konstrukciju energoaudits ir relatīvi īss darba periods, kurā tiek izskatītas konstrukcijas un to iespējamie uzlabojumi. Ir ļoti svarīgi, lai klients saprot gan rekomendācijas, gan to pamatojumu.

Energoauditora darbam, pārbaudot ēku norobežojošās konstrukcijas, būtu jāsaķemas ar esošās informācijas izpēti, piemēram:

- Sarunas ar apkalpojošo personālu, energoinspektoru, vai īpašnieku par jau ieplānoto darbu.
- Ēkas principiālās shēmas: plāns, stāva plāns, griezumi un fasādes, tipiski konstrukciju griezumi, kā arī iespējamie apraksti, ieskaitot ēku norobežojošo konstrukciju pārbūvi, paplašinājumus un uzlabojumus.
(NB: shēmas un apraksti var atšķirties no reālajiem apstākļiem!)
- Fotogrāfijas

Iepriekšējie auditi

Informācija no iepriekš veiktiem auditiem var būt novecojusi (piemēram, izmaksas, ietaupījums, pieņēmumi no ietaupījumu aprēķiniem), kā arī viena vai vairāki ieteikumi jau varētu būt realizēti, tādēļ nevar nekritiski izmantot vecāku auditu informāciju. Audita laikā auditoram jāievēro, kuri pasākumi jau ir izpildīti, lai to ņemtu vērā, izsverot tālāku uzlabojumu iespējas.

Audits

Ēku norobežojošo konstrukciju audits var tikt veikts saistībā ar apkures un ventilācijas sistēmu reģistrāciju utt.

Auditors veido vispārēju ainu par apkurinātām/neapkurinātām telpām (darba telpām, kāpņu telpām, pagrabiem, jumta telpām, kā arī saistību starp apkurinātām un neapkurinātām telpām).

Reģistrācija ietver ēkas konstrukcijas, kas atdala apkurinātas vai daļēji apkurinātas telpas no ārējās vai aukstās, neapkurinātās telpām (piemēram, pagrabi un bēniņi), un šī reģistrācija ir koncentrēta uz konstrukciju siltumizolāciju un savienojumu gaisa necaurlaidību.

Reģistrācija var daļēji ietvert īsu izpēti no ārpusē (ārsienas, pamati un logi) un daļēji no iekšpusē (jumts un bēniņi, pagrabs, ārsienas, logi un durvis):

Vienveidīgai ēkai parasti ēkas konstrukcijas ir arī vienveidīgi izolētas. Tādējādi logu, durvju un logu sienu utt. izpēti bieži var veikt, pārbaudot izvēles vietas, kad tiek pētītas tipiskas konstrukcijas, kas vērstas pret ziemeļiem, dienvidiem, austrumiem un rietumiem. Ja konstrukcijās parādās nozīmīgas atšķirības, šo izvēles vietu skaits jāpalielina, līdz auditora jūt, ka ir iegūta vispārēja aina.

Ja nepieciešams, var noskaidrot izolācijas biezumu savienojumos, dobās sienās un iespējamo ārējo un iekšējo izolāciju, ar vienkāršu izpēti, izmantojot urbi, metāla stiepli un mērlenti.

Īpaši apstākļi (skat. tālāk tekstā)

Koka puves gadījumā, jo īpaši ja ir mitra koksne, mitra izolācija, nepareiza membrānas atrašanās vieta vai insektu uzbrukumi, nekavējoties jāveic izpēte un labojumi. Ja apkalpojošais personāls min īpašus apstākļus – piemēram, ūdens izcēlumi, apdrupis koks logos, sūdzības par caurvēju – tas jāatzīmē. Jāpiezīmē arī iznīcināta vai nomīta izolācija, lai varētu veikt labošanas darbus.

Īpaša izpēte:

Siltumizolāciju ēkas daļās, kurām nevar piekļūt, un nozīmīgus aukstuma tiltus var novērtēt ar U-vērtības mērītāju vai izvērtēt, piefiksējot virsmu temperatūras. Nopietnām caurvēja problēmām no savienojumiem, grīdām, ārsienām utt., kur gaisa noplūdi nevar viegli noteikt, jālieto termografiskā izpēte /IR-foto. Īpašos šaubu gadījumos auditors var ieteikt īpašu izpēti ar uzlabojumu priekšlikumiem.

Ja nepieciešams, var noskaidrot izolācijas biezumu grīdās, dobajās sienās un iespējamo ārējo un iekšējo izolāciju, ar vienkāršu izpēti, izmantojot urbi, metāla stiepli un mērlenti.

Noderīgi vienkārši aksesuāri ēku apskatei:

Lukturis, lineāls, dūmu ampulas. Saistībā ar eventuālu, sīkāku izpēti: digitālais termometrs ar noplūdes sensoru, iespējams, arī endoskops, iekārta U-vērtību mērīšanai, mitruma mērierīce, gumijas āmurs, skrūvgrieži, elektriskais urbis (uzlādējams), urbji koksnei un ķieģeļiem, metāla stieple, īlens, āmurs, kalts, sausā kaļķu java, plastikāta aizbāžņi (izurbto caurumu aiztaisīšanai).

Energoauditoru ziņojums

Balstoties uz pamatmateriālu un veikto ēkas apskati, auditors var ieteikt parastos enerģijas taupīšanas pasākumus ēku norobežojošo konstrukciju uzlabošanai.

Ziņojums var sastāvēt no vairākām formām (pārbaudes sarakstiem), ko energoauditors aizpilda, balstoties uz ēku norobežojošo konstrukciju apskati. Energoaudita galvenais mērķis ir norādīt, kuri enerģijas taupīšanas pasākumi jāizvērtē, uzlabojot ēku tā, lai tā ir labā stāvoklī attiecībā uz enerģijas patēriņu.

Ēku vajadzētu cik vien iespējams uzlabot, tiecoties uz jaunām ēkām noteiktajiem standartiem. Taču šādi pasākumi jāveic tikai tādā mērā, kas atbilst ēkas vecumam, tās izmantošanai, konstrukcijai un siltumapgādei, kā arī šādas investīcijas rentabilitātei.

Ziņojumā jābūt kopsavilkuma lapai, kur apkopoti energoauditora secinājumi par enerģijas taupīšanas iespējām. Kopsavilkumā par uzlabojumu priekšlikumiem, kuri var tikt raksturoti sīkāk tālāko lappušu tekstā, jāietver sekojošais: īss apraksts, apmērs (piemēram, laukums), izmaksas, atbilstošie enerģijas ietaupījumi gadā un to vērtība.

Izvērtējot ietaupījumu potenciālu un uzlabojumu priekšlikumus, svarīgs ir skatījuma plašums. Var nomainīt mazas virsmas, kā, piemēram, atsevišķas papildus apgaismes ierīces, taču tā rezultātā reti radīsies ievērojamas pārmaiņas enerģijas patēriņā apkurei. Taču vietējas problēmas, tādas kā caurvējš, var izlabot ar veiksmīgiem rezultātiem.

2.9 Enerģijas taupīšanas pasākumi

Enerģijas taupīšanas pasākumus izmanto apkurināmās telpās, kur vai nu var sasniegt ievērojamus enerģijas ietaupījumus, salīdzinājumā ar būvniecības izmaksām, vai kur veiktie pasākumi vēl bez sasniegtajiem ietaupījumiem arī var uzlabot telpu klimatu, atrisināt mitruma problēmas vai palielināt ēkas lietderību. Izvēloties pasākumus, parasti cenšas sasniegt līmeni, kas norādīts būvnormatīvos vai spēkā esošajos standartos.

Tā kā enerģijas ietaupījumi ir atkarīgi no vidējās telpu temperatūras un esošo konstrukciju izolācijas, sasniegtie ietaupījumi būs lielāki slikti izolētās ēkās ar relatīvi augstām telpu temperatūrām.

Dažus enerģijas taupīšanas pasākumus var veikt vienlaicīgi ar nepieciešamajiem uzturēšanas darbiem. Tā, piemēram, labāk vienlaicīgi veikt lēzenu jumtu ārējo izolāciju ar jumta filca slāņa atjaunošanu vai logu necaurlaidības uzlabošanu kopā ar remontu un krāsošanu.

Izolējot ēku norobežojošās konstrukcijas, izolācija jānovieto tā, lai ūdens caurules un apkures caurules jumtistabās, neapkurinātos bēniņos un tamlīdzīgās vietās ir ēkas norobežojošo konstrukciju siltumizolācijas ietvarā. Alternatīva - caurules rūpīgi jāizolē. Ja tas netiek izdarīts, siltuma zudumi no caurulēm palielinās un ir iespējami cauruļu plīsumi sala dēļ.

Komentāri par ēku konstrukcijas atsevišķiem elementiem

Izvērtējot projektu, vienmēr jāņem vērā sekojošais: jābūt vietai izolācijai; jābūt iespējams veikt darbu (pieejamības prasības); un konstrukcijai jābūt pareizi vēdināmai darbus nobeidzot, lai izvairītos no kondensācijas problēmām.

Sienu izolācija

Sienu termoizolācijas atjaunošanu var veikt divos veidos:

- Iekšējā izolācija
- Ārējā izolācija.

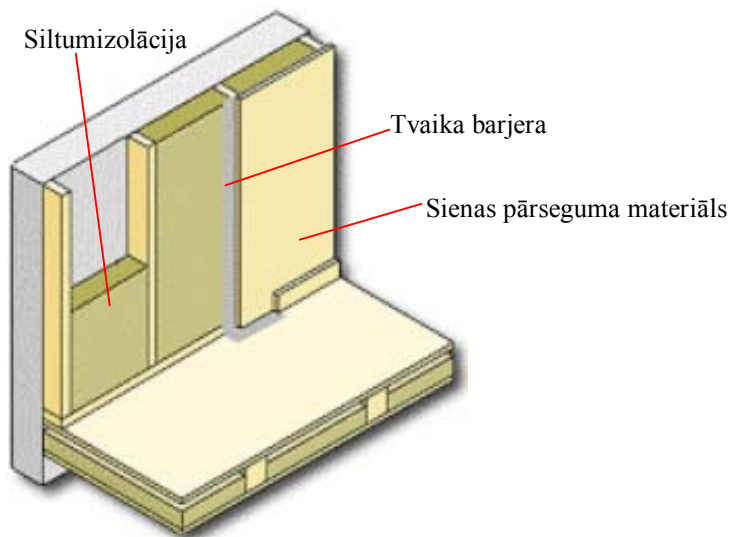
Iekšējā izolācija:

Šo metodi galvenokārt izmanto vecāku ēku atjaunošanai, kad fasādei jā saglabā tās oriģinālā forma, ēkām, kas netiek pastāvīgi izmantotas, un kad nepieciešams izolēt tikai daļu ārsienas. Iekšējās izolācijas priekšrocība ir tā, ka materiālu izmaksas un uzstādīšanas izmaksas ir relatīvi zemas (nav nepieciešamas sastatnes un vajag mazāk izolācijas materiāla). Taču iekšējā izolācija var radīt sekojošas problēmas:

- Sala bojājumus caurulēm ārsienā /ārpus izolācijas.
- Ārsienas ir pakļautas apkārtējās vides iedarbībai un kļūst aukstākas nekā bija pirms tam.
- Esošās mitruma problēmas var pastiprināties, un tās jāatrisina pirms izolēšanas.
- Nav viegli uzlikt izolāciju aiz caurulēm, radiatoriem utt. Jāpārliet elektroinstalācijas.
- Rasas punkts ir sienas konstrukcijā vai uz sienas iekšpuses virsmas, kā rezultātā var rasties nopietni bojājumi mitruma kondensēšanās dēļ, ja nav uzstādīta mitrumu apturoša membrāna.
- Ir praktiski neiespējami izvairīties no aukstuma tiltiem.

- Telpas kļūst mazākas

Minēto problēmu dēļ no šīs metodes jāizvairās, ja pastāv citas iespējas.



Ārējā izolācija:

Ārējās izolācijas izmantošana var likvidēt esošos aukstuma tiltus un ievērojami palielināt ēkas mūžu. Parasti tā var izvairīties no kondensācijas, jo konstrukcijas atrodas sausumā.

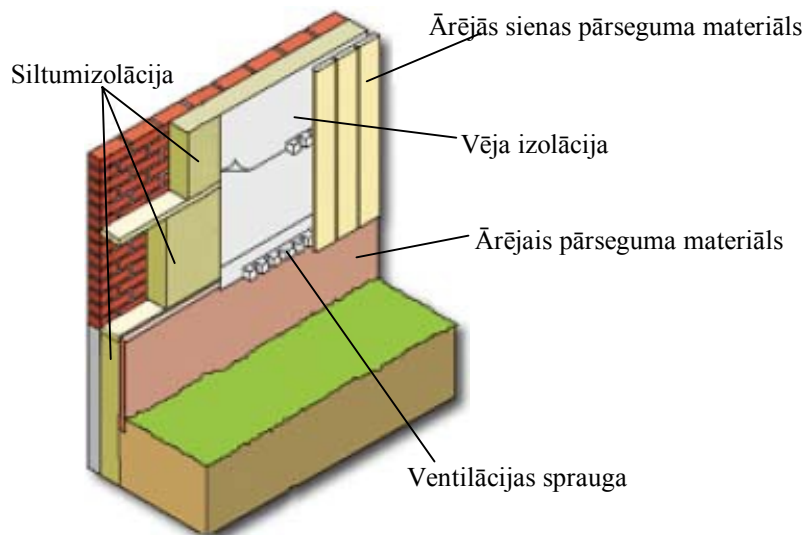
Pirms ārējās izolācijas slāņa uzlikšanas jāpārbauda sienas nestspēja un jāsalabo esošie bojājumi un plaisas.

Ir divi pamata paņēmieni, kā tiek izolēta ēkas āruse: konstrukcija ar ventilējamu gaisa spraugu un konstrukcija bez ventilējamās gaisa spraugas.

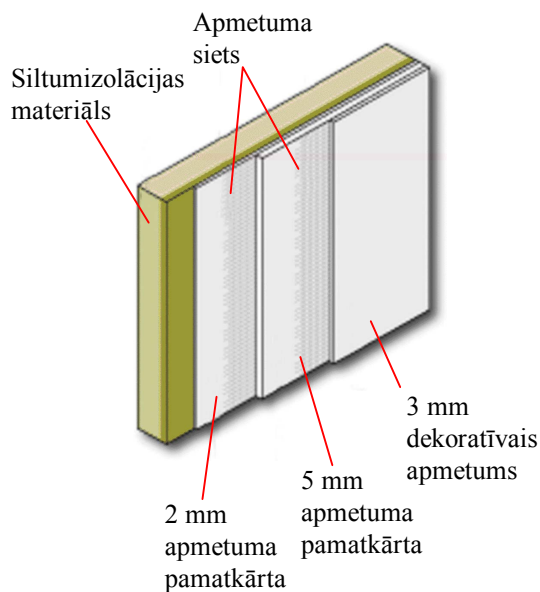
Ventilējama konstrukcija sastāv no četrām dažādām daļām: izolācijas, stiprinājuma sistēmas, gaisa spraugas un ārējā slāņa aizsardzībai pret apkārtējās vides iedarbību. Izolācijas materiāls (minerālvate vai polistirols) ir piestiprināts sienai ar koka vai metāla karkasu. Gaisa slānis novada mitrumu projām no konstrukcijas un saglabā izolācijas materiālu sausu. Dažādus materiālus var izmantot aizsargslānim pret apkārtējās vides iedarbību: ģipša plāksnes, koka dēļus, alumīnija loksnes, keramikas flīzes, varu, akmeni, marmoru un tml. Izolācija jānovieto arī ap logiem un durvīm. Ļoti rūpīgi jāveido detaļas ap notekcaurulēm, jumtiem un savienojumiem, lai izvairītos no aukstuma tiltiem.

Trūkumi:

- Var rasties problēmas pie logiem, jumtiem utt.
- Svarīgi, lai gaisa spraugas tiktu labi ventilētas – tas palīdz izvairīties no mitruma problēmām.



Konstrukcija bez ventilējamas gaisa spraugas: Šeit izolācijas materiālu (minerālvati, polistirolu vai stikla šķiedru) līmē tieši uz sienas un armatūru ar apmetumu klāj uz izolācijas materiāla kā no aizsargslāni pret apkārtējās vides iedarbību. Lai izvairītos no problēmām, ar šo metodi jāstrādā pieredzējušiem kvalificētiem celtniekiem. Šī izolēšanas metode nav ieteicama paneļu ēkām paneļu lielās kustības dēļ, kuras rezultātā var rasties plaisas izolācijas materiālā un aizsargslānī pret apkārtējās vides iedarbību un izraisīt ūdens iekļūšanu, kas veicina ēkas nolietošanos. Bez tam, aizsargslānī pret apkārtējās vides iedarbību var parādīties ekstrēmi termiskie spriegumi. Seguma materiāla sliktas kvalitātes dēļ ēkas mūžs var ievērojami samazināties.

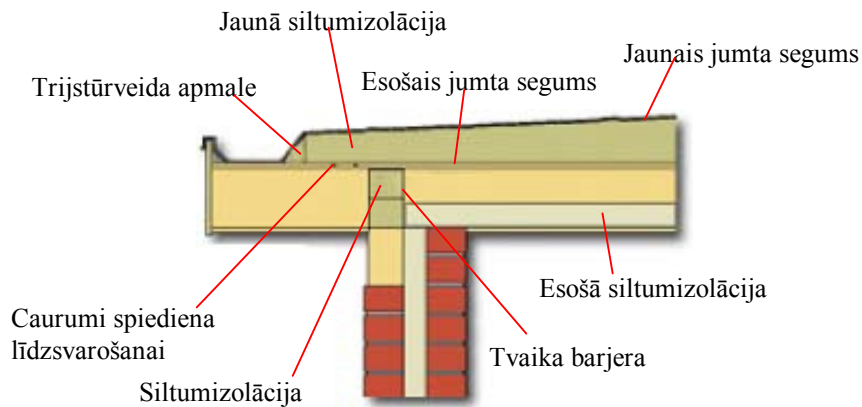


Jumta konstrukciju izolācija

Jumta izolācijas uzlikšana ir samērā viegla un ar īsu atmaksāšanās periodu. Nav nepieciešamas sastatnes un izolāciju var uzlikt vai nu tieši uz esošā jumta, vai zem tā. Siltuma zudumi no jumtiem var būt ļoti lieli naktīs gaisā izstarotā siltuma dēļ. Tādēļ var ietaupīt daudz enerģijas, uzliekot izolāciju.

Lēzens jumts ar ārēju izolāciju

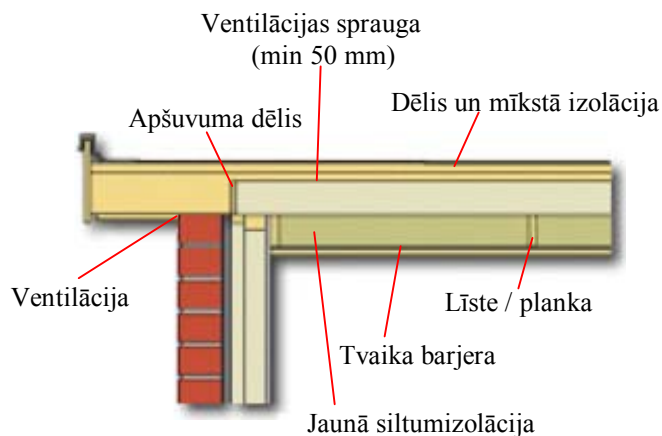
Šajā gadījumā nav spraugas starp jumta virsmu un esošo izolāciju. Jāizvairās no izolācijas jumta iekšpusē. Pretēja izolācijas kārtība ir labāka, kad, piemēram, polistirola plāksnes tiek tieši uz esošā ūdens necaurlaidīgā mīkstā seguma jumta, uzberot grants slāni, kas ir vismaz polistirola slāņa biezumā.



Auksts lēzens jumts ar izolāciju

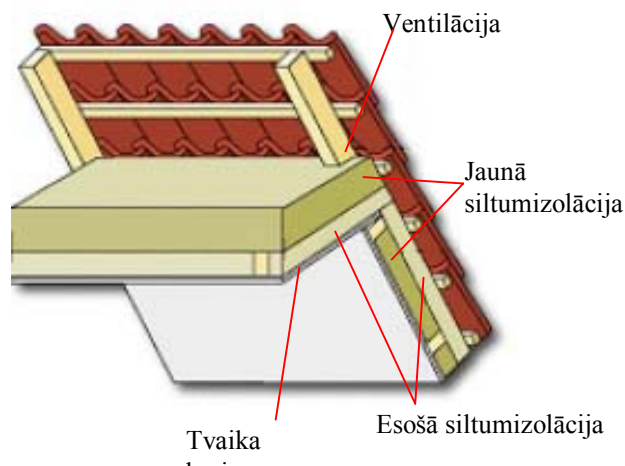
Šajā gadījumā ir sprauga starp esošo izolācijas slāni un ūdensnecaurlaidīgu jumta filca slāni. Sprauga ir ventilēta. Jumta iekšpusē ir tvaika barjera.

Var noņemt tvaika barjeru un uzlikt papildus izolācijas kārtu, kā arī jaunu tvaika barjeru.



Slīpi jumti

Starp koka sijām var uzlikt minerālvates sloksnes. Nepieciešama tvaika barjera izolācijas “siltajā” pusē. Ziemeļeiropas valstīs jumta izolācijas biezums parasti ir 15 – 25 cm.



Jāizolē arī grūti pieejamas vietas. Jebkura saspiesta izolācija jāsalabo ar graudainu materiālu. Caurules ārpus ēkas izolācijas jāizolē, lai izvairītos no sala radītiem bojājumiem. Jumta segumam (piemēram, dakstiņiem, plātnēm vai bitumenam) jānodrošina aizsardzība pret stipru lietu un sniega sanesumiem. Jābūt pietiekamai ventilācijai jumtistabās un gar slīpajām sienām, lai nebūtu “svīšanas” iekšpusē. Dobtas konstrukcijas, kas norobežo neapkurināmas jumtistabas jāpārizolē ar iesmidzināmu izolācijas materiālu.

Logi un durvis

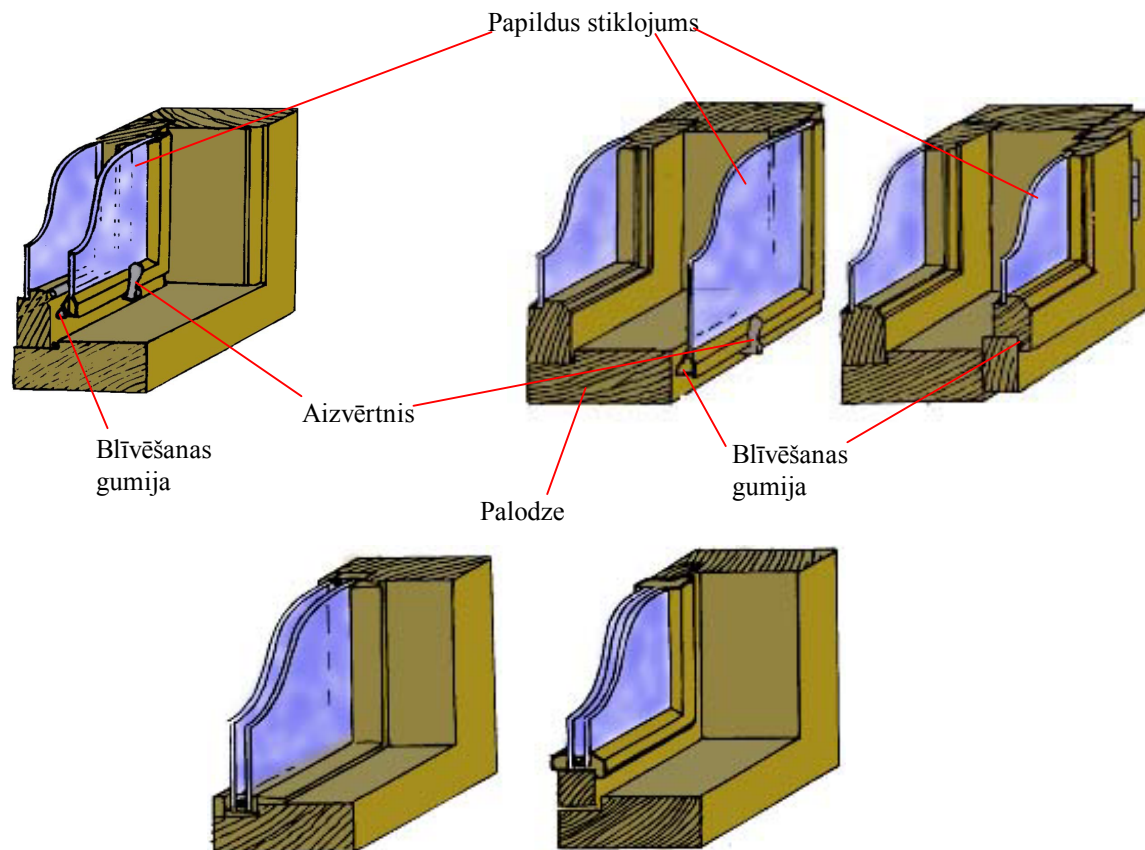
Zudumus var iedalīt pārvades zudumos un ventilācijas zudumos.

Pārvades zudumi caur stiklu ir 4-6 reizes lielāki nekā sienām un aukstuma tiltiem, kas bieži atrodas starp rāmi un sienu. Arī ventilācijas zudumi var būt ļoti lieli, ja logi cieši nepieguļ vai ja ir spraugas starp rāmi un sienu. Tiek zaudēts liels siltuma daudzums, ja logus izmanto svaiga gaisa piegādei.

Jaunas izolācijas rūtīm ar diviem loga stikliem U-vērtības ir 1,1 – 1,6 W/m²°C. Parastam trīs kārtās izolētam logam U-vērtība ir 2,0 W/m²°C.

Logu modernizēšana samazinās ne vien siltuma zudumus, bet arī caurvēju, kā arī uzlabos temperatūras komforta līmeni. Tādējādi var samazināt telpu temperatūras. Logu uzlabošana un blīvēšana rada nepieciešamību telpas vairāk vēdināt. Ventilācijas režģis, kas novietots zem logiem, rada pietiekošu gaisa apmaiņu, lai samazinātu gaisa mitrumu. Pareiza ventilācija samazina siltuma zudumus.

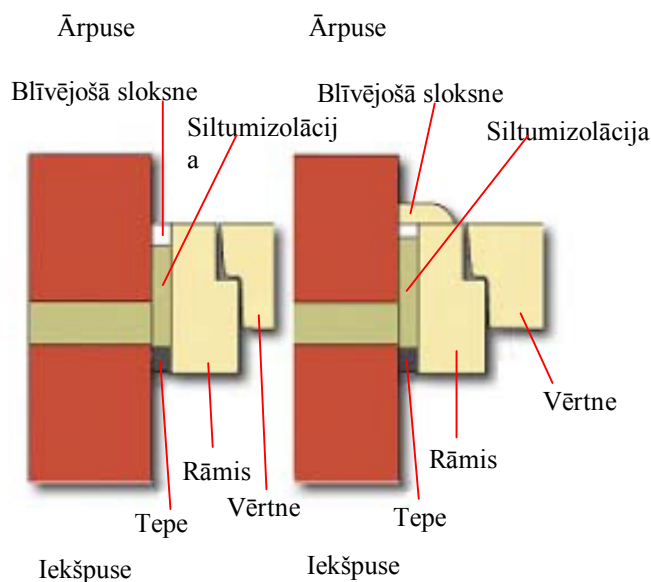
Ja ir dubultlogi, iekšējam rāmim jābūt pilnīgi drošam pret apkārtējās vides iedarbību, un ārējam rāmim jābūt ne tik cieši pieguļošam. Ja izolācija nav pareiza, mitrums kondensēsies uz ārējā stikla, un ārējais rāmis būs sabojāts. Izolācijas sloksnēm jābūt izgatavotām no EPDM-gumijas vai cita tikpat izturīga materiāla.



Savienojošā java starp sienu un logu var plaisāt un, iespējams, pilnīgi izkrist. Savienojumu var labot pārizolējot ar minerālvati, piepildot ar savienojošu grunti un pārklājot ar savienojošo javu.

Savienojums starp rāmi un ķieģeļu sienu izolējams no ārpuses. Esošo savienojošo javu noskrāpē nost un tad savienojumu iztīra no putekļiem un sīkām materiālu paliekām utt. Pēc tam savienojumus var piepildīt ar minerālvati. To var veikt, izmantojot, piemēram, skrāpi vai koka ķīli.

Minerālvatei jābūt vismaz 20 – 40 mm no savienojuma ārējās malas, atkarībā no savienojuma platuma un izmantotā savienojuma materiāla.



Plaisas starp savienojuma elementiem, kas izraisa caurvēju, jāizvērtē speciālistam.

Blīvēšanu vajadzētu ieteikt tikai tad, kad ir pilnīgi skaidrs, ka esošie ventilācijas kanāli darbojas pareizi un, ka notiks pienācīga telpu vēdināšana, kad darbs būs pabeigts. Tādēļ izolējot parasti nepieciešams ievietot gaisa vārstus logos vai ārsienās, kā arī izplatīt informāciju par vēdināšanu izolētu ēku lietotājiem.

Izolācija var radīt nepieciešamību pēc palielinātas gaisa apmaiņas. Maz ticams, ka izolācija radīs enerģijas ietaupījumus, ja ir augsts gaisa mitrums vai, ja telpu klimats ir kā citādi slikts.

Grīdas, kas robežojas ar pagrabu, grūti sasniedzamām vietām vai zemi

Lai izvairītos no zudumiem pagrabos, nepieciešams vai nu izolēt pagraba griestus, vai turpināt ārējo izolāciju līdz vismaz 50 cm zem zemes. Atkarībā no pagraba temperatūras, izolācijas biezums 5 – 10 cm ir pietiekošs.

Grīdas, kas robežojas ar grūti sasniedzamām vietām, ja iespējams, vajadzētu izolēt no apakšas ar 10 – 20 cm minerālvates. Svarīgi, lai spraugas ventilācija būtu efektīva un noņemtu visu zemes mitrumu.

Grīdas, kas robežojas ar zemi vai šauru ventilācijas vietu, var uzlabot, tikai pārbūvējot grīdas konstrukciju. Tas ir dārgi un to nevar uzskatīt tikai par enerģijas taupīšanas pasākumu.

2.10 Īpaši apstākļi

Ēku norobežojošo konstrukciju audita laikā konsultantam jābūt uzmanīgam, ievērojot ēkas bojājumu pazīmes, lai ierosinātu un uzsāktu izpēti. Sekojošais ietver apstākļus attiecībā uz mitrumu un koka puvi, par kuru konsultantam būtu jāzina.

Mitrums ēkās

Ēka var būt pakļauta mitrumam dažādos veidos:

- 1) Mitrums, kas nāk no zemes caur pagraba sienām, pagraba grīdām un pamatiem, un kas nokļūst ēkas konstrukcijās.
- 2) Nokrišņi, kas iespiežas caur jumtu un ārsienām, bet var arī sūkties caur blakus esošajiem ēkas elementiem.
- 3) Gaisa mitrums no darbībām ēkas iekšpusē, kas no telpu gaisa spiežas cauri sienām un griestiem un rada kondensāciju.
- 4) Mitrums no konstrukcijām, kas rodas, pateicoties sūcēm kanalizācijas sistēmā, ūdens apgādē vai apkures sistēmā.

Bez šiem, vēl mitrums jaunās ēkās, kas tur nokļuvis celtniecības laikā (piemēram, betonā) kopā ar ūdens iespiešanos caur plaisām konstrukcijā (piemēram, ārējās pagraba sienas) vai sniega kupenas caur plaisām jumta materiālā.

Parasti no mitruma var izvairīties, ēku ceļot, kā arī to prātīgi uzturot un izmantojot. Mitrums ir nozīmīgs drauds ēkai, tādēļ auditoram ir svarīgi zināt mitruma avotus un saprast, ka nepieciešama tūlītēja rīcība.

Kondensācija

Ēkas iekšpusēs gaisā nonāk ūdens tvaiki normālas ēkas lietošanas laikā. Piemēram, 4 cilvēku vidējā ģimenes dzīvesvietā gaisā nonāk apmēram 10 litri ūdens dienā. Gaiss jāattīra no ūdens, izmantojot ventilāciju veselīgu gaisa padevei.

Normāli apkurinātai telpai par pietiekošu tiek uzskatīta gaisa apmaiņa apmēram 0,3-0,5 reizes/stundā, atkarībā no dzīvokļa lieluma. Relatīvais gaisa mitrums tādā gadījumā ir apmēram 30-60 % ziemā. Tipiska pazīme, kas liecina par pārāk lielu gaisa mitrumu, ir kondensācija termisko logu vai dubulto logu iekšpusē.

Ūdens tvaiku kondensācija var parādīties uz vēsām iekšējām virsmām (piemēram, aukstuma tiltiem), taču tā var arī parādīties pašā konstrukcijā. Lai izvairītos no kondensācijas siltumizolētā konstrukcijā, nepieciešams ievietot hermētisku tvaika drošu membrānu konstrukcijas siltajā pusē, t.i., iekšpusē. Tipisks piemērs kondensācijai ēkā ir svīdums uz ārējā stikla dubultlogiem ar sliktu izolāciju. No tā var izvairīties, nodrošinot, ka iekšējais rāmis ir hermētiskāks nekā ārējais.

Tvaika drošu membrānu var neievietot izolētās vai pārizolētās jumta konstrukcijās vai strukturālās grīdās virs grūti sasniedzamas vietas, ja neapsegta izolācijas ārējā mala atrodas pret pietiekoši vēdinātu telpu. (taču caur izolācijas materiālu gaiss nedrīkst iet cauri).

Vēl mazāk tvaika droša membrāna nepieciešama ķieģeļu un betona elementiem, kur kondensācijas ūdens var absorbēties un izgarot konstrukcijas ārpusē. Ja izgarošana ir kavēta, (piemēram, ja ir apmetums), izolēta dobjā siena no ārpusē ir nokrāsota ar iztvaikojumu drošu krāsu – vai līdzīga krāsota doba siena ir izolēta) uzkrātā kondensācija aukstā laikā var pārplēst un noraut apmetuma un ķieģeļu kvadrātmetrus. Tas var arī notikt, ja masīvas ķieģeļu sienas ir izolētas iekšpusē.

Kondensācija uz aukstuma tiltiem var izraisīt virsmu plīsumus, pelējuma sēnes vai tikai tumšu netīrumu traipus uz mitrām iekšējām virsmām. Ja karsts mitrs gaiss iekļūst iekšējā konstrukcijā, tas var – kā jebkura ūdens iekļūšana – radīt nopietnus bojājumus, jo kondensācija ir svarīgs faktors saistībā ar sauso puvi.

Sausā puve

Sausā puve sadala organiskas vielas, tā lai tās iet savu dabisko ceļu. Taču diemžēl tas attiecas arī uz strukturālo kokmateriālu un citiem organiskiem materiāliem ēkās. Sausās puves uzbrukumi notiek, kad sakrīt vairāki tai labvēlīgi apstākļi.

Sausās puves draudi nepastāv, ja koksnes mitruma saturs nepārsniedz 20%. Normāli apkurinātās telpās ar gaisa mitrumu 25-50% koksnes mitruma saturs parasti būs starp 6 un 10%. Neregulāri kurinātās telpās ar gaisa mitrumu starp 50 un 73%, koksnes mitruma saturs parasti būs starp 10 un 15%.

Tādēļ sausā puve var būt problēma tikai tad, kad ir pārmērīgs mitrums, kas, kā jau minēts, parādās nedaudzos gadījumos.

Puve ir process, kas attīstās ilgā laika posmā, un kas ir pilnīgi normāla parādība, skatoties no celtniecības viedokļa. Koksne kļūst melna un sairst. *Sausā puve* ir negaidīts uzbrukums, kas ātri attīstās. Koksne kļūst melna, sairst, savelkas un plaisā pa koka šķiedrām gareniski un šķērsām.

Auditoram jāievēro!

Ja saistībā ar ēkas auditu novēro anormālu situāciju, auditoram jāiesaka, lai tālāku izpēti veic speciālists.

Tas attiecas, piemēram, uz sekojošiem gadījumiem:

- Ūdens iekļūšana un redzamas kondensācijas problēmas (mitrums un pelējums).
- Mitrās konstrukcijas daļas, kas, iespējams, maina formu (piemēram, grīdas vai lēzeni jumti ar “burbuļiem”).
- Trūdēšanas pazīmes, piemēram, trūkst stipruma koka detaļām vai ir saraušanās plaisas, kas šķērso koka līnijas.
- Sausās puves uzbrukums, piemēram, redzamas sēnes vai redzams micēlijs (līdzīgi plānai,

- baltai kokvilnai).
- Skaidri jūtama sēņu vai spēcīga pelējuma smarža.

Vajag nekavējoties

- 1) noteikt sēnes sugu.
- 2) likvidēt mitrumu un noteikt cēloni.
- 3) rūpīgi salabot.

Sausā puve ir nopietna problēma. Ar to cīnoties, jāveic vairāki pasākumi, lai izvairītos no atkārtotas parādīšanās.

2.11 Enerģijas ietaupījumi un atmaksāšanās laiks

Pagātnes pieredze rāda, ka enerģijas cenas ir nestabilas un bieži mainās. Tādēļ izolācijas biezumu nosaka ne tikai pēc enerģijas cenām, bet arī pēc iespējamā enerģijas cenu pieauguma nākotnē. Šobrīd ekonomiski izdevīgi ir izvēlēties lielāko iespējamo izolācijas biezumu, lai ēku nevajadzētu pārizolēt nākotnē pēc cenu un normatīvu maiņām.

6.attēls rāda aprēķinātos enerģijas ietaupījumus un izvērtētās celtniecības izmaksas tipiskām konstrukcijām un tipiskiem enerģijas taupīšanas pasākumiem Dānijā. Tas ietver tikai tādus priekšlikumus, kuri izriet no vienkārša ekonomiska izvērtējuma.

6.attēlu var izmantot celtniecības izmaksu, enerģijas ietaupījumu un vienkārša atmaksāšanās laika aprēķinam priekšlikumiem, kas atbilst Dānijas apstākļiem. Tā, piemēram, var redzēt, ka neizolētu bēniņu papildus izolācijai ar 20cm minerālvati divās kārtās (viena starp spārēm un viena virs tām) vienkāršais atmaksāšanās laiks ir apmēram 3 gadi ar kWh/cenu DKK 0.60. Papildus logu uzlikšanai ar vienu stikla kārtu atmaksāšanās laiks ir apmēram 11 gadi ar degvielas apkuri, bet, no otras puses, tas var atrisināt diskomforta problēmas.

Saistībā ar lielākiem celtniecības darbiem var parādīties tālāki izdevumi projektēšanai, pārbaudei, un, iespējams, administrēšanai. Parasti ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksām ir mazākas sekas.

Adaptējot tabulu Latvijas apstākļiem, to var izmantot, lai novērtētu sākotnējās izmaksas, enerģijas ietaupījumus vai vienkāršo atmaksāšanās laiku vairākiem ēkas norobežojošās konstrukcijas tipveida uzlabojumiem.

	Oriģinālā konstrukcija	Enerģijas taupīšanas pasākums	Izmaksas iesk. PVN dkk/m²	Aprēķinātais en. ietaupījums kWh/gadā	Novērtētais ekspl. laiks	Vienkāršais atmaksāšanās laiks ja 1 kWh maksā:			
						0,40 dkk	0,50 dkk	0,60 dkk	0,70 dkk
Jumts	Jumta stiprinājumi	+ 20 cm	250	85	Tāpat kā ēkai	7	6	5	4
	ar blīvējumu	+ 30 cm	360	90		10	8	7	6
	Sija ar blīvējumu	+ 8 cm - 10 cm iesmidzināts	180	45		10	8	7	6
	W-balsts vai betona pārsedze								
	- ar 5 cm izolāciju	+ 20 cm	225	40		14	11	9	8
	- ar 10 cm izolāciju	+ 15 cm	170	25		17	14	11	10
	- ar 15 cm izolāciju	+ 10 cm	115	15		19	15	13	11
Siena	30 cm doba siena	+ 8 cm - 10 cm iesmidzināts	150	40		9	7	6	5
	36 cm doba siena ar cietu saistvielu	+ 12 cm iesmidzināts	200	35		14	11	9	8
	36 cm mūra siena	+10 cm ārpusē ar režģi un apmetumu	1100	50		55	44	37	32
Logs	1 stikla kārtā	+ 1 stikla kārtā (vētras izturīgi logi)	1800	200	20-50 gadi	22	18	15	13
		+ 2 energoefektīva stikla kārtas (vētras izturīgi logi)	2800	255		27	22	18	16
		2 energoefektīva stikla kārtas, jauni logi	3800	292		32	26	22	19
	2 stikla kārtas Izolētie logi	Aizstāts ar 2 kārtām energoefektīva stikla	1600	92		43	35	29	25
		Tas pats, ja rūts sasista	625	92		17	14	11	10
Savienojumi	Nepieguļoši savienojumi	Elastīga profilēta gumija EPDM ar izliekumu	60 dkk/lbm	15	8-12 gadi	10	8	7	6
Grīda pret grūti sasniedzamu vietu	Sijas konstrukcija ar blīvējumu	+ 15 cm apakšā	200	50	Tāpat kā ēkai	10	8	7	6
Grīda pret aukstu pagrabu	Sijas konstrukcija ar blīvējumu	+ 8 cm - 10 cm iesmidzināts	150	15		26	21	17	15
12°C	Cements ar koka grīdu, 3 cm izolācija	+ 10 cm apakšā	250	10		63	51	42	36

- cm-mērvienības norāda izolācijas biezumu, kas atbilst minerālvatei
- "+ 20 cm" nozīmē pārizolēšanu ar 20 cm minerālvati
- minētais blīvējums samazinās svaiga gaisa apmaiņu par 0,2 /h, kas ir pārrēķināts ietaupījumos uz savienojuma metru. Ja novērtētie zudumi samazinās līdz 0,1 /h, ietaupījumi palielinās par 50%

6.attēls: Tipveida enerģijas taupīšanas pasākumi ēkās

Enerģijas ietaupījumu aprēķināšana

Dānijā siltumapgādes ietaupījumus, ko iegūst ar papildus izolāciju, var aprēķināt sekojoši:

$$E_t = (U_1 - U_2) \times (t_i - t_o) \times 227 \times 24 : 1000 \text{ kWh/m}^2$$

kur:

E_t	gada enerģijas ietaupījumi. kWh/m ²
U_1 un U_2	U-vērtības pirms un pēc izolācijas
t_i	20°C
t_o	vidēji 4°C apkures sezonā (Dānijā)

227 x 24 ir stundu skaits tipiskā Dānijas apkures sezonā.

Rezultātu pārvērš kWh, dalot ar 1000.

Enerģijas ietaupījumus, uzlabojot savienojumus, blīvējot ēku vai atsevišķas telpas, var novērtēt sekojoši:

$$E_t = 0.34 \times (n_1 - n_2) \times V \times (t_i - t_o) \times 227 \times 24 : 1000 \text{ kWh}$$

kur:

E_t	enerģijas ietaupījumi gadā, kWh
0.34	īpatnējā gaisa siltumspēja
n_1 un n_2	gaisa apmaiņa, reizes stundā, pirms un pēc izolācijas
V	telpas tilpums m ³
t_i	20°C
t_o	vidēji 4°C apkures sezonā.

227 x 24 ir stundu skaits tipiskā Dānijas apkures sezonā.

Rezultātu pārvērš kWh, dalot ar 1000.

Ēkās, kur liela enerģijas patēriņa daļa ir – vai būs – segta ar lieko siltumu vai citādi iegūtu siltumu, vai daļēji apkurinātās ēkās, faktiskie ietaupījumi parasti būs mazāki nekā minēti tabulā. Auditoram vajadzētu salīdzināt aprēķinātos ietaupījumus ar ēkas faktisko enerģijas patēriņu siltumapgādei un novērtēt, vai aprēķinātie enerģijas ietaupījumi ir ticami (2.attēls)

Ēkas apkures modeļi

Energoauditoram jāsaprot, ka lietotāja uzvedībai ir liela ietekme uz ēkas enerģijas patēriņu, tātad arī enerģijas taupīšanas pasākumu sekām. Ja ir paaugstināta telpas temperatūra un vēdināšanas iespējas

mainās pēc, piemēram, pilnīgas izolācijas un blīvēšanas, daļa no enerģijas ietaupījumiem tiks pārvērsta komforta uzlabojumos. Arī ēkas izmantošana gadu no gada var nedaudz atšķirties: vairāk darbinieku, citi iedzīvotāji, citāda IT izmantošana, savādāks darba režīms, dažādas siltumapgādes iespējas utt., kas arī var ietekmēt enerģijas patēriņu apkurei. Enerģijas ietaupījumu aprēķini ir izvērtēšana, kas balstās uz esošajiem apstākļiem. Ja apstākļi mainās – arī enerģijas ietaupījumi mainās.

Konsultantam arī jāapzinās, kas šie apstākļi var izraisīt enerģijas patēriņa apkurei starpību līdz 30- 40 % vienādām ēkām ar vienādu paredzēto izmantošanu.

Enerģijas ietaupījumu vērtība

6.attēlā ietaupījumu vērtība norādīta pieņemot, ka kWh-cena ir attiecīgi DKK 0.40, DKK 0.60, DKK 0.80 un DKK 1.00.

Vērtība uz kWh siltumenerģijas ir kurināmā cena dalīta ar siltumspēju dalītu ar apkures sistēmas lietderības koeficientu.

Ar degvielas cenu DKK 4,30/litrs ar siltumspēju 9.94 kWh/litrs un lietderības koeficientu 0.85, piemēram, katra ietaupītā kWh vērtība būs:

$$\text{DKK } 4,30 : 9.94 : 0.85 = \text{DKK } 0.51$$

Atmaksāšanās periods

Vienkāršais atmaksāšanās periods (izmaksas dalītas ar gada ietaupījumiem) – salīdzinājumā ar kalpošanas ilgumu un citu priekšrocību vai trūkumu izvērtējumu – var tikt izmantots, lai sakārtotu atsevišķus uzlabojumus aptuvenā prioritārā kārtībā. Atmaksāšanās periods aptuveni parāda, cik ātri atmaksāsies enerģijas taupīšanas pasākumi. Ja izmaksas ir, piemēram, DKK 4.000 un ikgadējo ietaupījumu apjoms ir DKK 500, vienkāršais atmaksāšanās periods būs 8 gadi.

Ēkas enerģijas taupīšanas uzlabošanas laikā vienkāršais atmaksāšanās periods bieži būs izšķirošs, izdarot izvēli starp pasākumiem ar vienādu mūžu. Uzlabojumi tiks galvenokārt veikti pa soļiem, tādējādi visizdevīgākie pasākumi no ekonomiskā viedokļa tiks veikti kā pirmie, ja vien enerģijas taupīšanas pasākumi, kā iepriekš minēts, neatrisinās citas problēmas.

Izvietojot enerģijas taupīšanas pasākumus piemērotā ekonomiskās prioritātes secībā, pamatojoties uz ēkas izmaksām, enerģijas ietaupījumiem un tehniskajam mūžam, nepieciešams novērtējums, kas satur procentu likmes, cenu celšanos, prognozētās enerģijas cenas un finansēšanas noteikumus.

Enerģijas cenas Dānijā, ieskaitot nodokļus un PVN:

Dīzeļdegviela:	4300 dkk/1000 l
Degviela:	3900 dkk/ton
Dabas gāze:	4500 dkk/1000 m ³

Elektroenerģija: 1200 dkk/MWh
Centrālā siltumapgāde: 490 dkk/MWh

Enerģijas cenas Dānijā, neieskaitot nodokļus un PVN:

Dīzeļdegviela: 1650 dkk/1000 l
Degvielleļļa: 1080 dkk/ton
Dabas gāze: 3380 dkk/1000 m³
Elektroenerģija: 385 dkk/MWh
Centrālā siltumapgāde: 320 dkk/MWh
(jaunākas precizētas cenas var atrast laikrakstos un periodiskajos izdevumos)

Siltumspējas piemēri:

Dīzeļdegviela: 9,94 kWh/l
Degvielleļļa: 11,14 kWh/kg
Dabas gāze: 10,74 kWh/m³

Lietderības piemēri:

Dīzeļdegviela: 0,8-0,9
Degvielleļļa: 0,8-0,9
Dabas gāze: 0,8-0,9
Elektroenerģija: 1,0
Centrālā siltumapgāde: 0,95-1,0

2.12 Energoefektīva ēka

Energoefektīvu ēku var definēt kā konstrukciju, kur siltumapgādes un ventilācijas aprēķinātais gada patēriņš nepārsniedz pusi no attiecīgā patēriņa ēkās, kas celtas saskaņā ar Dānijas būvnormatīviem BR 82/BRS 85. Siltumapgādes enerģijas patēriņš energoefektīvās ēkās parasti ir aptuveni 50-70 kWh/m².

Zemu siltumenerģijas patēriņu var sasniegt pateicoties:

- pareizam ēkas projektam (logu novietojums un dizains, stāvu skaits, ēkas dziļums, apkurināmo platību izmantošana, utt.)
- labi izolētām blīvētām konstrukcijām bez nozīmīgiem aukstuma tiltiem (izolācijas biezums 20-40 cm atkarībā no ēkas daļas, energoefektīvi logi)
- ēkā integrētai saules enerģijai:
pasīvā saule siltuma izmantošana (starojums caur logiem, ar stiklu segtas telpas, sauli caurlaidīgas sienas)
dienas gaismas izmantošana mākslīgā apgaismojuma vietā
- siltuma atgūšana no ventilācijas gaisa

Pirmās eksperimentālās energoefektīvās ēkas – galvenokārt dzīvojamās ēkas – ieraudzīja dienasgaismu 1970-jos gados. Kopš tā laika, pieaugošās enerģijas un vides jomu popularitātes rezultātā attīstījās energoefektīvas tehnoloģijas ēku sastāvdaļās un instalācijās, kā arī paplašinājās energoefektīvu ēku būvniecība: mājas, iestādes un biroji. Energoefektīvas ēkas galvenokārt ir jaunas ēkas, taču vairāki māju uzlabojumi parāda, ka jau esošās ēkas arī var pārvērst par energoefektīvām ēkām.

Iespēju izpratne attiecībā uz ēkām ar īpaši zemu enerģijas patēriņu siltumapgādei atspoguļojas stingrajos Dānijas būvnormatīvos un prasībās attiecībā uz esošo ēku uzlabošanu.

Ēkas daļa	U-vērtība W/m ² K	~ cm minerālvate
Jumts	0,10 - 0,15	30-40 cm
Ārējās sienas	0,15 - 0,20	20-30 cm
Logi	1,00 - 1,60	Energoefektīvi logi
Grīda uz zemes	0,15 - 0,20	15-25 cm
Grīda virs grūti sasniedzamas vietas	0,15 - 0,20	20-30 cm

7. attēls. Zems enerģijas līmenis ēku norobežojošai konstrukcijai:

Ēkas ir celtas ar blīvētiem savienojumiem, lai savienojuma zudumi – iefiltrēšanās - būtu cik vien iespējams mazi (0 - 0,1 reizes stundā).

Konsultants pirmām kārtām strādās ar daudz tradicionālākiem enerģijas uzlabošanas veidiem. Zems enerģijas patēriņa līmenis ir minēts, lai skatītu uzlabojumu priekšlikumus perspektīvā. Mums ir jāatzīst fakts, ka vairums ēku, kurām konsultants sagatavos energoplānus, pastāvēs vēl 40-50 gadus, kad zems enerģijas patēriņš būs absolūta nepieciešamība.

3. Siltumapgādes sistēmas

3.1 Siltumapgādes sistēmu pārbaudes veidlapa	3
3.2 Dabas gāze	10

Ar gāzi kurināmie katli – enerģijas taupīšana

Enerģijas ietaupījumi rūpniecībā, tehnoloģiskie procesi, kuros tiek izmantota gāze

- Sadedzināšanas sistēmas
- Degļi un vadības iekārtas
- Siltuma reģenerācija
- Enerģijas taupīšanas iespējas, iespējamā efektivitātes uzlabošana
- Darbības principi Eiropas Savienībā (ES)
- Cepļi, kurtuves un krāsnis
- Procesu temperatūras, gaiss krāsnīs, mērīšanas un regulējošās iekārtas, slodzes
- Enerģijas taupīšanas iespējas, enerģijas efektivitātes uzlabošana
- Darbības principi ES
- Tvaika iekārtas
- Katli
- Enerģijas taupīšanas iespējas un enerģijas efektivitātes iespējamā optimizēšana
- Tvaika cauruļvadu sistēmas
- Enerģijas taupīšanas iespējas un iespējamā enerģijas efektivitātes uzlabošana
- Mērījumi un mērīšanas iekārtas
- Darbības principi ES
- Gāzes apgādes sistēmas
- Sūču noteikšana, atjaunošanas un remontdarbi
- Mērījumi un mērīšanas iekārtas
- Taupīšanas iespējas
- Darbības principi ES
- Vides aizsardzības pasākumi, sadedzinot fosilos kurināmos

3.3 Nafta	48
-----------	----

3.4 Cietais kurināmais	69
------------------------	----

- Biomasa
- Celuloze
- Malka
- Salmi
- Ekonomiska un videi draudzīga cietā kurināmā izmantošana
- Ekonomiska un videi draudzīga sadedzināšanas procesa priekšnosacījumi
- Zudumi ar dūmgāzēm
- Gaisa/daļiņu teorija

Siltumenerģijas pārvade un keramika
Sadegšanas kameras virsmas temperatūra
Siltuma pāreja
Keramikas veidi un īpašības
Kurināmā izvēle
Katla un sadedzināšanas sistēmas izvēle noteiktam kurināmā veidam
Akumulācijas tvertne
Piesārņojums
Iespējamie uzlabojumi
Izdedži
Katla ūdens temperatūra un dūmgāzu izraisītā korozija
Katla ūdens izraisīta korozija
Katla apejas cauruļvads ar sūkni
Darbojošos katlu skaits
Dūmeņa funkcijas
Dūmeņa dabiskā vilkme
Katla dūmvadu un dūmeņa izolācija

3.5 Centrālā siltumapgāde

84

Raksturīgākās pašreizējās centrālās sistēmas Austrumeiropā

- Siltuma avoti
- Pārvades un sadales sistēmas
- Centrālie sadales punkti (CSP)
- Patērētāju iekārtas

Rietumu centrālās siltumapgādes sistēmās izmantotās metodes un tehnoloģijas

- Siltuma avoti
- Pārvades un sadales sistēmas
- CSP
- Patērētāju iekārtas

Latvijā ieviešamās metodes un tehnoloģijas

- Siltuma avoti
- Pārvades un sadales sistēmas
- CSP
- Patērētāju iekārtas

3.1 Siltumapgādes sistēmu pārbaudes veidlapa

Tabulas atspoguļo dažādus apstākļus, kas var ietekmēt siltumapgādes iekārtas enerģijas patēriņu un kurus būtu tuvāk jāizpēta.

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Plūsmas temperatūra	Vai katlam ir atsevišķs plūsmas temperatūras regulators? Vai plūsmas temperatūra tiek kontrolēta proporcionāli āra temperatūrai? Vai mehāniskais aplešanas vārsts kontrolē plūsmas temperatūru? Vai siltumapgādes avots ir nodrošināts ar aplešanas motorvārstu? Vai aplešanas vārsts pielāgojas klimata izmaiņām? (laika apstākļu kompensācijas automātika)			Ja jā, būtu jāapsver, vai ieviest faktiskās plūsmas temperatūras kontroli. Ja nē, ir jāizpēta iespēja ieviest laika apstākļu kompensācijas automātiku. Ja jā, būtu jāapsver, vai ieviest aplešanas motorvārstu ar saskaņotu automātisko kontroli. Ja jā, būtu jāizpēta, vai tikai regulators piem., iekštelpas termostats, pulkstenis utt., vada aplešanas motorvārstu, un vai šī kontrole ir vispiemērotākā. Ja nē, būtu jāizskata, vai ieviešot laika apstākļu kompensācijas automātiku varētu sasniegt ievērojamus enerģijas ietaupījumus un komforta uzlabojumus.

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Laika apstākļu kompensācijas automātika	Vai laika apstākļu kompensācijas automātika (klīmata kontrolētā sistēma) ir noregulēta saskaņā ar faktiskajiem apstākļiem un apkures komforta prasībām? Vai temperatūrai ir nakts un nedēļas nogales samazinājumi? Vai temperatūras nakts un nedēļas nogales samazinājumi darbojas saskaņā ar optimālajām <i>start-stop</i> funkcijām un komforta prasībām?			Ja nē, ir jāveic pētījumi par parametru grafika piemērošanu plūsmas temperatūrai, āra temperatūrai utt. Ja nē, būtu jāapsver, vai ir iespējams samazināt temperatūru ārpus ēkas normālā izmantošanas laika. Ja nē, būtu jāapsver, vai var gūt papildus enerģijas ietaupījumus, optimāli piemērojot parametru grafikus.
Iekštelpu temperatūra	Vai iekštelpu temperatūra pielāgota siltumenerģijas piegādes līguma nosacījumiem un telpu izmantošanas aktivitātes līmenim?			Ja nē , ir jāizpēta, vai ir uzstādīta iekštelpu temperatūras kontrole un vai tā ir pareizi noregulēta.
Radiatoru ventiļi	Vai pie radiatoriem ir uzstādīti termostatiskie vārsti? Vai visi termostatiskie vārsti ir pareizi un vienādi noregulēti atbilstoši attiecīgajai telpai/ zālei? Vai distances vadības sensori (ja tādi ir) ir uzstādīti pareizi?			Ja nē, radiatoru vārsti ir jāaizvieto ar termostatiskajiem vārstiem. Ja nē, ir jāveic vārstu pareiza un vienota noregulēšana. Ja nē, nepareizi uzstādītos vai apsegtos distances vadības sensorus ir jāpārvieta pareizā stāvoklī

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Cirkulācijas sūknis (siltuma avots)	Vai cirkulācijas sūknim ir ātruma regulators? Vai regulēšanas ierīce kontrolē cirkulācijas sūkni? Vai cirkulācijas sūknis pastāvīgi darbojas arī tad, kad apkures sezona ir beigusies?			Ja jā, ir jāizpēta, vai sūknis ir pareizi noregulēts. Ja nē, ir jāapsver iespēja pārveidot esošo sistēmu ar cirkulācijas sūkņa palīdzību, kas darbojas atkarībā no pieprasījuma režīma. Ja nē, ir jāizpēta, vai iespējams ieviest sūkņa kontroli. Ja jā, ir jāapsver iespēja pārtraukt sūkņa darbību apkures sezonas beigās.
Karstā ūdens temperatūra	Vai pie patērētājiem karstā ūdens temperatūra ir lielāka kā 45-50° C? Vai pie patērētājiem karstā ūdens temperatūra ir pārāk zema?			Ja jā, ir jāapsver, vai iespējams samazināt karstā ūdens temperatūru. Ja jā, ir jāizpēta, vai karstā ūdens caurules ir slikti izolētas vai arī sistēma tiek slikti regulēta.

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Karstā ūdens tvertne	Vai karstā ūdens tvertnes tilpums ir lielāks nekā tas ir nepieciešams? Vai karstā ūdens temperatūra tvertnē ir lielāka par 60°C? Vai karstā ūdens tvertnes tilpums nav pārāk mazs?			Ja jā, ir jāapsver iespēja to aizvietot ar piemērotāku tvertni. Ja jā, ir jāapsver, vai pastāv kādi noteikti iemesli, kāpēc tiek izmantots tik augstas temperatūras karstais ūdens. Ja jā, ir jāizpēta, vai siltumapmaiņas virsmas nav pārkaļķojušās un vai regulējošais vārsts, kas kontrolē tvertnes temperatūru, darbojas pareizi.
Cirkulācijas sūknis (karstais ūdens)	Vai cirkulācijas sūknim ir ātruma regulators? Vai cirkulācijas sūknis ir aprīkots ar karstā ūdens temperatūras regulatoru? Vai cirkulācijas sūknis darbojas pastāvīgi?			Ja jā, ir jāizpēta, vai sūknis ir noregulēts pareizi. Ja nē, ir jāapsver iespēja pārveidot esošo sistēmu ar cirkulācijas sūkņa palīdzību, kas darbojas atkarībā no pieprasījuma režīma. Ja nē, ir jāapsver, vai būtu izdevīgi uzlabot temperatūras kontroli. Ja jā, ir jāizpēta, vai ir iespējams apturēt sūkņa darbu pēc nepieciešamā darba laika.

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Katlu sistēmas	Vai iekārtu telpā ir ļoti karsti? Vai visas ražošanas jaudas ir optimizētas visos iekārtu līmeņos/ visos izpildes līmeņos? Vai katls tiek darbināts ar laika aizturi? (cauruļu katls) Vai katla jauda atbilst apkures un karstā ūdens prasībām? Vai apkures sistēma ir apgādāta ar diviem vai vairāk katliem? Vai eksistē sadedzināšanas kvalitātes kontroles un uzturēšanas kārtība? Vai katla temperatūras līmenis ir augstāks kā 80°C? Vai katla temperatūra tiek pazemināta, beidzoties apkures sezonai? Vai ar gāzi apkurinātiem katliem ir uzstādīts ekonomizers?			Ja jā, ir jāizpēta, vai katls gadījumā nav slikti izolēts vai arī izolācija bojāta. Ja nē, ir jāapsver to īstenošana nākamajās sildītāju un katlu pārbaudes reizēs. Ja nē, ir jāapsver vai ir iespējams ieviest katla darbināšanas laika aizturi. Ja nē, ir ir jāizpēta, vai katlu mājas ekspluatācijas stratēģija ir saprātīga. Ja jā, ir jāapsver, vai ir iespējams gūt enerģijas ietaupījumus tad, kad apkures sezona ir beigusies, apstādinot viena vai vairāku katlu darbību. Ja nē, būtu iesakāms ieviest šādu kontroles vai uzturēšanas kārtību. Ja jā, ir jāizpēta, vai pastāv kādi īpaši iemesli šādai augstai temperatūrai. Ja ne, katla temperatūra jāsamazina līdz maksimums 80° C. Ja nē, būtu jāapsver, vai šajā periodā ir iespējams samazināt temperatūru. Ja nē, ir jāizpēta, vai ir izdevīgi un tehniski iespējams izmantot izplūdes gāzu siltumu.

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Centrālā siltumapgāde	Vai plūsmas temperatūru kontrolē tikai siltuma regulators, kas atrodas CSP? Vai atgaitas temperatūra ir zema un atbilst siltumenerģijas piegādātāja noteikumiem? Vai temperatūru difference starp siltuma avota atgaitu un attiecīgās iekārtas atšķiras vairāk nekā par 2-5°C?			Ja jā, ir jāapsver plūsmas temperatūras kontroles ieviešanas pārējās iespējas. Ja nē, ir jāizpēta regulēšanas vārstu efektivitāte. Ja jā, ir jāizpēta, vai siltummaiņos nav nogulšņu vai apkalpojuma.
Gaisa sildītājs (karstā gaisa iekārta/kalorifers)	Vai gaisa sildītājs ir savienots ar ēkas apkures sistēmu? Vai gaisa sildītājs ir savienots ar ēkas apkures sistēmu? Vai gaisa sildīšanas iekārta ir atsevišķa ar naftu vai ar gāzi kurināma iekārta ar ventilatoru? Vai uzsildītais gaiss no gaisa sildīšanas iekārtas tiek kontrolēts tikai ar iekārtas siltuma regulatora palīdzību?			Ja jā, ir jāizpēta, vai iekārtas darbība tiek pārtraukta beidzoties apkures periodam. Ja jā, ir jāapsver iespēja aizvietot pašreizējo sistēmu ar gaisa sildītāju, ko var savienot ar ēkas apkures sistēmu vai, iespējams, kas patērēs pārpalikušo siltumu no ražošanas vai procesiem. Ja jā, ir jāizpēta, vai noslēgta vienošanās par ekspluatāciju un apkopi. Ja jā, ir jāizpēta, vai iespējams iegūt enerģijas ietaupījumu, uzstādot telpā termostatu ar laika kontroli, tā, lai siltā gaisa ražošana notiek atbilstoši prasībām.

	Jāpārbauda izpētes laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Elektriskās apkures sistēmas	Vai ir ieviesta elektriskās apkures sistēmas automātiskā kontrole?			Ja nē , ir jāapsver iespēja ieviest elektriskās apkures sistēmas automātisko kontroli.
Saules enerģijas sistēmas	Vai gaisa sildītājs ir savienots ar ēkas apkures sistēmu? Vai gaisa sildītājs ir savienots ar ēkas apkures sistēmu? Vai gaisa sildīšanas iekārta ir atsevišķa ar naftu vai ar gāzi kurināma vienība ar ventilatoru? Vai uzsildītais gaiss no gaisa sildīšanas iekārtas tiek kontrolēts tikai ar vienības siltuma regulatora palīdzību?			Jā jā, būtu jāizpēta, vai iekārta tiek slēgta, beidzoties apkures periodam. Ja jā, būtu jāapsver iespēja aizvietot pašreizējo sistēmu ar gaisa sildītāju, ko var savienot ar ēkas apkures sistēmu vai, iespējams, kas patērēs pārpalikušo siltumu no ražošanas vai procesiem. Ja jā, ir jāizpēta, vai noslēgta vienošanās par ekspluatāciju un apkopi. Ja jā, ir jāizpēta, vai iespējams iegūt enerģijas ietaupījumu, uzstādot telpā termostatu ar laika kontroli, tā lai siltā gaisa ražošana notiek atbilstoši prasībām.

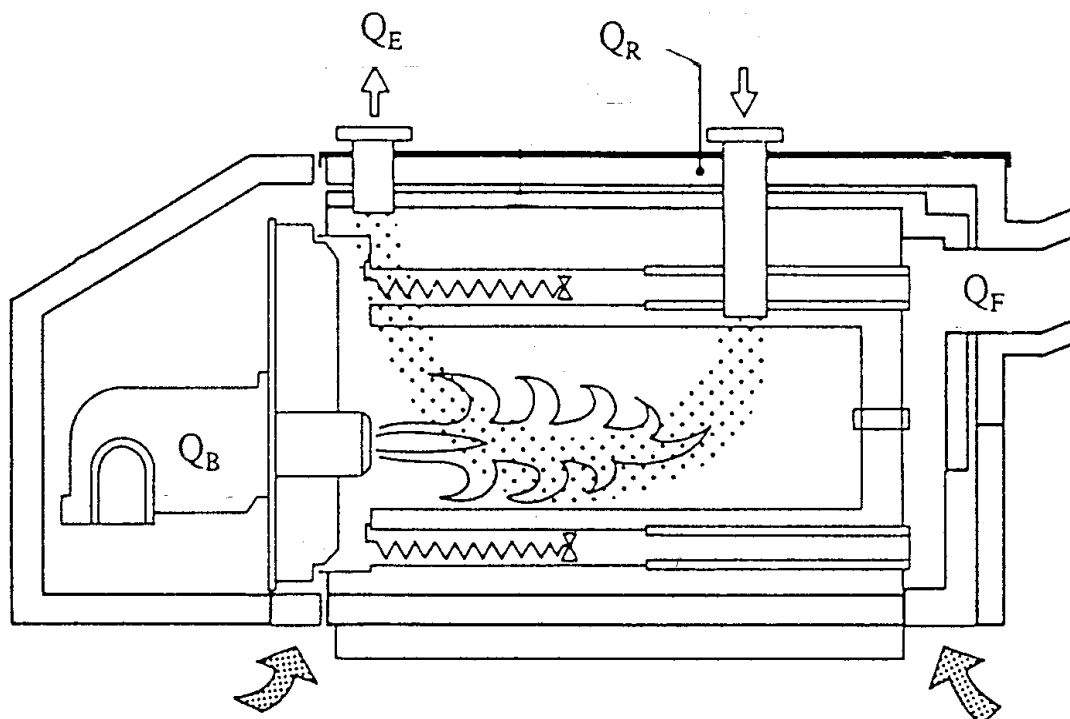
3.2 Dabas gāze

Ar gāzi kurināmie katli – enerģijas taupīšana

Patēriņa un zudumu pētījums: metodes, mērījumi un kalkulācijas.

Piemērs: Ar dabas gāzi kurināmie katli

Katla aptuvena enerģijas bilance ir parādīta attēlā.



Katla siltuma bilance

Q_B = Siltuma pievade darbības laikā, pie zemākās kurināmā siltumspējas

Q_R = Siltuma zudumi starojuma un konvekcijas rezultātā

Q_F = Siltuma zudumi no dūmgāzēm un vilkmes zudumi dīkstāves periodos

Q_E = Efektīva siltuma izvade

$$\text{Tādējādi } Q_B - (Q_R + Q_F) = Q_E$$

Palīģenerācijas patēriņš, Q_A , sadedzināšanas gaisa ventilatoram, katlu sūkņiem, utt. parasti tiek vērtēts robežās 0,3-1% no saražotās enerģijas. Jo lielāks katls, jo mazāki procenti.

Siltuma pievadi un efektivitāti var noteikt tā, kā tas ir redzams sekojošos divos piemēros.

1.piemērs

Dots:

Kurināmais = dabas gāze

Katla siltuma ražošanas jauda pie pilnas slodzes = 800 kW

Dūmgāzu temperatūra = 180 °C

CO₂% dūmgāzēs = 10

Apkārtesošā gaisa temperatūra = 20 °C

Nenoskaidrotie zudumi = 1%

Palīgenerģija = 0,8% no katla ražotspējas

Vispirms tiek noteikti zudumi ar dūmgāzēm (skat.pielikumu)

$$Zudumi = \left(\frac{38}{10} + 1 \right) \cdot \left(\frac{180 - 20}{100} \right) = 7,7\%$$

Katla efektivitāte η_{eff} pie zemākās kurināmā siltumspējas:

$$\eta = 100 - 7,7 - 1 = 91,3\%$$

$$\text{Siltuma ievade } Q_B = \frac{800}{91,3} = 876 \text{ kW (pie zemākās siltumspējas)}$$

$$\text{Palīgenerģija } Q_A = 0,008 \cdot 800 \sim 6 \text{ kW}$$

Sistēmas efektivitāte η pie zemākās kurināmā siltumspējas:

$$\eta_P = \frac{Q_E}{Q_B + Q_A} \cdot 100 = \frac{800}{876 + 6} \cdot 100 = 90,7\%$$

2.piemērs

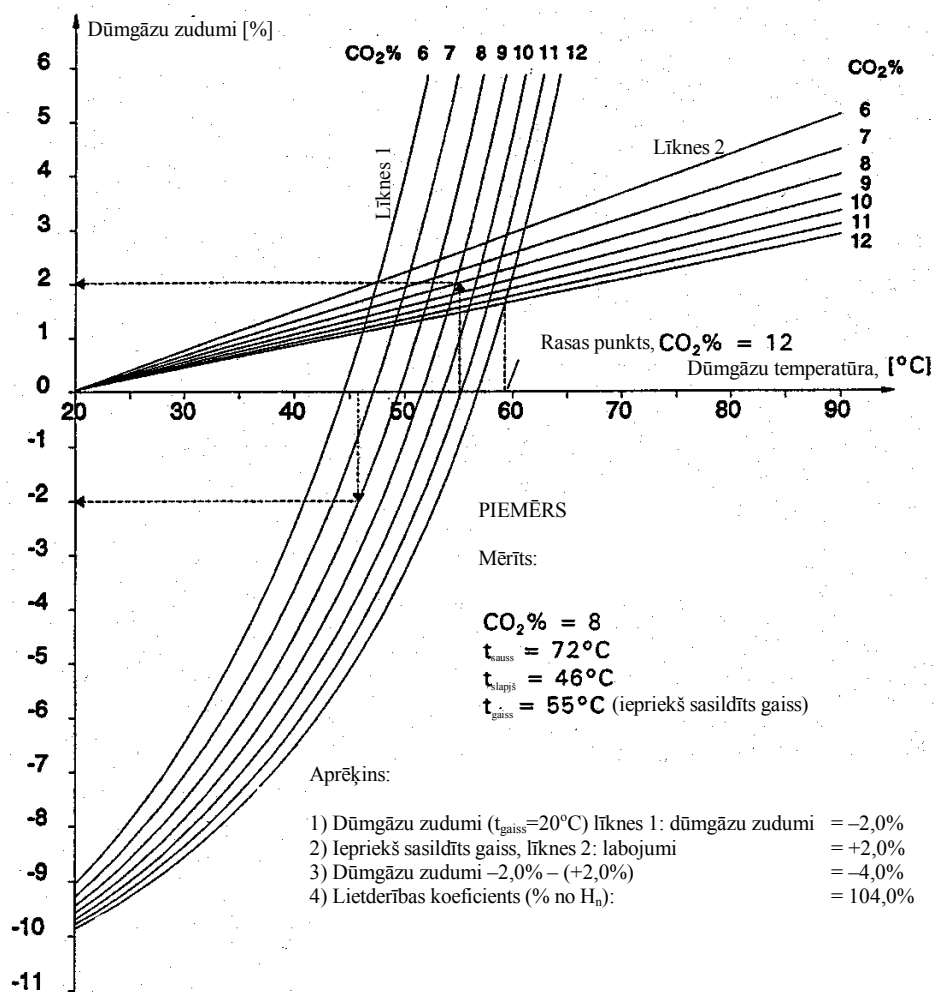
1.piemēra katlam ir pievienots ekonomizers.

Pie izejas siltuma $Q_E = 800 \text{ kW}$ dūmgāzu temperatūra aiz ekonomizera tiek noteikta 45 °C.

Aprēķināt sistēmas efektivitāti η_P , šādam darbības režīmam. Atlikušie zudumi tagad tiek novērtēti 1,2% ekonomizera dēļ, un palīgenerģija tiek novērtēta kā 1% no siltuma ražošanas jaudas.

Dūmgāzu zudumi tiek noteikti saskaņā ar attēlu.

Dūmgāzu zudumi kondensācijas režīmā



t_{dūmgāze} = 45 °C, CO₂ = 10%. Zudumi = - 4%.

Katla lietderības koeficients η_B pie zemākās siltumspējas:

$$\eta_B = 100 - (-4) - 1,2 = 102,8\%$$

$$\text{Siltuma}_{\text{ievade}} Q_B = \frac{800}{1,028} = 778 \text{ kW (pie zemākas siltumspējas)}$$

$$\text{Palīgenerģija } Q_A = 0,01 \cdot 800 = 8 \text{ kW.}$$

Sistēmas lietderības koeficients pie zemākās kurināmā siltumspējas:

$$\eta_p = \frac{Q_E}{Q_B + Q_A} \cdot 100 = \frac{800}{778 + 8} \cdot 100 = 101,8\%$$

Par nepieciešamo datu iegūšanas avotu katlu sistēmas izpēti veikšanai var kalpot mērījumi vai ticama informācija, ko sniedz sistēmas apkalpojošais personāls, vai arī abu divu iepriekšminēto avotu kombinācija.

Nepieciešamie mērījumi un aprēķini kā minimums satur sekojošo:

- gāzes plūsma (m^3/h)
- siltuma pievade
- CO_2 vai O_2 saturs dūmgāzēs
- dūmgāzu temperatūra un sadegšanas gaisa temperatūra
- virsmu temperatūru mērījumi vai noteikšana

Veicot mērījumus, aprēķinus un rezultātu izvērtējumu:

- gāzes plūsmām jātiek koriģētām atkarībā no spiediena un temperatūras (skat. pielikumu). Gāzes plūsma nedrīkst pārsniegt noteiktu apjomu, piemēram, katlus nedrīkst darbināt zem to minimālās ražošanas jaudas līmeņa + zudumi.
- Siltuma pievade = koriģētā gāzes plūsma · siltuma vērtība. Lai veiktu šo aprēķinu, ir nepieciešams zināt faktiskā kurināmā siltumspēju.
- Šis mērījums dod iespēju aprēķināt papildus gaisu sadedzināšanas produktos (skat. pielikumu).
- Zinot dūmgāzu temperatūru, apkārtesošā temperatūra un CO_2 vai $\text{O}_2\%$ dūmgāzē dod iespēju aprēķināt zudumus ar dūmgāzēm (skat. vienādojumu pielikumā).
- Atlikušo zudumu vērtību aprēķina, izmantojot virsmu izvērtēto temperatūru vidējos lielumos.

Ekspluatācijas parametru nodrošināšanas vadlīnijas ar dabas gāzi kurināmiem katliem

Papildus gaisam ir jābūt robežās 10-15%. Kad maksimālais CO_2 līmenis parasti ir starp 11,7 un 12,1%, CO_2 vajadzētu būt ne mazākam kā aptuveni 10,5% atkarībā no izmantotā dabas gāzes veida.

Modernajiem katliem un degļiem > 2 MW un ar sadegšanas gaisu, ko kontrolē pastāvīgi dūmgāzē uzstādīti O_2 sensori, papildus gaisu var samazināt līdz 3-5%.

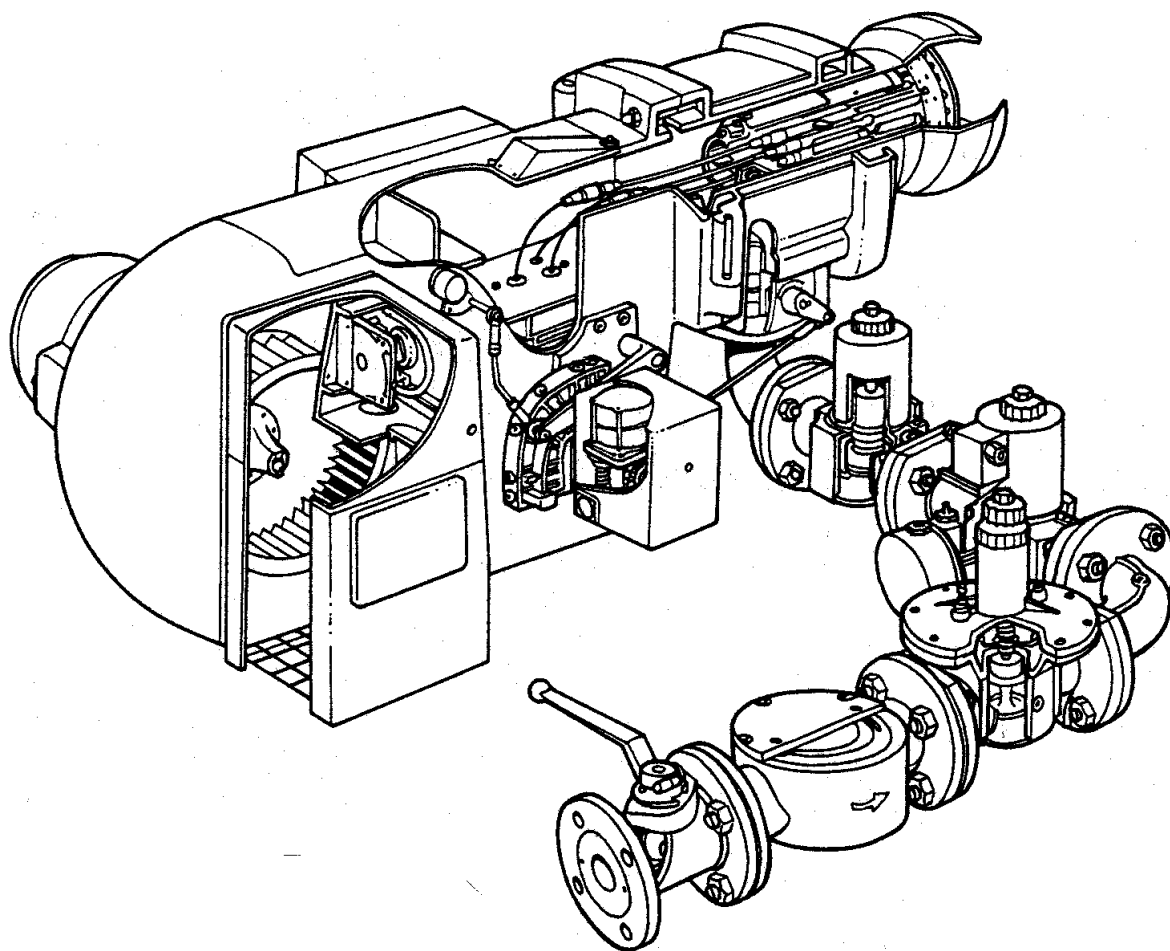
Dūmgāzes temperatūrai ir jābūt pēc iespējas zemākai un nevajadzētu pārsniegt 200 °C pie katla dūmgāzes izejas. Kā likums 1% ietaupījumu gāzes patēriņā tiek panākts, samazinot dūmgāzes temperatūru par 20 °C.

Dūmgāzu zudumiem nevajadzētu pārsniegt 10%, kas aprēķināti, pie gāzes zemākās siltumspējas. Virsmas temperatūras – izņemot mazām, ar ūdeni neatvēsināmām virsmām – nedrīkst pārsniegt 30-35 °C.

Gāzes degļi katlu apkurei

Gāzes plūsmas degļi sastāv no trim galvenajiem elementiem:

- Ventilatora ar elektrisko motoru un ar iespēju regulēt sadedzināšanas gaisu
- Degļa galvas ar gredzenu, gāzes rotācijas sprauslas un liesmas ierobežotāja
- Sastāvdaļām regulēšanai, aizdedzei un – atkarībā no degļa tipa – sistēmām vienlaicīgai gāzes un gaisa kontrolei (skat. attēlu)



Gāzes plūsmas deglis ar “gāzes vilcienu”

Gāzes plūsmas degļi ir pieejami vairākos veidos kā ieslēgšanas-izslēgšanas degļi (vienas pakāpes), divu vai triju pakāpju degļi vai slīdošie divpakāpju degļi. Taču degļi ir pieejami arī vairākos modulēšanas veidos, lielāki ir spējīgi modulēt no 1:4 līdz pat 1:10.

Jaunāko ideju attiecībā uz gāzes plūsmas degļiem mērķis ir enerģijas efektivitātes un sadedzināšanas kvalitātes uzlabošana, lai samazinātu piesārņotāju emisiju.

Komerčiāli ir pieejamas sekojošas sistēmas:

- Neliela degļu sadegšanas gaisa regulēšana (1 - 2 % apmērā no gaisa pārpalikuma). To panāk, pastāvīgi uzraugot O₂ sastāvu dūmgāzēs, izmantojot cirkonija šūnu un ar mikroprocesoru vadītu regulējošo moduli. Relatīvi augsto izmaksu dēļ sistēmu pielieto tikai vidēja un liela izmēra degļiem (> 2 MW).
- Daļas dūmgāzu atkārtota cirkulācija sadedzināšanas procesā. Tas samazina liesmas temperatūru un pazemina O₂ parciālo spiedienu, kas kopumā nozīmīgi samazina NO_x emisiju.
- Pakāpeniska sadedzināšana, kur sadedzināšana notiek 2 vai 3 pakāpēs arī samazina liesmas temperatūru un tādējādi samazina arī NO_x emisiju. Mazajiem degļiem (līdz aptuveni 500 kW) īpaši veidotas degļu galvas dod iespēju samazināt NO_x emisiju un nodrošina labāku gāzes un gaisa sajaukšanos.
- Elektriskā motora, kas darbina sadedzināšanas gaisa ventilatoru, kas aprīkots ar frekvences pārveidotāju ātrum izmaiņai; rotācijas kontrole var tikt izmantota modulēšanas deglim un var uz pusi samazināt elektroenerģijas patēriņu. Kombinācijā ar O₂ kontroli ietaupījumi var būt pat lielāki.

Dažādu dabas gāzu sastāvs un raksturojums

Sastāvā [%]	Dānijas dabas gāze H tips	Krievijas gāze H tips	Nīderlandes gāze L tips	Norvēģijas gāze H tips
CH ₄	91,1	92,3	81,3	86,0
C ₂ H ₆	4,7	4,0	2,9	7,7
C ₃ H ₈	1,7	1,1	0,4	2,9
C ₄ H ₁₀	1,4	0,3	0,1	0,8
C _X H _Y		0,3	0,1	0,3
CO ₂	0,5	0,7	0,9	1,6
N ₂	0,6	1,3	14,3	0,7

1. attēls. Dažādu dabas gāzu tipu piemēri

Gāzes tips	Augstākā siltumspēja H ₇ [MJ/m _n ³]	Tīrā siltumspēja H _i [MJ/m _n ³]	Augstākais <i>wobbe</i> skaitlis W ₇ [MJ/m _n ³]	Zemākais <i>wobbe</i> skaitlis W ₇ [MJ/m _n ³]	Blīvums ρ [kg/m _n ³]	Relatīvais blīvums d [-]
Ūdeņradis H ₂	12,745	10,783	48,340	40,898	0,08988	0,0695
Oglekļa monoksīds CO	12,633	12,633	12,846	12,846	1,2505	0,9671
Metāns CH ₄	39,819	35,882	53,454	48,170	0,7175	0,555
Etāns C ₂ H ₆	70,293	64,345	68,666	62,856	1,3550	1,048
Propāns C ₃ H ₈	101,242	93,215	81,181	74,744	2,011	1,555
n-butāns C ₄ H ₁₀	134,061	123,810	92,635	85,552	2,708	2,094
n-pentāns C ₅ H ₁₂	(169,19)	(156,16)	(103,54)	(95,81)	(3,452)	(2,670)
n-heksāns C ₆ H ₁₄	(208,70)	(193,38)	(114,63)	(106,21)	(4,29)	(3,315)
Pilsētas gāze	17,57	15,48	24,16	21,26	0,69	0,53
Pilsētas gāze (butāns/gaiss)	25,13	23,15	22,97	21,22	1,54	1,19
Pilsētas gāze (propāns/gaiss)	29,30	26,93	26,96	24,79	1,53	1,18
Dabasgāze	43,07	38,93	54,60	49,36	0,805	0,622
Dabasgāze (propāns/gaiss)	58,54	53,89	51,34	47,27	1,68	1,30
Butāns (komerciālais)	132,01	123,55	92,70	85,46	2,7	2,09
Propāns (komerciālais)	101,81	93,56	81,47	75,15	2,00	1,55

1) Tipiskās vērtības

Vielām, kas ir kondensētas normālos apstākļos, vērtības dotas iekavās

2. attēls. Siltumspēja, *wobbe* skaitlis un blīvums

Gāzes tips	Aizdeģšanās temperatūra [°C]	Zemākās aizdeģšanās robežas gāzes koncentrācija [Vol.%]	Augstākās aizdeģšanās robežas gāzes koncentrācija [Vol.%]	Maksimālais liesmas ātrums [cm/s]
Ūdeņradis H ₂	530	4,1	72,5	346
Oglekļa monoksīds CO	610	19,6	72,9	20
Metāns CH ₄	645	5,1	13,5	43
Etāns C ₂ H ₆	530	3,1	11,7	49
Propāns C ₃ H ₈	510	2,5	9,3	47
n-butāns C ₄ H ₁₀	490	2,0	7,6	45
n-pentāns C ₅ H ₁₂	285	1,3	7,6	55
n-heksāns C ₆ H ₁₄	240	1,2	7,4	48
Pilsētas gāze	450	-	-	90
Pilsētas gāze (butāns/gaiss)	365	-	-	45
Pilsētas gāze (propāns/gaiss)	450	-	-	47
Dabāsgāze	450	4	16	47
Dabāsgāze (propāns/gaiss)	540	-	-	43
Butāns (komerciālais)	365	-	-	45
Propāns (komerciālais)	450	-	-	47

3. attēls. Aizdeģšanās raksturlielumi

Gāze				Zemākais nepieciešamais O ₂ daudzums		Dūmgāzu sastāvs (λ=1)					
Sastāvā	Tilpuma sadalījums	Tīrā siltumspēja H _i		f _{O₂}	O _{2,min}	f _{CO₂}	u _{CO₂}	f _{N₂}	u _{N₂,m}	f _{H₂O}	u _{H₂O,m}
		$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$		$\frac{\text{m}^3 \text{ O}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$		$\frac{\text{m}^3 \text{ CO}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$		$\frac{\text{m}^3 \text{ N}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$		$\frac{\text{m}^3 \text{ H}_2\text{O}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$
H ₂		10,783		½						1	
CO		12,633		½		1					
CH ₄	0,911	35,883	32,689	2	1,822	1	0,911			2	1,822
C ₂ H ₆	0,047	64,345	3,024	3 ½	0,165	2	0,094			3	0,141
C ₃ H ₈	0,017	93,215	1,585	5	0,085	3	0,051			4	0,068
n-C ₄ H ₁₀	0,014	123,810	1,733	6 ½	0,091	4	0,056			5	0,070
C _n H _m				$n + \frac{m}{4}$		n				$\frac{m}{2}$	
CO ₂	0,005					1	0,005				
N ₂	0,006							1	0,006		
O ₂				-1	0						
Σ	1,000	H _i = 39,032		O _{2,m} = 2,163		u _{CO₂} = 1,117					
Sadegšanas gaiss	λ = 1	Mazākais nepieciešamais gaisa daudzums $L_{\min} = \frac{O_{2,\min}}{0,21} = 10,30 \frac{\text{m}^3 \text{ gaisa}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$		$u_{N_{2,i}} = 0,79 \cdot L_{\min} = 0,79 \cdot 10,30 \frac{\text{m}^3 \text{ N}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$				1	8,137		
				(N ₂ gaisā)				$u_{N_{2,m}} = 8,143$			
			$u_{H_2O,i} = x_a \cdot \frac{1,29}{0,80} \cdot L_{\min} = 0,005 \cdot \frac{1,29}{0,80} \cdot 10,30 \frac{\text{m}^3 \text{ H}_2\text{O}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$						1	0,083	
			(H ₂ O gaisā)							$u_{H_2O,m} = 2,184$	
	λ > 1	Padotais gaiss		$L = \lambda \cdot L_{\min} = 1,10 \cdot 10,30 = 11,330 \frac{\text{m}^3 \text{ sauss gaiss}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$							
Dūmgāze	λ = 1	Minimālais daudzums sausās dūmgāzes		$u_{\min, \text{saus}} = u_{\text{CO}_2} + u_{N_{2,m}} = 1,117 + 8,143 = 9,260 \frac{\text{m}^3 \text{ sauss gaiss}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$							
		Minimālais daudzums mitrās dūmgāzes		$u_{\min, \text{mits}} = u_{\min, \text{saus}} + u_{H_2O,m} = 9,260 + 2,184 = 11,444 \frac{\text{m}^3 \text{ mitrs gaiss}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$							
	λ > 1	Vispārējais dūmgāzes sastāvs	$u_{\text{CO}_2} = 1,117 \frac{\text{m}^3 \text{ CO}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$				CO ₂	$\frac{u_{\text{CO}_2}}{u_{\text{saus}}} \cdot 100 = 10,9$		$\frac{u_{\text{CO}_2}}{u_{\text{mits}}} \cdot 100 = 9,0$	
			$u_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (\lambda - 1) \cdot L_{\min} = 0,216 \frac{\text{m}^3 \text{ O}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$				O ₂	$\frac{u_{\text{O}_2}}{u_{\text{saus}}} \cdot 100 = 2,1$		$\frac{u_{\text{O}_2}}{u_{\text{mits}}} \cdot 100 = 1,7$	
			$u_{N_2} = u_{N_{2,m}} + 0,79 \cdot (\lambda - 1) \cdot L_{\min} = 8,951 \frac{\text{m}^3 \text{ N}_2}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$				N ₂	$\frac{u_{N_2}}{u_{\text{saus}}} \cdot 100 = 87,0$		$\frac{u_{N_2}}{u_{\text{mits}}} \cdot 100 = 71,7$	
			$u_{H_2O} = u_{H_2O,m} + x_t \cdot \frac{1,29}{0,80} \cdot (\lambda - 1) \cdot L_{\min} = 2,194 \frac{\text{m}^3 \text{ H}_2\text{O}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$				H ₂ O			$\frac{u_{H_2O}}{u_{\text{mits}}} \cdot 100 = 17,6$	
	Sausu dūmgāzu apjoms		$u_{\text{saus}} = u_{\text{CO}_2} + u_{\text{O}_2} + u_{N_2} = 10,284 \frac{\text{m}^3 \text{ sausa dūmgāze}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$				$\text{CO}_{2,\max} = \frac{u_{\text{CO}_2}}{u_{\min, \text{saus}}} \cdot 100\% = 12,0\%$				
Mitru dūmgāzu apjoms		$u_{\text{mits}} = u_{\text{saus}} + u_{H_2O} = 12,478 \frac{\text{m}^3 \text{ mitra dūmgāze}}{\text{m}^3 \text{ gāze}}$									

Slodzes noteikšana

Slodzes noteikšana ar gāzi kurināmiem katliem balstās uz gāzes plūsmas mērījumiem, katlam darbojoties.

Tādējādi degļa slodzi Q_B aprēķina:

$$Q_B = (f \cdot V \cdot H_i) \text{ [kW]}$$

kur

$$f = \frac{B_0 + P_g}{1013} \cdot \frac{273}{273 + t_g} \quad [-]$$

B_0 ir barometriskais spiediens [mbar]

P_g ir gāzes spiediens pie skaitītāja [mbar]

t_g ir gāzes temperatūra pie skaitītāja [$^{\circ}\text{C}$]

V ir izmērītais gāzes daudzums [m^3/h]

H_i ir gāzes neto siltumspēja [kWh/m^3_n]

Piemērs:

$$V = 41 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_i = 10,8 \text{ kWh}/\text{m}^3_n$$

$$B_0 = 1020 \text{ mbar}$$

$$P_g = 3600 \text{ mbar}$$

$$t_g = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_B = \frac{1020 + 3600}{1013} \cdot \frac{273}{273 + 18} \cdot 41 \cdot 10,8 = 1894,27 \text{ kW}$$

Dūmgāzu zudumi

Dūmgāzu zudumus nosaka, mērot dūmgāzu temperatūru, procentuālo CO₂ vai O₂ saturu dūmgāzē un sadegšanas gaisa temperatūru.

Katliem bez kondensācijas var izmantot sekojošas formulas, kas ir samērā precīzas, ja dūmgāzu temperatūra nepārsniedz 350 °C.

$$Zudumi = \left(\frac{38}{21 - CO_{2\text{sauss}} \%} + 1,0 \right) \cdot \left(\frac{t_{dumg} - t_{sad.g.}}{100} \right) \quad [\%]$$

$$Zudumi = \frac{66}{21 - O_{2\text{sausa}} \%} + 1,0 \cdot \left(\frac{t_{dumg} - t_{sad.g.}}{273 + t_g} \right) \quad [\%]$$

kur

CO_{2sauss}% ir sauss CO₂ dūmgāzēs [%]

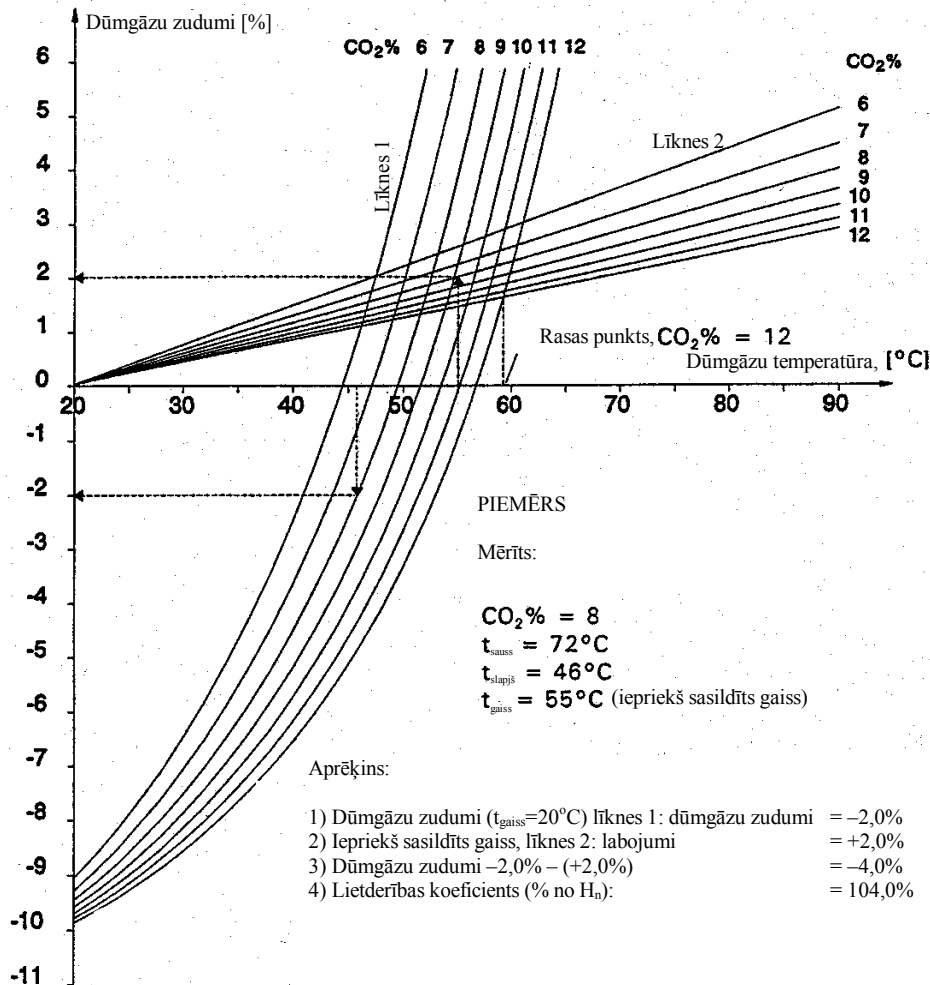
O_{2sauss}% ir sauss O₂ dūmgāzēs [%]

t_{dūmg} ir dūmgāzu temperatūra [°C]

t_{sad.g.} ir sadegšanas gaisa temperatūra [°C]

Katliem ar kondensāciju minētās formulas izmantot nevar. Tā vietā izmanto sekojošo diagrammu. Kā redzams, dažos gadījumos dūmgāzu zudumi var būt negatīvi. Tas ir tādēļ, ka dūmgāzu zudumus aprēķina, balstoties izmantotās gāzes neto siltumspēju, tā lai to varētu salīdzināt ar dūmgāzu zudumiem no katliem bez kondensācijas. Tādējādi aprēķināti dūmgāzu zudumi –4% ir vienādi 104% lietderības koeficientam, kas balstīts uz kurināmā neto sadegšanas vērtību.

Dūmgāzu zudumi kondensācijas režīmā



Enerģijas ietaupījumi rūpniecībā, tehnoloģiskie procesi, kuros tiek izmantota gāze

Sadedzināšanas sistēmas

Dabas gāze Latvijā tiek izmantotā gandrīz visās rūpniecības nozarēs lielos daudzumos un daudzveidīgos procesos, kuros temperatūra ir sākot no aptuveni 70 °C līdz pat 1650 °C. Skalas zemākajā daļā atrodas ar žāvēšanu saistītas darbības krāsu ražošanā, ķieģeļu un dakstiņu un citu granulētu materiālu, ieskaitot pārtiku un farmaceitiskos preparātus, pirmsžāvēšanas procesos. Šās skalas augšējā daļā augstas temperatūras ir nepieciešamas, lai kausētu metālus, stiklu un minerālus minerālvates ražošanai, kā arī metālu uzkarstēšanai pirms to karstās pārstrādes.

Degļi un vadības iekārtas

Latvijas rūpniecībā izmantotie degļi pārstāv lielu skaitu to patentētu veidu un dažos gadījumos tādus veidus, kas izstrādāti īpašām rūpniecības vajadzībām.

Pārsvārā var sastapt parasto tipu degļus, kurus var iedalīt sekojošās kategorijās:

- difūzijas liesmas degļi (pēc-aerācijasdegļi)
- atmosfēras degļi (dabiskās vilkmes degļi)
- iepriekšējas sajaukšanas gaisa piespiedu ventilācijas degļi
- sprauslas tipa piemaisīšanas degļi
- citi degļi un īpašie pielietojumi

Reti izmantojamie vai pagaidām neizmantojamie degļi ir sekojoši modernu tipu degļi:

- starojuma vai virsmas sadegšanas degļi
- katalītiskas sadegšanas degļi
- starojuma cauruļu degļi
- iegremdētie degļi
- pašrekuperācijas degļi
- zema NO_x-līmeņa degļi

Lai sasniegtu pareizās gāzes/ gaisa proporcijas, optimālo slodzi un optimālo sadegšanu dotajā procesā, degļu vadība parasti tiek veikta pneimatiski vai mehāniski. Taču dažos procesos vadība tiek veikta manuāli.

Pareizas temperatūras uzturēšana cepļos, kurtuvēs, krāsnīs utt. parasti tiek regulēta ar sensoru palīdzību, kas savukārt regulē gāzes/ gaisa spiedienu uz degļiem. Vadība, regulēšana un koriģēšana ar mikroelektronisko iekārtu palīdzību un procesu uzraudzība datoru monitoros ir ļoti reta vai arī tās vispār nav.

Siltuma reģenerācija

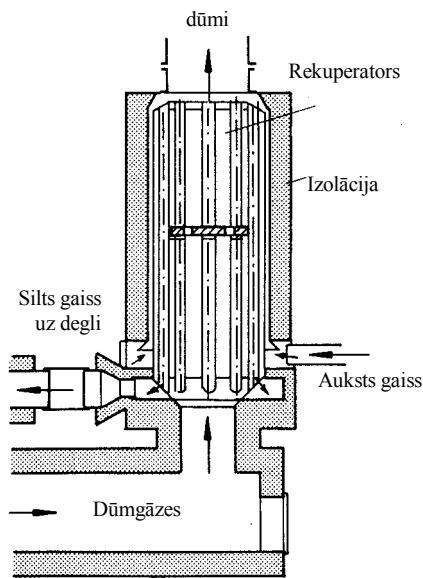
Ekonomaizeru izmantošana, lai iegūtu siltumu no katlu dūmgāzēm, Latvijā ir parasta parādība, kaut arī tas galvenokārt attiecas uz tvaika katliem. No otras puses siltuma reģenerācija rūpniecības procesos ir nepierasta parādība, kaut gan iespējama, pateicoties augstiem temperatūras līmeņiem.

Siltuma reģenerācijas iespējas ir daudzveidīgas un to var sastapt gandrīz visās nozarēs, kuras ir saistītas ar siltuma procesiem.

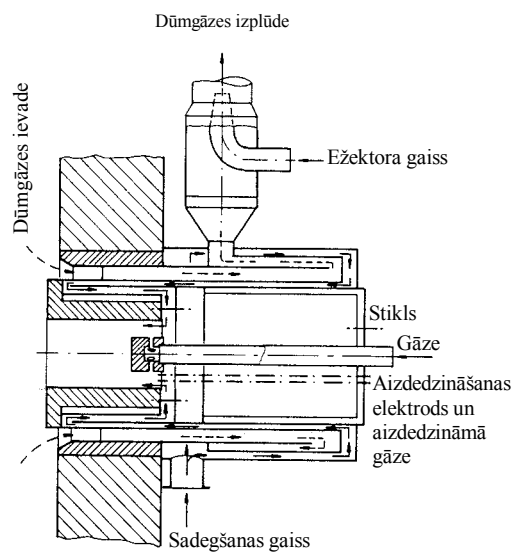
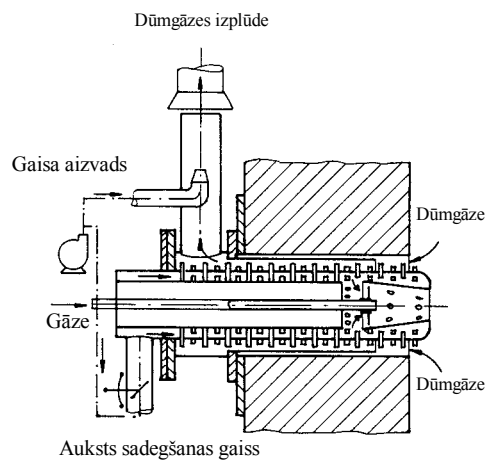
Enerģijas taupīšanas iespējas, enerģijas efektivitātes uzlabošana

- Slodzes un sadedzināšanas kvalitātes noteikšana, piemēram, papildus gaiss, nesadedzināti ogļūdeņraži, oglekļa oksīds (CO) un sekojoša optimāla degļu noregulēšana.
- Optimālo slodžu nodrošināšana visās siltumapgādes sistēmās.
- Izplūdes gāzu zudumu samazināšana, pirms tam sasildot sadedzināšanas gaisu, uzstādot reģenerējošos degļus, rekuperatorus vai rekuperācijas degļus.
- Siltuma pārvades optimizēšana procesos, aizvietojot esošos degļus ar degļiem, kas labāk atbilst dotajam procesam.
- Nepareizas ražošanas procesā radušos atkritumu samazināšana, uzstādot daudz precīzāku automatiskās vadības iekārtu temperatūras, apstrādes laika un citu parametru kontrolei.

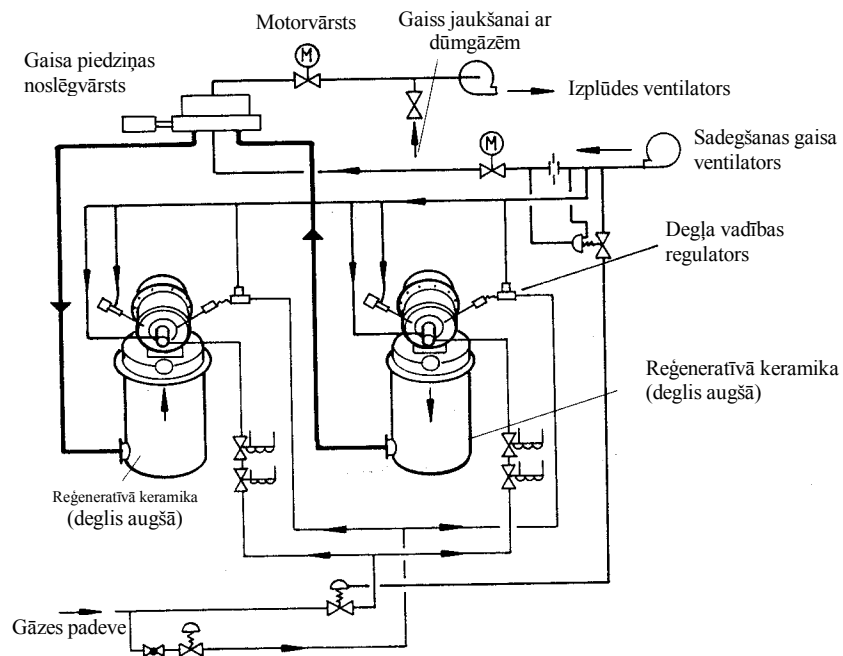
Sekojošie attēli un tiem atbilstošie grafiki attēlo modernos siltuma reģenerācijas degļus un ietaupījumus salīdzinājumā ar tradicionālajiem degļiem.



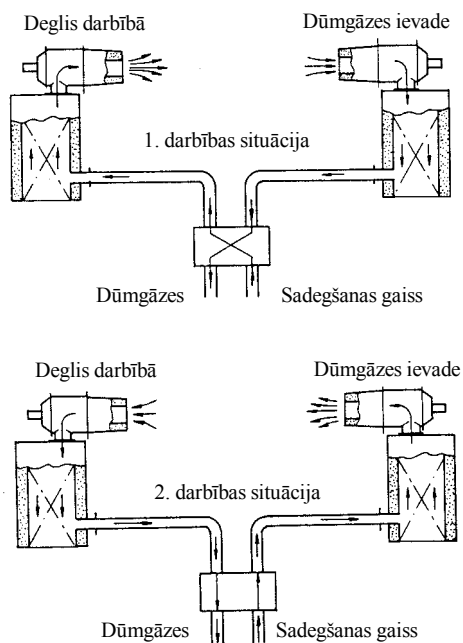
Dūmgāzu rekuperators



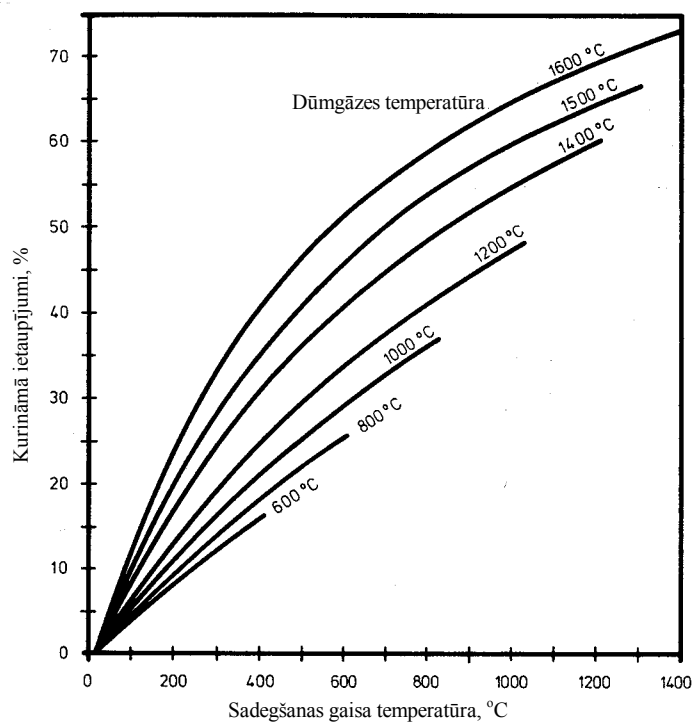
Rekuperācijas degļi



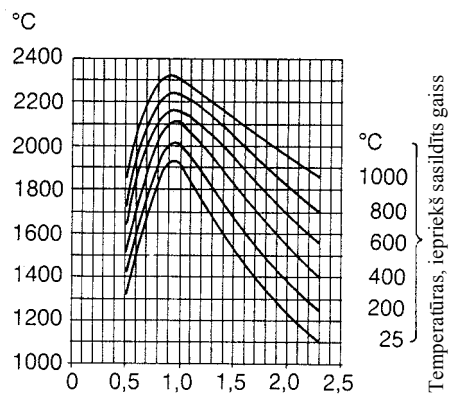
Reģeneratīvās degļu sistēmas modelis



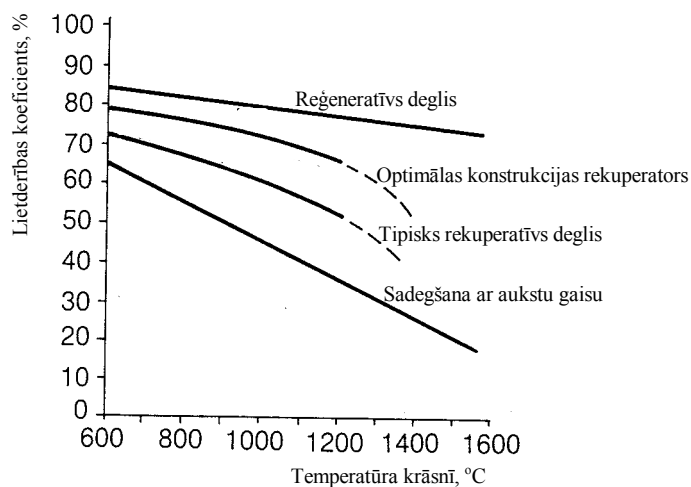
Darbības princips, reģeneratīvā degļa sistēma



Kurināmā ietaupījumi, uzsildot sadedzināšanas gaisu

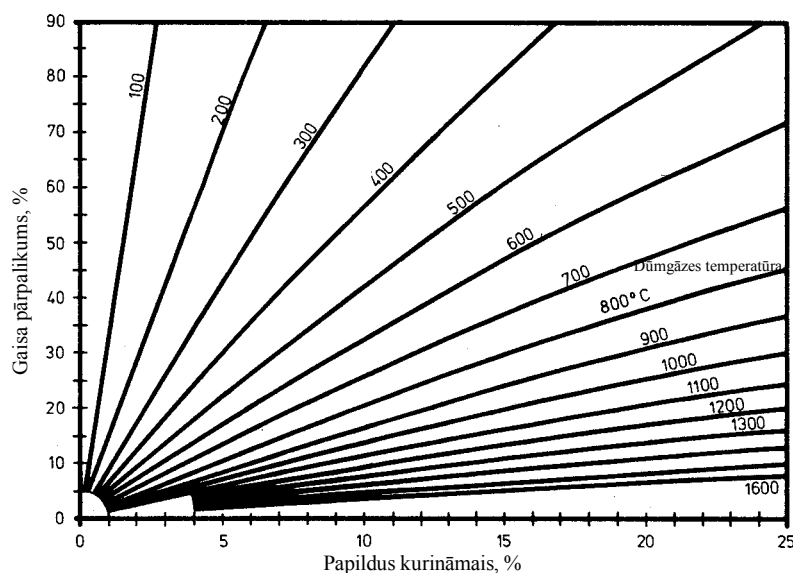


Teorētiskā sadedzināšanas temperatūra pie dažādām priekšsildes temperatūrām



$$\text{Lietderība} = \frac{\text{Sadedzināšanas jauda} - \text{siltuma zudumi dūmgāzē pēc siltummaiņas}}{\text{Sadedzināšanas jauda}}$$

Reģeneratīvo degļu ar rekuperatoriem un rekuperatīvo degļu efektivitātes salīdzinājums



Pārpalikuma patēriņš caur papildus sadedzināšanas gaisu

Darbības principi ES

Pateicoties augstai konkurencei starp preču ražotājiem, kā arī konkurencei gan pašmāju, gan eksporta tirgos, kā arī pateicoties tirdzniecības barjeru aizliegumam ES, ražotājam ir ļoti svarīgi samazināt izmantotā kurināmā apjomu līdz minimumam. Arī stingri likumi attiecībā uz piesārņotāju izmešiem un sagaidāmie nākotnes "zaļie" likumi, kas ieviesīs CO₂ izmešu apjomu, kas radies kurināmā sadedzināšanas rezultātā, aplikšanu ar nodokļiem, ieņem nozīmīgu lomu kurināmā patēriņā minimālā līmeņa uzturēšanā.

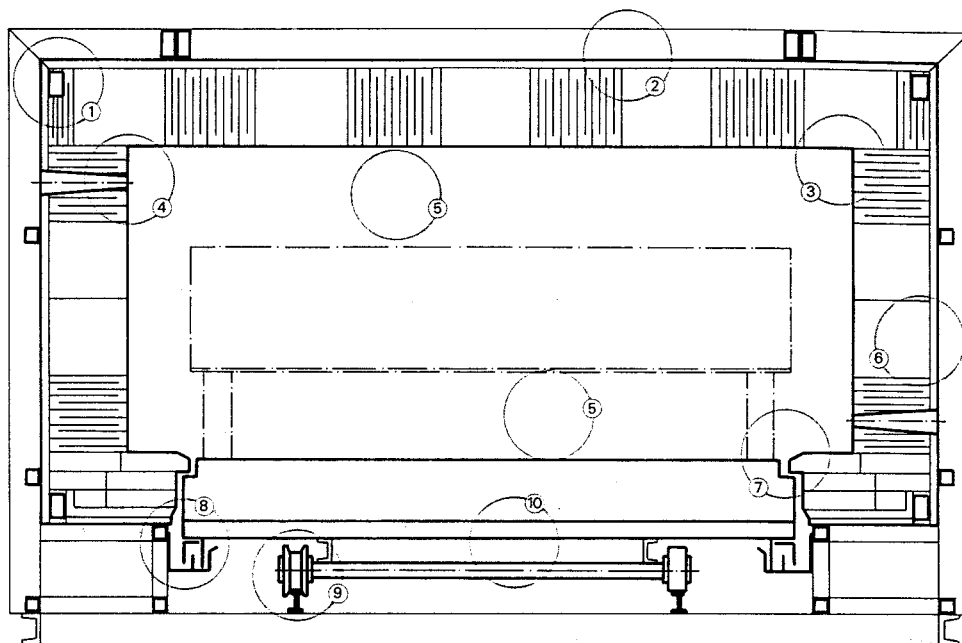
Visi šie noteikumi motivē degļu, siltuma ieguves sistēmu ražotājus, kas savukārt nosaka nopietnus konkurējošus parametrus, pārdodot šos produktus.

Ceplī, kurtuves un krāsnis

Kurināmā patēriņš uz vienu gatavās produkcijas vienību Latvijā ir diezgan augsts salīdzinājumā ar vidējo patēriņu uz vienību ES dalībvalstīs. Protams, šis fakts attiecas uz visām enerģijas ražošanas sistēmas daļām un daudzajiem soļiem enerģijas patēriņa procesā. Bet enerģijas efektivitāte ir ļoti atkarīga arī no ceplu, kurtuvju un krāšņu, kas tiek izmantotas procesā, veida un stāvokļa.

Raksturīgākās īpašības šajā jomā ir ļoti augstas virsmas temperatūras kā arī samērā lielas sadegšanas produktu, kas tiek novadīti skurstenī, temperatūras. Tā kā daudzām krāsnīm un kurtuvēm ir ļoti lielas virsmas un tās bieži tiek darbinātas 24 stundas diennaktī praktiski visu gadu, zudumi ir milzīgi. Krāsnis, ceplī un kurtuves, kas tiek izmantotas Latvijas rūpniecībā, parasti pieder tradicionālajam novecojušam veidam, tās tika konstruētas tad, kas kurināmā patēriņš bija mazāk nozīmīgs faktors. Pašreizējais krāšņu uzturēšanas stāvoklis bieži vien ir neapmierinošs, dažreiz tāpēc, ka nav iespējams dabūt rezerves daļas.

Attēlā ir parādīta tuneļkrāsns šķērsgriezumā, tālāk nosaukti 10 svarīgākie pieturpunkti moderno krāšņu konstruēšanā.



Modernas, izolētas ar keramikas šķiedras blokiem, tuneļkrāsns šķērsgriezums. Attēlā ir iezīmēti 10 svarīgāie punkti

- 1 - Iebūvētas sadedzināšanas gaisa caurules, lai uzlabotu apkures efektivitāti ("iekšējā rekuperācija")
- 2 - Ātra un ekonomiska montāža, izmantojot īpašu konstrukciju un krāsns apvalku
- 3 - Optimāla krāsns izolācija, izmantojot keramiskās šķiedras blokus
- 4 - Degļu sistēmas priekšsildītā sadegšanas gaisam nozīmē zemu enerģijas patēriņu
- 5 - Optimālā krāsns telpas konfigurācija nodrošina labu gaisa cirkulāciju krāsnī un labu temperatūras līdzsvaru visās krāsns zonās
- 6 - Īpaša iebūvēta izolācija un gāzes necaurlaidīgs tērauda pārsegs nodrošina krāsnij ilgu mūžu
- 7 - Masīva un izturīga plāksne ar ļoti šauru labirinta-veida spraugu
- 8 - Laba krāsns blīvēšana ar dubultu smilšu kanālu, kas pildīts ar speciālām smiltīm, aizsargā krāsnī no lieka gaisa pieplūdes un ratiņu pārkaršanas
- 9 - Precīza plauktu kustība, izmantojot divkārtējo riteņu uzdevu un zemu sliekšņa augstumu
- 10 - Viegla konstrukcija cieti plaukti samazina enerģijas patēriņu

Procesa temperatūras, krāsns atmosfēras, mērīšanas un vadības iekārta, slodzes

Lai uzturētu optimālas procesa temperatūras un vienlaicīgi optimālas krāsns atmosfēru dotajam produktam, ir nepieciešama ātra un efektīva mērīšanas un vadības iekārta, it īpaši tajos gadījumos, kad tiek pārstrādāti dažādas kvalitātes materiāli ar mainīgām slodzēm. Pretējā gadījumā rezultāts būs augstāks enerģijas patēriņš, pārstrādātā produkta zemāka kvalitāte un augstāks atkritumu procents. Mūsdienu iekārtas, tādas kā kalkulācijas sistēmas, mikrodatori un procesa kalkulatori tiek izmantoti lielās sistēmās kombinācijā ar skaitītājiem un sensoriem, lai veiktu ļoti precīzu regulēšanu un vadību, kā arī nodrošinātu informācijas plūsmu.

Šāda veida iekārtas ir ļoti retas vai vispār nav sastopamas Latvijas rūpniecībā.

Enerģijas taupīšanas iespējas, iespējamā efektivitātes uzlabošana

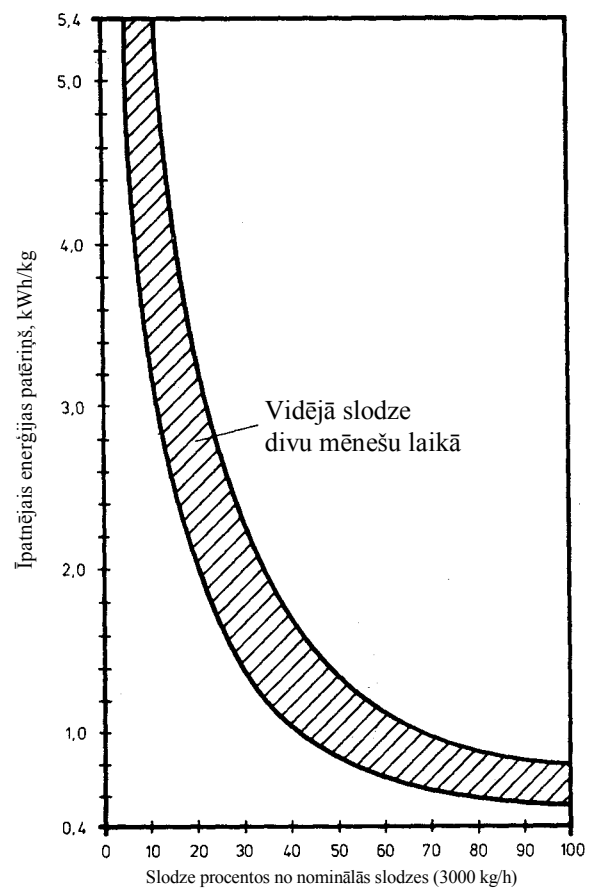
Dažas no zemu izmaksu enerģijas taupīšanas iespējām ir:

- Degšanas un starojuma caur darba atverēm, krāsns durvīm un apskates atverēm siltuma zudumu noteikšana un sekojoši uzlabojumi un remontdarbi.
- Pilnīga sistēmas jaudas izmantošana īpatnējā enerģijas patēriņa samazināšanai
- Nepārtraukta enerģijas izmantošanas kontrole, uzstādot skaitītājus un regulējošās iekārtas.
- Piesardzības pasākumi, lai optimizētu procesu radītās sekas, veicot tos enerģijas ziņā visizdevīgākajā veidā. Piemēram, aprēķinot un saskaņojot procesu vadību ar optimālām siltuma līknēm un regulējot degļa iestādījumus, lai tie atbilstu krāsns darbībai.

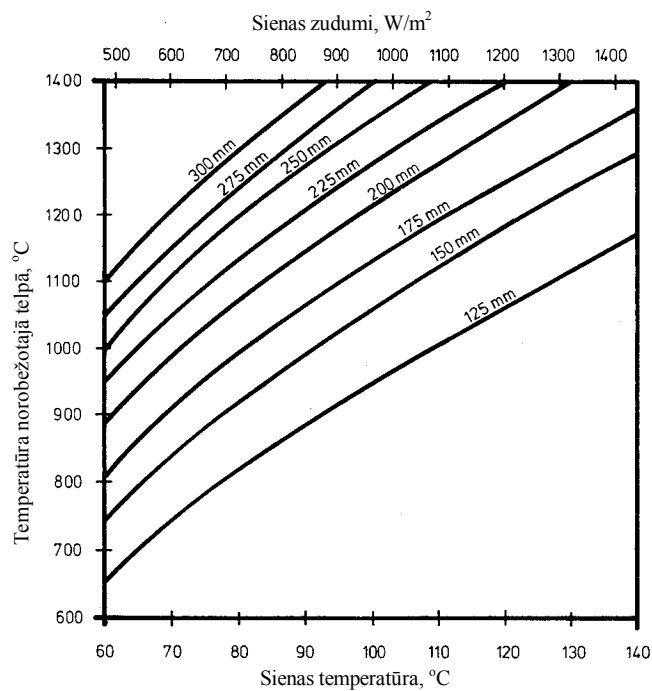
Daži intensīvāki piesardzības pasākumi:

- Siltuma zudumu samazināšana no krāsns virsmas, izmantojot attiecīgo izolāciju, kur vien iespējams.
- Mazāko krāšņu, ceplu un kurtuvju optimizēšana, aizvietojot ugunsizturīgos ķieģeļus ar viegliem izolācijas materiāliem (keramiskā šķiedra), īpaši krāsnīs, kur darbs nav pastāvīgs.
- Novecojušu krāšņu vai citu siltumu izmantojošu sistēmu daļu pilnīga atjaunošana vai rekonstrukcija.
- Modernu vadības principu izmantošana, tādu kā proporcionālā kontrole, gaisa pārpilnības sensori, mikrodatori un procesa kalkulatori.

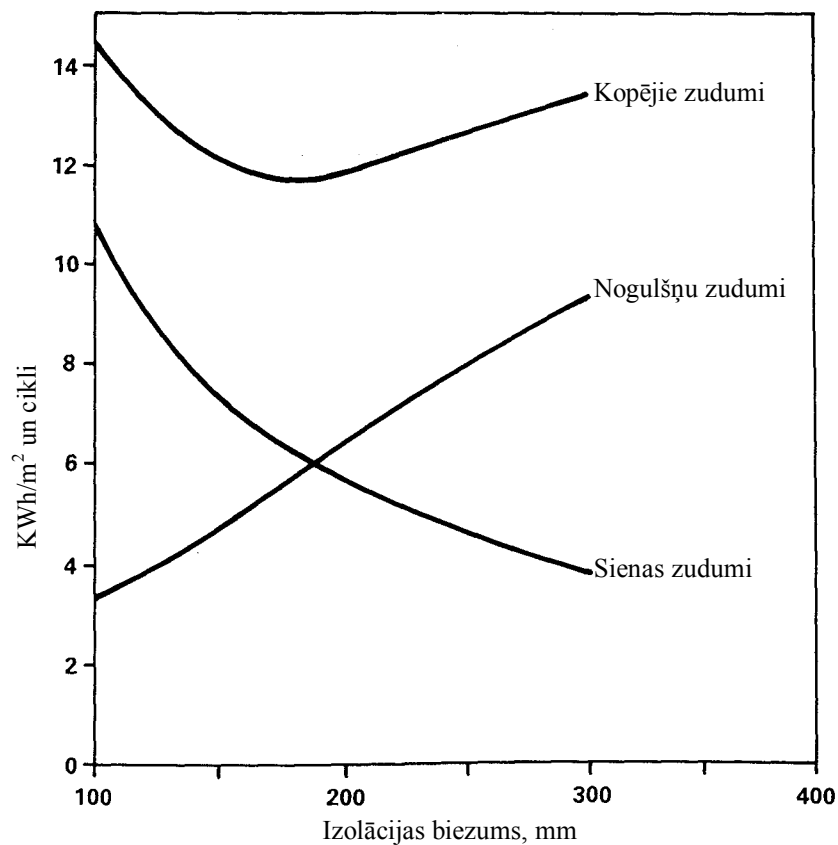
Seko grafiki, kas attēlo ietaupījumus un uzlabotu efektivitāti ar dažiem no iepriekšminētajiem piesardzības pasākumiem.



Īpatnējais enerģijas patēriņš atkarībā no krāsns slodzes (3000 kg/h)



Tehniskie dati keramiskās šķiedras izolācijai (alumīnija silikāts) pie apkārtējās temperatūras 20 °C



Shematiski parādīti siltuma zudumi nevienmērīgas (īslaicīgas) darbības gadījumā

Darbības principi ES

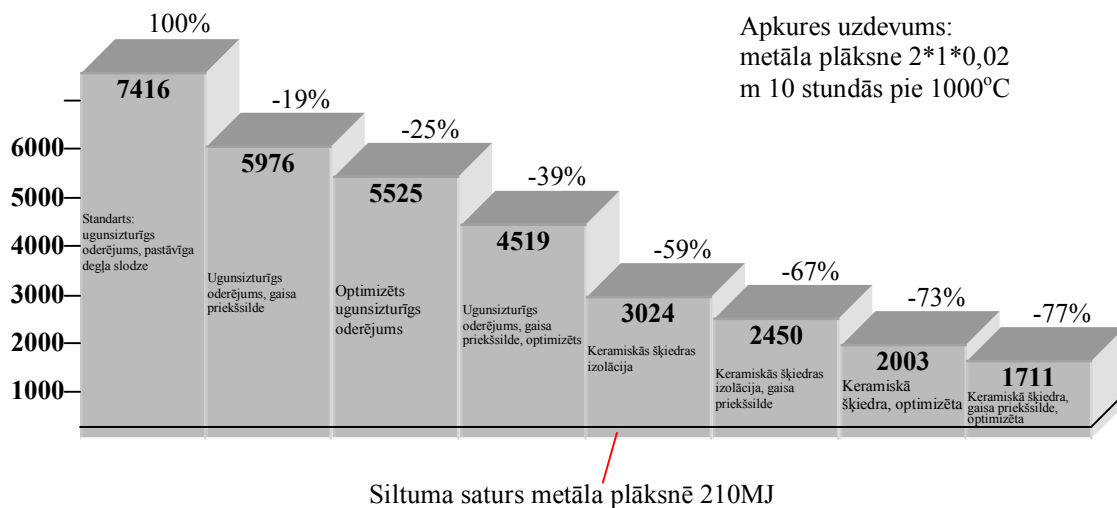
Daudzās ES dalībvalstīs notiek nepārtraukts izpētes un attīstības process attiecībā uz ceļiem, kurtuvēm un krāsnīm. Izpēti un pilnveidošanu veic ražotāji, gāzes kompānijas un tehniskās universitātes.

Mērķis ir uzlabot izgatavotās produkcijas kvalitāti, kā arī pazemināt ražošanas izmaksas.

Pēdējais tiek sasniegts dažādos veidos, no kuriem svarīgākais ir uzlabot efektivitāti un ietaupīt kurināmo. Statistika rāda, ka no 100% īpašā kurināmā patēriņa uz vienu preces vienību 1960.gadā, patēriņš 1998.gadā nozarē kopumā bija 52%.

Kā, piemērs tika aprēķināta enerģijas taupīšanas pasākumu ietekme saistībā ar konkrētu apkures uzdevumu. Izmantojot visas iespējas, vairāk nekā 70% no enerģijas varēja ietaupīt salīdzinājumā ar standart sistēmu.

Zemāk redzamais grafiks parāda pakāpenisku uzlabošanu konkrētā gadījumā.



Enerģijas efektivitātes uzlabojumu efekts

Sadedzināšanas tehnisku iemeslu dēļ kā arī labākajai iespējamajai enerģijas izmantošanai šobrīd izmanto pilnībā automatizētus temperatūras regulatorus un kurināmā maisīšanas regulatorus pat vienai kurtuvei.

Modernas aprēķinu sistēmas, tādas kā mikrodatori un procesa kalkulatoru ieviešana ir pašsaprotama lieta, nevis izņēmums. Tas dod lielu skaitu iespēju, no kurām var izcelt galvenos procesa kalkulatora uzdevumus:

- Uzsildīšana līdz nepieciešamajām procesa temperatūrām dažādas kvalitātes materiāliem un dažādiem mērījumiem neatkarīgi no faktiskās slodzes jebkurā laikā.

- Uzsildīšanas vadība, izmantojot krāsns izdalītās temperatūras vērtības vienai apsildīšanas zonai atkarībā no krāsns slodzes un krāsns eksploataācijas stāvokļa.
- Krāsns dinamiska vadīšana, samazinot krāsns temperatūru (enerģijas taupīšana, nepārkarsēšana utt.) un pareizi izplānota krāsns palaišana.
- enerģijas līdzsvara uzturēšana nepārtraukta informācijas sniegšana par krāsns darbības stāvokli.
- Materiālu kustības parādīšana caur procesiem, izmantojot grafiskus zīmējumus uz datoru ekrāniem.
- Datu sagatavošana un ražošanas protokola sastādīšana
- Protokola izdošana, rādot ikdienas saražoto apjomu un krāsns slodzes.

Tvaika iekārtas

Tipiskākais tvaika piegādes sistēmas modelis daudzās Latvijas rūpnīcās sastāv no centrālās katlu sistēmas ar 2 vai vairāk ar gāzi kurināmiem katliem, kas dod 4-6 MW katrs. Tvaiks tiek saražots pie spiediena aptuveni 6 bāri un bieži vien pastāv dažas variācijas starp tvaika ražošanu ziemā un vasarā.

Saražotais tvaiks tiek izmantots ražošanas procesos un telpu apkurei rūpnīcu ēkās, ēdnīcās un biroju telpās. Dažreiz tvaika siltums siltummaiņos tiek pārveidots un novadīts uz karstā ūdens un telpu apkures sistēmām.

Vispār, tvaika cauruļvadu tīkls ir plašs, jo centralizēti izvietotie katli un notiekošie procesi rūpnīcas ēkās atrodas tālu viens no otra. Kā likums sadales cauruļvadi atrodas ārpusē. No maģistrāles atzarojas līnijas, kas nonāk attiecīgajā rūpnīcas daļā

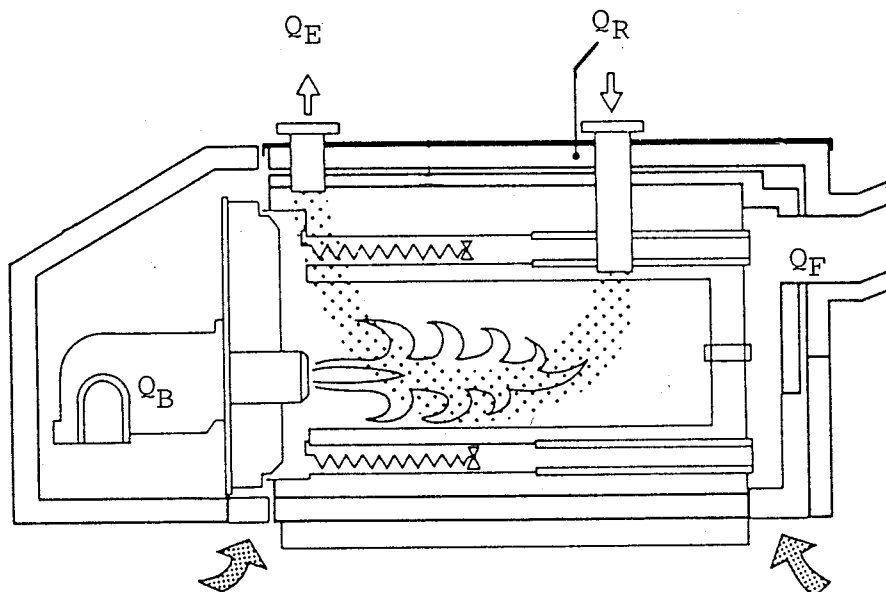
Katli

Katli parasti ir ar lielām degšanas kamerām un diviem vai vairāk uguns kanāliem (dūmu kanāliem) ķieģeļu sienā, kas atrodas apkārt katlam. Šāda katla efektivitāte bez ekonomāizera nav pārāk augsta pateicoties augstai dūmgāzes temperatūrai pie izejas un starojuma un konvekcijas rezultātā caur ķieģeļu sienu lielajām virsmām rodas zudumi.

Pārtraucot darbību, turpmāk ir nepieciešams liels enerģijas apjoms, lai uzsildītu ķieģeļu sienu.

Taču vairumā ar gāzi apkurināmo katlu sistēmās ekonomāizeri ir uzstādīti, kas uzlabo sadegšanas tehnisko efektivitāti. Enerģija, kas iegūta ar ekonomāizera palīdzību, parasti tiek izmantota, lai iepriekš uzsildītu padeves ūdeni tvaika katliem.

Attēlā parādīts siltuma bilance ar gāzi kurināmā karstā ūdens katlā.



Siltuma bilance karstā ūdens katlā

Q_B = Siltuma pievade darbības laikā, pie zemākās siltumspējas

Q_R = Siltuma zudumi starojuma un konvekcijas rezultātā

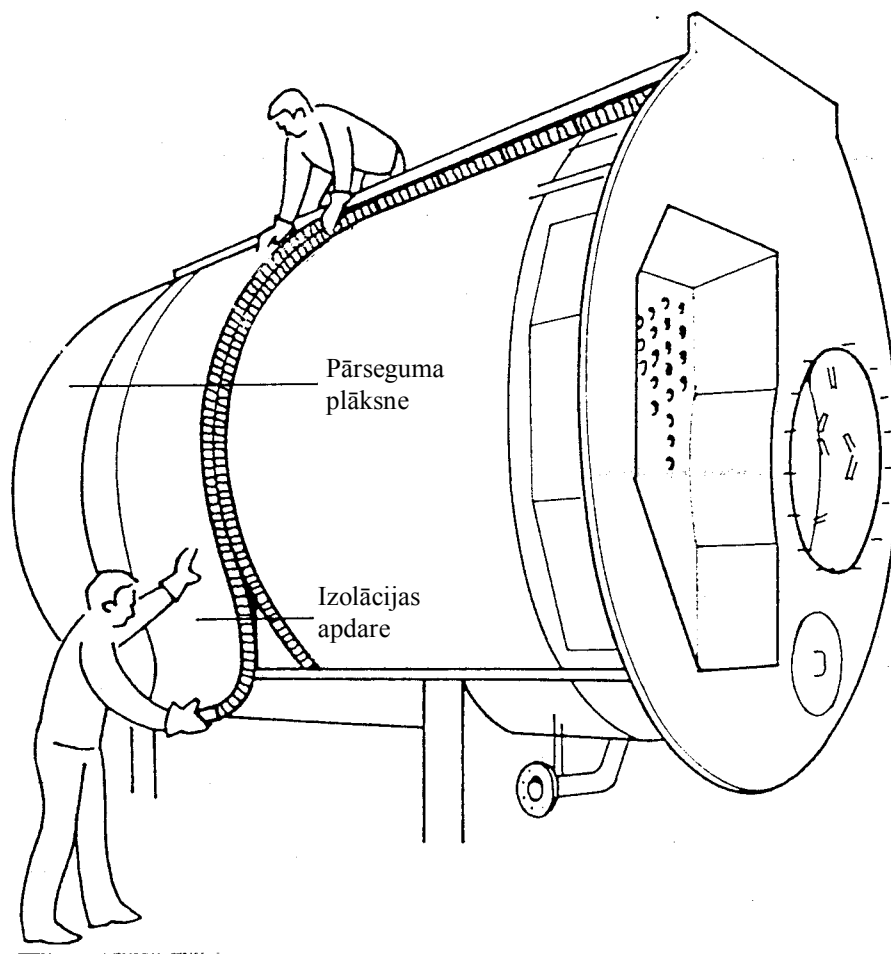
Q_F = Siltuma zudumi dūmgāzu rezultātā izplūdes un vilkmes zudumi dīkstāves periodos

Q_E = Efektīva siltuma izvade

Enerģijas taupīšanas iespējas un enerģijas efektivitātes iespējamā optimizācija

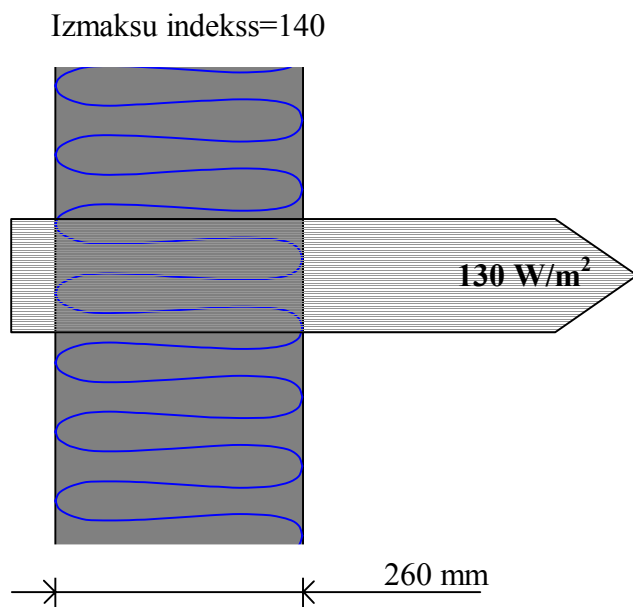
1. Dažādu sūču vietu blīvēšana un nostiprināšana, piem., caurumi ķieģeļu sienā ar izeju sadegšanas kamerā, lai kavētu papildus gaisa piekļūšanu sadegšanas procesā.
2. Katlu virsmu izolācija, lai samazinātu siltuma zudumus, kas rodas starojuma un konvekcijas rezultātā. Taču šo pasākumu ir jāveic tikai pēc tam, kad ir detalizēti izpētīts katla rasējums, lai pārliecinātos, ka nekas netiks bojāts gadījumā, ja temperatūra tiks paaugstināta attiecībā uz katla daļām, kas netiek dzesētas ar ūdeni. Ja, piemēram, ugunsdrošie ķieģeļi ir bijuši izmantoti, izlaižot pirmos dūmus ķieģeļu sienā, kas aptver katlu, ir jāizpēta, vai tie ir spējīgi izturēt augstākas temperatūras, kas rodas izolācijas gadījumā. Protams, arī ekonomāizerus ir rūpīgi jāizolē.

Attēlos redzama izolācija dažādās pakāpēs, kā arī investīcijas, ietaupījumi un atmaksāšanās laiks.

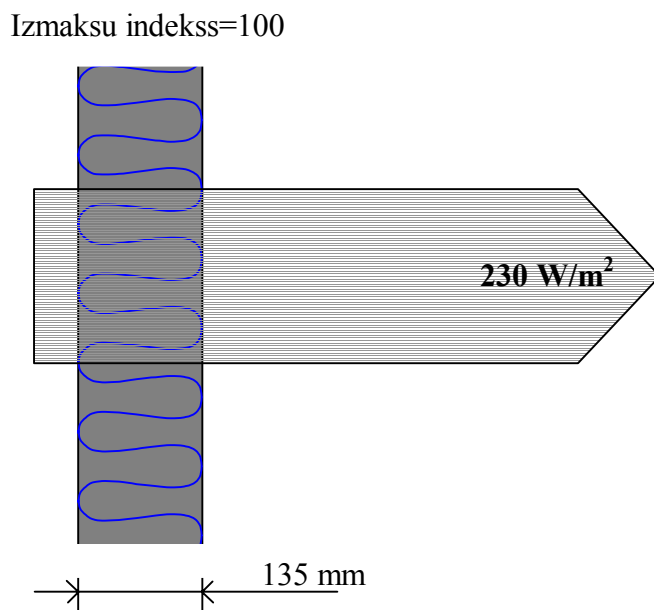


Tālāka katla izolācija ar minerālvati

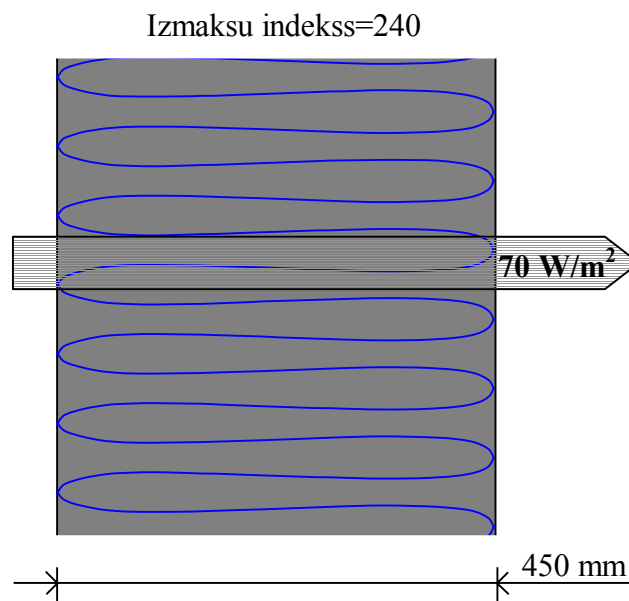
Ekonomiska katla izolācija, ietaupījumu piemēri



Šajā piemērā ir nepieciešams, lai elektrostacijas katls būtu izolēts līdz maksimālajam siltuma zudumam 230 W/m². Izolācijas materiāla biezums būs 135 mm. Darbības temperatūra 425 °C.



Tuvāks izvērtēšanas punkts pretim risinājumam ar vairākiem līmeņiem. Tas nodrošina siltuma zudumu samazinājumu līdz 130 W/m². Ietaupījumi, darbojoties visu gadu (8760 stundas), ir 4,38 GWh/gadā. Tas nodrošina atmaksāšanās laiku aptuveni 1 gadu par papildus izmantotajiem materiāliem.



Ekonomiskas izolācijas optimālo biezumu vienmēr ir jāaprēķina, ņemot vērā investīciju lielumu, kā gadījumā ar elektrostacijas katlu. Šajā piemērā biezums ir 450 mm.

Siltuma zudumi ir samazināti līdz 70 GWh/gadā, kas nodrošina ietaupījumus salīdzinājumā ar pirmo piemēru 7 GWh/gadā. Atmaksāšanās laiks ir aptuveni 1 gads par papildus izmantotajiem materiāliem salīdzinājumā ar piemēru, kur biezums bija 260 mm.

3. Lielu ar gāzi kurināmu katlu gadījumā – 1-2 MW – jānotiek nepārtrauktai dūmgāzes temperatūras mērīšanai, kā arī būtu ieteicams veikt O₂ vai CO₂ un CO mērījumus, lai nodrošinātu iespējami energoekonomisku sadedzināšanu un sadedzināšanas kvalitāti pie jebkuras slodzes. Tas dos iespēju atbildīgajam inženierim attiecīgi pielāgot degli. Lai to veiktu, inženiera rīcībā ir vismaz jābūt pārnēsājamai mērīšanas iekārtai, kas dod iespēju izdarīt ātrus un precīzus O₂ vai CO₂ mērījumus, lai aprēķinātu gaisa pārpalikumu, CO mērīšanas ierīcei, lai noteiktu sadegšanas kvalitāti un termometram, lai noteiktu dūmgāzes temperatūru.

Ar dabas gāzes patēriņu vairāku miljonu m³ apmērā gadā daudzos katlos Latvijas nozarēs ietaupījumi 5-10% apmērā, noregulējot degļus, ir nozīmīgi un reāli.

4. Ja tiek plānotas izmaiņas ražošanā vai kādas citas izmaiņas, vajadzētu apsvērt iespēju izvietot nelielus tvaika ģeneratorus faktiskajā ražošanas vietā. Tam ir jātiek novērtētam pēc faktiskās vajadzības un tas var ietaupīt lielu enerģijas apjomu tāpēc, ka ir notikusi izvairīšanās no zudumiem tvaika sadales sistēmā. Nepieciešamā enerģija telpu apkurei var tikt līdzīgi saražota mazos efektīvos karstā ūdens katlos, kas atrodas ēkā, kurā arī tiks izmantota šī apkure. Tvaika/karstā ūdens siltummaiņu izmantošana notiek daudzās sistēmās, un tās uzturēšana ir dārga un rada zaudējumus starojuma un konvekcijas rezultātā un no pašas pārvades.

Tvaika cauruļvadu sistēmas

Tvaika izmantošana notiek vairākos procesos gandrīz katrā rūpniecības iekārtā. Daudzos procesos tas ir ērti, jo liels enerģijas apjoms ir pieejams nepieciešamajā temperatūrā. Taču daudzos gadījumos tvaiku izmantot ir pārāk dārgi, jo tā patēriņš netiek nepieciešamajā līmenī kontrolēts un nepieciešamās temperatūras un spiediena uzturēšana, kad tvaiks netiek izmantots, arī ir dārga.

Raksturīgākās tvaika cauruļvadu sistēmas no centrālajiem katliem uz daudzām iekārtām, kur tiek izmantots tvaiks, rada zaudējumus caur slikti vai vispār neizolētām caurulēm un caurām savienojumu vietām cauruļvadu tīklā.

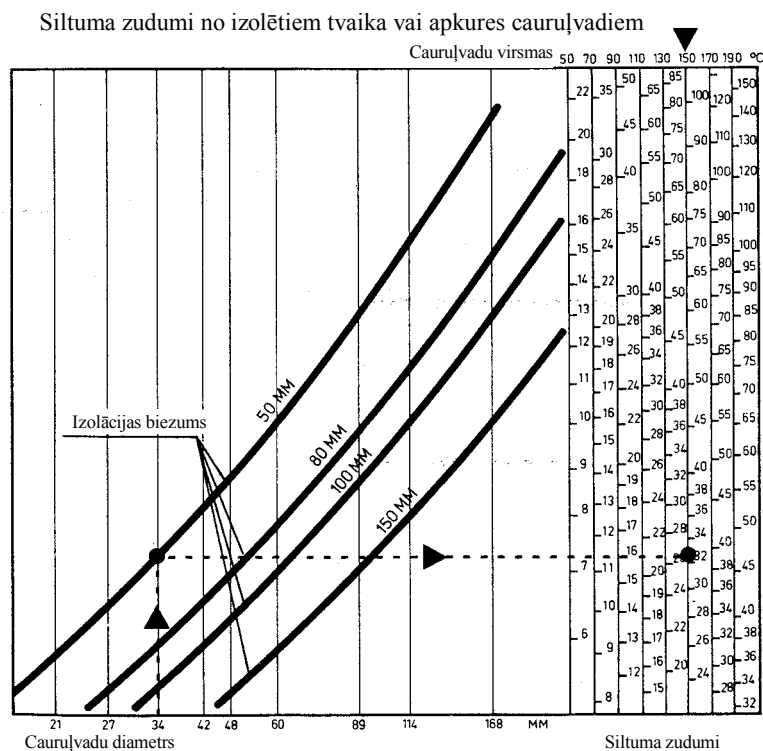
Enerģijas taupīšanas iespējas un iespējamā enerģijas efektivitātes optimizēšana

Var apspriest, vai ir iespējams izmantot citus enerģijas veidus, nevis tvaiku. It īpaši, ja tie var tikt izmantoti tieši kā, piemēram, elektroenerģijas vai, iespējams, dabas gāzes tieša izmantošana kontrolētā veidā. Daudzos procesos, kur tiek patērēts mazāks enerģijas daudzums, tas ir iespējams un dos nozīmīgus enerģijas efektivitātes uzlabojumus.

Zaudējumi no neizolētiem vai slikti izolētiem tvaika cauruļvadiem ir milzīgi un par nožēlu tie ir raksturīgi Latvijas rūpnīcām. Kā tas ir parādīts grafikos, ietaupījumu potenciāls ir nozīmīgs.

OD mm	Siltuma zudumi W/m								
	Ūdens vai tvaika temperatūra								
	50°C	70°C	90°C	110°C	130°C	150°C	170°C	190°C	200°C
21	38	65	90	130	160	200	240	290	310
34	60	100	140	190	240	300	370	440	480
48	80	130	190	250	330	410	500	600	650
60	95	160	230	310	400	500	600	700	800
89	130	220	320	440	550	700	850	1000	1100
114	170	280	400	550	700	900	1100	1300	1400
140	200	330	480	650	900	1100	1300	1500	1700
168	230	390	550	750	1000	1200	1500	1800	2000
219	300	490	700	950	1300	1600	1900	2300	2600

OD mm	Siltuma zudumi no neizolētiem galvanizētiem cauruļvadiem, tvaiks/siltums								
	Ūdens vai tvaika temperatūra								
	50°C	70°C	90°C	110°C	130°C	150°C	170°C	190°C	200°C
21	30	49	70	95	120	150	180	210	230
34	44	75	110	140	180	220	260	310	340
48	60	95	140	190	240	290	350	420	450
60	70	120	170	220	290	350	420	500	550
89	95	160	230	310	400	490	600	700	750
114	120	200	280	380	490	600	700	850	950



Siltuma zudumi no izolētiem tvaika cauruļvadiem vai apkures cauruļvadiem

Grafiku izmanto sekojoši:

- 1 - Atrast tvertnes diametru uz apakšējās horizontālās līnijas
- 2 - Virzīties uz augšu līdz līknei līdz nepieciešamajam izolācijas materiāla biezumam
- 3 - Virzīties pa labi uz kolonnām zem faktiskās cauruļvada virsmas temperatūras
- 4 - Nolasīt kolonnā uzrādīto lielumu

Lielums parāda siltuma zudumus izolētam cauruļvadam W/m

Citi lieli zudumi rodas caur caurām savienojumu vietām kā atloku vai vītņu savienojumi, vārstu blīvslēgi utt.

Tvaika sūces ir viegli pamanāmas un izplatītas.

Sekojoši divi piemēri atspoguļo ietaupījumu potenciālu, novēršot šādas sūces.

1.piemērs. Sūce izdod maigu sīcošu skaņu un tvaika mākonis ir tikko pamanāms – siltuma zudumi ir aptuveni 1 kg tvaika/h vai aptuveni 5,5 MWh/gadā, kas vienāds apmēram 800 m³ dabas gāzes gadā.

2.piemērs. Sūce izdod mazu tvaika mākonis un skaņu - siltuma zudumi 3-5 kg tvaika/h vai aptuveni 15-30 MWh/gadā, kas vienāds ar 2000 līdz 4000 m³ dabas gāzes gadā.

Mērījumi un mērīšanas iekārtas

Nosauktās mērīšanas iekārtas ir minimālās nepieciešamās, lai veiktu pienācīgu tvaika sistēmu uzturēšanu. Pārnēsājamā dūmu gāzes testēšanas iekārta CO, O₂ vai CO₂ satura mērīšanai dūmgāzē (procentos apjomā), termometrs dūmgāzu temperatūras mērīšanai (ieteicams elektronisks) un virsmas temperatūras sensors, kas var tikt izmantots kā elektronisks dūmgāzu termometrs.

Elektroniskas temperatūras mērīšanas iekārtas amplitūda parasti ir starp -40°C un 800°C taču tā ir pieejama dažādos veidos.

Tirgū tiek pārdots liels skaits dārgu elektroniskās mērīšanas iekārtu, taču parasti tās ir dārgi ne tikai iegādāties, bet arī uzturēt. Turklāt uzturēšanu parasti var veikt speciāli licencētas ārvalstu kompānijas.

Darbības principi ES

[Mūsdienās ES valstīs enerģijas ietaupījumi tiek nodrošināti, izmantojot dažādus līdzekļus. Piemēram, izmantojot prasības, kas nosaka pieļaujamos zudumus no katliem, maksimālos pieļaujamos zudumus no karstajām cauruļvadu sistēmām, arī vides likumdošana nosaka striktus limitus kurināmā izmantošanai. Loģika pēdējā gadījumā ir vienkārša – jo mazāk kurināmā izmantots, jo mazāks vides piesārņojums.

Dānijā ir likumi, kas nosaka, ka katla virsmas temperatūra ūdens dzesētām virsmām nedrīkst pārsniegt 35°C. Kad šādas prasības tiek ieviestas, tās nekavējoties kļūst par konkurences rādītāju, kura rezultātā uzlabojas katlu izolācija. Mūsdienās karstā ūdens katlu virsmas temperatūra tikai neredz pārsniedz apkārtnes temperatūru.

Arī minimālā katla efektivitāte noteikta 88% apmērā, un tā nav mainījies pēdējo gadu laikā kā daļa no enerģētikas likumdošanas normām.

Mūsdienās katli un degļi darbojas ar lielāku efektivitāti un gandrīz visi lielie ar gāzi apkurināmie katli ir nodrošināti ar ekonomizeriem. Kur vien tas ir iespējams, ekonomizeri tiek darbināti kondensācijas režīmā. Šādā veidā sadegšanas efektivitāte var būt vairāk kā 100%, rēķinot no kurināmā zemākās sadegšanas vērtības.

Noteikumos attiecībā uz ēkām nepastāv strikti noteikumi par karstā ūdens un tvaika cauruļvadu sistēmas izolāciju, lai samazinātu izmaksas.

Mūsdienās pat atloku savienojumi, vārsti, siltummaiņi un citas iekārtas tiek izolētas. Šo iekārtu ražotāji bieži vien piegādā šos elementus, kas sastāv no divām pusēm un atbilst iekārtas formai un ir izveidots no izolēšanas materiāla, sapakotus kastēs.

Modernie degļi karstā ūdens un tvaika ražošanā izpilda atbilst prasībām attiecībā uz sadegšanas kvalitāti. Tie ir pilnībā automatizēti un parasti var modulēt diapazonā 1:5, vai lieliem degļiem - 1:10, ko vada sensori, kas uztver mainīgo vajadzību pēc tvaika vai karstā ūdens. Visā modulēšanas telpā šie degļi uzturēs sadegšanu ar mazu papildus gaisu - 5-10%.

Jaunas ierīces sajauc gaisu ar noteiktu dūmgāzu daudzumu, kas samazina NOx izmešus.

Lielās katlu sistēmās, iekārtas, kas neredz pieregulē sadegšanas gaisa ieplūdi deglī, kļūst par parastu parādību. To var veikt, uzstādot skābekļa analizatoru dūmgāzu izejas vietā, kas savukārt kontrolē precīzu regulēšanas ierīci sadegšanas gaisa ieplūdes vietā, 1% apmērā.

Arī elektroniskie frekvences pārveidotāji tiek izmantoti mūsdienās liela izmēra degļos, lai vadītu motora ātrumu, kas darbina ventilatoru, kas pūš sadegšanas gaisu deglī. Salīdzinājumā ar parastajiem vārstiem, tie samazina elektrības patēriņu motoram par 50%.

Gāzes apgādes sistēmas

Dabas gāze ir raksturīgākais kurināmais, kas tiek izmantots Latvijas rūpniecībā. To tieši izmanto lielā skaitā rūpniecisku procesu, tvaika ražošanai un telpu apkurei.

Raksturīgākā gāzes apgādes sistēma Latvijā sastāv no galvenā skaitītāja un regulēšanas stacijas, kur tiek mērīta gāze, kas piegādāta no reģionālās gāzes kompānijas, un spiediens samazināts līdz 2 bāriem. Tālāk gāze tiek sadalīta caur tērauda cauruļvadu sistēmu, kas atrodas virs zemes uz ēkām

vai speciālos stiprinājumos. No sadales līnijas, atzari nonāk atsevišķās ražošanas sistēmās, kur spiediens atkal tiek samazināts līdz nepieciešamajam līmenim pie degļiem, kas tiek izmantoti procesā. Savienojumi sadales cauruļvadu tīklā parasti ir metināti vai ar atloku savienojumiem, savukārt daudzie savienojumi cauruļvadu sistēmā, kas nodrošina degļiem gāzi, ir ar vītņem galos, izolēti ar kaņepēm. Parasti izmantojamās iekārtas ir garas skrūves vai krāni gāzes plūsmas regulēšanai un apstādināšanai.

Sūču noteikšana, atjaunošana un remontdarbi

Izvēles testu pieredze ar jūtīgām elektroniskām iekārtām daudzu dažādu procesu rūpniecībā norāda, ka aptuveni 10% no savienojumiem, vārstiem un citām iekārtām, laiž cauri gāzi dažādos apjomos, sākot no ļoti maziem līdz diezgan lieliem.

Tā kā sadales cauruļvadi ir izkliedēti, bieži vien sastāv no simtiem cauruļvadu metru, kas atrodas gan iekšpusē, gan ārpusē, parasti tiem ir simtiem savienojumu, vārstu, krānu un citu iekārtu. Dažās sistēmās tika novērtēti dabas gāzes zudumi 10000 m³ apmērā. Patiesie skaitļi var būt augstāki.

Īpaši efektīvs veids, kā ietaupīt kurināmo, ir samazināt nevajadzīgos gāzes zudumus no sūcēm.

Saskaņā ar strukturētu plānu visai gāzes sistēmai ir jātiek regulāri pārbaudītai. Pirmām kārtām – augsta spiediena daļas un tad – nākošās sistēmas pie zemāka spiediena.

Sūču noteikšanai var izmantot tādus vienkāršus risinājumus kā ziepjūdens un otas izmantošana. Tad ir jāveic cauro savienojumu vietu remonts un tās jāpārbauda atkal, lai pārlicinātos, kas gāze vairs neizplūst. Ja šādi pasākumi tiek veikti regulāri, nekavējoties parādīsies ietaupījumi un notiks izvairīšanās no potenciālas bīstamas situācijas.

Plaši izmantotos garo skrūvju savienojumus vajadzētu aizvietot ar uzmavām, priekšroku dodot metāla uzmavām. Visapkārt ir redzami arī krāni, kurus vajadzētu aizvietot ar vārstiem, piemēram, ar lodveida vārstiem, kuru tipam ir gāzes izturīgas līgšanas.

Mērījumi un mērīšanas iekārtas

Kā jau tika minēts iepriekš, sūču noteikšanu var veikt, izmantojot vienkāršas metodes.

Taču daudz ātrāk un efektīvāk ir izmantot elektronisko detektoru, kurš darbojas ar baterijām. Šādiem detektoriem ir jābūt sprādzienu drošiem. Daudzus no tiem var pielāgot vairākām gāzēm, tādām kā propāns, butāns un citām degošām gāzēm, un rīkoties ar tiem ir samērā vienkārši.

Būtu jābūt pieejamām arī pārbaudes iekārtām tikko uzstādītu vai atjaunotu gāzes vadu sistēmu spiediena pārbaudīšanai ar gaisu vai neaktīvu gāzi, tādu kā slāpekli. Šādas pārbaudes ir vienmēr jāveic, pirms gāze tiek ielaista sistēmā.

Svarīgs rādītājs enerģijas vadības un enerģijas auditā ir gāzes daudzums, ko vajadzētu izmērīt un reģistrēt katrā procesā. Tam ir nepieciešami pastāvīgi gāzes skaitītāji vai iespēja uz laiku pieslēgties gāzes skaitītājam, ko tad var izmantot, lai mērītu gāzes patēriņu vairākās vietās atkarībā no patēriņa apjoma un atšķirībām. Skaitītājus var arī izmantot, regulējot degļa slodzi.

Taupīšanas iespējas

Principā pastāv neierobežotas iespējas ietaupīt, ja veic pastāvīgu gāzes sistēmas uzraudzību. Tas ir viegls, lēts un ātrs ceļš, lai ietaupītu enerģiju Latvijas rūpniecībā.

Investīcijas ir mazas un izdevīgi atmaksājas. Tūklāt ne tikai vienai rūpnīcai, bet arī valstij kopumā, jo pašlaik tā ir tīra kurināmā šķērdēšana, par kuru Latvijas valsts, importējot gāzi no Krievijas, tagad maksā aptuveni 50 US\$ par 1000 m³.

Tātad, pirms tiek apsvērta iespēju uzlabot enerģijas efektivitāti ar labākiem degļiem, efektīvākiem procesiem utt., rūpniecībā ir jāpieliek vairāk pūles sūču meklēšanā un labošanā. Tam ir jābūt prioritātei arī drošības iemeslu dēļ.

Darbības principi ES valstīs

Tā kā metāns tiek uzskatīts par svarīgu "siltumnīcas efekta gāzi" un tas nemazinās dabas gāzes cenas dēļ, ES valstīs uz gāzes izniekošanu skatās piesardzīgi. Vidēji ES valstīs rūpniecībā dabas gāze izmaksā 0,25 US\$ par m³.

Dānijā gāzi regulējoši noteikumi, balstīti uz likumdošanu, nosaka, ka visām iekārtām, kuru jauda ir vairāk kā 120 KW, jābūt pilnīgi pārbaudītām vienreiz gadā. Sarežģītākām iekārtām, kā, piemēram, ražošanā izmantojamās, pārbaudes intervālam jābūt mazāka 3 mēneši un pārbaudei ir jāietver kā pārbaude attiecībā uz sūču esamību, kā arī visas sistēmas pareizu funkcionēšanu. Pārbaudi var veikt pilnvarots sistēmas apkalpojošais personāls vai arī pilnvarots speciālists no privātās kompānijas. Pārbaudes rezultāti un jebkuri veiktie remontdarbi, koriģējumi tiek ierakstīti apkopes žurnālā, ko regulāri pārbauda varas pārvaldes iestādes.

Vides aizsardzības pasākumi, sadedzinot fosilos kurināmos

Tas ir vienkāršs fakts, ka visefektīvākais veids, lai samazinātu bīstamu vielu emisiju apkārtējā vidē ir izmantot mazāk kurināmā. Tādējādi atkal kurināmā taupīšanas pasākumi un augstāka efektivitāte ir svarīgākie rādītāji.

Arī tehniskā attīstība, īpaši jaunu degļu konstruēšanas jomā ar pakāpenisku sadedzināšanu, vai arī degļu, kur daļu no sadedzināšanas gaisa aizvieto ar mitru dūmgāzi, rada tīrākus izmešus. Turklāt dažādu konfigurāciju starojuma siltuma degļu izmantošana ir lietderīga daudzos procesos, lai samazinātu bīstamu vielu emisiju.

Beidzot jaunāki piesardzības pasākumi, tādi kā atkārtota dūmgāzes sadedzināšana, no procesiem, kuros rodas bīstamas ķīmiskas vielas, kļūst arvien pierastāki.

Šeit uzskaitīti daži no piesārņotājiem, kuriem mūsdienās tiek pievērsta liela uzmanība un kuri tiek uzskatīti par ļoti nozīmīgiem:

Dažu piesārņojumu saraksts un to izcelšanās

Sēra dioksīds (SO_2)

Rodas sadedzinot fosilo kurināmo, jo tas satur sēru. Ogles un mazuts satur lielu sēra daudzumu, gaišie naftas produkti – mazāk un benzīns un dabas gāze – praktiski nesatur.

Veicina skābes rašanos, vielu sabrukšanu un veselības pasliktināšanos.

Slāpekļa oksīds (NO_x)

Rodas, jo daudzos kurināmā veidos ir slāpekļa savienojumi un tāpēc, ka sadegšanas gaiss satur slāpekli, kas “piedalās” sadedzināšanā.

Pārsvārā rodas automašīnu dzinējos, kā arī rūpniecības un citos procesos, kur notiek kurināmā sadedzināšana.

Veselībai kaitīgs un izraisa “siltumnīcas” efektu, kā arī veicina troposfēriskās zonas veidošanos, kas ir kaitīga veselībai. Tālāk tā ietekmē “mežu izmiršanu”.

Oglekļa monoksīds (CO)

CO un ogļūdeņraži (CH) rodas nepilnas sadegšanas rezultātā.

Reaģē ar citām vielām, tāpēc rada dažādas postošas sekas.

Daļiņas

Tās ir sodrēji un nesadedzināmie materiāli. Daļiņas var būt smago metālu vai smago ogļūdeņražu pārnēsātāji gaisā.

CFC-savienojumi

Hlorēts pulvera ogleklis rodas galvenokārt cilvēku darbības rezultātā, piemēram, ražojot izolācijas materiālus, tādus kā putuplasts un no dzesēšanas vielām ledusskapjos un saldētavās.

Izraisa "siltumnīcas" efektu un ozona slāņa sabrukšanu, kas savukārt rada augstu UV-starojumu.

Ozons (O_3)

Veidojas lielos augstumos, aptuveni 30 km, reaģējot skābeklim (O_2) un ultra violetajam (UV) saules starojumam. Šis ozona slānis daļēji pasargā zemi no postošā UV-starojuma.

Zemā augstumā ozonu veido un to iznīcina foto ķīmiskās reakcijas, pārsvarā starp slāpekļa oksīdiem un ogļūdeņražiem.

Šis ozons reaģē kā "siltumnīcas" gāze, tas ir kaitīgs veselībai un augu valstij. Ozonu uzskata par vienu no galvenajiem mežu iznīcības iemesliem.

Oglekļa dioksīds (CO_2)

Rodas sadedzinot fosila kurināmos, tādus kā ogles, nafta un gāze, kā arī no organiskā kurināmā sadedzināšanas – koksnes, salmu un citas biomasas.

CO_2 ir galvenā "siltumnīcas" gāze, taču to neuzskata par piesārņotāju, jo CO_2 veidošanās ir neizbēgamas sekas sadedzināšanai: Enerģijas ražošanai.

Metāns (CH_4)

Rodas organisku vielu sadalīšanās rezultātā. Piemēram, lauksaimniecībā, mājlopu audzēšanā, atkritumu saimniecībā utt. Tas rodas arī kalnrūpniecībā, purvos, naftas un gāzes ieguves vietās, gāzes sadalē un biomasas sadedzināšanas procesā.

Metāns ir nozīmīga "siltumnīcas" gāze.

Smieklu gāze (N_2O)

Nāk no dabiskiem avotiem, no pārtikas rūpniecības un enerģijas ražošanas.

Neliels ieguldījums "siltumnīcas" efekta izraisīšanā.

Amonjaks (NH_3)

Pārsvarā rodas lauksaimniecības sektorā. Var intensificēt vai neitralizēt – attiecībā uz pārvēršanu skābē.

Var radīt ekoloģisku nelīdzsvaru blakusesošā jūrā, ezeros vai ūdens straumēs pārmēslošanas efekta dēļ (eitropikācija).

3.3. Naftas produkti

Ievads

Tvaika un zemspiediena karstā ūdens katlu sistēmas rūpniecībā un uzņēmējdarbībā ir atšķirīgas jaudas ziņā, kas svārstās no 100 kW līdz pat pāri 30 MW. Šis apraksts attiecas galvenokārt uz katliem, kuriem ir vidēja jauda un no kuriem daudzi tiek darbināti apkures un pārstrādes procesos. Taču liela daļa informācijas attiecas arī uz citu tipu katliem.

Šajā nodaļā ir dots pārskats par veidiem, kā var ietaupīt naftas produktus un tādējādi arī naudu katlu sistēmu darbībā. Izmantotā pieeja pēta sistēmu no naftas produktu piegādes līdz pat galīgajai siltuma izvadei un dažādu veidu zudumu noteikšanai.

Lai parādītu ietaupījumus nākotnē, darbā kā piemērs ir minēta sistēma, kuras darbam gadā tiek iztērēti \$ 360.000. Protams, katram atsevišķam gadījumam ir jāveic atsevišķs pētījums, taču jācer, ka dotais skaitliskais piemērs palīdzēs lietotājiem saprast, kādi varētu būt iespējamie ietaupījumi.

Daudzas katlu sistēmas darbojas ar zemāku efektivitāti, nekā var sasniegt un nodrošināt. Potenciālie naftas produktu ietaupījumi var būt tā vērti. Šajā nodaļā ir aprakstīti ietaupījumu sasniegšanas paņēmieni.

Pamatinformācija

Piegāde, izmantošana un uzglabāšana

1. Šķidrās kurināmās (degvielas) bieži ir jāsilda izmantošanas un uzglabāšanas mērķiem. Mazutu parasti piegādā ar temperatūru 50 °C un vairāk, to ir jāuzglabā un jāpārvada pie 1.tabulā ieteiktās temperatūras. Vidēji smagos un vieglos šķidros kurināmos piegādā ar minimālo izmantošanas temperatūru. Būtu jāizvairās no naftas uzsildīšanas tvertnēs un caurulēs virs uzglabāšanai un izmantošanai nepieciešamās temperatūras, jo tā ir veltīga enerģijas izšķērdēšana.

Regulāri jāpārbauda tvaika lūkas uz tvertnes un izplūdes sildītājus. Nav ieteicams novadīt sakarsēto šķidro kurināmo no galvenās sistēmas kontūra atpakaļ uz kurināmā uzglabāšanas tvertni, jo tas var izraisīt nekontrolētu temperatūras kāpumu uzglabāšanas vietā. Turklāt, tā rezultātā nevajadzīgi tiek tērēta enerģija un tas var nopietni pazemināt kurināmā kvalitāti, tādējādi radot sadegšanas problēmas. Ieteicams šādu degvielu novadīt atpakaļ uz sūkņa uzsūkšanas daļu.

1.tabula Ieteiktā uzglabāšanas un izmantošanas temperatūra		
Degvielas kategorija	Minimālā temperatūra*	
	Uzglabāšana	Izmantošana
Gaišā degviellejla	10°C	10°C
Vidējā degviellejla	25°C	30°C
Smagā degviellejla	40°C	50°C
* Šīs minimālās temperatūras attiecas tikai uz degvielleļām, kas pakļautas īpašai standarta klasifikācijai. Attiecībā uz citām degvielas kategorijām, īpaši tagad pieejamajām smagajām degvielleļām, par uzglabāšanas/ izmantošanas temperatūrām ir jāgriežas pie piegādātāja.		

- Visām tvertnēm un naftas cauruļvadiem, kas atrodas ārpusē, ir jābūt izolētiem, aizsargātiem pret laika izmaiņām, naftas cauruļvadiem jābūt izvietotiem pie tvaika vai elektroapsildes vadiem, lai uzturētu minimālo izmantošanas temperatūru. Vertikālām tvertnēm izolācijas materiālam nav jāsniedzas līdz zemei; 300 mm liela atstarpe novērsīs stāvošā ūdens iesūkšanos izolācijas materiālā un izolācijas īpašību sabojāšanu. Uzglabāšanas temperatūrai vajadzētu palikt ieteiktajā līmenī, ja naftas uzglabāšanas tvertnēm tiek izmantots 50 mm biezs izolācijas materiāls un neliela uzsildīšana. Ieteiktās uzglabāšanas temperatūras paaugstināšana izraisīs nevajadzīgus siltuma zudumus. Izplūdes sildītājam ir jānodrošina papildus nepieciešamais siltums, lai uzsildītu naftu līdz minimālajai izmantošanas temperatūrai. Naftas līnijas tvaika tīkls bieži jāpārbauda attiecībā uz sūču un bojājumu esamību un elektroapsildes vadiem jāpārbauda nepārtraukti.
- Pie tvertņu iztukšošanas ir jāizvairās no izšļakstīšanās, ko rada neuzmanīga darbība vai bojātas iekārtas. Naftas piegādātāji uzsver, ka pircēja atbildībā ir nodrošināt, ka ir pietiekoši daudz vietas piegādei attiecīgajā tvertnē un, ka uzpildīšanas caurules ir marķētas atbilstoši degvielleļas kategorijai. Visekonomiskākais naftas pirkšanas veids ir iepirkt pilnu tvertni.
- Naftas līmeņa norādes skalai ir jābūt precīzai, it īpaši, ja kurināmā krājumi ir lieli.
- Ir jānovāc liekās kurināmā līnijas no uzglabāšanas vietas, jo tās palielina nelaimes gadījuma, bojājuma vai naftas izšļakstīšanās risku.
- Degvielleļas līnijā ir jābūt dubultiem naftas filtriem, un tos regulāri jātīra. Regulāri jāpārbauda arī naftas degļa filtri.
- Ir jāveic regulāras pārbaudes, lai noskaidrotu jebkādas kurināmā sūces vietas tvertnēs un caurulēs. Sūču vietas pienācīgi jānoslēdz, jo tās ir ne vien zudumu cēlonis, bet arī var izraisīt nelaimes gadījumus un piesārņojumu, kā arī ugunsgrēku.

Piesārņojuma kontrole

Enerģijas taupīšanu nedrīkst skatīt vienpusēji, un to nedrīkst sasniegt uz palielināta izmešu daudzuma rēķina. Atkarībā no katlu lieluma, uz tiem attiecas dažādi likumi un noteikumi.

Faktori, kas ietekmē enerģijas efektīvu izmantošanu

Piemēra katls

Piemēra katls izmantots sekojošajās apakšnodaļās, lai parādītu ietaupījumu nozīmīgumu.

Ir atzīts, ka moderni katli, kas tiek labi uzturēti un kontrolēti, pie regulāriem un normāliem darbības apstākļiem var sasniegt efektivitāti vairāk nekā 80% . Šajā darbā pieņemts, ka 75% ir pamatots skaitlis, ņemto vērā ikdienas svārstības jaudā un pārtraukumus enerģijas padevē. Katla raksturojums:

Katla efektivitāte aprēķināta pie kurināmā bruto siltumspējas:

Zudumi ar dūmgāzēm	18%
Starojuma zudumi, neaprēķināmie zudumi utt.	4%
Nopūšanas zudums (attiecas tikai uz tvaiku)	3%
Katla efektivitāte	$100 - 25 = 75\%$
Dūmgāzu temperatūra	232°C (450°F)
Barošanas ūdens/katla ūdens temperatūra	15,5°C (60°F)
Vidēja tvaika ražošana	1.25 MW (7,000 stundas/gadā)
Ekspluatācijas spiediens	7 bar (100 psig)
Tvaika temperatūra	170°C (338°F) (saus/ mikls)
Mazuta izmaksas	\$ 360.000
Litra cena	16,5 centi
Izmantoto litru skaits gadā	2,182,500

Katla termiskā efektivitāte

Minimālas izmaksas sasniedz, darbinot katlu ar augstāko termisko efektivitāti. Šajā nodaļā pētīti dažāda veida zudumi, kā arī norādīts, kā tos var minimizēt.

Siltuma zudumi no katla ietver: zudumus no dūmgāzēm, saukti – dūmgāzu zudumi; zudumi ārpus katla, saukti – starojuma zudumi, citi gadījuma zudumi un zudumi ar nopūšanu. To var izteikt sekojoša vienādojuma veidā:

Katla termiskā efektivitāte % =

$$100\% - (\text{dūmgāzu zudumi \%} + \text{starojuma zudumi \%} + \text{gadījuma zudumi \%} + \text{nopūšanas zudumi \%})$$

Šajā darbā aprēķinu pamatā ir kurināmā bruto siltumspēja. Ja ir atsauce uz siltuma saturu kurināmajā vai katla efektivitāti, svarīgi ir noskaidrot, vai to pamatā ir bruto vai neto vērtības. Saprast šos terminus ir ļoti būtiski.

Visi kurināmie satur nelielu daudzumu ūdeņraža, kas sadegot veido ūdeni tvaika veidā. Šajā tvaikā apslēptais siltums netiek atgūts līdz brīdim, kamēr notiek kondensācija. Bruto kaloritāte ietver visu pieejamo siltumu, turpretim neto vērtība ir bruto vērtība mīnus siltums ūdens izgarojumā. Kad minētajā vienādojumā izmantotas bruto vērtības, dūmgāzu zudumu vienība ietver siltumu tvaikā. Ja izmantotas neto vērtības, šie siltuma zudumi tiek izslēgti.

Šī iemesla dēļ katla efektivitāte pie neto siltumspējas vērtības ir skaitliski augstāka nekā pie bruto vērtības, kaut arī faktiskā siltuma izvade ir identiska. Neto vērtības bieži izmanto lielākajā daļā Eiropas valstu.

Tiem aprēķiniem, kas doti šajā rakstā, tiek izmantota bruto vērtība, jo to vienkāršāk attiecināt uz kurināmā izmaksām, kas ir saistītas ar bruto kaloritāti. Starpība starp bruto un neto vērtībām vidēji ir aptuveni 5.5%.

Zudumi ar dūmgāzēm

Kurināmā attiecība pret gaisu

Lai pamāktu augstu termisko efektivitāti, tādējādi samazinot kurināmā izmaksas, sadegšanas gaisa apjomu vajadzētu samazināt līdz tam apjomam, kas nepieciešams, lai veiktu pilnīgu naftas sadegšanu. Praksē būs nepieciešams neliels apjoms papildus gaisa, aptuveni 15 – 25%; faktiskais nepieciešamais apjoms, lai sasniegtu optimālo katla efektivitāti, būs atkarīgs no izmantojamā kurināmā veida, katla veida un tā degļa, tā darbības metodes un sadegšanas iekārtas efektivitātes.

Siltumu novada uz dūmvadu ar papildus gaisa palīdzību. Sekojoši, ja gaisa pārpilnības koeficients ir pārāk augsts, siltuma zudums dūmvadā un tādējādi tekošās izmaksas paaugstināsies. Līdzīgi, ja gaisa pārpilnības koeficients ir pārāk zems, daļa no kurināmā paliks nesadedzināta, tiks radīti dūmi, kas, iespējams izraisīs, gaisa piesārņošanas noteikumu pārkāpšanu, un tekošās izmaksas atkal palielināsies. Lai noskaidrotu labākos iestādījumus, jākonsultējas ar degļa piegādātāju.

Pieņemot, ka degļi ir tīri un labi uzturēti, attiecības kurināmā nafta - gaisss kontrolei deglī ir jābūt spējīgai uzturēt noteikto pārpalikušo gaisu visās degļa darbības pakāpēs, bet lielāko tiesu pārpalikušais gaiss palielināsies zemākajās degļa darbības pakāpēs..

Ietaupījumi un zudumi efektivitātes izmaiņu rezultātā

Vienkārši aprēķini atklāj iespējamus ietaupījumus vai zudumus efektivitātes izmaiņu rezultātā. Ja efektivitātei piešķir vērtības, ietekme uz kurināmā izmaksām ir sekojoša:

Izmaiņas kurināmā izmaksās = sākotnējās kurināmā izmaksas x (jaunā efektivitāte – sākotnējā efektivitāte)/ jaunā efektivitāte

Pieņemot, ka piemēra katla efektivitāte ir 75%, un tā tiek paaugstināta par 4% (līdz 79%), ietaupījumi var būt:

$$\text{Kurināmā izmaksu ietaupījumi} = \$ 360.000 \times \frac{79 - 75}{79} = \$ 18.000$$

Ja katlam ar tādu pašu kurināmā patēriņu kā piemēra katlam efektivitāte būtu tikai 50%, palielinot efektivitāti līdz 54%, tas dotu lielākus ietaupījumus:

$$\text{Kurināmā izmaksu ietaupījumi} = \$ 360.000 \times \frac{54 - 50}{54} = \$ 26.500$$

Tradicionāli modulējošā degļi kurināmā attiecību pret gaisu kontrolē ar attiecīgiem ekscentriskiem kūlenišiem un savienojumiem. Tie ir pakļauti nolietojumam un ir svarīgi, ka remontdarbi un uzlabojumi tiek veikti nepārtraukti. Turklāt, kur tiek izmantoti duālie kurināmā degļi, jebkura pāreja no viena kurināmā veida uz otru rada nepieciešamību izmainīt kurināmā attiecībā pret gaisu, lai nodrošinātu, ka netiek negatīvi ietekmēta sadegšanas efektivitāte.

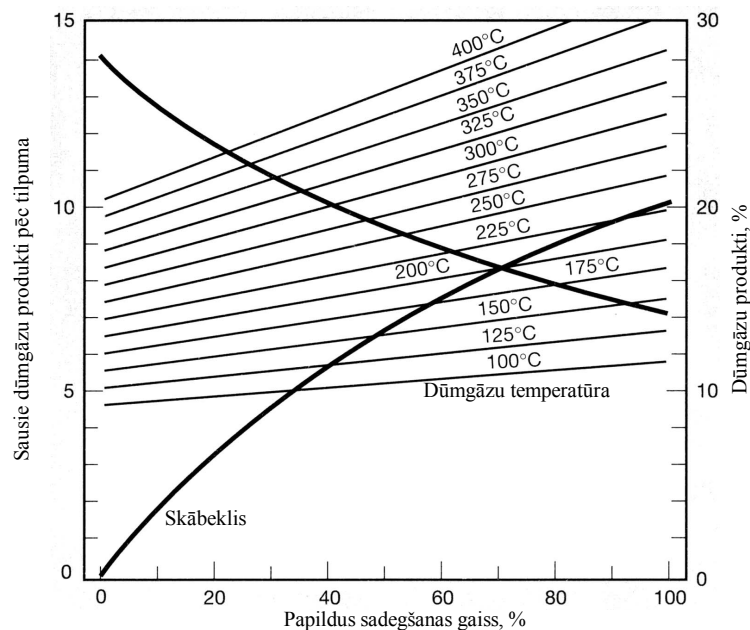
Modernās tehnoloģijas padara par iespējamu nepārtraukti saglabāt kurināmā attiecību pret gaisu ieteiktajā līmenī, nodrošinot konsekvētu sadegšanas efektivitāti. Ar mikroprocesoru kontrolētie servomotori, kas pievienoti kurināmā vārstiem un gaisa aizvāriem, aizvieto tradicionālās kontroles metodes, nodrošinot programmējamu sistēmu, kas automātiski izvēlēsies un uzturēs kurināmā attiecību pret gaisu, kas ir specifiski noteiktam kurināmā veidam.

Lielākās katlu sistēmās, kas darbojas ar lielu slodzi, bieži vien ir ekonomiski uzstādīt automātiskus kurināmā attiecības pret gaisu regulatorus (skābekļa regulatori), kas uzturēs katla efektivitāti. Tie nepārtraukti uzraudzīs skābekļa līmeni dūmgāzēs un veiks izmaiņas sadegšanas gaisa piegādē, lai uzturētu optimālus sadegšanas apstākļus.

Lai pārbaudītu, vai kurināmā attiecība pret gaisu ir pareiza, parastā metode ir veikt katla dūmgāzu analīzi. Nosakot šo gāzu sastāvu un temperatūru, var izvērtēt zudumus dūmvadā. Šos zudumus var aprēķināt, izmantojot vienādojumus.

Alternatīvi, zudumu vērtības var nolasīt no grafikiem, kā piemēram, no tiem, kas attēloti 1. un 3.attēlā. Tie ir pietiekoši precīzi šī darba mērķim.

1. attēls. Dūmgāzu zudumi, vidējā degviellejā



Grafiki parāda vidējo degviellejā dūmgāzu produktu sauso apjomu, mērītu pie apkārtējās temperatūras; citiem naftas veidiem atšķirība katla efektivitātē būs mazāka par pus procentu.

Svarīgi ir apzināties ierobežojumus, ar kuriem jāsaskaras katla operatoram, darbojoties tuvu stahiometriskam gaisam/ kurināmā koeficientiem attiecībā uz lielu daudzumu cieta izmešu. Stahiometriska gaisa/kurināmā attiecība parādās tur, kur esošā gaisa apjoms ir tik tikko pietiekams pilnīgai sadegšanai. Līmenis, pie kura smagās degviellejās iekārtās veidojas nesadedzinātais ogleklis, ir atkarīgs no:

- papildus sadegšanas gaisa apjoma
- sadegšanas kameras kurināšanas intensitātes
- kurināmā atomizācijas kvalitātes
- kurināmā/ gaisa maisījuma kvalitātes
- bituma daudzuma kurināmajā

Lielu daudzumu cieta izmešu ietekmē:

- papildus gaiss, kas var atdzēsēt oglekļa daļiņas liesmā
- kurināmā atomizācijas viskozitāte
- bituma saturs kurināmajā.

Šo parametru iedarbība ir apkopota 2.attēlā, kas parāda, ka izmantojot smago degviellejā, pastāv optimālais papildus gaisa procentuālais lielums, lai rastos minimāli apjoma zudumi.

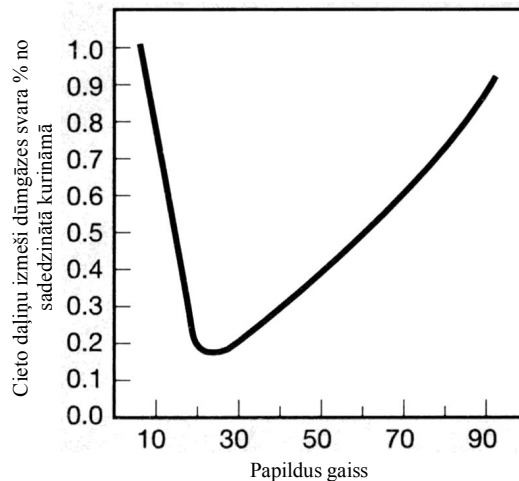
Dūmgāzu analīze

Tipiski darbības apstākļi efektīvai ar naftu kurināmai darbībai ir aptuveni 15-20% papildus gaisa pie pilnas slodzes, kas dod 13-14% oglekļa dioksīda (CO_2) dūmgāzēs, kaut gan pārpalikušais gaiss var palielināties līdz pat 30% pie mazas uguns.

CO_2 vai skābekļa (O_2) koncentrācija dūmgāzēs ir svarīga. Gāzes var pārbaudīt, lai nodrošinātu, ka papildus gaisa līmenis tiek pienācīgi kontrolēts (skat. 1.att.)

Katlu darbību un efektivitāti regulāri jāpārbauda ar dūmgāzes CO₂ vai, vēl labāk, O₂ analizatoru un dūmgāzu termometru. Tie ir apvienoti pārnēsājamajos komplektos, kas maksā starp \$ 2000 un \$ 3.300. Daži no pieejamajiem pārnēsājamajiem analizatoriem automātiski aprēķina katla efektivitāti, parādot dūmgāzu temperatūru, papildus gaisu, oglekļa dioksīdu un efektivitāti, uzspiežot vienai pogai. Ir pieejami arī pārnēsājamie komplekti, kas ļauj nolasīt slāpekļa un sēra oksīdu vērtības (NO_x un SO_x).

2. attēls. Tipiska attiecība starp papildus gaisu un izmešiem cilindriskas degšanas caurules katlam



Kurināmais mazuts, 3% bituma, sadegšanas kameras intensitāte 1,5MW/m³
Rāda izmešu palielinājumu, kas rodas no samazinātas skābekļa koncentrācijas un nepietiekama atrašanās laika sadegšanas kamerā

Izmantojot analizatorus, svarīgi, ka tiem ir pievienotas izgatavotāja izstrādātās izmantošanas instrukcijas un, ka instrumenti tiek pienācīgi uzturēti.

Pastāvīgu mēriekārtu uzstādīšanas lielākas izmaksas vai daudz dārgāku iekārtu izmantošana var būt pamatota tikai lielākās sistēmās vai vietās, kur ir vairāki katli. Oglekļa monoksīda pārbaudes metodi var ieteikt katla vai degļa piegādātājs, jo šīs gāzes un skābekļa mērījumu iespējas jāapsver, ja ir automātiska katla regulēšana.

Izmantojot pārnēsājamo komplektu, dūmgāzu paraugi nedrīkst būt atšķaidīti ar ūdeni, kas izmaina dūmgāzu analīžu rezultātus. Turklāt paraugu ņemšanas punkti pirms parauga ņemšanas ir jāattīra, lai nodrošinātu, ka parauga ņemšanas caurulē nav gaisa un tā nav nosprostota.

Daudziem katliem nav parauga ņemšanas punkta, taču uz iepakotajām vienībām to var viegli nodrošināt, ievērojot mazu caurumu metāla izejā, tik tuvu katlam, cik tas ir iespējams. Lai nodrošinātu, ka paraugs uzrāda ticamus dūmgāzu datus, jāšķērso dūmvads un jāizvērtē un jākorrigē CO₂ vai O₂ variācijas.

Dažiem senlaicīgiem ķieģeļu katliem ir grūtības atrast piemērotu parauga ņemšanas punktu, ko neietekmē gaisa iekļūšana. Parauga ņemšanas punktu nodrošināšana uz šiem katliem var prasīt ievērojamus rekonstrukcijas darbus.

Jāņem vērā, ka praksē dūmgāzu temperatūras var kristies, palielinoties CO₂ saturam.

Siltuma pārvades virsmu tīrība

Ja katla dūmu caurules kļūst netīras sodrēju un nogulšņu dēļ, siltuma apjoms, kas tiek pārvadīts no karstajām dūmgāzēm uz ūdeni, tie samazināts. Tā rezultātā palielinās dūmgāzu temperatūra un tādējādi dūmgāzu zudumi kļūst lielāki. Katla dūmu caurules regulāri jātīra, lai samazinātu dūmgāzu temperatūras paaugstināšanos.

Ir noderīgi uzstādīt permanento izejas gāzes temperatūras reģistrētāju. Kad tas parāda palielinājumu par aptuveni 20°C virs temperatūras, kas ir tīram katlam, caurulēm jātiek tīrītām.

Pieaugums par 17°C izraisa efektivitātes pazemināšanos par vienu procentu. Katliem, kas darbojas pie zemas slodzes, kas bieži tiek ieslēgti un izslēgti, tīrīšana ir nepieciešama daudz biežāk nekā tiem, kas darbojas nepārtraukti.

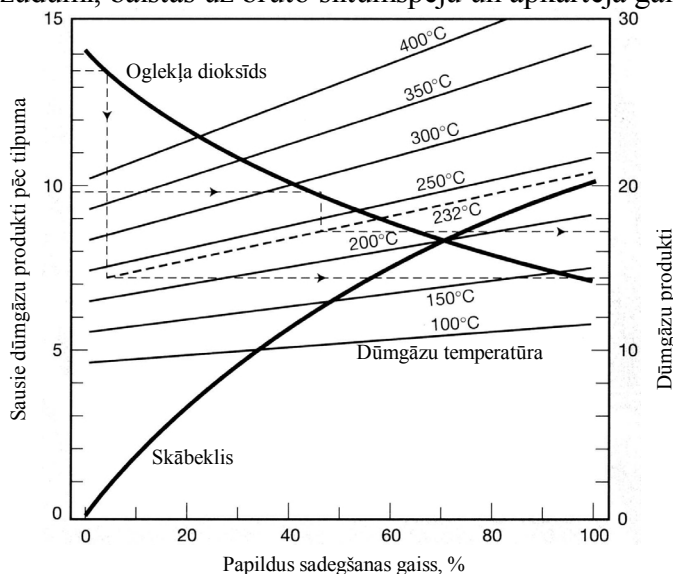
Ietaupījumi un zudumi dūmgāzu sastāva izmaiņu rezultātā

Ja piemēra katlā apstākļi atļautu palielināt CO₂ dūmgāzēs pie 232°C no 9.8 līdz 13.5%, dūmgāzu zudumi samazinātos. Katla efektivitāte uzlabotos par 3% līdz 78%, kā rezultātā tiktu samazinātas kurināmā izmaksas:

$$\$ 360.000 \times \frac{78 - 75}{78} = \$ 13.800$$

Šis piemērs ir attēlots 3.attēlā.

3. attēls. Dūmgāzu zudumi, balstās uz bruto siltumspēju un apkārtējā gaisa temperatūru 20°C



Kurināmā piedevas un kurināmā taupīšanas ierīces

Kurināmā piedevas un vienkāršas kurināmā ekonomikas ierīces periodiski piedāvā izmantošanai kopā ar katliem.

Ja katls darbojas tik efektīvi, cik vien tas ir iespējams, t.i., ar ar rūpīgu sadegšanas kontroli un citiem aspektiem, kas minēti šajā darbā, tad darbalauks turpmākiem nozīmīgiem uzlabojumiem termiskajā efektivitātē nebūs liels.

Kurināmā piedevas nerada enerģijas ietaupījumus, taču ir atzīts, ka tas var dot savu labumu katla darbībai, it īpaši aukstā laikā.

Piemērs, kas parāda piesārņotu siltuma pārvades virsmu ietekmi

50°C liels dūmgāzu, kas satur 9.8% CO₂, temperatūras pieaugums līdz 282°C izraisīs pieaugumu dūmgāzu zudumos par 20%. Piemēra katlam tas samazinās efektivitāti par 3% un radīs papildus izmaksas:

$$\text{\$ } 360.000 \times \frac{72 - 75}{72} = \text{\$ } 15.000 \text{ gadā.}$$

Ekonomaizeri

Ekonomaizerus plaši izmantoja līdz straujai naftas kurināšanas uzsākšanai 1950-jos, lai iepriekš uzsildītu padeves ūdeni tvaika katliem vai atgaitas ūdeni ūdens sildītājiem. Izmantojot degvielleļļu, sērskābes augstais rasas punkts izplūdes gāzēs izraisīja strauju koroziju un atklāja ekonomaizeru, uz kuros kondensējās skābe, trūkumus. Tādējādi ekonomaizeru izmantošana ar naftas produktiem kurināmajiem rūpnieciskajiem vai komerciālajiem katliem parasti ir nepraktiska ideja, kaut gan tos plaši izmanto apkurē ar gāzi, kur skābes rasas punkta problēma ir mazināta.

4.attēls rāda tipisku korozijas līkni degvielleļļai un parāda divas temperatūras līknes, kur var rasties stipra korozija:

- ap skābes rasas punktu, kur koncentrējušās skābes ķīmiski iedarbojas uz metālu
- ap ūdens rasas punktu, šajā punktā skābes ir stipri atšķaidītas un kļūst vēl vairāk korozīvas.

Dūmvada aizvari

Dažos gadījumos var būt ekonomiski atsevišķiem katlu dūmvadiem uzstādīt noslēdzošus aizvarus. Lai novērtētu ietaupījumus, ir jāapsver katlu grafiku un dūmvada stāvokļa kombinācija, kā arī jākonsultējas ar piegādātājiem. Tur, kur uzstādīti aizvari, ir jāuzstāda arī drošības savienojumi, lai nodrošinātu, ka deglis netiek iedarbināts, kad dūmvads ir slēgts un, ka sistēma tiek pienācīgi tīrīta.

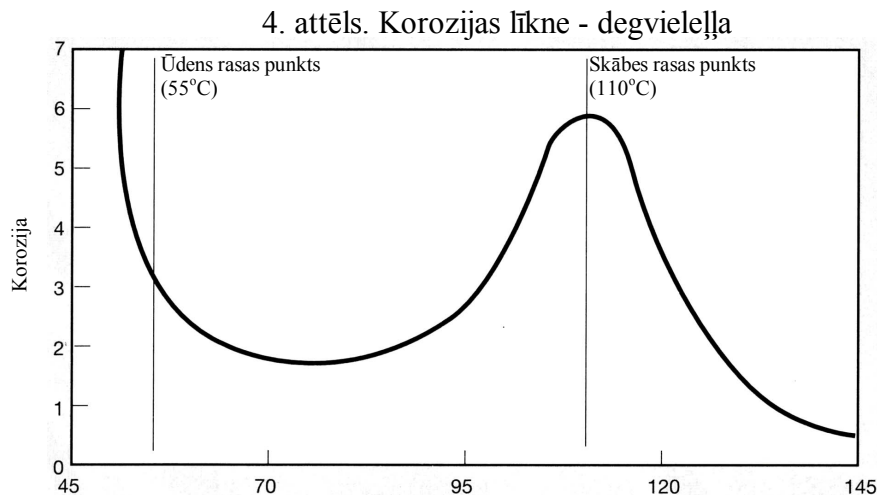
Starojuma zudumi

Starojuma zudumi attiecas uz siltuma zudumiem no katla virsmas. Labāk tie tiek definēti kā starojuma un konvekcijas zudumi, taču šajā kontekstā parasti lieto terminu - starojums.

Moderno katlu starojuma zudumi parasti ir mazāki par 1% no siltuma ievades pie maksimālās ražotspējas. Tie var būt salīdzinoši augstāki veciem katliem un var sasniegt pat 10% , ja izolācija ir sliktā stāvoklī un katla konstrukcija ir veca.

Starojuma zudumi nav tūlītēji izmērāmi uz katla, taču pieredze rāda, ka konvekcijas konstrukciju gadījumā šie zudumi rodas noteiktā diapazonā dažādiem katliem. Citi svarīgi siltuma zudumi, kas kopā ar starojumu ir ietverti šajā darbā ir tie, kas rodas pateicoties nesadedzinātajām gāzēm (galvenokārt oglekļa monoksīds), dūmgāzēs un nesadedzinātajā ogleklī.

Starojuma zudumi ir konstanti kamēr katls tiek kurināts, un ja tas darbojas pie zemas slodzes apstākļiem, šie zudumi sastāda augstākus procentus izmantotā kurināmā nekā pie augstas slodzes kurināšanas apstākļiem.



Daļējas slodzes efekta piemērs

Ja slodzi piemēra katlā nodrošina ar diviem katliem, kas darbojas uz pusslodzi pie puses no to maksimālās ražotspējas, un patiesie starojuma zudumi ir 4% pie pilnas slodzes, kopējie starojuma zudumi dubultosies un sastādīs 8%. Tas prasīs papildus \$ 14.200 (4% no \$ 360.000) gadskārtējā rēķinā par kurināmo, salīdzinājumā ar situāciju, kad slodzi nodrošina katls, kas darbojas pie pilnas slodzes.

Kurināšanas grafiks /katla sekvenču kontrole

Sistēmai dienā un nedēļā nepieciešamā siltuma kvantitāte un profils, kā arī minimālais katlu skaits. Lai apmierinātu pieprasījumu, ir bieži jāizvērtē optimālie režīmi. Varbūt ir vērts riskēt ar īslaicīgiem zudumiem vai tvaika apgādes samazināšanos gadījumā, ja katla darbībā rodas traucējumi, ar mērķi darboties ar optimālu efektivitāti. Izvērtējums ir jāizdara laikā, kas nepieciešams, lai iedarbinātu rezerves katlu vai izlabotu iespējamos defektus.

Vietās, kur darbojas vairāku katlu sistēmas, nozīmīgus kurināmā un enerģijas ietaupījumus var sasniegt, uzstādot katlu sekvenču kontroles sistēmu. Tā ir pilnībā automatizēta, ar mikroprocesoru kontrolēta sistēma, kas pārtrauc un seko katlu un saistīto iekārtu ieslēgšanas/izslēgšanas darbībām atkarībā no tvaika pieprasījuma.

Nepārtraukti neizmantoto katlu vārstus periodiski jāpārbauda. Vārsti, kas nošķir vienu katlu no otra, dažreiz, kad tie ir aizgriezti, lai tvaiku, un tiem ir nepieciešama regulāra apkalpe, lai novērstu sūču veidošanos pastāvīgi izmantojamajos katlos.

Centralizētā integrētā katlu sistēmas kontrole

Centralizētā kontroles sistēma ir specifisku mikroprocesora kontroles sistēmu kombinācija, kā, piemēram, iepriekšminētās, kas satur kurināmā attiecības pret gaisu regulatoru un skābekļa analizatoru, kombinācijā ar diagnostikas sistēmu, kas parāda katla un saistītās katlu sistēmas trūkumus. Centralizētai kontrolei ir neskaitāmas priekšrocības, kas dod iespēju vienlaicīgi optimizēt visus katlu sistēmas darbības aspektus. Tādējādi tiek uzturēta maksimālā vispārējā efektivitāte un katla dīkstāves laiks saglabāts minimāls.

Sadegšanas gaisa ventilatora mainīga ātruma kontrole

Ja slodze, kas raksturīga lielām katlu sistēmām, ir mainīga, ievērojami enerģijas ietaupījumi ir iespējami, izmantojot sistēmu.

Šī sistēma saglabās fiksēta ātruma sadedzināšanas gaisa ventilatora darbības rakstura īpašības un samazinās vidējo elektroenerģijas pieprasījumu ventilatora motoram par aptuveni 60%. Mainīgā rotācijas ātruma vadības sistēmas izmantošana ir sevi pierādījusi kā rentablu, vienlaicīgi saglabājot labus sadegšanas apstākļus un augstu katla efektivitāti.

Sadegšanas gaisa iepriekšēja uzsildīšana

Sadedzināšanas gaisa iepriekšēja uzsildīšana ir nākošais potenciālais enerģijas taupīšanas veids, ko ir vēlams apskatīt. Parasti siltuma resursi sadegšanas gaisa iepriekšējās uzsildīšanas gadījumā ietver:

- augstākas temperatūras gaisu, kas novadīts no siltuma pārpalikuma dūmgāzēs;
- katlu mājas jumtu;
- siltumu, kas atgūts, novadot gaisu pāri katla apvalkam, lai samazinātu zudumus no apvalka.

Katlu sistēmas termisko efektivitāti var palielināt par 1%, ja sadegšanas gaisa temperatūru palielinātu par 20°C.

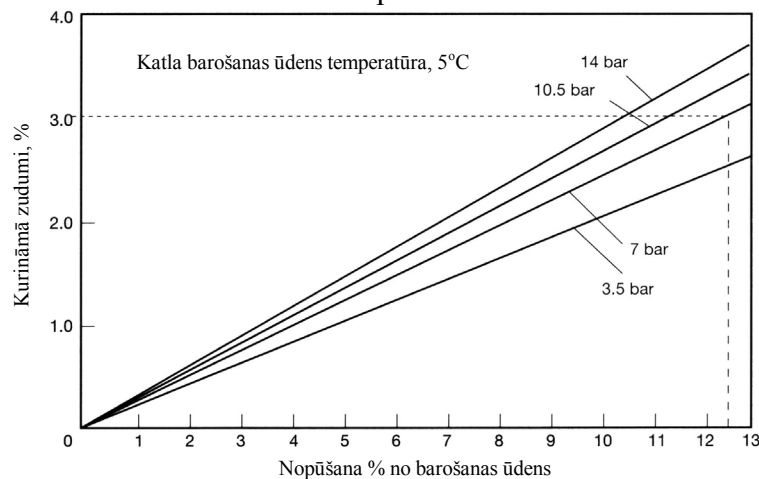
Nopūšana

Ir nepieciešams regulāri nopūst katlus, vai arī:

- no katla iekšpuses apakšējās daļas novākt dubļus, kas sastāv no sāļu nogulsniem, un lai:
- no katla iekšējām sānu virsmām, lai saglabātu kopējo izšķīdušo cieta vielu (TDS) līmeni, tādējādi izvairoties no aplikumu veidošanās vai pārvietošanās uz tvaika maģistrālēm.

Lai izvairītos no nevajadzīgiem siltuma zudumiem, nopūšanas līmeni vajadzētu uzturēt tik zemu, cik tas ir iespējams, tomēr joprojām saglabājot ieteiktos TDS līmeņus. Vajadzētu apsvērt nopūšanas siltuma zudumu izmantošanu kādam lietderīgam mērķim, piemēram, lai iepriekš uzsildītu barošanas ūdeni. Nopūšanas siltuma zudumu līmenis ir parādīts 5.attēlā .

5. attēls. Nopūšanas siltuma zudumi



Augsti nopūšanas zudumi var attaisnot siltuma atgūšanas iekārtu vai ūdens attīrīšanas sistēmas izdevumus. Ja viss rūpnīcas kondensāts tiek atgriezts kondensāta akā, nopūšanu var ievērojami samazināt.

Nopūšanas efekta piemērs

Piemēra katla gadījumā nopūšanas rada 3% katla zudumu pieaugumu. Tas parāda nopūšanu, kuras lielums ir 12,5% no iztvaikošanas, kas arī ir aptuveni 12,5% no padeves ūdens, un zudušā kurināmā izmaksas gadā ir 12.200 \$ plus barošanas ūdens izmaksas un ūdens attīrīšanas izmaksas, kur tās ir piemērojamas. Šis piemērs ir parādīts 5.attēlā.

Kur kopējā sistēmā tiek darbināts vairāk nekā viens katls, ir izdevīgi manuāli vai automātiski regulēt ciklu, lai izlīdzinātu liekā siltuma pieejamību. Tas dos iespēju padarīt liekā siltuma atgūšanu daudz ekonomiskāku tāpēc, ka nepieciešamās iekārtas būs mazākas un darbosies ilgāku laika brīdi, tādējādi paaugstinot rentabilitāti.

Viens no vienkāršākajiem veidiem, kā iegūt siltumu no nopūšanas ir tieši izmantojot tvaika strūklu, caur nopūšanas vārstu. Tas ir tīrs ūdens bez izšķīdušām cietām vielām, ko var tādējādi tieši padot katla barošanas ūdenim. Papildus siltumu no nopūšanas var arī iegūt, uzstādot siltummaini katla padeves ūdens iepriekšējai uzsildīšanai.

Ūdens attīrīšana

Ūdens attīrīšana ir nepieciešama visam ūdenim, lai:

- novērstu katlakmens veidošanos katlos un palīgierīcēs, kas var izraisīt katla metāla pārkarsēšanu un izsaukt bojājumus.

- kontrolētu nogulšņu un katlakmens veidošanos katlā un samazinātu nopūšanu;
- samazinātu vai novērstu katla un tvaika maģistrāļu koroziju (no oglekļa dioksīda tvaikā), kas rada augstākas uzturēšanas izmaksas;
- izvairītos no tvaika kvalitātes pazemināšanās, ko rada katla ūdens putošanās un nogulšņu veidošanās rezultātā;
- samazinātu koroziju katlā, kas rodas no izšķīduša skābekļa barošanas ūdenī.

Pienācīga tīrīšana ir jāveic, sekojot kompetenta ūdens attīrīšanas speciālista padomam. No pārdozēšanas var izvairīties, nodrošinot, ka izpildītāji ir profesionāli un izslēdzot attīrīšanas sūkņus, kad katli nedarbojas. Ideālā variantā katlu dozēšanas iekārtas jākontrolē ar padeves ūdens sūkņa darbības palīdzību.

Ūdens attīrīšanas iekārtām ir jāatbilst noteiktām prasībām. Lai to nodrošinātu, ir jāiegūst vairāk nekā viens viedoklis no ūdens attīrīšanas uzņēmumiem, katla izgatavotāja un apdrošināšanas kompānijas. Lētākais ne vienmēr ir labākais pirkums.

Ja ūdens attīrīšanas kvalitāte tiek uzlabota un/vai atgaitas kondensāta proporcija tiek palielināta, tam būtu jāsamazina nepieciešamās nopūšanas apjoms. Kopējo izšķīdušo cieto vielu līmeni var viegli pārbaudīt, izmērot ūdens blīvumu (izmantojot speciālu mērierīci) un temperatūru. Katla ūdens testēšanas komplekti ir lēti un tos ir relatīvi viegli izmantot. Ūdens attīrīšanas speciālists var palīdzēt tos iegādāties.

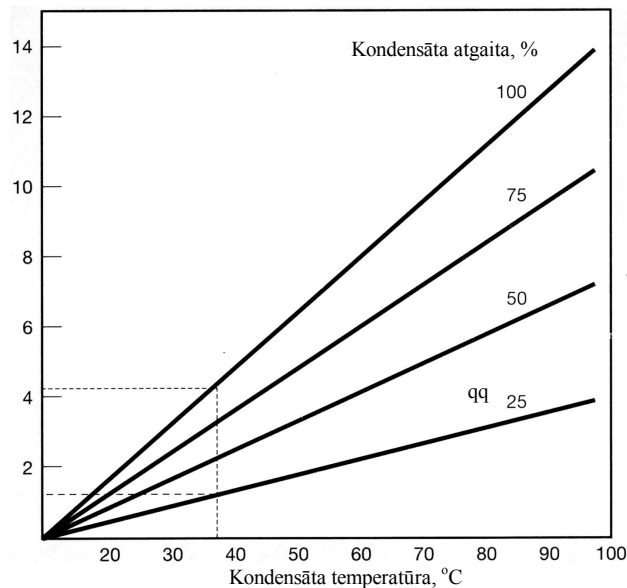
Kondensāta atgriešana

Ja barošanas ūdens temperatūra ir zema, vajadzētu noskaidrot iemeslu. Tas var notikt sekojošu iemeslu dēļ:

- kondensāta neliela proporcija barošanas ūdenī;
- kondensāta cauruļvadu izolācijas nepietiekamība (kaut gan tas var būt ne tik svarīgi attiecībā uz sistēmām, kas tiek izmantotas tikai telpu apkurei);
- zudumi no barošanas ūdens tvertnes (siltuma zudumi caur sienām vai kā pārplūšana).

Tik daudz, cik vien tas ekonomiski ir iespējams, kondensāts ir jāatgriež no avotiem, kur nav kvalitātes pazemināšanas varbūtības. Tas ietaupīs siltumu, barošanas ūdeni un jebkādas ķīmiskas vielas, kas tiek izmantotas ūdens attīrīšanā, kā arī samazinās nopūšanas zudumus. 6.attēlā parādīti iespējamie kurināmā ietaupījumi.

6. attēls. Kurināmā ietaupījumi atgriežot kondensātu



Tur, kur pastāv barošanas ūdens piesārņošanas draudi, parasti izmanto automātisku šķirošanu, izmērot kondensāta vadītspēju. Uztvērēji ir jānovieto tā, lai tiktu nobloķēts tikai piesārņotais kondensāts, nevis visa kondensāta straume, neatkarīgi no avota. Piesārņotais kondensāts var izraisīt gan katlu koroziju, gan pārslodzi, un tādējādi no tā ir jāizvairās.

Bez speciāla aprīkojuma reti ir iespējams izmantot pārpalikušo barošanas ūdeni, kura temperatūra pārsniedz 82°C, sakarā ar kavitācijas problēmām barošanas sūkņī. Taču barošanas ūdens temperatūru var paaugstināt virs šī līmeņa pēc sūkņa, ja ir uzstādīts ekonomizators. Ja rodas šaubas, vienmēr vajadzētu konsultēties pie katla vai barošanas sūkņa ražotāja.

Paaugstinātas kondensāta izmantošanas iespējamo ietaupījumu piemērs.

Ja barošanas ūdens temperatūra piemēra katlā paaugstina no 15,5°C līdz 38°C, palielinot atgaitas kondensāta daudzumu pie 38°C no 25% līdz 100%, tā rezultātā radīsies 3% lieli ietaupījumi, kas naudas izteiksmē sastādīs 10.700 \$ gadā. Turpmākie ietaupījumi tiks uzkrāti, pateicoties notiekošajam nopūšanas zudumu samazinājumam.

Tvaika un karstā ūdens iekārtu ekspluatācija.

Tvaika piegāde

Tvaika katlus nedrīkst darbināt zem minimālā spiediena, ko ir ieteicis ražotājs. Ja tvaiku izmantojošām iekārtām ir nepieciešams daudz zemāks spiediens, ir jāapsver katla pārveidošana vai aizvietošana. Alternatīvi – augsta spiediena tvaiku var izmantot tvaika turbīnā, lai ražotu elektroenerģiju. Šīs darbības samazinās siltuma sadales procesā radušos siltuma zudumus. Spiediena kritums galvenajās tvaika līnijās līdz izmantošanas punktam ir jāpārbauda, lai noteiktu optimālo sākotnējo spiedienu. Zemākā spiediena pusē būs nepieciešams drošības vārsts, lai aizsargātu tās sistēmas daļas, kas darbojas pie zemāka spiediena.

Katlu sistēmas savienojumi.

Tur, kur vienotā sistēmā ir savienoti vairāk kā divi katli, svarīgs ir to pareizs izvietojums. Zīmējums 7 parāda pareizās un nepareizās metodes, kā četri katli var tikt savienoti sistēmā.

Nepareizs savienojums var radīt sekojošu notikumu secību. Viens vai vairāki katli var saņemt papildus tvaika pieprasījumu līdz pat 25%, piemēram, 3. un 4.katls 7.a attēlā. Pateicoties ierobežotai siltuma ievadei, katls(i) atbildēs uz šo pieprasījumu ar spiediena kritumu, kam līdzī nāk tvaika izplešanās un ūdens maisījums katlā, kā rezultātā rodas putošanās un pārlišana. Nopietnākos gadījumos tas var izraisīt ūdens zudumus, kā rezultātā slodze tiek pārnesta uz atlikušajiem katliem. Tiem savukārt sāksies pārslodze un notiks visu sistēmas katlu kaskādes veida izslēgšanās laikā, kad katra individuālā katla ieguldījums ir nepieciešams. Šo efektu izraisa spiediena zudums, kas palielinās proporcionāli tvaika plūsmas kvadrātam.

7.a attēlā spiediens stipri kritīsies no savienojuma punkta pie 1.katla līdz 3. un 4.katlam; 3. un 4.katli var kļūt stipri pārslogoti. Spiediena atšķirības, un tādējādi katlu slodze starp 1. un 2.katlu būtu daudz zemāka, aptuveni 5%, ko kurināšanas iekārtas varētu vadīt. Lai izvairītos no problēmām, ne vairāk kā diviem katliem vajadzētu būt savienotiem, kā parādīts 7.b attēlā.

Daudzās iekārtās katli nav pareizi savienoti ar sadales sistēmu, kas rada iepriekš aprakstītās problēmas. Ir vērts mainīt savienojumu shēmas, lai pārvarētu šīs problēmas. Kā pagaidu pasākumu var veikt, uzstādot visu katlu izejā ierobežojošas droseļspraugas kas paredzētas spiediena samazināšanai par 3 bāriem pilnas katla ražības gadījumā.

Spiediena problēmas var rasties visiem katliem, neatkarīgi no izmantotā kurināmā, un ja tās nemēģina risināt, tās var nopietni ietekmēt tvaiku ražojošās un izmantojošās sistēmas stabilitāti un efektivitāti.

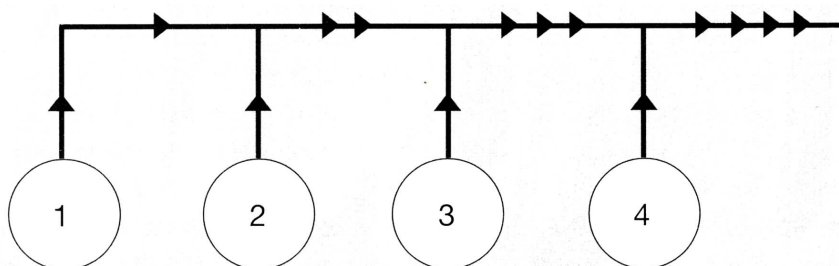
Cauruļvadi

Visas cauruļvadu sistēmas un vārsti, kas pārvada tvaiku un kondensātu, pienācīgi jāizolē un jānodrošina pret laika apstākļiem, izņemot tur, kur tie ir tikai daļa no kontrolētas apkures sistēmas. Tvaika padeve jāapstādina, kad nav nepieciešama apkure. Liela diametra cauruļvadu izolācija atmaksājas dažās nedēļās un mazo cauruļvadu izolācija – dažos mēnešos. Bieži vien vecākās iekārtās tvaika vārsti un atloku savienojumi nav noklāti ar siltumizolāciju, taču tagad to darīt ir ekonomiski pamatoti.

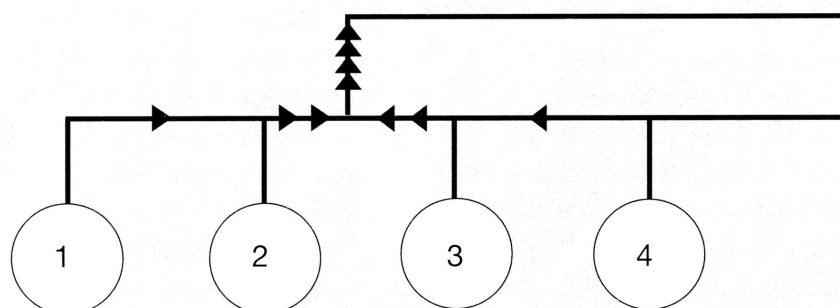
Ir jānosaka kārtība, pēc kuras izolācija ir regulāri jāpārbauda un jānomaina, kur tas ir nepieciešams, it īpaši uz iekārtām vai cauruļvadiem, kurus bijis nepieciešams demontēt vai remontēt. Izolācijas materiāla biezums ir jāpārvērtē pie aizvietošanas.

Tur, kur palielinātas ūdens temperatūras (kas radusies izolējot barošanas ūdens caurules) dēļ var rasties kavitācija, ir jābūt attiecīgam katla barošanas sūkņa sūkšanas augstumam.

7. attēls. Metodes, kā pievienot tvaika katlu sadales sistēmai



(a) Nepareiza metode, kā pievienot tvaika katlu sadales sistēmai, rodas pārmērīgs pieprasījums 3. un 4. katlam.



(b) Pareiza metode, kā pievienot tvaika katlu sadales sistēmai, katlu pieprasījums līdzsvarots.

Izolācijas ietekmes piemērs

Piemēra katlā, 30m no neizolēta 80mm cauruļvada, kas pārvada tvaiku pie 7 bāriem un 170°C, būs siltuma zudumi, kas naudas izteiksmē sastādīs 120 \$ gadā.

Neizolēts vārsts ir adekvāts 1m neizolēta cauruļvada; pie 7 bāriem 80mm vārsts zaudēs siltumu, kas vienlīdzīgs 120 \$ gadā. Neizolēti atloku savienojumi zaudēs pusi no tā.

Naudas ietaupīšanas pasākumu pārbaudes saraksts

1. Izmērīt tvaika izvadi no katla vai nu tiešā veidā, izmantojot tvaika mērītāju, vai netieši - izmērot kopējo katla barošanas ūdeni un novērtējot nopūšanu. Tvaika attiecība pret kurināmo ir galvenais katla efektivitātes rādītājs un to būtu jāuztur pienācīgā līmenī.
2. Nepārtraukti reģistrēt datus par katla darbību, lai ātri pamanītu nolietojuma pazīmes, dodot iespēju veikt uzlabojošus uzturēšanas pasākumus. Dienas reģistrācijas un nedēļas apkopojuma lapas tvaika un karstā ūdens katliem ir dotas 8., 9., 10. un 11.attēlā.
3. Izmērīt padeves ūdeni.
4. Laiku pa laikam pārbaudīt tvaika mērītājus, jo tie ar laiku nolietojas pateicoties mērīšanas atveres erozijai. Tvaika mērītāji var dot pareizus rādījumus tikai pie kalibrēta tvaika spiediena – pārkalibrēšana ir nepieciešama, ja tvaika spiediens tiek mainīts un mērītāju rādījumi ir jākorrigē atkarībā no izmaiņām tvaika apjomā.

5. Atvienot neizmantotos un liekos cauruļvadus. Ir jāveic regulāras pārbaudes, it īpaši, ja cauruļvadu izmantošana tiek bieži mainīta.
6. Nodrošināt, ka enerģijas ievades un izvades uzskaitē katlu mājās ir tik reāla, cik vien tas ir iespējams. Kurināmā inventarizācijai ir jābūt precīzai.
7. Uzlabot ierasto darba kārtību, jo tā radīs labākus darba apstākļus un labāku noskaņojumu katlu mājā.
8. Pārskatīt katlu mājas remontēšanas un uzturēšanas kārtību, it īpaši kur tā ietekmē kurināšanas iekārtas, regulatorus un instrumentus. Ir jāpastāv regulārai katlu, siltuma pārvades virsmu un dūmu cauruļu tīrīšanas kārtībai. Jebkurš lietderīgs instruments vai iekārta, kas sabojājusies, kā, piemēram, ūdens skaitītāji, temperatūras noteicēji un ekonomizeri, ir jāizremontē un jāuzstāda lietošanai, ja iespējams.
9. Periodiski pārbaudīt krāšņu cauruļu un dūmvadu stāvokli. Vecākās katlu iekārtās varētu būt nepieciešams pārbaudīt pret ūdens ietecēšanu pazemes dūmvadus.
10. Bez kavēšanās jāveic tvaika sūču remontdarbi. Šādas sūces ne tikai veicina enerģijas zudumus, bet arī apdraud drošību.
11. Izvērtēt katla uzturēšanas līguma noslēgšanu ar ražotājiem.
12. Pārbaudīt naftas uzglabāšanas temperatūras, lai pārlicinātos, vai nenotiek pārkarsēšana.
13. Bieži veikt naftas līnijas tvaika cauruļvadu sūču un bojājumu esamību pārbaudes, kā arī pārbaudīt elektroapsildes vadu nepārtrauktību.
14. Izpētīt iespēju ieviest siltuma atgriešanas sistēmas.

8.attēls Tvaika katlu ikdienas reģistrācijas lapas paraugs

[illegible]

9.attēls Karstā ūdens katlu ikdienas reģistrācijas lapas paraugs

Datums:				Sistēma:																
Laiks	Katla Nr.	Tvaiks		Ūdens				Dūmgāzes			Vilkme		Kurināmais						Gaiss	Komentāri
		Darba spiediens (bāri)	Temp. katla izeja (°C)	Temp. ekon. pievade (°C)	Temp. katla pievade (°C)	Skaitītāja rādījums baroš. ūdenim (litri)	Skaitītāja rādījums sagatavotajam ūdenim (litri)	Temp. katla izvadei (°C)	Temp. ekon. izvadei (°C)	CO ₂ vai O ₂ (%)	Spiediens sadegšanas kamerā (bāri)	Spiediens pie katla izvades (bāri)	Plūsmas mērītājs (kg.m ³ vai litri)	Atgaitas mērītājs (kg.m ³ vai litri)	Plūsmas temp. (°C)	Atgaitas temp. (°C)	Atlikumi (kg)	Āra temp. (°C)		
				</																

10.attēls Tvaika katlu nedēļas apkopojuma lapas paraugs							
Nedēļa sākās:				Sistēma:			
Datums	Patērētais kurināmais (kg)	Pelni (kg vai %)	Iztvaikotais ūdens (kg)	Iztvaikošana uz kg vai m ³	Sagatavotais ūdens (% no kopējā)	Stundas darbībā	Komentāri
Kopā							
Nolasījumu Nr.							
Vidēji							
Izmantotā kurināmā kopējais apjoms.....				\$ par kguz kg litri (koriģēts līdz 20°C) par \$.....uz litru (vai m ³ = 10 ³ litri)			
Kopējās kurināmā izmaksas nedēļā \$.....							
Kurināmā izmaksas iztvaikošanai 1000kg ūdens \$.....							
Komentāri par nedēļas apkopojumu.....							
.....							

11.attēls Karstā ūdens katlu nedēļas apkopojuma lapas paraugs									
Nedēļa sākās:				Sistēma:					
Datums	Patērētais kurināmais (kg)	Pelni (kg vai %)	Kopējais cirkulētais ūdens (kg)	Vidējā temperatūras starpība (°C)	Kopējā siltuma izvade (kJ)	Siltuma izvade uz kurināmā kg vai m ³ (kJ)	Sagatavotais ūdens (% no kopējā)	Stundas darbībā	Komentāri
Kopā									
Nolasījumu Nr.									
Vidēji									

Kopējais izmantotā kurināmā apjoms..... \$ par kg uz kg
..... litri (koriģēts līdz 20°C) par \$..... uz litru (vai kubikmetru = 10³ litri)

Kopējās kurināmā nedēļas izmaksas \$
.....

Kurināmā izmaksas uz MJ \$
Komentāri par nedēļas apkopojumu
.....
.....

3.4 Cietais kurināmais

Oglekļa un ūdeņraža saturs kurināmajā

Ogleklis un ūdeņradis ir vērtīgas kurināmā sastāvdaļas.

Katra veida kurināmajā ir atšķirīgs šo komponentu saturs un to proporcijas.

	C Ogleklis %	H Ūdeņradis %	O Skābeklis %	N Slāpeklis %	S Sērs %	Gaistošās vielas %	Siltumspēja sausajā daļā Kcal/kg un MJ/kg	Nepieciešamais gaiss m³/kg	Aizdeģšanās temperatūra °C
Antracīts, degakmens (kokss)	93-97	0,5-3,5	0,5-1,5	nedaudz	0,1	3-6	6000-7500 25.0-31.5	7-9	300-600
Ogles, brūnogles, kokogles	68-93	3,5-5,5	1,5-22	0,5-1	0,5-4	10-50	2500-6000 10.5-25.0	3-7	200-450
Kūdra	55-65	5-6	30-40	1,5	-	70	5200 21.8	6	280
Koksne, salmi papīrs, šķeldas plate	48-51	6	43-45	-	-	70-80	4400 18.4	3,5-4	180-400
Degviela	87-88	11	0	-	0,5-3	-	9600 40.8	10,7	380
Dīzeļdegviela	86-87	13-14	0	-	0,2- 0,5	100	10.200 42.7	11,5	-
Sašķīdinātā naftas gāze	-	-	-	-	-	100	11.000 50.3		-
Dabasgāze	75-76	23-25	0-1	0-1	0	100	11.800 49.4	12,9	595
Metāns	75	25	0	0	0	100	11.900 50.0	13,3	650
Ūdeņradis	0	100	0	0	0	100	28.765 120.5	26,7	510
Oglekļa monoksīds	43	0	57	0	0	100	2.440 10.2	1,9	610

Visu veidu cieto kurināmo iegūst no biomasas, un kurināmā saturs ir atkarīgs no biomasas vecuma un spiediena līmeņa, kādam tā bijusi pakļauta.

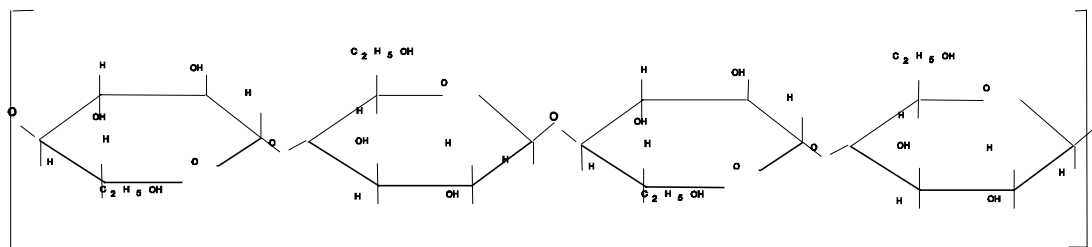
Naturālās biomasas kā piemēram, koksnes, mizas un salmu sastāvā ietilpst sekojošas daļas:

- 20 - 25% puscelulozes
- 40 - 50% celulozes

- 20 - 30% lignīna
- mainīga daudzuma minerāliem

Celuloze, pusceluloze un lignīns sastāv no lielām oglekļa, ūdeņraža un skābekļa molekulām, veidojot cukuram līdzīgu sastāvu.

Kā piemērs parādīta celulozes molekulas daļa:



Celuloze

Līniju krustojumos atrodas oglekļa atomi.

Malkas sastāvā ir 0.5 - 1% pelnu, mizā ir līdz 10% pelnu saturs, kas radies no smilšu piejaukuma. Salmos pelnu saturs svārstās no 2 līdz 8%, ko ietekmē augsne un laika apstākļi.

	Formula	% C	% H	% O	MJ/kg Sausā daļa, bez pelniem
Pusceluloze	$(C_5H_{10}O_5)_n$	40	7	53	15,3
Celuloze	$(C_6H_{10}O_5)_n$	44,2	6,2	49,4	16,3
Lignīns	$(C_9H_{10}O_3)_n$	65	6	29	25,6
Miza		49,6	6,3	44,1	18,8
Salmi					17,7-18,9
Priedes miza					18,4-20,7 sausā daļa, ieskaitot pelnus
Bērza miza					Līdz 29 sausā daļa, ieskaitot pelnus
Koksne	Vidējais no visiem koksnes veidiem, pilnīgi sauss				18,8

Mitruma saturs koksņē un salmos var svārstīties no 10 - 12%, ja tas ir sauss, līdz 55%, ja tas ir ļoti mitrs.

Aptuvenu zemāko siltumspējas vērtību NCV (net calorific value – neto siltumspēja) koksnei aprēķina, atņemot mitruma saturu %, kas reizināts ar 0.25 no sausa materiāla siltumspējas:

Eglei ar 1% pelnu un 32% mitruma saturu aptuvenais NCV ir sekojošs

$$18,6 - (0,25 \times 32) = 10,6$$

Ekonomiska un videi draudzīga cietā kurināmā izmantošana

Centralizētājā siltumapgādē tiek plānots ievērojami paplašināt siltuma ražošanu no elektroenerģijas ražošanas procesā neizmantotās enerģijas, un tas nozīmē, ka var sagaidīt kopējā cietā kurināmā patēriņa samazināšanos siltumenerģijas ieguves nolūkos.

Tajā pašā laikā pastāv mērķis apkurē aizvietot ogļu un koksa izmantošanu ar naftu un dabasgāzi.

Tomēr vēl vairākus gadus siltumenerģijas ražošanā tiks izmantoti ievērojami cietā kurināmā apjomi.

Neatkarīgi no tā vai kurināmais ir cietais, šķidrās vai gāzveida – katlam, dūmvadam un skurstenim ir jābūt piemērotiem kurināmajam, un to uzturēšana atbilstošā stāvoklī ir pirmais ekonomiska sadedzināšanas procesa nodrošināšanas nosacījums.

No Dānijas sešdesmito un septiņdesmito gadu pieredzes ir secināts, ka pāreja no ogļu uz naftas kurināmo ir izdevīga tikai tad, ja katls, dūmvads un dūmenis ir piemēroti naftas dedzināšanai.

Piesārņojums ar kvēpiem un nepatīkamas (arī kancerogēnas) smakas darvas saturošām un viegli uzliesmojošām vielām jāsamazina līdz minimumam; obligāts noteikums ir, ka katla māja tiek ne vien atbilstoši uzturēta, bet arī pareizi darbināta.

Salīdzinājumam dota naftas kurināmo katlu (ar jaudu <120 kW) Dānijas noteikumu attīstība kopš 1953.gada, kad tika atļauta naftas dedzināšana.

Gads	Kvēpu rādītājs	Tehniskā sadedzināšanas lietderība %
1953-62	3-5	60
1962-66	1-2	70-75
1966-75	0-2	80-85
1975-90	0-1	89-90

Tehniskās sadedzināšanas lietderības un kvēpu emisijas pakāpeniski uzlabojumi daļēji panākti pastāvīgas tehnoloģiskās attīstības rezultātā, daļēji cenu un nodokļu palielināšanās, daļēji valsts pārvaldes iestāžu prasību rezultātā un daļēji, pateicoties kontroles sistēmas ieviešanai, kuras ietvaros visām iekārtām vienreiz gadā tiek pārbaudīts sadedzināšanas ekonomiskuma un kvēpu emisijas līmenis. Katlu mājās ar jaudu > 120 kW Dānijā pēdējo 10 gadu laikā ir izveidojies patēriņa

samazinājums par aptuveni 19%, pateicoties Dānijas konsultāciju programmai siltumapgādes sektorā.

Ekonomiska un videi draudzīga sadedzināšanas procesa priekšnosacījumi

Sadedzināšanas iekārtas darbības uzdevums ir maksimāli iespējamā apjomā pārnest kurināmā enerģētisko saturu apkures sistēmas ūdenī. Sistēmās, kurām nav dūmsūkņi, nelielai enerģijas daļai, tomēr ir jāpaliek dūmgāzēs, lai dūmenis varētu radīt nepieciešamo vilkmi, kas iesūc dedzināšanas gaisu katlā un atbrīvo katlu no dedzināšanas produktiem.

Siltums tiek saražots vienā katla daļā, kas tiek saukta par kurtuvi, t.i. degšanas kameru.

Kurtuve tiek saukta arī par katla sildvirsmu.

Daļa no saražotā siltuma tiek novadīta cauri katla konstrukcijai (čuguna vai tērauda) cirkulējošajam sildāmajam ūdenim, kas siltumenerģiju izvada no katla uz nepieciešamo vietu: radiatoriem un karstā ūdens tvertnēm utt.

Daļa siltuma, kas nav sasniegusi katla ūdeni, tiek zaudēta ar dūmgāzēm, un šo daļu sauc par zudumiem dūmgāzēs. Jo mazāki ir zudumi dūmgāzēs, jo efektīvāka ir katlā saražotā siltuma izmantošana.

Lai nodrošinātu pilnīgu kurināmā sadedzināšanu, katlam ir jāpievada zināms daudzums sadedzināšanai nepieciešamā gaisa.

Ja pievadītā gaisa daudzums ir tieši tik liels, cik teorētiski nepieciešams, kas katram kurināmajam ir aptuveni 1 kubikmetrs stundā/ kW, gaisa pārpilnības koeficients ir 1.

100 % gaisa pārpilnības veido gaisa pārpilnības koeficientu 2.

Gaisa pārpilnības aptuvena formula ir sekojoša:

$$\text{Gaisa pārpilnības koeficients } \lambda = \frac{20,9}{20,9 - \% O_2}$$

Praksē veidojas vajadzība pēc zināma gaisa pārpalikuma konkrētam katlam un slodzei. Parasti, nepieciešams 25 - 50 % pārpalikums vai gaisa pārpilnības skaitlis 1,3 – 1,5.

Lielāks gaisa pārpilnība izjauc sadedzināšanas ekonomiju un palielina piesārņojumu, piemēram, ar putekļiem un nesadedzināto produktu, kā piemēram, darvas un kvēpu izmešiem.

Gaisa/daļiņu teorija.

Gaiss, kas tiek lietots sadedzināšanā, kustas atbilstoši konkrētiem dabas likumiem.

Lai gaiss un dūmi pārvietotos, nepieciešami dažādi spiediena līmeņi.

Lai ievadītu gaisu kurtuvē vai katlā, degšanas kamerā ir jābūt zemākam spiedienam nekā telpā, kas ir ap kameru.

Savukārt, lai novadītu dūmus no degšanas kameras cauri katlam uz dūmeni ārpusē, dūmenī ir jābūt zemākam spiedienam nekā katlā.

Šos nepieciešamos diferenciālā spiediena līmeņus var radīt dūmeņi, degšanas gaisa pieplūdes ventilatori vai dūmsūkņi.

Cauri spraugai plūstošā gaisa ātruma aprēķināšanai var pielietot sekojošu formulu:

$$v = \varphi x \sqrt{\frac{2x9,81x\Delta p}{\rho}} \text{ m/sek}$$

kur x ir faktors, kas vienāds ar 1 spraugām ar noapaļotu atveri un 0,7 spraugām, kuru atverei ir asas malas, ja ρ ir gaisa īpatnējais blīvums kg/m^3

Atmosfēras gaisam ar temperatūru 0°C formulu var vienkāršot:

$$v = 4x\sqrt{\Delta p} \text{ m/sek}$$

Formulu izmanto, lai aprēķinātu gaisa daudzumu, kas plūst cauri spraugai ar noapaļotas atveres šķēsgriezuma 1 cm^2 uz katlu, kur tiek mērīts zemspiediens (vilkme):

Spiediena starpība mm VS	Ātrums m/sek	Kubikmetri gaisa stundā/ spraugas cm^2
0,1	1,27	0,46
0,4	2,53	0,91
1	4,0	1,44
4	8,0	2,88
9	12,0	4,32
10	12,6	4,55

Gaisa viskozitāte palielinās pieaugot temperatūrai – tas ir pretēji lielākajai daļai šķidro kurināmo, piemēram, mazuts temperatūrai paaugstinoties kļūst šķidrāks.

Viens no tā rezultātiem ir pretestības pieaugums katlā un dūmenī, ceļoties temperatūrai.

Tā kā līdz ar temperatūras pieaugumu arī dūmi izplešas, tas nozīmē, ka pie augstākas pretestības ir jāizvada lielāks dūmu daudzums.

Pieaugoša viskozitāte arī ietekmē degšanas gāzu spēju pārvietot putekļus – jo siltāka gāze, jo lielākas daļiņas tā var aiznest.

Siltumenerģijas pārvade un keramika

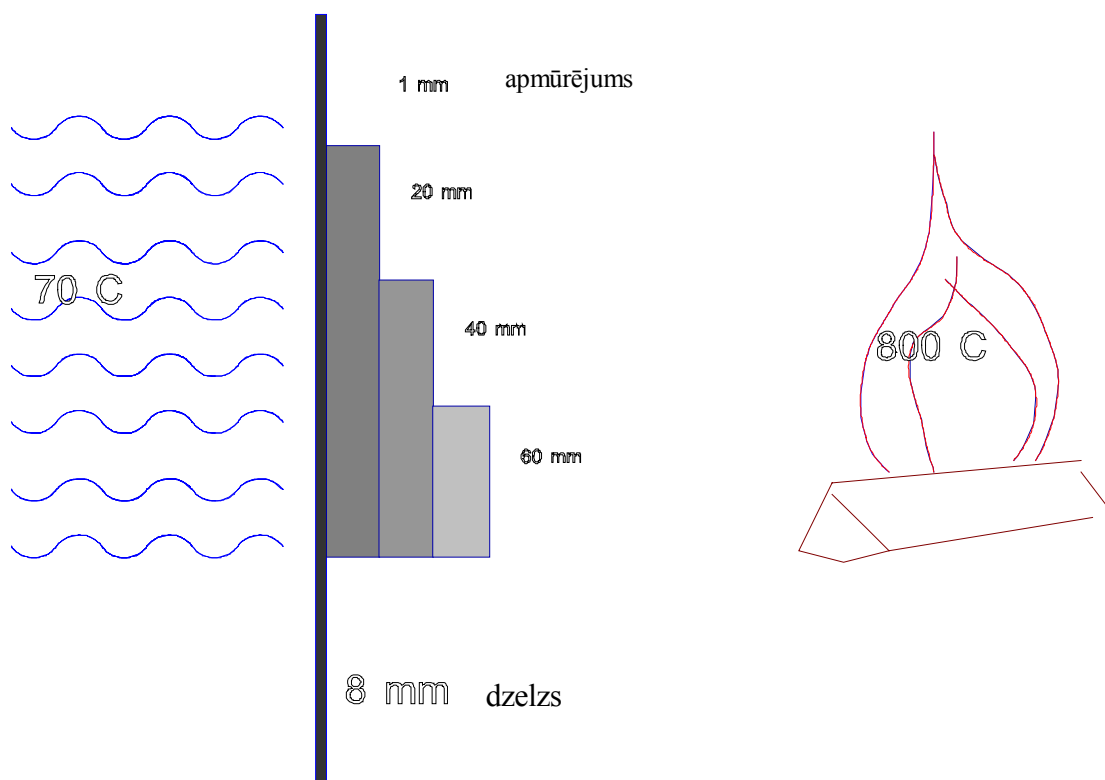
Siltuma pārvade degšanas kamerā ir atkarīga no sienu spējas pārvadīt karsto gāzu siltumu uz katla ūdeni. Šo īpašību sauc par sienas siltuma vadītspēju.

No augšminētā izriet secinājums, ka siltuma pārvade ir atkarīga no tā, vai degšanas kameras sienas apdares materiāls ir veidots no metāla, vai arī tas ir pārklāts ar keramiku. Turklāt nozīmīgs ir arī šīs keramikas biezums.

Keramikai var būt dažāda līmeņa siltuma vadītspēja. Smags un masīvs materiāls siltumu vada labāk (slikta izolācijas spēja) un uztver vairāk siltuma nekā viegls porains materiāls.

Bez tam, zināma nozīme ir tam, vai sienas ir tīras vai netīras. Kvēpu vai izdedžu kārtā pasliktina sienas siltuma vadītspēju.

Siltuma pārvade ir arī atkarīga no temperatūras un no plūsmas gar sienām. Tas attiecas gan uz dūmgāzu zonu, gan arī uz ūdens zonu.



Sniegtais piemērs ilustrē, kā ķieģeļu pārklājums vai šķiedras apdare var ietekmēt siltuma pārvadi un virsmas temperatūru degšanas kamerā. Atsevišķi sniegti piemēri smagam, vidēji smagam un vieglam materiālam, kas ir lietots dažādā biezumā. Aprēķināta virsmas temperatūra un siltuma pārvade caur vienu kvadrātmetru virsmas (izdarīti zināmi pieņēmumi un noapaļošana).

Pieņēmumi:

Gāzes temperatūra: 800 °C

Ūdens temperatūra: 70 °C

Tērauda slānis: 8 mm

Virsmas temperatūras un siltuma pārvades aprēķini var cita starpā tikt izmantoti degšanas kameru konstruēšanā vai to modificēšanā. Tādā veidā ir iespējams aprēķināt gāzes temperatūru momentam, kad gāzes atstāj kameru. Lai nodrošinātu pilnīgu sadegšanu, temperatūrai ir jābūt virs 800 °C.

Degšanas kambara virsmas temperatūra.

	Virsmas seguma siltuma vadītspēja		
Seguma biezums	2,00 kW/m ⁰ C	1,57 kW/m ⁰ C	0,26 kW/m ⁰ C
0 mm	82 °C		
1 mm	108 °C	118 °C	324 °C
20 mm	539 °C	587 °C	762 °C
40 mm	659 °C	688 °C	781 °C
60 mm	704 °C	724 °C	787 °C

Siltuma pārvade, kW/m² virsmas laukuma.

	Virsmas seguma siltuma vadītspēja		
Seguma biezums	2,00 kW/m ⁰ C	1,57 kW/m ⁰ C	0,26 kW/m ⁰ C
0 mm	77 kW/m ²		
1 mm	76 kW/m ²	76 kW/m ²	66 kW/m ²
20 mm	47 kW/m ²	41 kW/m ²	9 kW/m ²
40 mm	30 kW/m ²	24 kW/m ²	5 kW/m ²
60 mm	21 kW/m ²	17 kW/m ²	3 kW/m ²

Papildus siltuma vadītspējai, procesus degšanas kambarī ietekmē arī siltumietilpība.

Liels ķieģeļu ieklājums ar augstu siltumietilpību prasa ilgāku uzkarsēšanas laiku.

Arī pretējā procesā tiek vairāk patērēts laika atdzišanai, kad degšana tiek apturēta vai samazināta.

Keramikas veidi un īpašības

Uguns izturīgus nemetāla materiālus var iedalīt četrās grupās:

- Saistvielas un javas
- Presēti dedzinātie akmeņi
- Lējumi
- Šķiedrveida materiāli

Materiālu lietošanai katlos vai kurtuvēs ir svarīgas sekojošas to īpašības:

- Siltumietilpība
- Siltuma vadītspēja
- Ķīmiskā pretestība
- Fiziskais stiprums
- Cena

Kurināmā izvēle

Pareiza kurināmā izvēle noteiktam katlam ir ļoti svarīgs faktors.

Papildus pareizai gaisa padevei, nepieciešams nodrošināt arī atbilstošu gaisa un deggāzu maisījumu. Lai panāktu pilnīgu sadegšanu, maisījums ir jāizveido, pirms gāzi atdzesē ar ūdeni piepildītās katla sienas vai notikusi sajaukšana ar gaisu līdz temperatūru zem 600-700 °C. Iespēju noturēt pietiekami augstu gāzes temperatūru ietekmē sajaukšana ar uzsildītu gaisu, katla konstrukcija, kā arī padeves izpildījums.

- Lai nodrošinātu pilnīgu sadegšanu, ir jāpievada atbilstošs degšanas gaisa apjoms. Atbilstošs nozīmē pietiekams, taču ne pārmērīgs. Katram kurināmā veidam ir atšķirīgs teorētiski nepieciešamais gaisa apjoms, pamatojoties uz kurināmā sausās un pelnus nesaturošās daļas apjomu. Vairumam katlu tipu laba degšanas procesa nodrošināšanai teorētiskais gaisa apjoms ir jāpalielina vēl par 25 - 50 %. Polijā daudzu ar oglēm kurināmo katlu darbībā papildus gaiss tiek pievadīts 500 - 1000 % apjomā. Ja gaiss nav pievadīts pietiekamā daudzumā, veidojas kvēpi un nesadedzinātas gāzes, kuras satur darvas tvaikus. Arī pārāk daudz gaisa izraisa kvēpu un nesadedzināto gāzu veidošanos, un tajā pašā laikā cauri dūmenim putekļu izmešu veidā tiek aiznesta daļa no kurināmā un pelniem. Gan nepietiekams gaisa apjoms, gan arī nevajadzīgs gaiss izraisa zemas lietderības sadegšanu..
- Bez tam, gāzu sadedzināšanas nolūkam ir svarīgs atbilstošs gaisa un gāzu maisījums, kuram ir jābūt pilnīgi izveidotam pirms šis maisījums tiek atdzesēts zem 600 - 700 °C temperatūras. Ja gāzes satur kurināmā daļiņas, tad, lai panāktu pilnīgu sadegšanu, pie šīs temperatūras ir

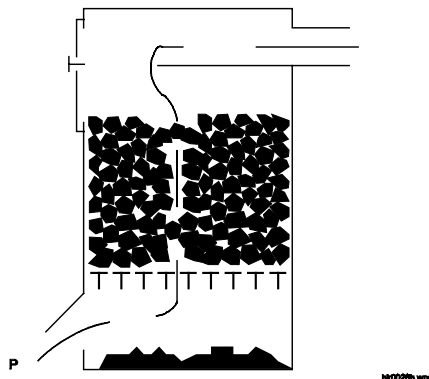
vajadzīgs zināms reakcijas laiks. Jo lielākas ir daļiņas, jo nepieciešamais laiks būs ilgāks. Tādēļ kurināmais ir jātur miera stāvoklī. Dedzinot akmeņogles uz ārdiem, ir iespējams uzturēt labu dedzināšanas gaisa ātrumu, izvairoties no tā, ka gāzes aiznes daļu kurināmā. Šis veids nav piemērots salmiem, un ārdi nav piemēroti salmu dedzināšanai.

Katla un dedzināšanas sistēmas izvēle noteiktam kurināmā veidam

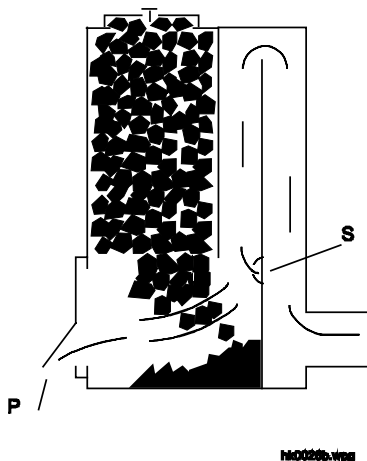
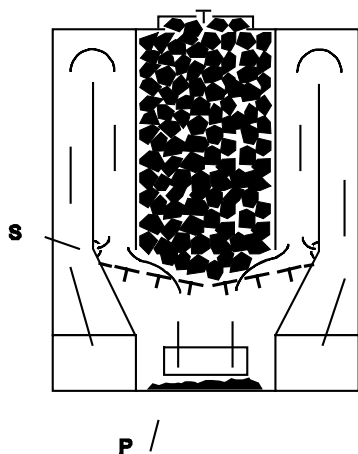
Kurināmajam, kas satur gāzi, kā piemēram, ogles, koksne un salmi, nekādā gadījumā nav ieteicams izvēlēties sistēmu ar “degšanu viscauri”.

Liesmas iet cauri katlam garām nesadedegušajam kurināmajam, tamdēļ gāzes atstāj kurināmo bez degšanas.

Katliem, kuriem ir sistēma, ko raksturo “degšana apakšā” minētā problēma ir atrisināta, taču vienmēr ir jāuztur zināms minimālais padeves efekts, lai nodrošinātu pietiekamu temperatūru gāzu sadegšanai.



Tas nozīmē, ka vajadzīga uzkrājuma tvertne, ja nepieciešamais siltums ir mazākā apjomā nekā šis minimālais padeves efekts.



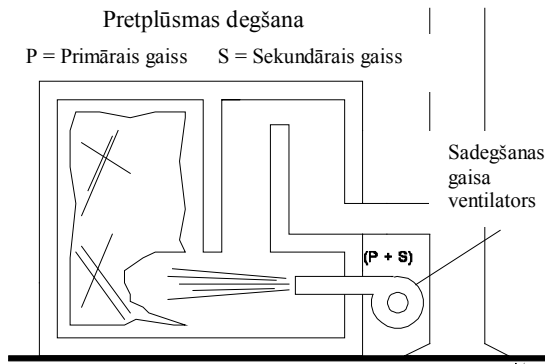
Dānijā salmiem lietoja “degšana viscauri” principa katlus, radot tādus dūmus vidē, kas bija ļaunāki par ogļu piesārņojumu. Tas gandrīz lika pārvaldes iestādēm aizliegt salmu dedzināšanu.

”Dedzināšana plaisā”

Salmu kurināmā katla *Skeltek RM10*, kas ir konstruēts ar Dānijas Vides aizsardzības ministrijas palīdzību, darbība notiek pēc principa “pretstraumes sadegšana” un šeit problēmas saistībā ar sistēmu “degšana viscauri” ir atrisinātas.

Pretstraumes sadegšanas process balstās uz noteiktiem principiem:

- Sadegšanas gaisam, kas tiek iepūsts ar ventilatora palīdzību, ir tieši jāsasniedz salmi tieši salmu ķīpas labajā spārnā. Tas ir nepieciešams, lai salmi saglabātu savu novietojumu, nesekojot degošajām gāzēm.



- Degošajām gāzēm, kas izdalās no salmiem, un dedzināšanas gaisam, kas plūst pretim salmiem, ir jāizmainās iespējami maza izmēra atvērumā, lai degšanas gāzes un gaisa daļas varētu sajaukties.
- Degšanas gāzes, kas ir izgājušas cauri atvērūmam un ir iekļuvušas gāzes degšanas kamerā, nedrīkst atdzesēt zem 800°C pirms nav pilnībā beigusies gāzu un degošo daļiņu sadegšana.
- Sadedzinot salmu ķīpas, aizvien vairāk atbrīvojas salmu novietnes virsma, lai samazinātos liesmas, sadegšanas gaisa apjomu palielinās, lai nodrošinātu 800°C gāzes sadegšanas kamerā.

“Pretstraumes sadegšana” ļauj nodrošināt gandrīz pilnīgu sadegšanu līdz oglekļa monoksīda koncentrācijai dūmu gāzēs apjomā zem 1000 ppm un pie sadegšanas gaisa pārpilnības 50 %. Tas nodrošina katlam lietderības koeficientu no 80 līdz 90 %, kamēr citiem salmu kurināmā katliem, ko izmanto fermās, lietderības koeficients ir no 35 līdz 70 %.

Akumulācijas tvertne

Lietojot parastu katlu, katla ūdens temperatūru parasti izmanto, lai regulētu liesmu atkarībā no siltumenerģijas pieprasījuma.

“Pretstraumes sadegšanas” katlam degšanas temperatūra regulē liesmu neatkarīgi no siltumenerģijas pieprasījuma. Tamdēļ rodas vajadzība izbūvēt pietiekama apmēra akumulācijas tvertni, kur var uzglabāt visu siltumu, ko iegūst sadedzinot vienu salmu padeves vienību, uzkaršējot akumulācijas tvertnē ūdeni no 50°C līdz 90°C . Salmiem 48 kg apjomā (kas ietilpst RM10 tipa novietnē) ir nepieciešama 3000-4000 m² tvertne.

Kad temperatūra tvertnē ir noslīdējusi zem 50°C , uzsākas 48 kg salmu liesmošana, kas ilgst apmēram 2 stundas. Radiatoriem un karstajam ūdenim tiek izmantots siltums no tvertnes.

Iesūktā degšanas gaisa un mākslīgā gaisa apjoms ir atkarīgs no:

- degšanas gaisa ieplūdes kanāla šķērsriezuma laukuma
- noplūdes šķērsriezuma laukuma
- vilkmes
- katla pretestības
- vadu un dūmu cauruļu pretestības

Tādēļ gaisa daudzumu konkrētā gadījumā noteiks dūmu temperatūra, kanālu un katla tīrības pakāpe, kā arī speciālo un nejaušo atveres vietu lielums. Ja katlam ir kopējs dūmvads ar citiem katliem, katlu darbība būs savstarpēji saistīta un konstantas vilkmes noturēšana būs apgrūtināta.

Piesārņojums

Ogļu un koksas katli var izraisīt piesārņojumu ar kvēpiem, nesadedzinātiem ogļūdeņražiem, oglekļa monoksīdu, koksas, pelnu un ogļu daļiņām, un protams, ar sēra un slāpekļa oksīdiem.

Slikta sadegšana nav tikai vides problēma, bet arī ļoti nozīmīgs ekonomikas jautājums.

Nesadedzinātās sastāvdaļas dūmos, kā arī nevajadzīga gaisa pārpilnība, kas ir uzkarsēta līdz dūmu temperatūrai, veido zudumus.

Pie aprēķināta gaisa pārpilnības koeficienta 1, nesadegušu dūmu gāzu izraisītie zaudējumi būs apmēram sekojoši:

% H₂ 5 %

% CH₄ 15 %

% CO 5 %

Iespējamie sadedzināšanas uzlabojumi

Lai uzlabotu sadedzināšanas ekonomiju (sadedzināšanas tehnisko lietderību), var veikt vairākus vienkāršus pasākumus. Šeit īsi aprakstīti vissvarīgākie no šiem pasākumiem:

- Katlu ķieģeļu sienu, durvju, tīrīšanas atveru un dūmvadu hermetizēšana;
- Dūmgāzu aizvaru un sadedzināšanas gaisa aizvaru atjaunošana vai instalēšana, ieskaitot mērāmo ierīci esošās situācijas indikācijai;
- Dūmvadu un dūmkanālu izolēšana. (katlu izolācija ir nepieciešama arī no vispārējās apkures ekonomijas viedokļa, taču ne saistībā ar tehnisko sadegšanas lietderību).
- Vienkāršu vilkmes mērītāju uzstādīšana dedzināšanas kameras iekšpusē vai ārpus tās, spiediena mērītāju ierīkošana gaisa sadales vados zem katliem ar kustīgiem ārdiem, kā arī dūmgāzu termometru ierīkošana aiz katra atsevišķa katla.

Šādi vienkārši rīcības pasākumi, kuru izpilde neprasa ievērojamus ieguldījumus, radīs tūlītējus ogļu patēriņa ietaupījumus aptuveni 10-15% apjomā un atsevišķās siltumapgādes sistēmās – pat vairāk.

Bez tam, izveidojot dažādu instrumentu un regulēšanas iekārtu aprīkojumu, vēl papildus tiks panākti sadegšanas uzlabojumi, bet katliem, ko kurina manuāli, uzlabojumus nodrošinās sadegšanas priekškurtuves izbūve, ogļu novietnes vai citi ogļu padeves aparāti.

Ja katlu mājas darbība ir iepļānota vairāk nekā 1-2 gadu garumā, tad ir iesakāmi vairāki citi pasākumi, kas ir nedaudz dārgāki.

- Atsevišķie katli pievienojami pie atsevišķiem, izolētiem kanāliem, kas katrs iet uz savu dūmu kanālu.
- Ja ir mērķis panākt papildus ietaupījumus, katliem ar kustīgiem ārdiem būs vajadzīga pilnīga apkope, ieskaitot bojātās segmentācijas nomaiņu zem ārdiem.
- Mazos katlus, kas darbojas pēc principa “degšana viscauri” ir jāmodificē, lai degšana būtu apakšā vai arī kurināšanas zonā, jeb, iespējams, tos nepieciešams nomainīt. Veiksmīgas nomaiņas priekšnosacījums ir, ka katla ražotājs, modificējot mazo katlu tipus, panāk to piemērotību cietā vai gāzveida kurināmā dedzināšanai. Viena no metodēm sadedzināšanas pilnveidošanai paredz novietot uguns izturīgo ķieģeļu krāvumu piemērotā stāvoklī, lai nodrošinātu pietiekamu temperatūru gāzu sadedzināšanai. Šāds eksperiments ir veikts Osovas (Osowa) katlu mājā.
- Ir jautājums par pielāgošanu šķidrajam kurināmajam, bet šim nolūkam nepieciešams standarta formas kurināmais, kā arī efektīvs filtrs.
- Atsevišķos gadījumos pareiza kurināmā izvēle, it īpaši attiecībā uz sortimentu un pelnu samazinošo līmeni, var ierobežot enerģijas patēriņu un piesārņojumu.

Izdedži

Izdedži ir kūstošie pelni un tie veidojas pelnu temperatūrai pārsniedzot kušanas temperatūru. Daudziem pelnu veidiem nav kušanas punkta, bet tiem atbilst virkne stāvokļu no mīkstinošas temperatūras līdz sašķidrinošai temperatūrai.

Izdedži var izraisīt vairākas problēmas kurtuvju un katlu darbībā, piemēram:

- Izdedži var iekapsulēt nesadegušo kurināmo un tāda veidā radīt šķērsli sadegšanas gaisa pieplūdei kurināmā virsmai.
- Lielu blīva satura izdedžu “piku” veidošanās var apgrūtināt attīrīšanu no pelniem.
- Dūmvadi var tikt nobloķēti ar pelnu daļām, kas kūstošo virsmu dēļ var pielipt pie aukstas katla caurules virsmas, kā arī salipt kopā.

Pastāv vairāki problēmu iemesli:

- Ja pelnus aptver reducētais gaiss (slikta degšana), tie kūst, ja temperatūra ir par 50-100 °C zemāka nekā parastais kušanas punkts.
- Zems $\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ līmenis paplašina intervālu starp mīkstinošo temperatūru un sašķidrinošo temperatūru un tādā veidā tiek radīti apstākļi tam, ka katla darbībā ir daudz grūtāk izvairīties no šīs temperatūras intervāla.

- Kušanas punkta līmeni pazemina augsts dzelzs saturs pelnos.

Izdedžu problēmas var novērst vairākos veidos, no kuriem var minēt sekojošus:

- Lietot ūdens atdzesētus ārdus.
- Noņemt daļu ķieģeļu veidojuma katla apakšā (taču tas iespējams tikai tad, ja katla apakšu dzesē ar ūdeni).
- Paplašināt katla siltuma izvades daļu attiecībā pret siltuma konvekcijas daļu. Tas panākams, ja esošajiem katliem samazina slodzi, bet jaunajiem katliem izmaina konstrukciju.
- Nomainīt kurināmo.
- Izdedžiem, kas piesārņo dūmvadus, samazināt putekļu daudzumu, ko degšanas gāzes aiznes no kurināmā, t.i., samazinot vilkmi

Katla ūdens temperatūra un dūmgāzu korozija

Ievērojot to, ka katla materiāliem – tērauda plāksnēm un dūmcaurulēm ir vāja pretestība pret dūmgāzu sēra komponentu ietekmi, parasti nepieciešams uzturēt piemēroti augstu katla ūdens temperatūru – gan tā augšpusē, gan apakšpusē. Ja katla ražotājs nav devis citas instrukcijas, tad jāievēro, ka atgaitas ūdens temperatūra nedrīkst būt zemāka par 70 °C, lai samazinātu korozijas ietekmi, kam pakļauts katls.

Katla oksidēšanās, ūdenim izraisot koroziju

Cietā kurināmā katliem obligātajos atvērtā veida izplešanās rezervuāros bieži ir nevajadzīga karstā ūdens plūsma, kas izraisa siltuma zudumus un katla oksidēšanos.

Izplēšanās rezervuāros ir iespējams izvairīties no atklātās karstās plūsmas. Aizsardzībai pret aizsalšanu var kalpot slēgta spirāle ar katla ūdeni, ko kontrolē termostatisks vārsts uz atgaitas caurules.

Apeja ar sūkni

Lai nodrošinātu pietiekami augstu temperatūru tērauda plāksņu katla apakšējā daļā, tiek lietots šunts.

Šādā kombinācijā, sūknis uzsūc daļu katla izejas ūdens un piejauc to aukstajā atgaitas ūdenī.

Tas ir nepieciešams, lai izvairītos no temperatūras kāpuma katlā, it īpaši čuguna katlos, un nodrošinātu katlā pietiekamu ūdens plūsmu, kā arī, lai samazinātu korozijas risku.

Darbojošos katlu skaits

Stacijās, kurās ir vairāki katli, var novērot, ka bieži tiek darbināts pārāk liels daudzums katlu, kā rezultātā neviens no katliem nedarbojas efektīvi, bet lielākoties tie darbojas tukšgaitā. Tas nav ne ekonomiski, ne arī droši – piemēram, vilkme ir ļoti nestabila, ja dūmu temperatūra būs zema.

Jādarbina tāds skaits katlu, kas, vienmērīgi darbojoties dienu un nakti, tieši atbilst siltuma pieprasījumam.

Dūmeņa funkcijas

Dūmeņa uzdevums ir atbrīvot no dūmu apjoma, kas ir izveidojies oglēm sadegot degšanas kambarī, bez tam, veicot to tādā pašā ātrumā kādā šie dūmi tika radīti. Bez tam, dūmiem jābūt uznestiem gaisā pietiekamā augstumā, lai vietējiem iedzīvotājiem tie neradītu negatīvu ietekmi.

Lai šādā veidā dūmi tiktu aizvadīti, vajadzīga dabiskā dūmeņa vilkme vai mākslīgā vilkme, ko panāk ar dūmsūkni, kas ir uzmontēts, piemēram, uz dūmcaurules starp katlu un dūmeni.

Neatkarīgi no tā vai vilkme tiek radīta dabiskā jeb mākslīgā ceļā, tā ir jāpielāgo katlam, un tai jābūt pēc iespējas stabilākai.

Dūmeņa dabiskā vilkme

Dūmeņa dabiskā vilkme ir samērā vienkāršotā veidā tiek pamatota uz aukstā gaisa ap dūmeni un dūmeņa iekšienes vieglāko dūmu smaguma starpības. Tas nozīmē, ka dūmeņa vilkme var eksistēt tik ilgi, cik ilgi tiek uzturēta piemērota temperatūru starpība, līdz ar to – piemērota smaguma starpība starp gaisu un dūmiem.

Ja temperatūras starpība ir vienādota, kā tas notiek gadījumā, ja dūmi tiek atvēsināti neizolēta dūmeņa iekšpusē, dūmeņa vilkme ir vājināta, vai pat pilnībā apstādināta.

Aukstā gaisa un karsto dūmu smaguma starpība tiek izmantota kā “dzinējspēks”. 1 m^3 gaisa ar 0°C temperatūru sver aptuveni 1.3 kg , savukārt, 1 m^3 ar 270°C temperatūru sver aptuveni 0.6 kg .

Stabilas vilkmes nosacījumi

Nestabilas vilkmes apstākļi var ietekmēt sadedzināšanu, jo ar spēcīgu vilkmi tiek iesūkts vairāk gaisa, bet vilkmei kļūstot vājākai, tiek iesūkts mazāk gaisa. Vilkmi mēra ūdens staba mm.

Nestabilas vilkmes nosacījumi

Sekojoši apstākļi veido nosacījumus nestabilai vilkmei vai arī spiedienam, kas rodas degšanas kamerā vilkmes vietā:

- Spēcīgs vējš virs dūmeņa ejas var ievērojami palielināt vilkmi.
- Spēcīgs vējš var izraisīt lejupejošo vilkmi dūmeņa ejā, ja tas ir novietots lielu koku vai būvju u.c. aizvējā. Tas sadegšanas kamerā var izraisīt virsspiedienu, kas grauj sadegšanas procesu, un kvēpi var tikt izspiesti ārā uz katla telpu caur neblīvumiem katlā.
- Pārmērīga dūmu atdzesēšana neizolētos dūmeņos ar pārāk lielu atveri var vājināt vilkmi tik lielā mērā, ka sadegšanas kamerā var rasties virsspiediens, kas izraisa kvēpiem pārpilnu sadegšanu.

- Bez tam, spēcīgas atdzesēšanas rezultātā, iespējams, daļa radīto ūdens tvaiku var atrasties dūmos, kondensēties un veidot “slapjos kvēpus”, kas, savukārt, izraisa koroziju uz dūmeņa materiāla.

Nestabilu vilkmes apstākļu ietekme uz dedzināšanu

Tīras sadedzināšanas priekšnosacījums ir minimāla gaisa pārpilnība, proti, ar piemēroti zemu O₂ īpatsvaru, kā arī stabili gaisa/ ogļu apstākļi.

Vairāki katli savienoti ar vienu dūmeni kopējā sistēmā

Praksē ir pierādījies, ka panākt tīru, stabilu un ekonomisku sadegšanu ir gandrīz neiespējami, ja vairāki katli ir pievienoti vienai lielai dūmcaurulei un vienam lielam, bieži – neizolētam dūmenim.

Gan dūmcaurules, gan dūmeņa atvērums ir dimensionāli atbilstošs visiem katliem maksimālai slodzei, bet ievērojot, ka tas praktiski nenotiek, dūmeņa vilkme ievērojami mainīsies atkarībā no tā, vai darbojas tikai viens katls, vai, piemēram, 3 katli.

Vienīgais pareizais veids, kā aizvadīt dūmus no vairāku katlu siltuma avota ir nodrošināt, lai katram katlam ir savs dūmvads un dūmeņa izeja, kas ir pareizi dimensionāli izbūvēta un ir izolēta. Tas ļauj pilnībā kontrolēt dūmu temperatūru, dūmeņa vilkmi un dūmu ātrumu, neatkarīgi no tā vai darbībā atrodas viens vai vairāki katli.

Katla dūmvadu un dūmeņu izolēšana

Lai izvairītos no nevajadzīgas dūmu atdzesēšanas ceļā no katla uz dūmeņa eju, nepieciešams pēc iespējas labāk izolēt dūmu izejas ceļu.

Katla dūmvads starp katlu un dūmeni bieži katla telpā izdala nevajadzīgu siltumu. Šo siltumu iespējams lietderīgāk izmantot dūmenī, tādēļ dūmvadi ir efektīvi jāizolē.

Pats dūmenis, it īpaši, ja tas ir veidots no tērauda, arī ir jāizolē vai arī tam jābūt izolējoša materiāla segumam.

3.5 Centrālā siltumapgāde

Tipiska pastāvošā centrālās siltumapgādes sistēma Austrumeiropā

Siltumenerģijas avoti

Tipiskā Austrumeiropas lielā centrālās siltumapgādes sistēmā siltuma piegādi nodrošina viens atsevišķs, bieži vien no koģenerācijas tipa siltuma avots (1.attēls). No šādas koģenerācijas stacijas padeves temperatūra pārvades sistēmai ir 130°C amplitūdā. Taču ja ir nepieciešama augstāka padeves temperatūra, padeves ūdens plūsma tiek tālāk uzsildīta citās katlu mājās. Tādējādi ir iespējams sasniegt temperatūru 150°C amplitūdā.

Parasti maģistrālie tīkli tiek hidrauliski sekcionēti ar vārstu palīdzību. Katrai daļai ir siltumu ražojošs avots – vai nu koģenerācijas stacija (bieži katrā sistēmā tikai viena) vai arī liela papildus katlu māja. Tādējādi ir iespējams palielināt vai samazināt tīklu atkarībā no siltuma pieprasījuma sistēmā. Ja koģenerācijas tipa siltuma avota siltumenerģijas pieprasījums ir pārāk liels, sistēma tiek sadalīta mazākās sistēmās ar vienu siltumenerģijas avotu.

Parasti siltuma ražošanas sistēmā pastāv nelielas nesaskaņas, piemēram, ja rodas nepieciešamība slēgt lielu koģenerācijas staciju, nav rezerves katlu māju, lai apmierinātu patērētāju vajadzību pēc siltuma.

Parasti koģenerācijas stacijās kā kurināmo izmanto ogles, mazutu vai dabas gāzi. Katlu mājās parasti izmanto dabas gāzi, mazutu un tādu cieto kurināmo kā brūnogles, bitumena ogles, koksni, utt.

Siltuma slodzes kontrole

Siltuma slodzes kontroles pamatā tipiskajās Austrumeiropas centrālās apkures sistēmās ir temperatūras kontroles koncepcija (fiksētā plūsma). Temperatūras kontroles koncepcija ir pašreiz lietderīga tur, kur siltuma pieprasījums tiek regulēts pārsvarā manuāli sadales siltuma punktos (to nedara patērētāji).

Visi cirkulācijas sūkņi darbojas fiksētā ātrumā. Taču, ja plūsma ir pārāk liela, tā vietā, lai regulētu sūkņus, tiek droselēta plūsma. Tas izraisa zudumus sūkņos un nelietderīgu elektrības patēriņu. Taču vasaras sezonas laikā tiek izmantoti mazāki sūkņi, t.i., cirkulācija notiek divos dažādos konstantos režīmos: vienā ziemas laikā un otrā – vasaras laikā.

Vienīgā iespēja vadīt piegādes temperatūru ir samazināt to, ja atgaitas temperatūra ir pārāk augsta. Taču tīkla struktūras dēļ šī procedūra nav ieteicama. Lielās centrālās apkures sistēmās izmaiņas piegādes temperatūrā iespaido atgaitas temperatūru pēc 8 līdz 12 stundām.

Pārvades un sadales sistēmas

Liela centrālās apkures sistēmas parasti sastāv no pārvades sistēmas un ēku karstā ūdens sadales sistēmas (1.attēls). Pārvades sistēma savieno siltuma avotus ar vairākiem centrālajiem sadales punktiem. Sadales punktos siltums tiek nodots (caur siltummaiņiem) no pārvades sistēmas uz karstā ūdens apgādes sistēmu. Turklāt pārvades sistēma savieno siltuma avotus ar vairākām augstceltnēm, kuru apkures sistēma ir tieši vai netieši savienota atkarībā no celtnu augstuma.

Plānotais spiediens un temperatūra pārvades sistēmās ir parasti attiecīgi 16 bāri un 150°C. Taču pastāv arī sistēmas ar plānoto temperatūru amplitūdā no 130°C līdz 160°C un plānoto spiedienu no 10 līdz 20 bāri.

Parastais centrālās apkures cauruļu izbūves veids Austrumeiropas valstīs ir ieguldot tās betona kanālos. Kanālus ražo rūpnieciski un samontē kopā tranšejās. Betona kanālu slikta drenāža var izsaukt izolācijas samirkšanu.

Visparastākā cauruļvadu izolācija ir 40-50 mm biezu minerālvate, apmesta no ārpuses ar azbestu. Ja šī izolācija kļūst mitra, siltuma zudumi palielinās un tālāk paaugstinās ārējās korozijas risks. Sagaidāmajam cauruļvadu tehniskajam mūžam būtu jābūt 30 gadu, taču parasti cauruļvadiem jau pēc 12 gadiem ir nepieciešama nomaiņa. Bieži vien tiek novērota maģistrālo un sadales cauruļvadu korozija (maģistrālēs mazākā mērā sakarā ar lielāku sienu biezumu).

Vairums no cauruļvadiem atrodas zem zemes.

Palielināta korozija ir novērojama arī māju karstā ūdens cauruļvados, pa kuriem tiek pievadīts neattīrīts un diezgan koroziju izraisošs ūdens. Bieži vien ārējos karstā ūdens apgādes cauruļvados daļēji ir jāmaina ik pēc 4-5 gadiem.

Sadales punkti

Parasti Austrumeiropas centrālās siltumapgādes sistēma ietver māju karstā ūdens uzsildīšanas apakšsistēmas (2.attēls). Māju karstā ūdens sistēma sastāv no siltummaiņa (apvalka) un regulatora. Regulators nedaudz atšķiras no tā, kas tiek izmantots rietumu centrālās apkures sistēmās.

Parasta māju karstā ūdens uzsildīšanas sistēma ir divpakāpju sistēma, kurā aukstais ūdens tiek novadīts caur priekšsildītāju, kura otrā kontūrā cirkulē centrālapkures atgaitas ūdens no radiatoriem (pārvades sistēma). Šādā veidā uzsildīts ūdens tiek samaisīts ar cirkulējošu karsto ūdeni un papildus sasildīts ar centrālā siltummaiņa palīdzību, kura otrā kontūrā cirkulē ūdens plūsma no centrālās siltumapgādes sistēmas.

Nav retums sistēmas, kurās aukstais ūdens un atkārtoti cirkulējošais karstais ūdens tiek samaisīti, pirms tie nonāk priekšsildītājā, un sistēmas, kurām ir tikai viena pakāpe.

Tiešās darbības hidrauliskie vārsti regulē māju karstā krāna ūdens temperatūru ar bimetaliska releja palīdzību. Noplūdes caur neblīvajām vietām šajās hidraulisko vārstu sistēmās rada siltuma un ūdens zudumus.

Regulators sastāv no atsperes, vārsta un diafragmas. Regulatora darbības veids aprakstāms īsumā sekojoši (3.attēls):

- Neliela daļa no centrālās siltumapgādes padeves ūdens plūsmas tiek nodalīta nelielā cauruļvadā.
- Ūdens tiek pievadīts auksta ūdens plūsmai (auksta un atkārtoti cirkulējoša ūdens maisījums), lai novērstu vārīšanos.
- Tad tas tiek novadīts caur droseļvārstu, un mazais cauruļvads sadalās divos.
- Viens no cauruļvadiem tiek savienots ar karstā ūdens vadā atrodošos termoreleju; otrs cauruļvads tiek novirzīts uz diafragmu vārsta augšējā daļā. Šajā vietā lejup vērtais spiediens tiek nodots uz vārstu, atsperē savukārt rada augšup vērstu spiedienu.

Ja karstais ūdens ir pārāk auksts, termiskais relejs aizveras, spiediens palielinās mazajā cauruļvadā, diafragma spiež uz leju un vārsts atveras, lai ļautu ieplūst vairāk centrālās siltumapgādes ūdenim, siltummainī. Kad karstā ūdens temperatūra ir pietiekoši augsta, termiskais relejs atveras, spiediens mazajā cauruļvadā tiek samazināts, atsperē spiež piedziņu un diafragmu uz augšu un tādējādi vārsts atkal aizveras.

Ir iespējams noregulēt māju karstā krāna ūdens temperatūru, noregulējot atsperi. Salīdzinājumā ar mūsdienu regulatoriem, kas tiek izmantoti Rietumvalstu centrālās apkures sistēmās, augstākminētajam regulatoram ir zemākas regulēšanas spējas un nevajadzīgi ūdens zudumi. Atkārtoti cirkulējošais krāna ūdens bieži tiek izmantots vannas istabu apsildīšanai un dvieļu žāvēšanai. Parasti siltuma punktos nav sildķermeņu telpu apkurei. Pārvades cauruļvadi tiek tikai izvadīti caur siltuma punktiem.

Patērētāju iekārtas

Austrumeiropas centrālās apkures sistēmās patērētāju iekārtas ir tieši vai netieši savienotas ar pārvades sistēmu atkarībā no celtnes augstuma (4.attēls). Zemiem daudzdzīvokļu namiem ūdens tiek piegādāts tieši no centrālās apkures tīkla. Bieži vien augstākas celtnes ir netieši savienotas ar pārvades sistēmu (caur siltummainīem). Dažreiz ēku iekšējās apkures sistēmas ir gan tieši, gan netieši savienotas ar centrālās apkures sistēmu, t.i., tieši savienotas ēkās līdz 6 stāvu augstumam un vairāk stāvu ēkās – netieši savienotas.

Tipiska patērētāju iekārta ir tieši savienota un sastāv tikai no sistēmas telpu apkurei. Tipiska telpu apkures sistēma sastāv no regulēšanas vārsta, elevatora mezgla un radiatoru sistēmas. Siltuma padeves temperatūra ēkām tiek centralizēti regulēta siltuma avotā. Elevatora mezgls katrā ēkā konstantās proporcijās veic sajaukēja funkcijas, lai samazinātu padeves temperatūru radiatoriem.

Elevatora mezgls nodrošina fiksētu plūsmas sajaukšanu. Vienīgā iespēja izmainīt plūsmas sajaukšanu (un tādējādi padeves temperatūras ēkas sistēmā) ir izmainīt sprauslas atveres, lai regulētu proporcijas starp piegādes un atgaitas ūdeni.

Daudzdzīvokļu namos nav plūsmas regulēšanas iespēju katram radiatoram vai ēkas līmenī. Dažas no iekārtām ir apgādātas ar noslēdzamiem vārstiem katram radiatoram, taču šie vārsti bieži iestrēgst atvērtā stāvoklī vai tos darbinot, tie tek.

Tipiska Austrumeiropas patērētāju iekārtās konstrukcija ir radiatoru virknes tipa stāvvads ar vai bez radiatoru apvedcauruļvadiem. Turklāt parasti pie radiatoriem nav vārstu.

Patērētāju iekārtu radiatoru paredzētais spiediens parasti ir 5 bāri vai vairāk. Radiatori ir konstruēti darbībai 95/70°C temperatūrā.

Pašreizējās siltumapgādes veids un darbība bieži izraisa patērētāju pieprasījumu pārsniedzošu siltumenerģijas daudzuma piegādi. Kad patērētājiem nav iespēju kontrolēt siltumapgādi, vienīgais veids, kā samazināt temperatūru iekštelpās, ir atvērt logu.

Rietumu centrālās siltumapgādes sistēmās izmantojamās metodes un tehnoloģijas

Ziemeļeiropā centrālās siltumapgādes sistēmas, kurās kā siltuma nesējs izmantots karstais ūdens, tika veiksmīgi ieviestas pēckara periodā. Sistēmām ir kopīgas dažas īpašības. 1950-jos un 1960-jos gados tika izveidots liels skaits mazu centrālās siltumapgādes sistēmu, kurās bieži vien kā kurināmo izmantoja naftas produktus.

Patērētāju pievienošana bija relatīvi viegla, jo vairumam celtnu bija ūdenim paredzētas radiatoru sistēmas (centrālās apkures sistēmas).

Strauja centrālās apkures sistēmu attīstība notika pēc naftas krīzes 1970-jos gados. Lielās centrālās apkures sistēmas piedāvāja iespēju pāriet no ar naftu apkurinātām katlu mājām uz alternatīviem, lētākiem siltuma avotiem kā koģenerācijas stacijām, kas tiek apkurinātas ar ogleņiem. Vienlaicīgi tika kontrolēta iedarbība uz apkārtējo vidi, ko radīja pāreja uz ogļu izmantošanu apkurē.

Lai iegūtu maksimālu labumu no lielajām investīcijām, kas tika ieguldītas koģenerācijas stacijās, utt., esošās centrālās apkures sistēmas tika savstarpēji savienotas, izmantojot pārvades sistēmas. Ja bija iespējams, siltuma apgādes sistēmās tika izmantoti tādi papildus siltuma avoti kā cieto atkritumu sadedzināšanas stacijas, siltuma pārpalikums, kas radies ražošanas procesā, utt. Papildus patērētāji tika pievienoti centrālās apkures teritorijās sistēmām, lai palielinātu sistēmu izmantošanu un enerģijas blīvumu centrālās apkures teritorijās. Šādu patērētāju pievienošanās izmaksas vairumā gadījumu ietvēra cauruļvadus un modifikāciju veikšanu katlu mājā, taču ne investīcijas radiatoru sistēmās.

Ar naftu vai gāzi apkurinātie centrālās apkures katli tika ekspluatēti kā “pīķa” slodžu katli un apgādei krīzes situāciju gadījumā.

Papildus iemesls lielu centrālās apkures sistēmu attīstībai Ziemeļeiropā ir fakts, ka centrālās apkures sistēmas relatīvi viegli var pārveidot uz lētāka primārā kurināmā izmantošanai vai pievienošanai jebkuram pieejamam siltuma avotam. Plānošanas posmā daudzām lielām centrālās apkures sistēmām nebija skaidrības attiecībā uz tālāko enerģijas cenu attīstību. Centrālās apkures sistēmas piedāvāja iespēju izmantot zemākas kategorijas primāro kurināmo kā mazuts, ogles, cietie atkritumi, utt., un tās viegli varēja pāriet uz dabas gāzes vai gaišo naftas produktu izmantošanu, ja šī kurināmā cenas kļuva izdevīgas pāriešanai no viena kurināmā veida uz otru.

Siltuma avoti

Rietumeiropas centrālās apkures sistēmām ir raksturīgi, ka vienas sistēmas apgādei tiek izmantoti vairāki siltuma avoti (5.attēls). Vairumā sistēmu siltuma avoti var tikt iedalīti divās kategorijās:

- Galvenās slodzes avoti
- Galotņu vai “pīķa” slodzes un avārijas rezerves avoti

Galvenās slodzes avotu raksturīgākās iezīmes ir augstas izbūves izmaksas un augstas palaišanas/ apturēšanas izmaksas un zemas primārā kurināmā izmaksas. Raksturīgākie galvenās slodzes avoti ir:

- Koģenerācijas stacijas
- Cieto atkritumu sadedzināšanas iekārtas
- Iekārtas rūpniecisko atkritumu siltuma izmantošanai
- Iekārtas lauksaimniecības blakusproduktu izmantošanai (salmu sadedzināšana)

“Pīķa” slodzes siltuma avotu raksturīgākās iezīmes ir relatīvi zemas celtniecības izmaksas, palaišanas/ apturēšanas izmaksas un augstas primārā kurināmā izmaksas. Raksturīgākie “pīķa” slodzes siltuma avoti ir:

- Ar dabas gāzi apkurināmas katlu iekārtas
- Ar gaišajiem naftas produktiem apkurināmas katlu iekārtas

Cita tipiska “pīķa” slodzes avota iezīme ir spēja veikt siltuma slodzes modulāciju. Šajā kontekstā ir grūtības izmantot cietā kurināmā (ogles, cietie atkritumi, utt.) katlus kā “pīķa” slodzes katlus. Modulācijas diapazons un modulācijas ātrums nav pietiekams, lai atbilstu centrālās apkures sistēmas izvirzītajām prasībām.

Raksturīgākajā Rietumeiropas centrālās apkures sistēmā galvenās slodzes avota paredzētā kapacitāte ir 60 % amplitūdā no sistēmas maksimālās slodzes vērtības. Šāda noteiktā paredzētā kapacitāte dos iespēju galvenās slodzes avotiem apmierināt aptuveni 90% no ikgadējā siltuma patēriņa.

Siltuma slodzes kontrole

Dānijas centrālās siltumapgādes sistēmas izmanto siltuma slodzes vadībass koncepciju, kas balstās uz plūsmas regulēšanu un fiksētu piegādes temperatūru. (alternatīva siltuma slodzes kontroles koncepcija balstās uz piegādes temperatūras regulēšanu un fiksētu plūsmu). Taču piegādes temperatūra visa gada laikā nav konstanta – tā mainās dažādu apstākļu ietekmē, āra gaisa temperatūru ieskaitot.

Patērētāju siltuma slodze savukārt tiek prognozēta atkarībā no paredzamā patēriņa un laika apstākļiem. Tādējādi Rietumeiropas centrālās apkures kompānijas, plānojot siltuma slodzi, izmanto statistisko pieeju.

Plūsmas kontroles koncepcija ir pierādījusi savu derīgumu mūsdienīgās centrālās siltumapgādes sistēmās:

Plūsmas kontroles sistēmu pamatelementi ir:

- Sūkņi, kas ir nodrošināti ar ātruma regulatoru
- Viens vai vairāki diferenciālā spiediena devēji, kas novietoti centrālās apkures cauruļvadu tīklā.

Noteikts diferenciālais spiediens centrālās apkures sistēmā kontrolē sūkņa ātrumu –un attiecīgi gan ūdens plūsmu, gan sūkņa celšanas augstumu.

Patērētāji pārsvarā regulē ūdens plūsmu. Ja patērētājiem ir nepieciešams siltums, radiatoru vārsti tiek atvērti (to var veikt, izmantojot automātiskas istabas temperatūras regulēšanas sistēmas vai ar roku vadāmu regulatoru), un ir tiek pieprasīta lielāka ūdens plūsma centrālās apkures sistēmā.

Palielināta ūdens plūsma rada spiediena kritumu cauruļvadu sistēmā, taču diferenciālais spiediens saglabājas pie mērījumu punktā nemainīgs. Palielinātais spiediena kritums tiek kompensēts ar palielinātu sūkņa darbības ātrumu.

Plūsmas kontroles sistēmām ir priekšrocības attiecībā uz automātisko regulēšanas vārstu pielietošanu patērētāju vai siltuma sadales punktu līmenī. Sistēmas, kurām ir automātiskie regulēšanas vārsti (un automātiskas temperatūras kontroles sistēmas), izvirzīs prasības, lai siltuma ražošanas avotos varētu regulēt straujas siltuma slodzes izmaiņas.

Plūsmas kontroles sistēmām spēj tikt galā ar straujām siltuma slodzes izmaiņām. Principā slodzes izmaiņas rodas ar tādā pašā ātrumā kā diferenciālais spiediens tiek izplatās cauruļvadu sistēmā. Izmaiņas (diferenciālajā) spiedienā izplatās cauruļvadu sistēmā ar skaņas ātrumu ūdenī, kas ir aptuveni 1000 m/sec.

Salīdzinājumam temperatūras kontroles sistēma ir spējīga veikt siltuma slodzes izmaiņas ātrumā, kas līdzinās ūdens ātrumam cauruļvados. Parasti ūdens ātrums ir 1 - 2 m/sec. Sekojoši, siltuma slodzes izmaiņas temperatūras kontroles sistēmās ilgs vairākas stundas.

Plūsmas kontroles sistēmas piedāvā ne tikai lielākas tehniskās iespējas attiecībā uz regulēšanu un centrālās apkures sistēmas pielāgošanu. Salīdzinājumā ar fiksēta ātruma sūkni, būs mazāks arī elektrības patēriņš tam sūknim, kas ir apgādāts ar ātruma regulatoru.

Pārvades un sadales sistēmas

Liela centrālās apkures sistēmas parasti ir hidrauliski sadalītas pārvades un sadales sistēmās (5.attēls). Pārvades sistēmas savieno galvenās slodzes siltuma avotus ar centrālajiem siltuma sadales punktiem. Sadales punktos siltums tiek nodots (caur siltummaiņiem) no pārvades sistēmas un sadales sistēmu.

Hidrauliskā pārvades un sadales sistēmas sadalīšana ļauj strādāt šīm divām sistēmām dažādos konstruktīvos (un darba) režīmos.

Paredzētais spiediens un temperatūra pārvades sistēmās parasti ir attiecīgi 25 bāri, 130°C, taču ir sastopamas sistēmas, kuru temperatūra ir robežās no 150°C līdz 180°.

Paredzētais spiediens un temperatūra sadales sistēmās parasti ir attiecīgi 6 bāri un 100°C tajās sistēmās, kas ir tieši savienotas ar patērētājiem. Sistēmās, kas ir netieši savienotas ar patērētājiem, bieži izmanto rādītājus 10 bāri un 120°C.

“Pīķa” slodzes katli bieži vien tiek hidrauliski savienoti ar sadales sistēmu, taču dažos gadījumos tie ir arī tieši (vai netieši) savienoti ar pārvades sistēmu.

Tipiski gan sadales, gan pārvades sistēmās paredzētā temperatūra ir amplitūdā no 100°C līdz 130°C, kas dod iespēju izmantot rūpnieciski izolētas centrālās siltumapgādes caurules. Alternatīva rūpnieciski izolētām caurulēm ir tērauda caurules betona kanālos.

Rūpnieciski izolēta centrālās siltumapgādes caurule sastāv no tērauda vidējās caurules, izolācijas materiāla (putu poliuretāna putām, PUR) un apvalka (polietilēna, 14DPE).

Rietumvalstīs plaši izmanto tērauda cauruļvada, kas rūpnieciski izolēts polietilēna apvalkā, konstrukciju. Galvenie iemesli tam ir mazas konstrukcijas izmaksas – it īpaši attiecībā uz darbietilpību. Rūpnieciski izolētām caurulēm ir nepieciešamas daudz mazāku izmēru tranšejas, un nav nepieciešami betona kanāli.

Centrālie sadales punkti (CSP)

CSP Rietumu centrālās apkures sistēmās atdala pārvades sistēmu no sadales sistēmas (5.attēls). Bieži vien sadales sistēma piegādā siltumu vienai pilsētas daļai, t.i., daudzām ēkām.

Parasti CSP ir siltummaiņi, kas nodod siltumu no pārvades sistēmas uz sadales sistēmu. CSP atrodas sadales sistēmas sūkņi, ūdens papildināšanas, spiediena regulēšanas iekārtas utt..

CSP bieži vien ir vecas katlu mājas, kas sākotnēji būvētas, lai nodrošinātu (mazās) centrālās siltumapgādes sistēmas. Katli var būt saglabāti un funkcionēt kā “pīķa” slodzes vai avārijas rezerves siltuma avoti.

Patērētāju iekārtas

Rietumeiropas centrālās siltumapgādes sistēmās patērētāju iekārtas bieži vien ir pievienotas sadales sistēmai caur siltummaini. Taču ir sastopamas arī tieši savienotas patērētāju iekārtas. Dānijas centrālās siltumapgādes asociācija ir izstrādājusi vadlīnijas patērētāju iekārtu izveidošanai (6.-8.attēls). Turklāt sadarbojoties ar nozares speciālistiem, konsultantiem un Dānijas centrālās siltumapgādes asociāciju, institūts *DTI Energy* ir sagatavojis lielu patērētāju iekārtu projektu (9.-11.attēls).

Piemērotākais patērētāju iekārtu veids centrālajā apkurē ir divcauruļu stāvvadu sistēmas. Divcauruļu stāvvadu sistēma ir pierādījusi, ka tai salīdzinājumā ar viencauruļu stāvvadu virknes sistēmām ir daudz priekšrocību. Viena no svarīgākajām sistēmas īpašībām ir sistēmas spēja panākt labu centrālās apkures ūdens atdzišanu.

Centrālās apkures ūdens atdzišana ir starpība starp padeves un atgrieztā ūdens temperatūru. Sekojoši, laba atdzišana (t.i., ievērojama atdzišana) nodrošinās nozīmīgu siltuma piegādi ar mazu ūdens plūsmu. Šajā kontekstā ir jāpiemin, ka spiediena kritums centrālās apkures caurulēs būs proporcionāls ūdens plūsmai kvadrātā. Laba atdzišana ir būtisks rādītājs attiecībā uz sūkņēšanas izmaksu samazināšanu, cauruļu sistēmas kapacitātes palielināšanu un siltuma zudumu samazināšanu atgaitas caurulēs.

Parasti karsto ūdeni uzsilda pie patērētājiem, taču dažreiz tas notiek centrālajā punktā, kas apkalpo divas vai trīs ēkas. Rietumeiropas valstīs pastāv dažādi māju karstā ūdens sistēmu veidi. Raksturīgākā sistēma sastāv no siltummaiņa (bieži plāksņu tipa siltummaiņa) un akumulatora tvertnes.

Ūdens tiek uzsildīts siltummainī, tad tas nonāk akumulatora tvertnē. Viena no sistēmām ietver sildošo kontūru siltummainis - tvertne un apkures cirkulācijas kontūru. Tādējādi tiek samazināta centrālās siltumapgādes ūdens atdzišanas ietekme uz apkuri siltumapgādes sistēmas lielas slodzes gadījumā.

Lai aizsargātu ūdens tvertni un cauruļvadu sistēmu, tiek pielietota pretkorozijas aizsardzības sistēma, izmantojot speciālus anodus vai galvanisko aizsardzību.

Valstī ieviešamās sistēmas un tehnoloģijas

Siltuma avoti

Viens no svarīgākajiem pasākumiem siltuma avotos, kas var tikt veikts ar samērā zemām izmaksām, ir regulāra katlu (to sadedzināšanas efektivitātes) regulēšana. It īpaši tas attiecas uz tiem katliem, kuru apskate tiek veikta retāk kā reizi sešos mēnešos. Turklāt vispārīgā katlu tehniskā apkope, ventilatoru, ventilatoru spārnu tīrīšana, sūču novēršana utt. uzlabotu siltumu ražojošu iekārtu efektivitāti.

Vispārējā padeves temperatūras pazemināšana samazinātu siltuma zudumus cauruļvados. Maksimālajai pieļaujamajai padeves temperatūrai ir jābūt 130°C robežās, kas dod iespēju izmantot rūpnieciski izolētas caurules.

Siltuma slodzes kontrole

Austrumeiropas centrālās apkures sistēmu siltuma slodzes kontroles pamatā ir temperatūras regulatora (fiksētas plūsmas) koncepcija. Temperatūras regulatora koncepcija izmantojama pašreizējā situācijā, kad lielākā daļa siltuma pieprasījuma tiek manuāli kontrolēta CSP.

Nākotnē Austrumeiropas centrālās apkures sistēmās tiks ieviestas regulējošās ierīces patērētāju līmenī (vārsti, kas atrodas pie radiatoriem) un automātiskās regulēšanas ierīces CSP un patērētāju ievados. Skatiet arī tālāk tekstā minētos komentārus attiecībā uz tehnisko jauninājumu ieviešanu un patērētāju iekārtu un CSP rehabilitāciju.

Automātisku (un manuālu) regulēšanas ierīču ieviešana parādīsies centrālās siltumapgādes pārvades (un sadales) sistēmās kā slodzes izmaiņas, kas atspoguļo patērētāju ieradumus siltumenerģijas izmantošanā. Saskaņā ar Rietumeiropas centrālās apkures sistēmu pieredzi, parasti tas nozīmē, ka siltums netiek patērēts nakts laikā un agrajās rīta stundās notiek straujš siltuma patēriņa pieaugums.

Lai izpildītu patērētāju noteiktās prasības, centrālās apkures uzņēmumiem ir jābūt spējīgiem tikt galā ar straujām izmaiņām slodzē. Piemērots šīs problēmas risinājums būtu plūsmas regulēšanas ieviešana. Taču plūsmas kontrole padarīs centrālās apkures tīklu spējīgu reaģēt uz mainīgajām siltuma slodzēm, tādējādi arī siltumu ražotnēm ir jābūt spējīgām veikt prasīto modulāciju. Izmantojot Rietumeiropas centrālās apkures sistēmu pieredzi, šajā sistēmā būtu lietderīgi ieviest automātiskās regulēšanas ierīces katliem/ siltuma avotiem un pievienot siltumapgādes sistēmām “piķa” slodzes katlus (ar labām modulēšanas spējām proti, ar gāzi vai vieglajiem naftas produktiem kurināmi).

Kopīga darbība

Parasti Austrumeiropas centrālās apkures apgādi veic viens siltuma avots, bieži vien koģenerācijas stacija. Bieži ir iespējams sadalīt sistēmu mazākās sistēmās ar vienu siltuma avotu. Vairāku siltuma avotu izmantošanai sistēmās ir vairākas priekšrocības.

Priekšrocības:

- mazākas vispārējās celtniecības izmaksas, pielietojot “pīķa” slodzes katlu iekārtas.
- lielāka piegādes drošība, jo viena siltuma avota bojāšanās gadījumā ir pieejami citi avoti.
- iespējas samazināt siltuma cenas sistēmas darbības rezultātā.

Daudzām sistēmām kopīga darbība nozīmētu to, ka koģenerācijas stacijās, pārvades cauruļvadu tīklā, pacēluma sūkņu stacijās utt. ieguldītās lielās investīcijas var tikt izmantotas pie maksimālās paredzētās slodzes lielākam stundu skaitam katru gadu - ne tikai uz dažām ārkārtējām pilnas slodzes stundām.

Kopīgas darbības ieviešanai nepieciešamas mūsdienīgas kontroles un komunikāciju sistēmas. Kopīgā sistēmā ir jāizstrādā siltuma ražošanas stratēģija, ņemot vērā gan tehniskos, gan ekonomiskos, gan vides aspektus.

Attiecībā uz tehniskajiem aspektiem svarīga ir ražošanas jaudu, sūkņu un cauruļvadu sistēmas kapacitāte. Arī siltuma slodzes sadale un siltuma slodzes sadales kontrole atsevišķā siltuma ražotnē ir svarīgs rādītājs, apsverot kopīgas darbības ieviešanu.

Kā jau iepriekš tika minēts lielākajā daļā mūsdienīgu centrālās siltumapgādes sistēmu pielieto siltuma slodzes regulatoru koncepciju, kuras pamatā ir plūsmas kontrole. Raksturīgākā kopīgas sistēmas darbības ražošanas stratēģija ietvers lētu galvenās slodzes vienību siltuma avotu, kas darbojas paralēli ar vairākiem “pīķa” slodzes katliem.

“Pīķa” slodzes katli, kas dod iespēju galvenās slodzes siltuma avotam strādāt nemainīgā slodzē, lielākoties nosedz izmaiņas siltuma slodzē. Nemainīga slodze ir vēlama vairākiem galvenās slodzes siltuma avotu veidiem (koģenerācijas stacijām, cietā kurināmā katliem, utt.)

Kopīgas darbības ieviešana ir viens no vairākiem tehniskiem uzlabojumiem, kas būtu jāievieš Austrumeiropas centrālās apkures sistēmās nākotnē. Kā piemēru var minēt to, ka kopīgas darbības sistēma ir ieviesta vairākās centrālās apkures sistēmās Polijā.

Pārvades un sadales sistēmas

Pamatojoties uz pieredzi pēc vairāku Austrumeiropas valstu centrālās apkures sistēmu apmeklējuma, ir ieteicams uzsākt tehnisko modernizāciju un rehabilitācijas procesu CSP līmenī, ietverot sadales sistēmas. Tiek piedāvāta šāda pieeja, jo vairākām sistēmām ir tipiski, ka nelielu dimensiju cauruļvados (sadales sistēmās) ir lielāki ūdens un siltuma zudumi, notiek paātrināta korozija,. Kopumā maģistrāles ir daudz labākā stāvoklī par sadales cauruļvadiem.

Sadalot dažas pārvades sistēmu daļas mazākās sadales sistēmās, ir iespējas saglabāt piegādi un rekonstruēt sekundāro sistēmu. Sadales sistēmu var izveidot saskaņā ar rietumu centrālās apkures sistēmu pieredzi. Tas nozīmē rūpnieciski izolētus cauruļvadus, ūdens apstrādi utt.

Centrālie sadales punkti (CSP)

Ja daļa pārvades sistēmas tiek sadalīta sadales sistēmās kā tas tika minēts iepriekš, tiek paredzēti:

- Siltummaiņi CSP
- Vārsti automātiskai siltuma slodzes kontrolei CSP
- Uzlabota ūdens apstrāde sadales sistēmā
- Sadales sistēmas rehabilitācija, izmantojot rūpnieciski izolētus cauruļvadus
- Siltuma patēriņa mērīšana
- Karstā ūdens ražošanas patērētājiem
- Siltuma slodzes kontrole un mērīšana pārtērētāju līmenī
- “Pīķa” slodzes nodrošināšanas iekārtu uzstādīšana lielos CSP

Iepriekšminētā pieeja dod iespēju relatīvi viegli veikt pašreizējo centrālās siltumapgādes sistēmu tehniskus uzlabojumus un rehabilitāciju. Esošos CSP var rekonstruēt un esošās sadales sistēmas var rehabilitēt, šajā procesā maz ietekmējot galvenās maģistrāles un esošās koģenerācijas stacijas. Ieviešanas laika grafiku var sagatavot saskaņā ar reālo investīciju budžetu, uzņēmēju spējām utt.

Patērētāju iekārtas

Radiatoru ēkās

Centrālajā un Austrumeiropā raksturīga ir radiatoru savienošana vienas virknes veidā. Turklāt, parasti pie šiem radiatoriem nav vārstu. Ēkas siltuma mezgla principiālā shēma ir parādīts 4.attēlā.

Ir ieteicams radiatoru iekārtas jaunās ēkās izbūvēt divcauruļu izpildījumā. Divcauruļu sistēmas dos iespēju sasniegt labu centrālās apkures ūdens atdzišanas līmeni. Turklāt katru radiatoru būtu jāapgādā ar vārstu. Vārsts var būt automātisks (istabas temperatūras automātiskai kontrolei) vai manuāli vadāms. Radiatora vārsts ir ļoti svarīga ierīce nākotnē, ieviešot tarifu struktūru (enerģētikas politika). Principi ir attēloti 12.attēlā.

Radiatora vārsts ir priekšnosacījums enerģijas taupīšanas uzsākšanai. Ja vārsta nav, dzīvokļa iemītniekiem nav iespēju regulēt istabas temperatūru un siltuma patēriņu. Tādā veidā radiatoru vārsti ir cieši sasaistīti ar tādiem apkures politikas aspektiem kā siltuma patēriņa mērīšana un no tā izrietošā maksa par siltumu.

Siltumapgādes mērīšana un regulēšana katrā ēkā

Gan jaunās, gan pašreizējās ēkās būtu jāievieš iekārta automātiskai padeves temperatūras regulēšanai. Piedāvātā koncepcija ietver cirkulācijas sūkni, regulēšanas vārstu un automātiku.

Ir ieteicams, lai padeves temperatūras līmenis būtu uzdodams saskaņā ar ārējo temperatūru. Katras ēkas galvenā siltuma slodzes kontroles iespēja ir padeves temperatūras individuāla regulēšana,

radiatoru (automātiskie) vārsti ir sekundāra siltuma slodzes kontroles iekārta. Galvenās iekārtas ir parādītas 12. un 13.attēlā.

Gan jaunās, gan esošās ēkās ir ieteicams uzstādīt balansēšanas vārstus, kas spēj sadalīt ūdens plūsmu katram ēkas stāvvadam. Šādā veidā ēkā var sasniegt vienlīdzīgu temperatūras sadali.

Ir ieteicams uzstādīt siltuma patēriņa mērīšanas iekārtas katrā ēkā - gan jaunās, gan esošās ēkās. Faktiskā siltuma pārtēriņa mērīšanas iekārtu uzstādīšana katrā dzīvoklī nav ieteicama.

Karstā ūdens piegāde

Ir jāuzlabo tipiskais Austrumeiropas karstā ūdens piegādes modelis.

Šodien izmantotais modelis ir tāds, ka karstā ūdens piegāde notiek tieši no centrālās apkures sistēmas (atvērta tipa sistēma) vai arī no CSP. Vadlīnijas sistēmas izveidei, ko piedāvā *DTI Energy* un Dānijas centrālās apkures asociācija (*Danish District Heating Association*) ir parādīta 9.-11.attēlos.

Atvērta tipa modelim ir daudz trūkumu, piemēram liels padeves ūdens patēriņš, slikta karstā ūdens kvalitāte, iespēju trūkums veikt pienācīgu centrālās apkures ūdens attīrīšanu un no tā izrietoša tērauda detaļu korozija. Mājas karsstā ūdens uzsildīšanas modelis CSP, ar karstā ūdens piegādi pa caurulēm katrai ēkai, ir neefektīvs, jo ir parādījušās lielas problēmas cauruļvadu korozijas un siltuma zudumu dēļ. Tipiskākais modelis ir attēlots 2.attēlā.

Kā alternatīvu iepriekšminētiem modeļiem ir ieteicams izmantot modeli, kura pamatā ir ūdens uzsildīšana katrā ēkā. Karstā ūdens sistēmā ir jāietilpst karstā ūdens tvertne ar sildošo kontūru un recirkulācijas kontūru. Turklāt modelī ir jāparedz karstā ūdens tvertnes aizsardzību pret koroziju, izmantojot speciālus anodus vai galvanisko aizsardzību.

Projektēšanas principi

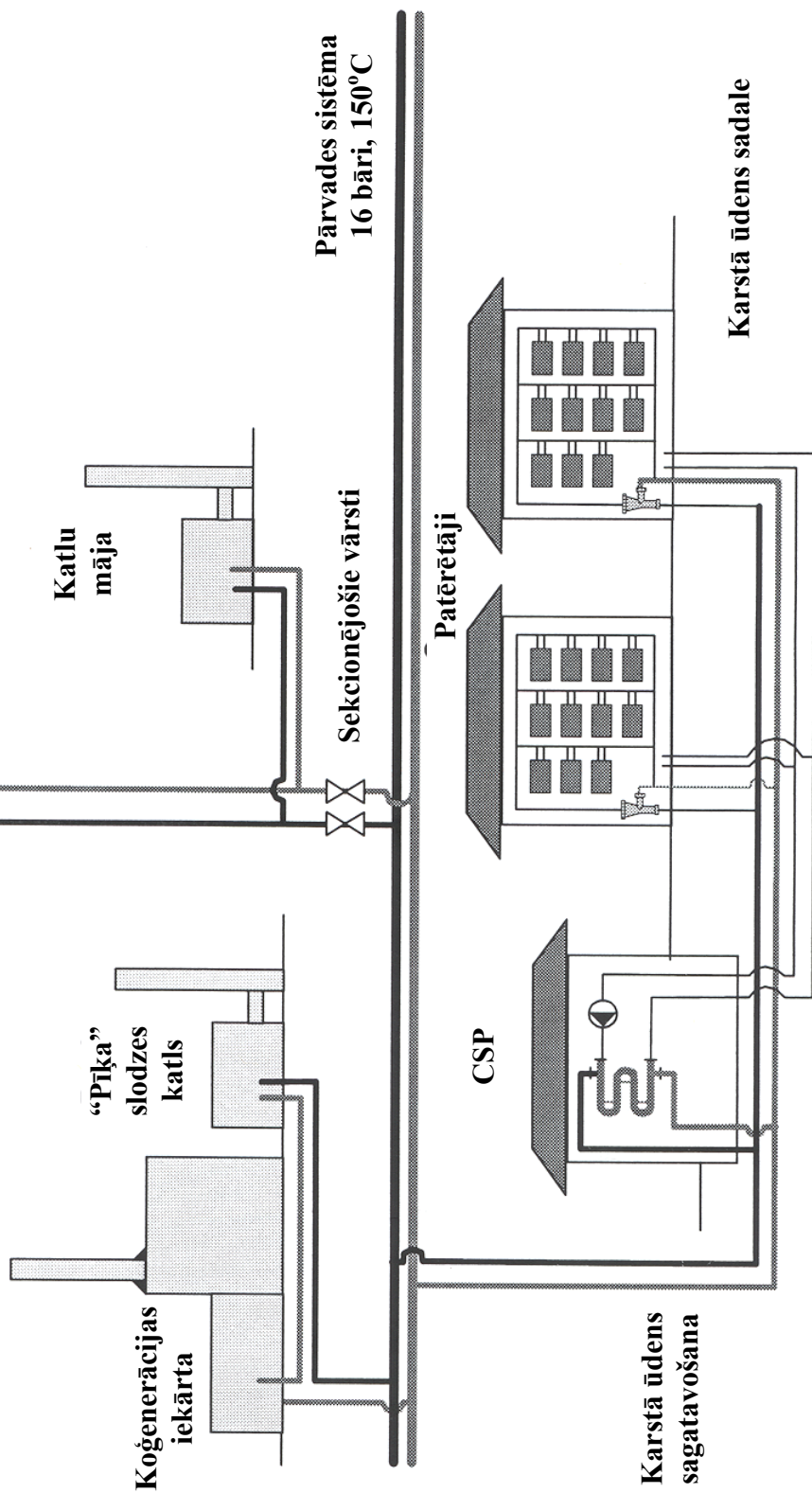
Izstrādājot rehabilitācijas plānus, būtu jāpārskata sadales sistēmu un patērētāju iekārtu projektēšanas principi. Pašreiz patērētāju iekārtas ir hidrauliski tieši savienotas ar galveno sistēmu. Šādā situācijā visiem cauruļvadiem, iekārtām, sadales tīkliem un patērētāju iekārtām būtu jābūt projektētām spiedienam 16 bāri (vai pat 25 bāri) un temperatūrai 150°C.

Siltummaiņu uzstādīšana centrālajos sadales punktos (CSP) atvieglotu projektēšanas principu modifikāciju sistēmas sekundārajā daļā. Šajā vietā piedāvātais spiediens ir 6 vai 10 bāri un maksimālā piegādes temperatūra 120°C. Rehabilitācijas procesā svarīgi ir ievērot paredzētos parametrus, jo pastāv liela varbūtība, ka galvenās sastāvdaļas rehabilitācijas procesa pirmajā fāzē tiek importētas, piemēram, rūpnieciski izolētas caurules, termostatiskie radiatoru vārsti, nelieli cirkulācijas sūkņi, enerģijas mērierīces, utt.

Parasti standarta Rietumeiropas siltumapgādes iekārtas, it īpaši ēku iekārtas, tiek projektētas 6 vai 10 bāru spiedienam. Maksimālā paredzētā temperatūra ir robežās no 90-120°C, taču temperatūra parasti ir zem 90°C.

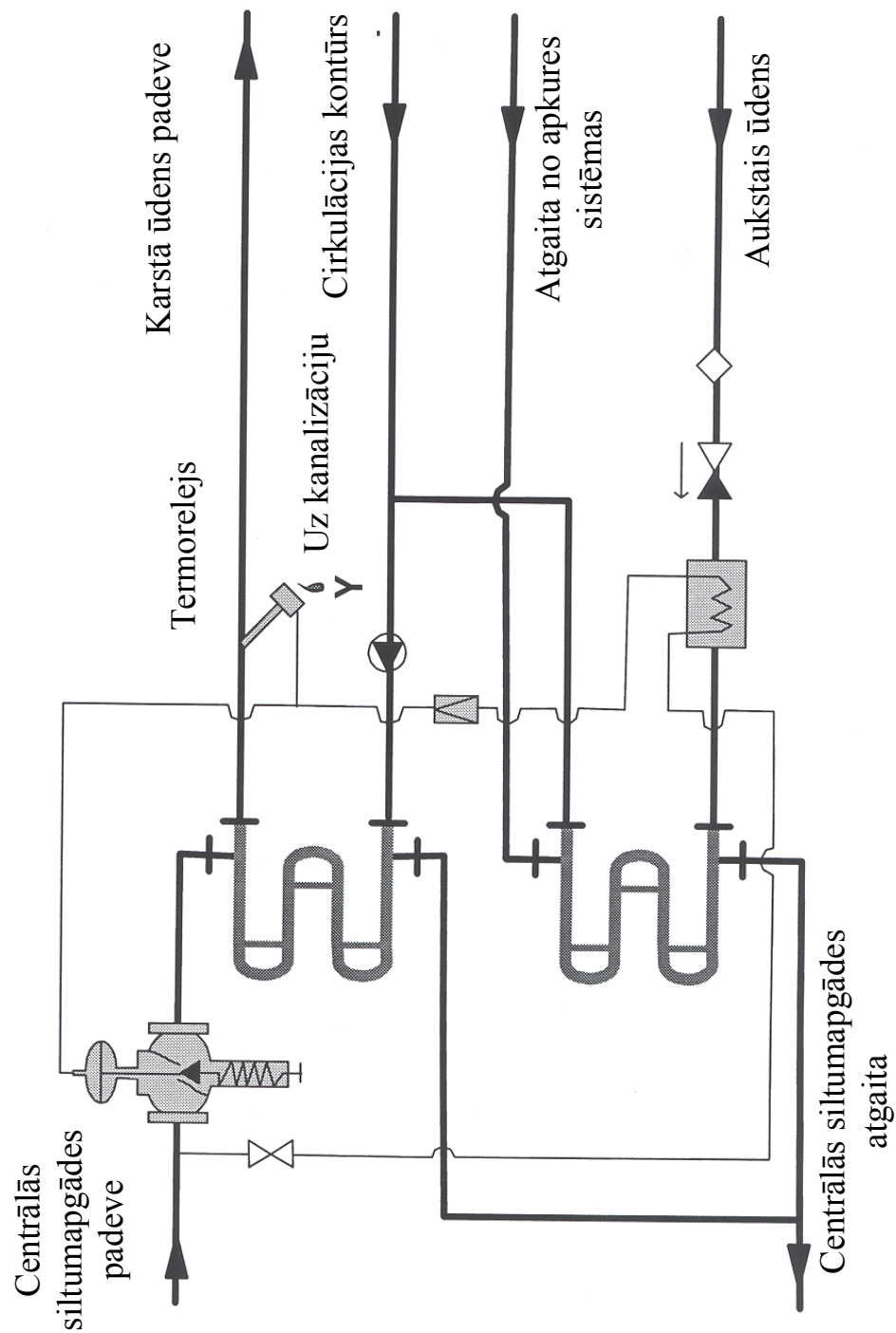
Ja tipveida projektēšanas nosacījumi netiks ievēroti, piegādātāji un ražotāji parasti būs spiesti piedāvāt daudz dārgākas iekārtas vai sastāvdaļas, kas ražotas rūpnieciskai izmantošanai.

Tipiska Austrumeiropas centrālās siltumapgādes sistēmas konfigurācija



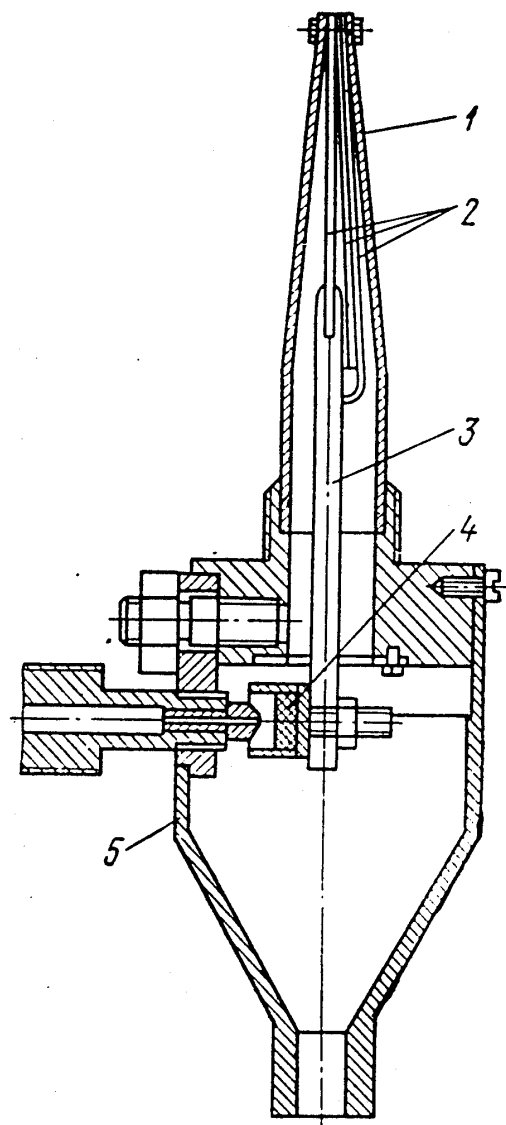
1.attēls Raksturīga Austrumeiropas centrālās apkures sistēma

Esošā karstā ūdens sistēma



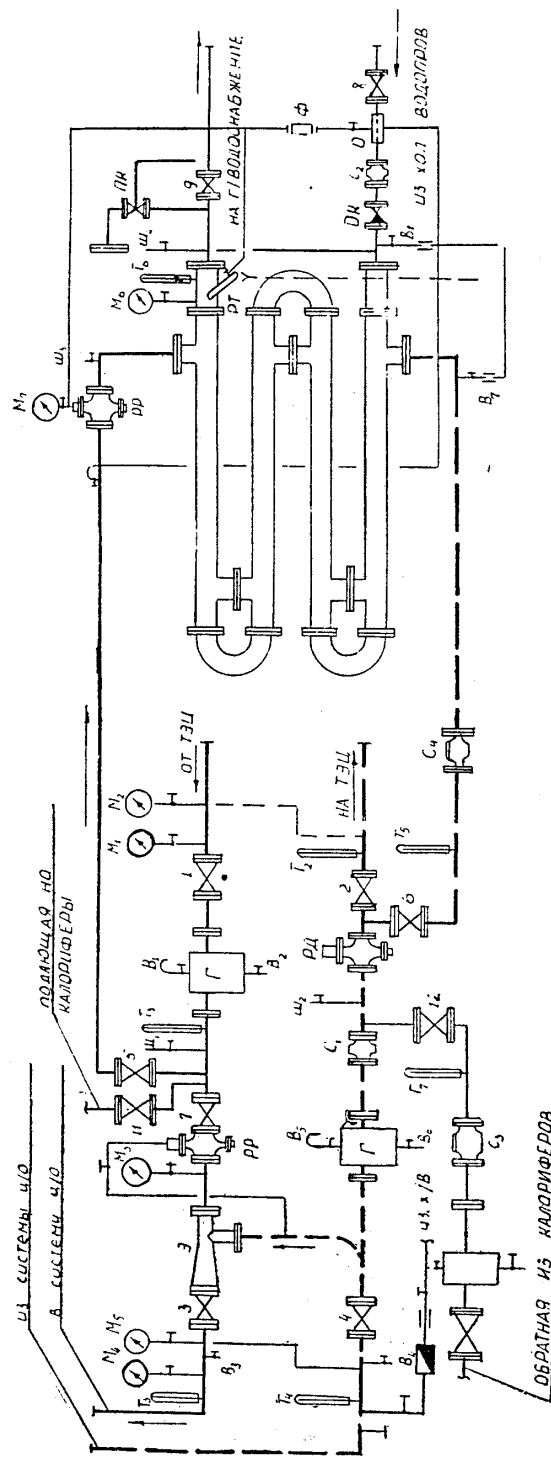
2.attēls Raksturīgas Austrumeiropas centrālapkures sistēmu CSP (māju karstā ūdens sagatavošana)

Termorelejs



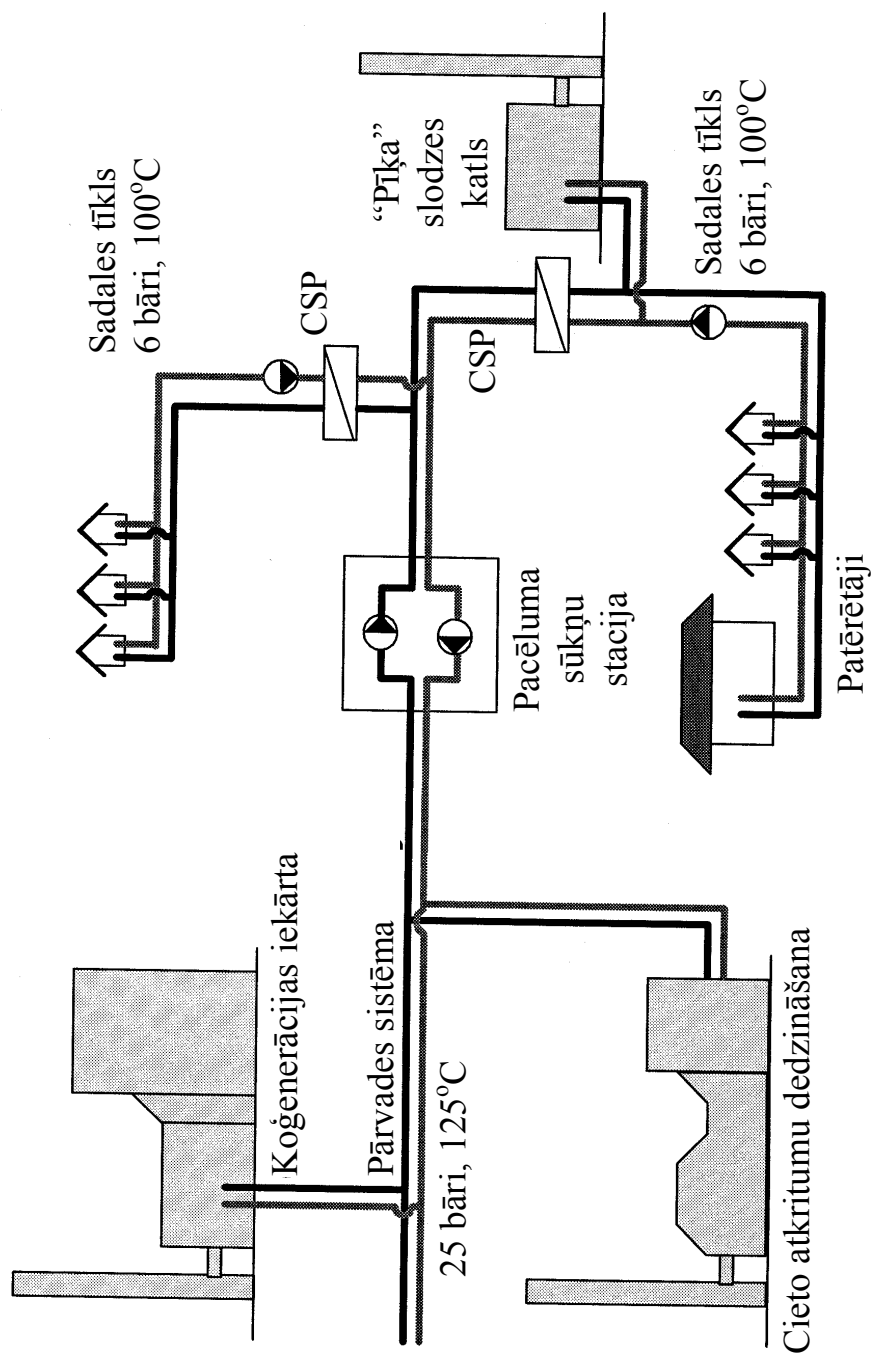
3.attēls Karstā ūdens sagatavošanas regulators

Ēkas esošo iekārtu shēma



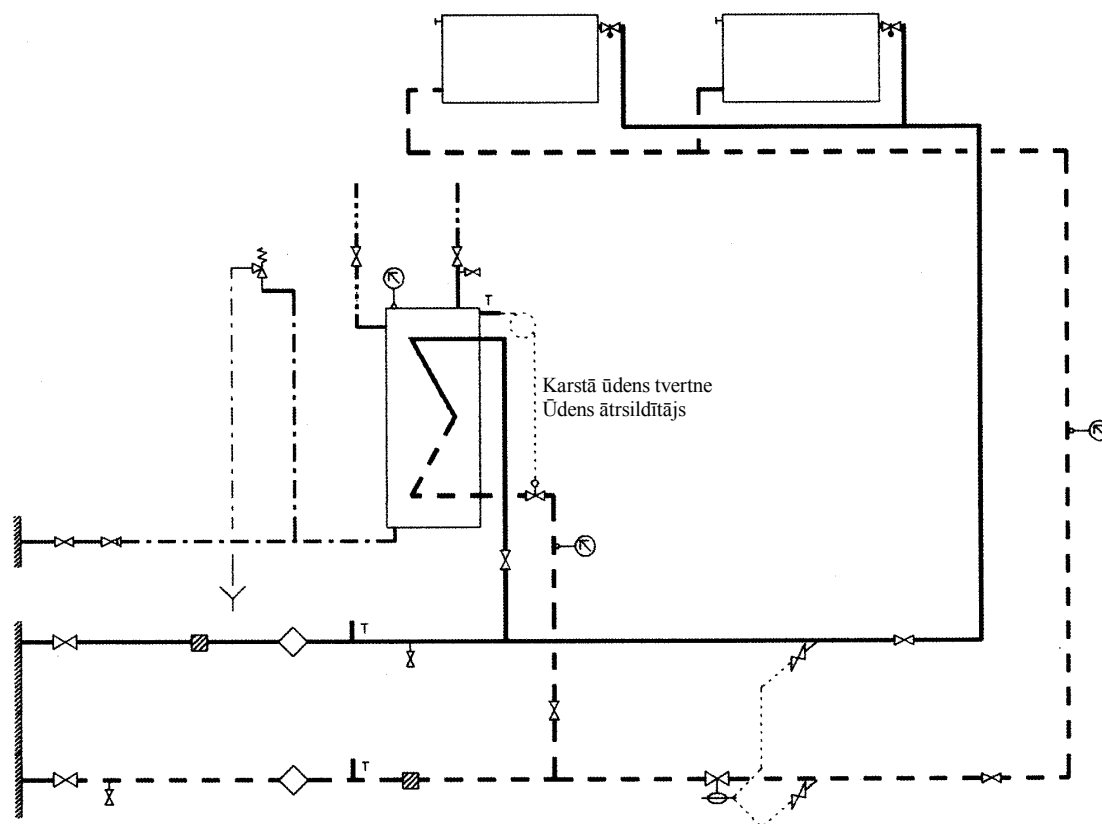
4.attēls *Raksturīgas Austrumeiropas patērētāju iekārtas*

Tipiska lielu centrālās siltumapgādes sistēmu blokslēma



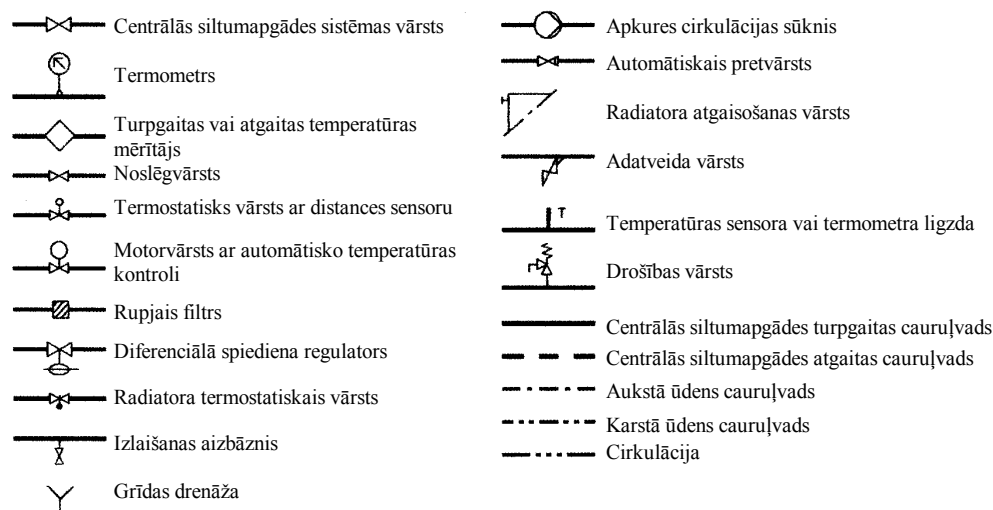
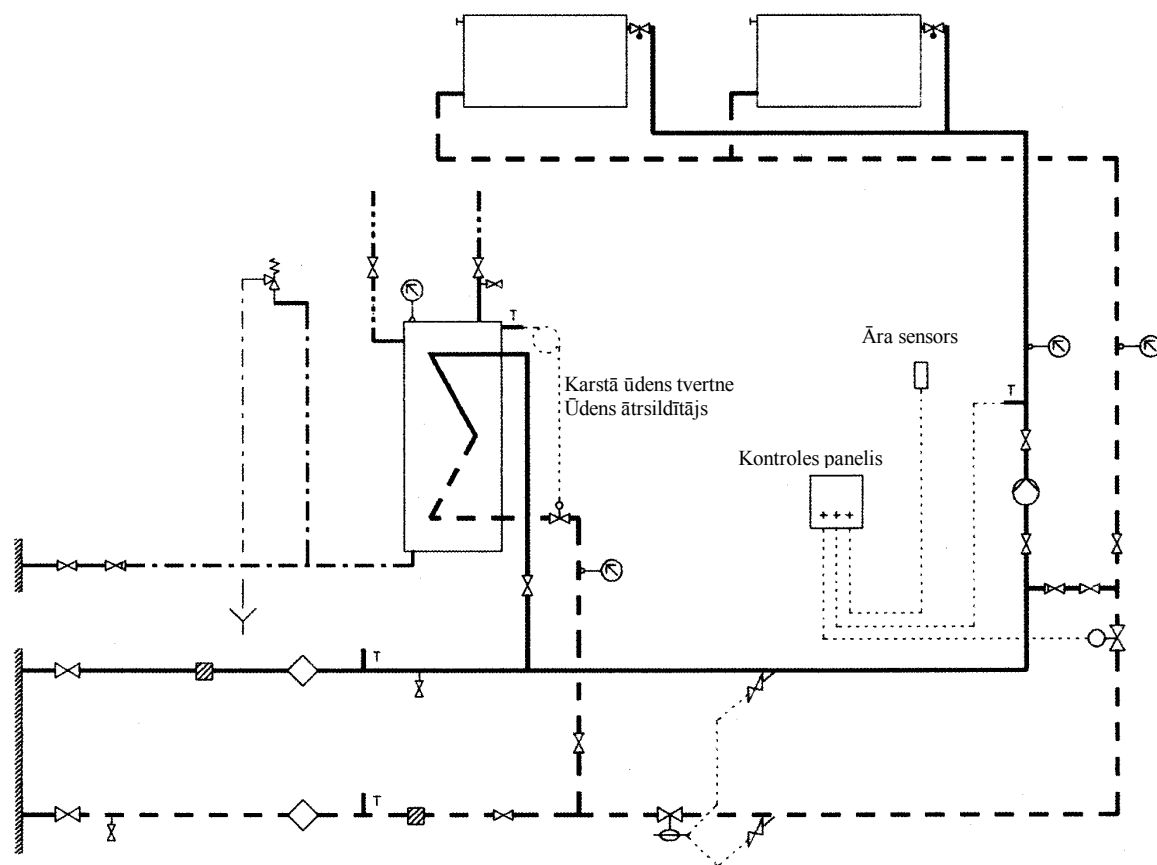
5.attēls

Tipiska Dānijas centrālās siltumapgādes sistēma



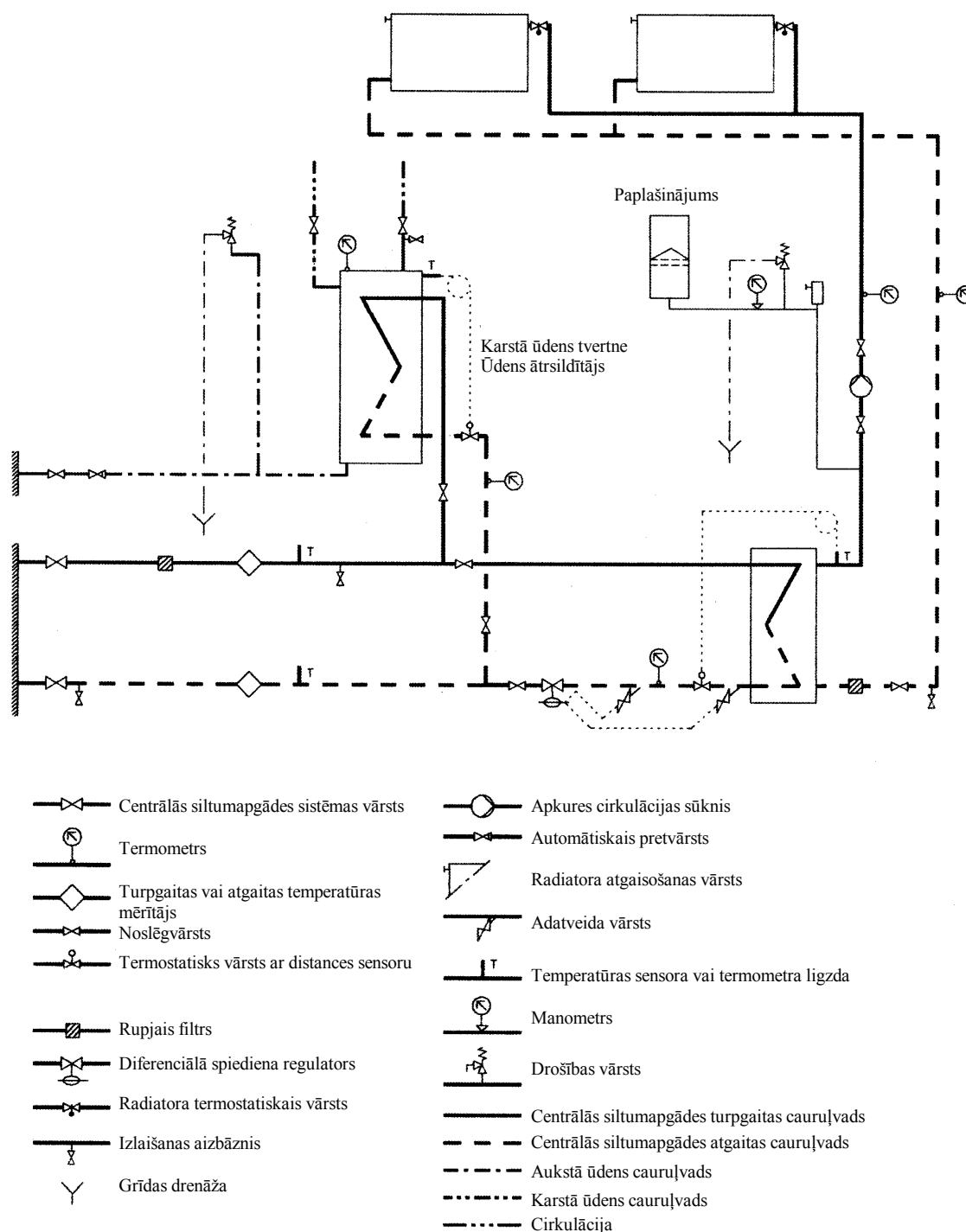
	Centrālās siltumapgādes sistēmas vārsts		Automātiskais pretvārsts
	Termometrs		Radiatora atgaisošanas vārsts
	Turpgaitas vai atgaitas temperatūras mērītājs		Adatveida vārsts
	Noslēgvārsts		Temperatūras sensora vai termometra ligzda
	Termostatisks vārsts ar distances sensoru		Drošības vārsts
	Rupjais filtrs		Centrālās siltumapgādes turpgaitas cauruļvads
	Diferenciālā spiediena regulators		Centrālās siltumapgādes atgaitas cauruļvads
	Radiatora termostatisks vārsts		Aukstā ūdens cauruļvads
	Izlaišanas aizbāznis		Karstā ūdens cauruļvads
	Grīdas drenāža		Cirkulācija

6.attēls Patērētāju iekārtas tiešā savienojuma (bez apkures siltummaiņa) modelis saskaņā ar Dānijas centrālās apkures asociācijas projektu



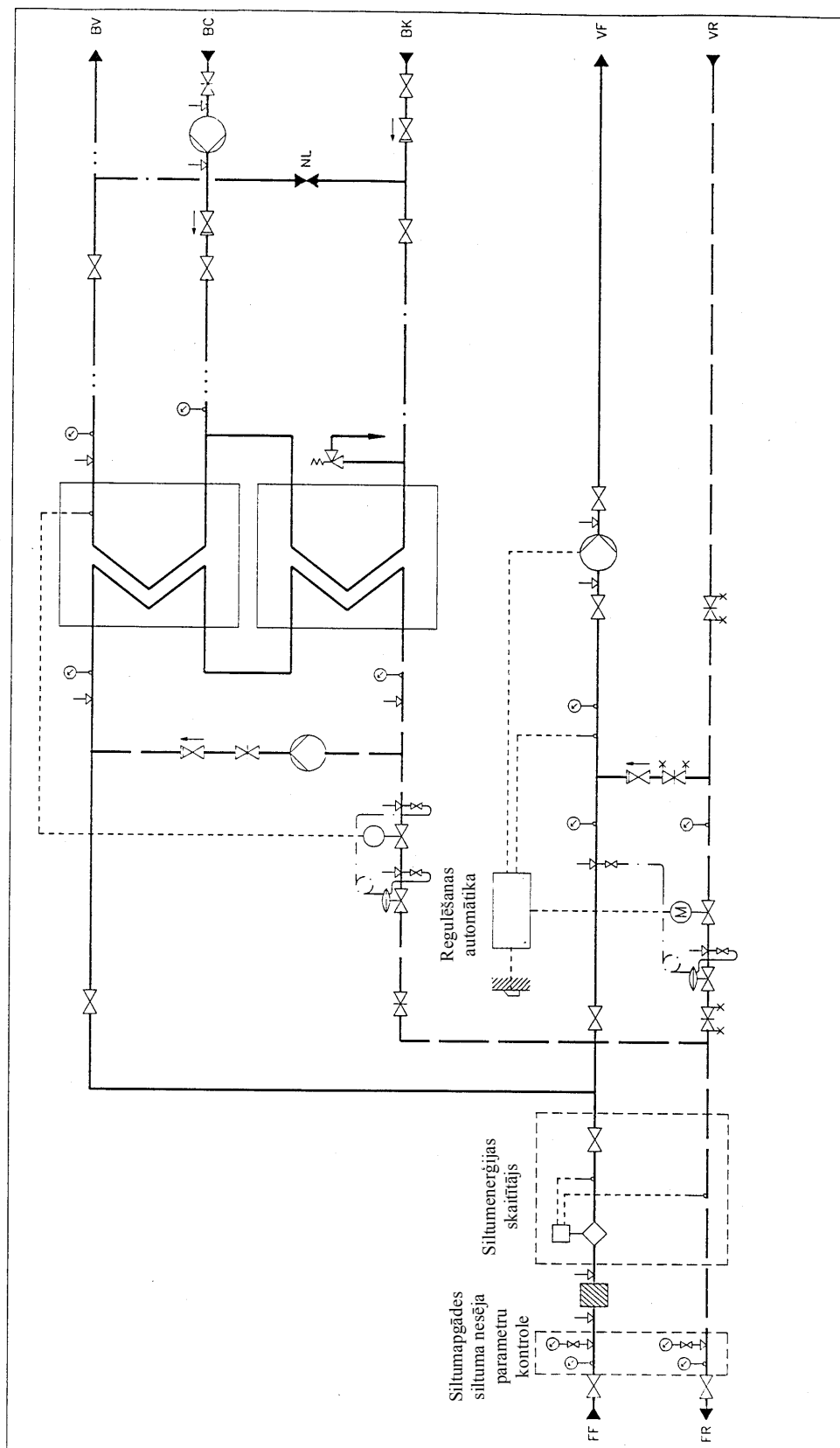
7.attēls *Patērētāju iekārtas tiešā savienojuma (bez apkures siltummaiņa) modelis saskaņā ar Dānijas centrālās apkures asociācijas projektu*

Netieša sistēma – vienkāršota diagramma Nr. 3

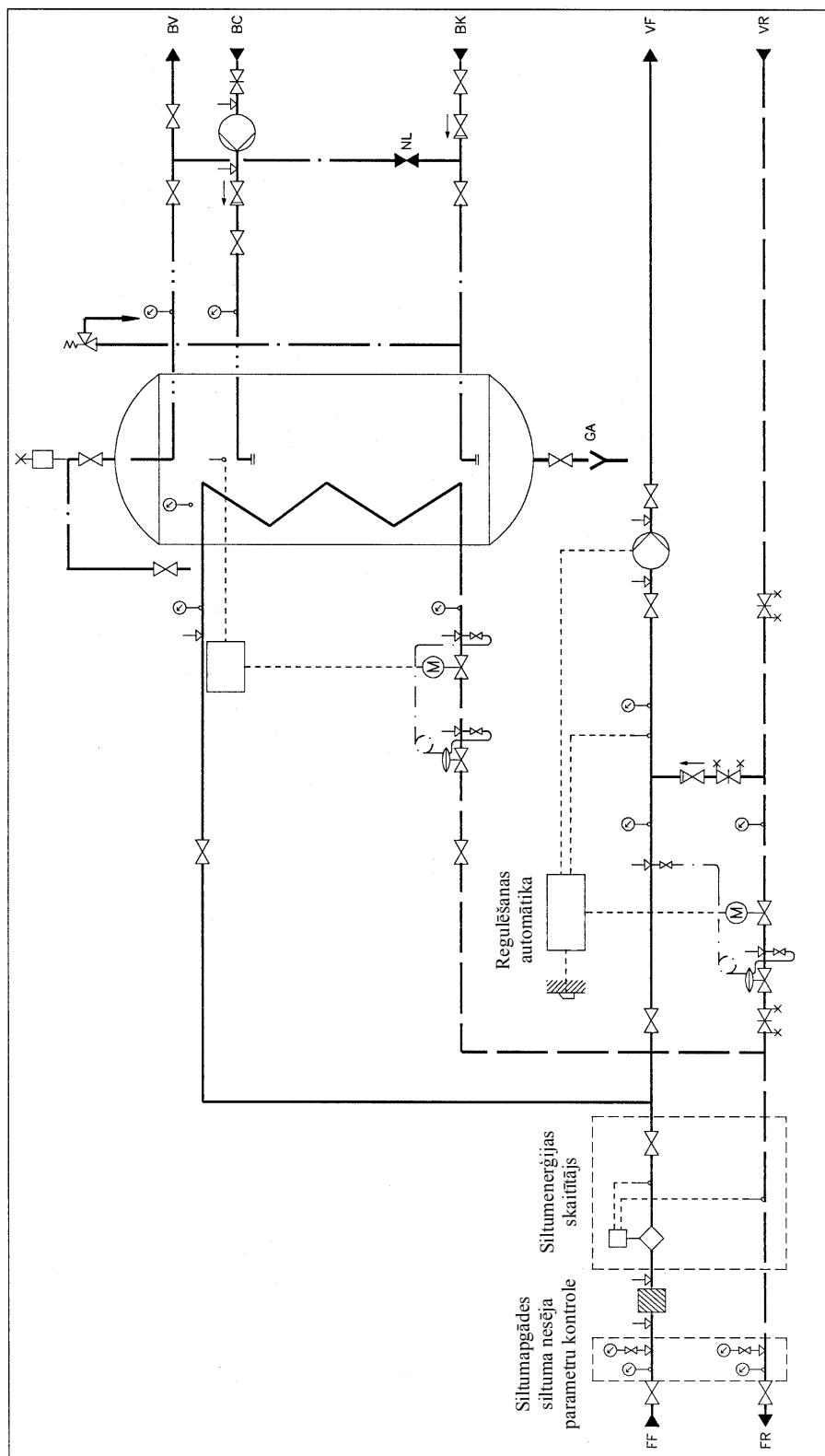


8.attēls

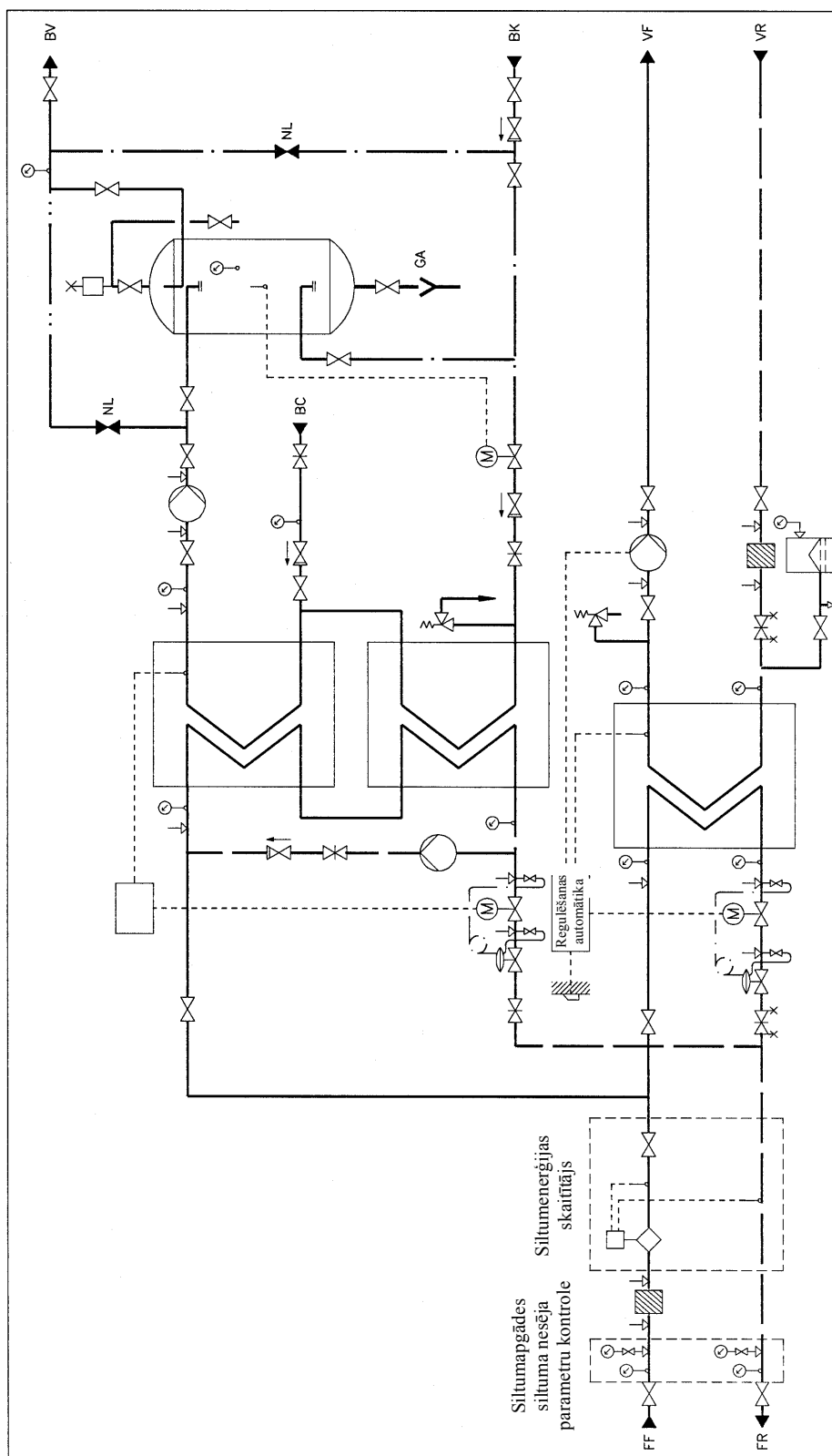
Patērētāju iekārtas modelis ar apkures siltummaini, saskaņā ar Dānijas centrālās apkures asociācijas projektu



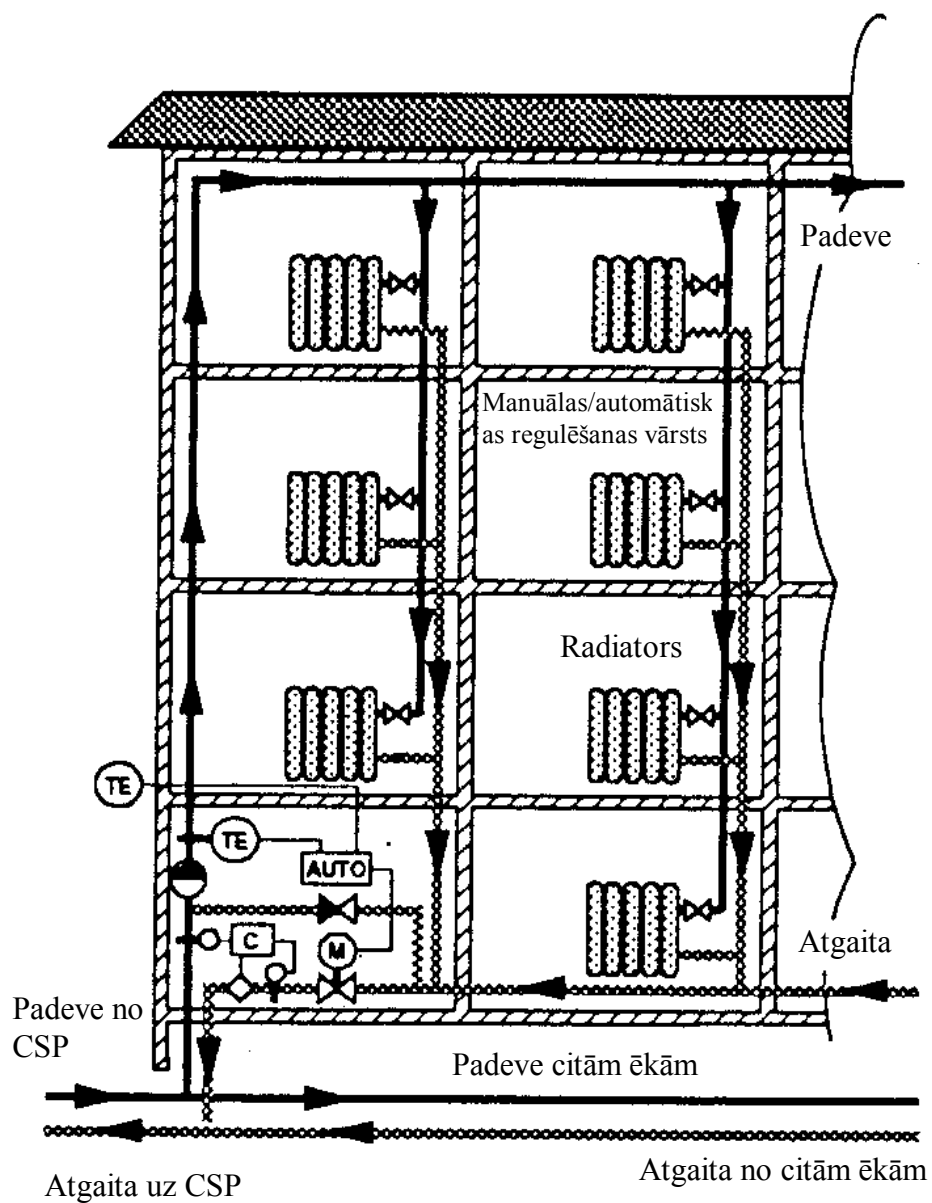
9.attēls Patērētāju iekārtas modelis ar karstā ūdens sagatavošanas ātrsildītāju, saskaņā ar DTI Energy koncepciju



10.attēls Patērētāju iekārtas modelis saskaņā ar DTI Energy koncepciju
Karstā ūdens sagatavošana akumulācijas tvertnē ar iebūvētu sildvirsmu

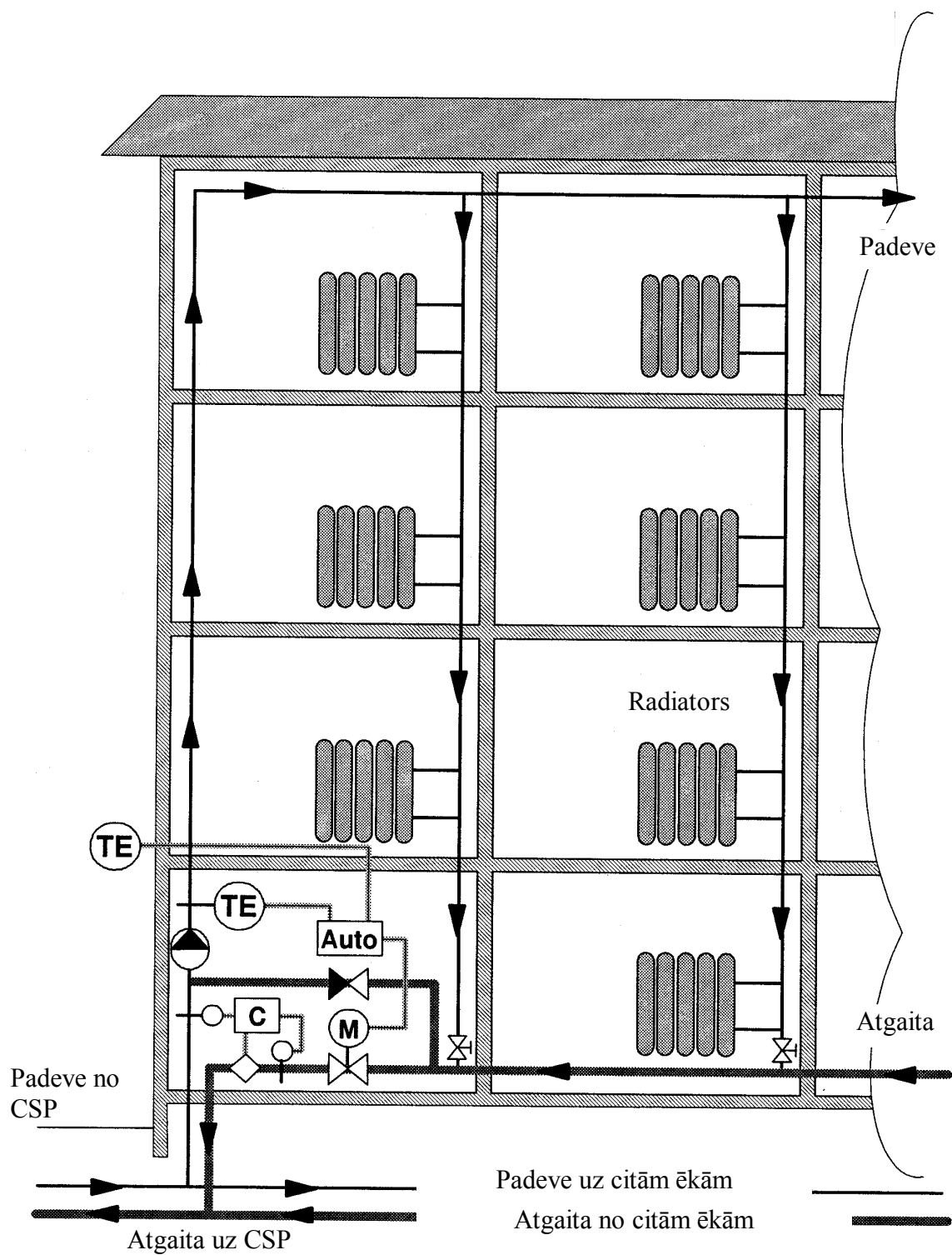


11.attēls Patērētāju iekārtas modelis saskaņā ar DTI Energy koncepciju
Karstā ūdens sagatavošana ar akumulācijas tvertni siltummaiņa kontūrā



12.attēls Radiatoru instalācijas uzlabošana ēkās

Siltuma slodzes mēģīšana un kontrole katrai ēkai



13.attēls Siltuma slodzes mēģīšanas un regulēšanas ieviešana katrā ēkā

4. Ventilācijas sistēmas

4.1 Ventilācijas sistēmu pārbaudes saraksts 2

4.2 Ventilācijas iekārtu komponenti 4

Gaisa kondicionētāji
Siltuma rekuperācija
Recirkulācija
Rotējošie siltummaiņi
Hidrauliski savienotās baterijas
Šķērsplūsmas siltummaiņi
Ventilatori
Proporcionalitātes likumi
Gaisa plūsmas regulēšana
Sildīšanas un dzesēšanas virsmas
Aizvari
Filtri

4.3 Enerģijas patēriņš ventilācijas iekārtās 21

Ievads
Enerģijas patēriņš termisko īpašību izmaiņšanai
Enerģiju patērējošie komponenti
Enerģiju netieši patērējošie komponenti
Enerģijas patēriņš gaisa termisko īpašību izmaiņšanai
Enerģija gaisa pārvietošanai
Spiediena kritums ventilācijas iekārtās
Enerģijas taupīšanas pasākumi esošajās ventilācijas iekārtās

4.1 Ventilācijas sistēmu pārbaudes saraksts

Tabulā uzskaitīti apstākļi, kas var ietekmēt enerģijas patēriņu ventilācijas sistēmā un kas jāizpēta pirmā apmeklējuma laikā:

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Ekspluatācijas laiks	Vai iekārta tiek automātiski atslēgta (piemēram, ar pulksteņa vai kustību sensora palīdzību)?			Ja jā , jāizpēta, vai pulkstenis ir uzstādīts pareizi un kustību sensors darbojas pareizi. Ja nē , jāizpēta, vai automātiskā ieslēgšanas un izslēgšanas režīma uzstādīšana būtu izdevīga.
Tilpuma plūsmas lielums	Vai padeves un/vai izplūdes gaisa tilpums nav pārāk liels?			Lai noteiktu tilpuma plūsmas lielumu, nepieciešams veikt mērījumus.
Motora lietderības koeficients	Vai iekārta ir aprīkota ar vecākiem motoriem? Vai motori tiek regulāri uzturēti kārtībā? Vai iekārta ir aprīkota ar ekonomiskiem motoriem?			Ja jā , motora lietderības koeficients var pazemināties. Tas būtu jāizpēta. Ja nē motora lietderības koeficients var pazemināties. Tas būtu jāizpēta. Ja nē , jāapsver, vai motora aizvietošana ar ekonomisku motoru ir izdevīga.
Dzensiksnas lietderības koeficients	Vai dzensiksnas ir noliegtas un vaļīgas?			Ja jā , tās ir jānomaina vai jānostiprina.
Ventilācijas izpilde	Vai tiek izmantotas ventilācijas sistēmas ar F-tipa ratiem?			Ja jā , jāapsver, vai ventilācijas sistēmas aizvietošana ar B –tipa ratu sistēmu ir izdevīga.
Sistēmas darbība	Vai ventilācijas vadi ir uzstādīti tūlīt pirms un/vai pēc ventilācijas sistēmas?			Ja jā , jāapsver, vai izmainīt konstrukcijas izpildījumu ir izdevīgi.
Siltuma rekuperācija	Vai iekārta ir apgādāta ar siltuma rekuperāciju?			Ja nē , jāizpēta, vai izplūdes temperatūra ir par 5°C augstāka nekā pieplūdes temperatūra. Šajā gadījumā varētu būt izdevīgi ieviest siltuma rekuperāciju.
Vietējā izplūdes ventilācija	Vai dūmi vai emisijas tiek izvadītas cauri vietējai izplūdes ventilācijai?			Ja jā , vietējās izplūdes ventilācijas efektivitāte nav optimāla. Tas var būt saistīts ar procesam salīdzinoši nepiemērotu novietojumu

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
	Vai darba vietā ir putekļu vai daļiņu nosēdumi? Vai vietējā izplūdes ventilācija ir aprīkota ar atloku savienojumiem?			Ja jā, vietējās izplūdes ventilācijas efektivitāte nav optimāla. Tas var būt saistīts ar procesam salīdzinoši nepiemērotu novietojumu. Ja nē, tie ir jāierīko vietējā izplūdes ventilācijā gaisa plūsmas samazināšanai.
Sildvirsmas regulēšana	Vai regulēšanas vārsts pārvietojas uz priekšu un atpakaļ un vai no termometra var nolasīt mainīgas pieplūdes temperatūras?			Ja jā , to iespējams izraisā vārsta lietošana ar pārāk lielu k_v vērtību vai arī pārāk augsts no sūkņa padeves spiediens.
Nepieciešamo temperatūru uzdotās vērtības	Vai temperatūru uzdotās vērtības regulēšanai atbilst nepieciešamajām vērtībām?			Ja nē , tas būtu jāizpēta.
Iekārtas apkalpošana	Vai iekārta tiek regulāri uzturēta kārtībā?			Ja nē , jāapsver iespēja noslēgt iekārtas apkalpošanas līgumu ar, piemēram, kompāniju, kura saistīta ar VENT –iekārtām.

4.2 Ventilācijas iekārtu komponenti

Šajā nodaļā tiek sniegts pārskats par parasti izmantotajiem ventilācijas iekārtu komponentiem. Šajā pārskatā apkopoti apraksti par katra komponenta darbību un ar to saistītajiem taupības pasākumiem.

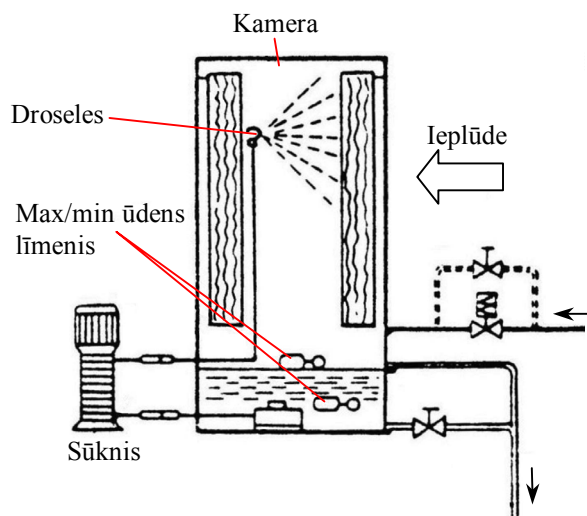
Gaisa kondicionētāji

Ventilācijas gaisa mitrināšanai tiek izmantoti sekojoši mitrinātāju veidi:

Ūdens mitrinātāji:	Mitrinātāji ar sprauslām Mitrinātāji ar iztvaikotājiem
Tvaika mitrinātāji:	Mitrinātāji ar savu tvaika ražošanu Mitrinātāji bez savas tvaika ražošanas

Ūdens mitrinātāji

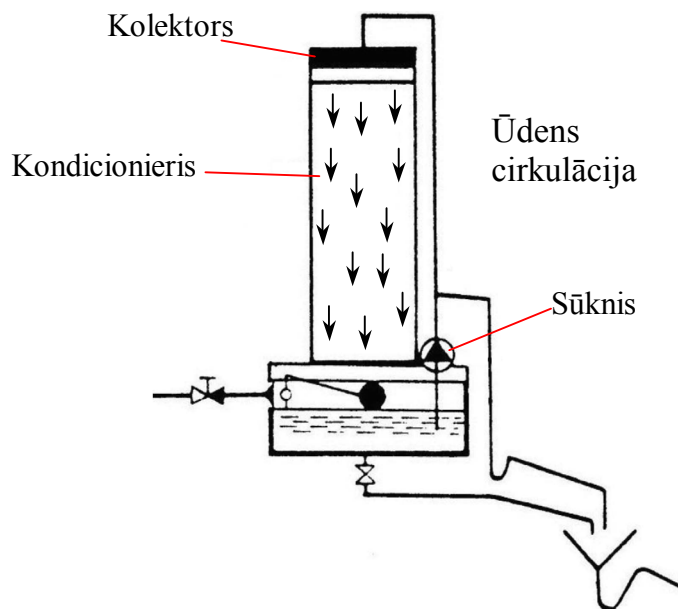
Mitrinātāji ar drošelēšanu (gaisa mazgātāji) parasti tiek izmantoti vienīgi pie lielākām gaisa plūsmām. Mitrinātājs sastāv no kameras, kurā cirkulējošais ūdens tiek izsmidzināts caur sprauslām.



1.attēls. Gaisa mazgātājs

Mitrinātāju ar iztvaikotāju izmanto mazākām un lielākām gaisa plūsmām. Mitrinātājs sastāv no kameras, kurā cirkulējošais ūdens tiek pārveidots gaisā izmantojot lielu kontaktvirsmu.

Tā kā enerģija iztvaikošanai tiek ņemta no gaisa, gaisa temperatūra krītas. Tādēļ gaiss ir vēlreiz jāsasilda līdz vajadzīgajai ieplūdes temperatūrai. Šāda veida mitrinātājus ar enerģiju nodrošina apkures sistēma.



2.attēls. Mitrinātājs ar iztvaikotāju

Tvaika mitrinātājs

Gaisa mitrināšana tikai ar tvaiku mēreni ietekmē gaisa temperatūru. Tvaika mitrinātāju priekšrocība ir tā, ka mitrinātāju var uzstādīt kanālu sistēmā un tādējādi izmantot tikai daļai gaisa plūsmas. Enerģijas avots mitrināšanai ir vai nu tvaika katls vai nu elektrību izmantojošs mitrinātājs ar savu tvaika ražošanu.

No enerģētikas viedokļa raugoties, vislabāk mitrināšanas nolūkos ir izmantot siltumu elektrības vietā.

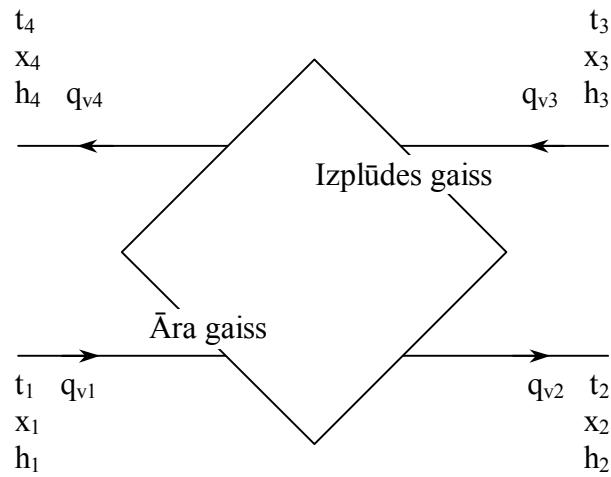
Taču pirms tiek ierīkota mitrināšana, ir svarīgi noskaidrot, vai tā patiešām ir nepieciešama. Pētījumi rāda, ka relatīvais mitrums 25 un 70%RH robežās neietekmē iekštelpu klimatu.

Siltuma rekuperācija

Ļoti liela daļa no enerģijas patēriņa ventilācijas iekārtai tiek izmantota gaisa sildīšanai. Pārvietojot siltumu no siltas izplūdes aukstā ieplūdē, var tikt ietaupīta šī enerģijas patēriņa galvenā daļa.

Visbiežāk izmantotās siltuma rekuperācijas metodes:

- Recirkulācija
- Rotējošie siltummaiņi
- Hidrauliski savienotās baterijas
- Šķērsplūsmas siltummaiņi
- Pašcirkulācijas aģenti
- Siltuma sūkņi



3.attēls. Siltummaiņu definīcijas

Temperatūras lietderības koeficients (η_t) ir attiecība starp iegūto temperatūras izmaiņu un

$$\eta_t = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}$$

maksimālo iespējamo temperatūras izmaiņu.

Mitruma lietderības koeficients (η_x) ir attiecība starp iegūto mitruma izmaiņu un maksimāli iespējamo mitruma izmaiņu.

$$\eta_x = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}$$

Entalpijas lietderības koeficients (η_h) ir attiecība starp iegūto entalpijas izmaiņu un maksimāli iespējamo entalpijas izmaiņu.

$$\eta_h = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1}$$

Recirkulācija

Recirkulāciju būtu jāizmanto vienīgi lietojot ventilācijas iekārtu sildīšanas vai dzesēšanas nolūkos. Recirkulācija nodrošina:

- Pilnu izplūdes gaisa entalpijas izmantošanu
- Zemākas uzstādīšanas izmaksas nekā citiem siltuma rekuperācijas veidiem
- Zemākas uzturēšanas izmaksas

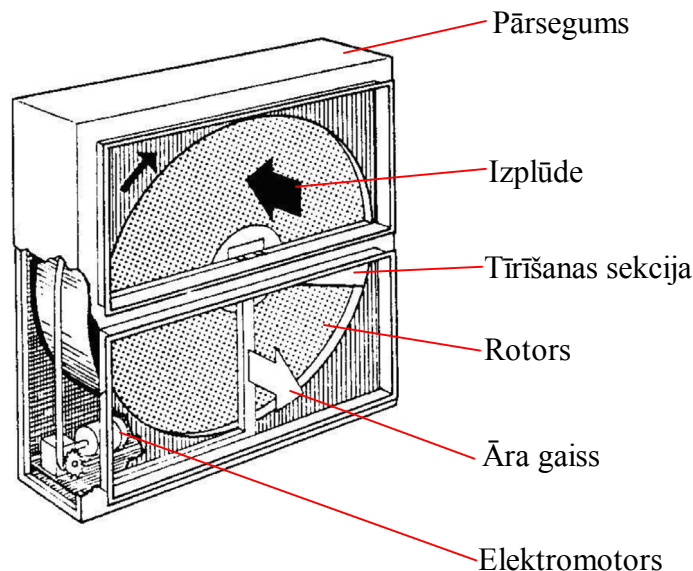
Rotējošie siltummaiņi

Rotējošā siltummainī siltums tiek pārvietots no izplūdes gaisa uz rotoru, kur tas tiek uzkrāts līdz nodošanai aukstajam āra gaisam.

Rotējošā siltummaiņa priekšrocības ir:

- Augsts temperatūras lietderības koeficients
- Augsts mitruma lietderības koeficients
- Neliela nepieciešamā platība
- Mērens spiediena kritums

Rotējošajam siltummainim ir gan higroskopisks, gan ne – higroskopisks rotors. Parasti rotorus izgatavo no alumīnija, bet tiek lietoti arī plastmasas rotorī.



4.attēls. Rotējošais siltummainis

Higroskopiskajos rotējošajos siltummaiņos rotoru sedz higroskopisks materiāls, kas var pārvadīt gaisa mitrumu. Iespējams sasniegt lietderības koeficientu aptuveni 85%, ja absolūtais ūdens saturs izplūdes gaisā ir nedaudz augstāks nekā āra gaisā. Kopumā mitruma atpakaļ-pārvade nav vēlama ēku norobežojošo konstrukciju dēļ.

Ne – higroskopiskajos rotējošajos siltummaiņos var tikt izmantots vienīgi “sauss” siltums, bet ziemā izplūdes gaiss var tikt atdzesēts līdz tādai pakāpei, ka mitrums kondensējas uz rotora. Šis mitrums tiek novadīts uz ieplūdes gaisu. Oksidēts alumīnija rotors bieži ir nedaudz higroskopisks.

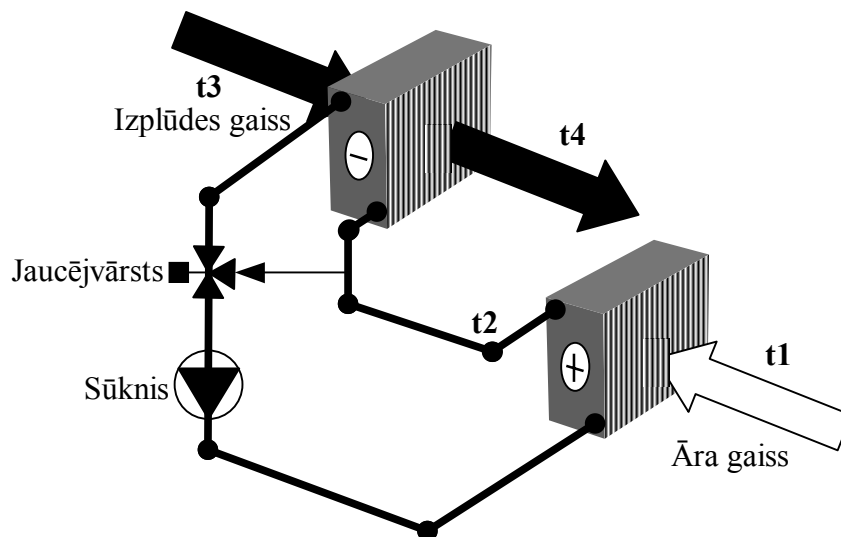
Siltuma pāreja ir atkarīga no:

- Gaisa plūsmas un temperatūras proporcijas ieplūdes un izplūdes gaisā.
- Gaisa pārvietošanās ātruma siltummaiņā.
- Relatīvā mitruma izplūdes gaisā

Mainot rotora rotācijas ātrumu, iespējams regulēt siltuma pāreju.

Hidrauliski savienotās baterijas

Hidrauliski savienotajās baterijās siltumu pārvieto šķidrums. Šis šķidrums ir parasts ūdens un glikola maisījums. Šis šķidrums cirkulē starp divām sildīšanas virsmām ieplūdes un izplūdes gaisā.



5.attēls. Hidrauliskās pāra baterijas

Šim siltummaiņu veidam ir daudz priekšrocību:

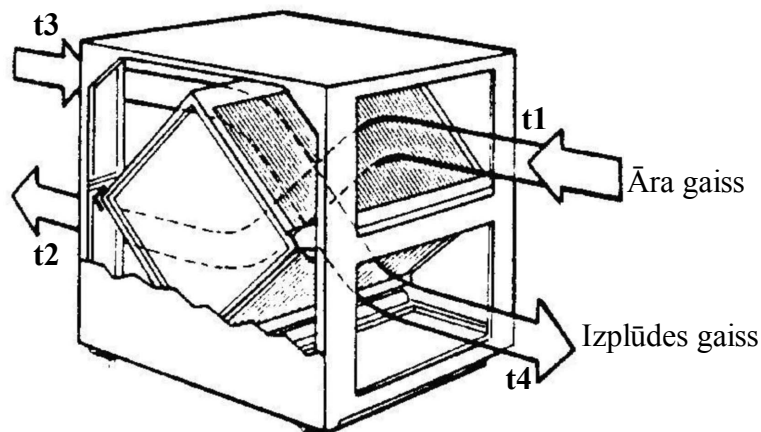
- Ieplūdes un izplūdes kanāli var tikt ierīkoti lielā attālumā viens no otra.
- Nepastāv sūču rašanās risks starp ieplūdi un izplūdi
- Sistēma ir viegli regulējama.

Siltuma pāreja ir atkarīga no:

- Gaisa plūsmas un temperatūras attiecības ieplūdes un izplūdes gaisā.
- Gaisa pārvietošanās ātruma caur sildvirsmām
- Relatīvā mitruma izplūdes gaisā
- Cirkulējošā šķidruma.

Šķērsplūsmas siltummaiņi

Šķērsplūsmas siltummaiņos ar termisku vadāmību tiek panākta siltuma pāreja caur virsmām starp silto un auksto gaisu. Mitruma novade vai pievade nav iespējama. Var rasties kondensācija, ja izplūdes gaiss satur pārāk daudz mitruma.



9.attēls. Šķērsplūsmas siltummainis

Lai samazinātu enerģijas patēriņu vasarā, regulēšanaas nolūkos izmanto apejas aizvaru. Apejas aizvaru ieteicams ierīkot ieplūdē.

Siltuma pāreja šķērsplūsmas siltummainī ir atkarīga no:

- Gaisa plūsmas un temperatūras attiecības ieplūdes un izplūdes gaisā.
- Gaisa pārvietošanās ātruma siltummainī
- Relatīvā mitruma izplūdes gaisā

Šī tabula sniedz pārskatu par dažādiem siltummaiņu veidiem

Veids	Max efektivitāte [%]	Mitruma pārvade	Sūce starp plūsmām	Putekļu pārvade
Recirkulācija	100	Jā	Jā	Jā
Rotējošie siltummaiņi	85	Jā	Jā	Jā
Hidrauliski savienotās baterijas	40-60	Nē	Nē	Nē
Šķērsplūsmas siltummaiņi	50-70	Nē	Jā / Nē	Nē

Ventilatori

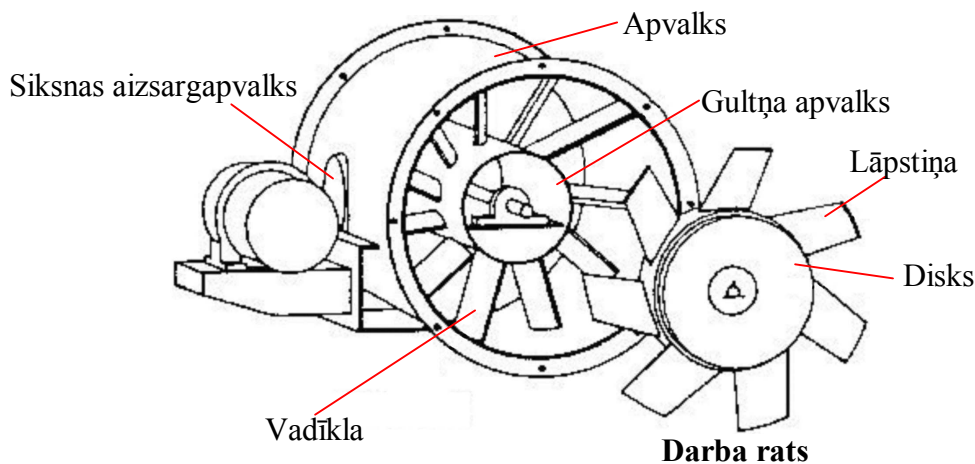
Ventilators ir ierīce, kas transportē gāzveidīgus šķidrumus. Uz aģentu novadītā enerģija izraisa spiediena kāpumu no ieplūdes uz izplūdi. Šis spiediena kāpums var tikt izmantots gaisa transportēšanai caur iekārtu un kanālu sistēmu. Spiediens tiek mērīts Pa vai mm ūdens staba. Plūsma tiek mērīta m^3/h vai m^3/s .

Vispazīstamākie ventilatoru veidi ir centrālās un ass ventilatori. Ir trīs veidu centrālās ventilatori:

- Ventilatori ar uz priekšu izliektām lāpstiņām
- Ventilatori ar atpakaļ izliektām lāpstiņām
- Ventilatori ar radiāli izliektām lāpstiņām

Ass ventilators

Ass ventilators sastāv no apvalkā ieskauda lāpstiņrata. Augsta spiediena ass ventilatoros pirms un aiz lāpstiņrata tiek uzstādītas virzošās lāpstiņas.



7.attēls. Ass ventilators

Ass ventilatori visbiežāk ir tieši darbināmi, bet ir sastopami arī ar dzensiksnu darbināmi ass ventilatori.

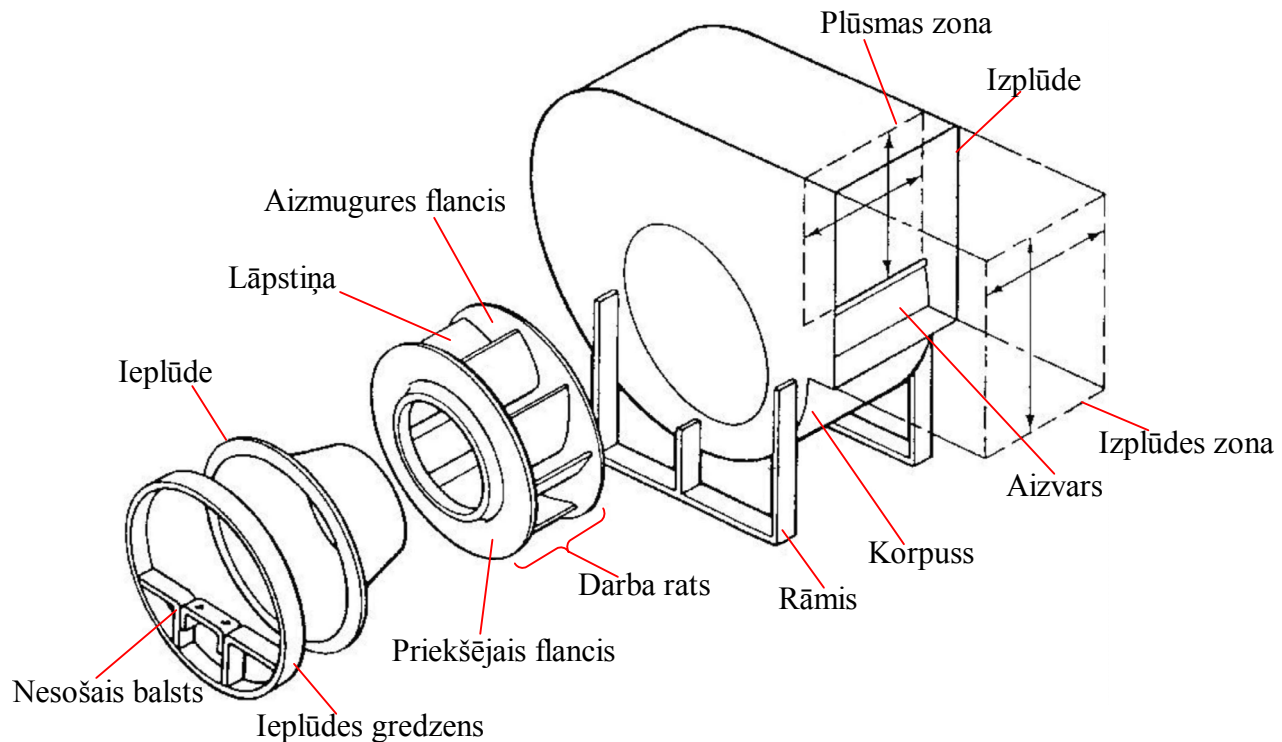
Ar virziena maiņas palīdzību ass ventilatorā var tikt panākta plūsmas virziena maiņa. Taču šajā gadījumā efektivitāte ir zemāka un troksnis lielāks.

Ass ventilatori ir lēti, bet to efektivitāte kopumā ir zema, aptuveni 50%. Jaunākiem modeļiem, kuri ir aprīkoti ar vairāk lāpstiņām, efektivitāte ir aptuveni 70 – 80%.

Centrbēdzes ventilatori

Centrbēdzes ventilatori ir ieteicami ventilācijas iekārtām ar augstu spiedienu un paaugstinātām prasībām pēc zema trokšņa līmeņa.

Centrbēdzes ventilators sastāv no lāpstiņrata, kurš ir ievietots spirālveidīgā apvalkā. Šim apvalkam ir divas funkcijas: 1) vadīt gaisa plūsmu no lāpstiņrata uz izvadi. 2) pārvērst ātruma enerģiju statiskā spiedienā.

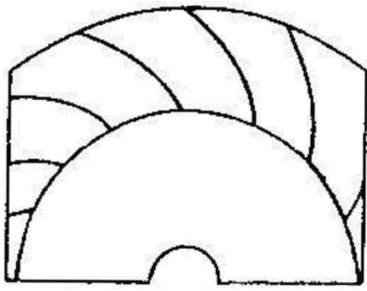


8.attēls. Centrbēdzes ventilators

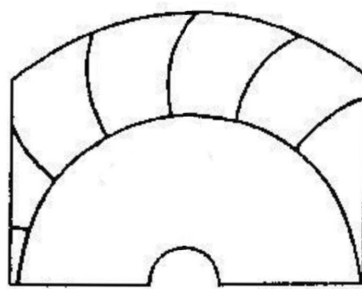
Izplūdes virsma parasti ir taisnstūrveida, un tā ir aprīkota ar apmalēm. Ieplūde vienmēr ir cirkulāra.

Ir trīs veidu lāpstiņriteņi:

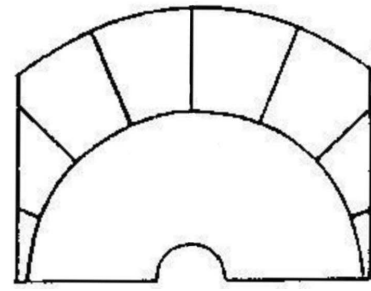
- Ar atpakaļ izliektām lāpstiņām
- Ar uz priekšu izliektām lāpstiņām
- Ar radiālām lāpstiņām



Atpakaļ izliektas



Uz priekšu izliektas



Radiālas

9.attēls. Dažādas lāpstiņas

Atpakaļ izliektām lāpstiņām ir visaugstākais lietderības koeficients, starp 70 un 85%. Šo lāpstiņu veidu izmanto lieltākām gaisa plūsmām un spiedieniem.

Uz priekšu izliektās lāpstiņas ir mazākas un lāpstiņu skaits ir lielāks. Šim lāpstiņu veidam lietderības koeficients sastāda 40 līdz 60%. Tai pašai gaisa plūsmai darba rata diametrs ir mazāks nekā ar atpakaļ izliektajām lāpstiņām.

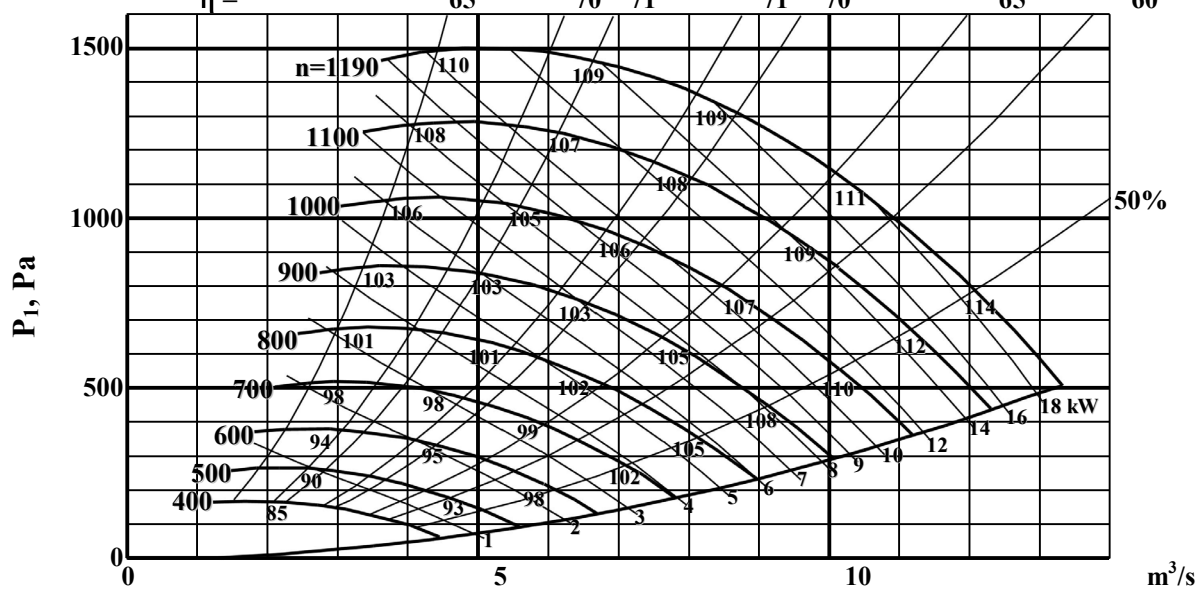
Radiālās lāpstiņas visbiežāk izmanto transportēšanai.

Kopumā priekšroka tiek dota darba ratam ar atpakaļ izliektām lāpstiņām to augstākas efektivitātes dēļ.

Ventilatora raksturojums

Ventilatora darbības īpašības raksturo līknes, kuras parāda attiecības starp:

- Gaisa plūsmu
- Spiediena kāpumu
- Enerģijas patēriņu
- Rotācijas ātrumu
- Efektivitāti
- Trokšņu radīšanu

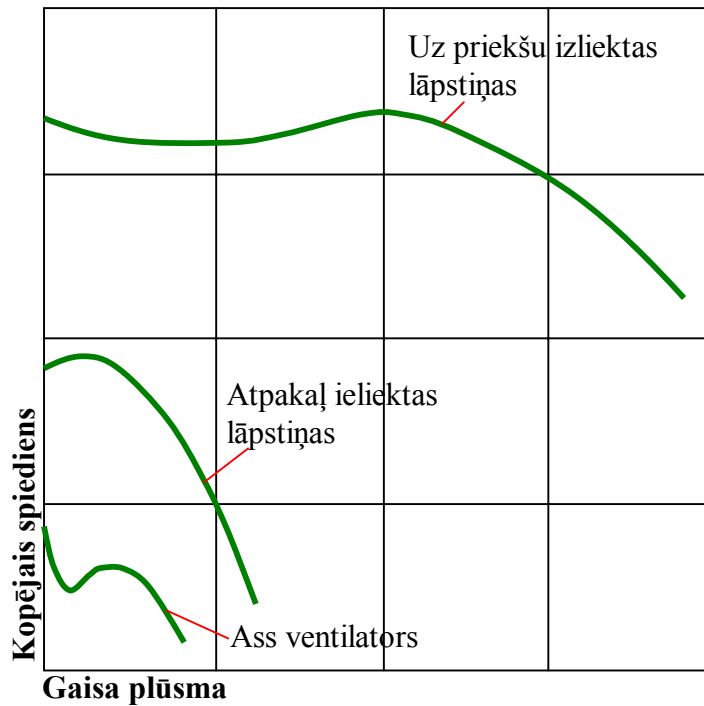


10.attēls. Ventilatora raksturlīkne

Ventilatora raksturlīknes mērījumi tiek veikti laboratorijās sekojošos apstākļos:

- Gaisa blīvums ir $1,2 \text{ kg/m}^3$, (20°C , 1013 hPa un $50\% \text{ RH}$)
- Gari taisni kanāli ieplūdes pusē.
- Bez rotācijas ieplūdē.

Enerģijas patēriņš ir izmantotā ass enerģija. Lai aprēķinātu kopējo enerģijas patēriņu, jāpieskaita motora un transmisijas lietderības koeficients.



11.attēls. Dažādu ventilatoru veidu raksturlīknes

Ventilatora enerģijas patēriņš

Ventilatora enerģijas patēriņu var aprēķināt pēc sekojošas formulas:

$$P = \frac{\Delta p \cdot q_v}{\eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_t} [\text{W}], \text{ kur}$$

P: kopējais elektriskās strāvas patēriņš motoram darbinot ventilatoru, ieskaitot frekvenču pārveidotāju un citu palīgaprīkojumu.

Δp : kopējais spiediena kāpums ventilatorā (= kopējais spiediena kritums kanālos)

η_v : Ventilatora lietderības koeficients. Tipiskie lielumi robežās no 0,4 līdz 0,7.

η_m : Motora lietderības koeficients. Tipiskie lielumi robežās no 0,7 līdz 0,95.

η_t : Pārvades lietderības koeficients. Tipiskie lielumi robežās no 0,90 līdz 0,99.

Bieži visi trīs lietderības koeficienti tiek sareizināti, iegūstot kopējo lietderības koeficientu η_{total} .

Proporcionalitātes likumi

Rotācijas ātruma mainīšanai ventilatorā ir sekojošas attiecības:

Gaisa plūsma ir proporcionāla rotācijas ātrumam

$$\frac{q_{v1}}{q_{v2}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right); q_{v1} = q_{v2} \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} \right)$$

Spiediena kāpums ir proporcionāls rotācijas ātruma enerģijai kvadrātā

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2; \Delta p_1 = \Delta p_2 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

Enerģijas patēriņš ir proporcionāls rotācijas ātruma enerģijai kubā

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3; P_1 = P_2 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

Piemēram, ja rotācijas ātrums ir palielinājies par 10%, gaisa plūsma palielinās par 10%, spiediena kāpums pieaug par 21% un enerģijas patēriņš palielinās par 33%.

Gaisa plūsmas regulēšana

Pastāv četras iespējas gaisa plūsmas regulēšanai ventilatorā:

1. Dzentsiksu piedziņas ar dažādiem dzentsiksu skriemeļu diametriem
2. Mainīgs ātrums, lietojot frekvenču pārveidotājus
3. Aizvaru regulēšana
4. Virzošās lāpstiņas

Dzentsiksu piedziņas ar dažādiem dzentsiksnas skriemeļu diametriem iespējams noteikt rotācijas ātrumu pēc sekojoša formulas:

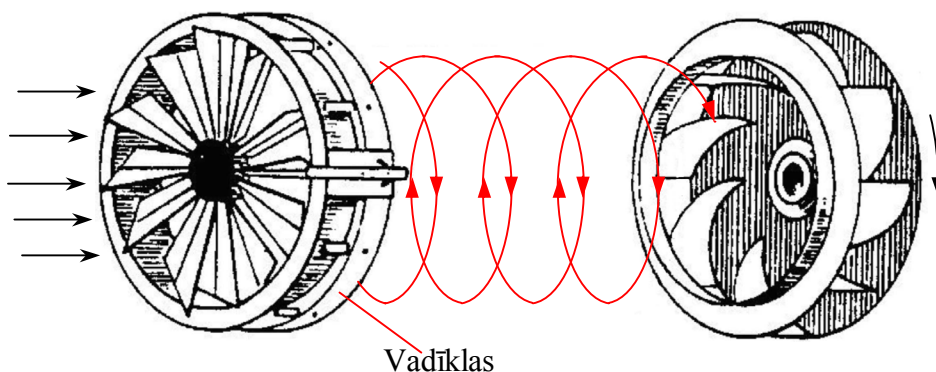
$$n_v = n_m \cdot \frac{d_m}{d_v}$$

n_v :	ventilatora rotācijas ātrums
n_m :	motora rotācijas ātrums
d_v :	ventilatora dzentsiksnas skriemeļa diametrs
d_m :	motora dzentsiksnas skriemeļa diametrs

Izmantojot frekvenču pārveidotājus ātruma mainīšanai, iespējams pakāpeniski izmainīt motora rotācijas ātrumu gandrīz no nulles līdz pilnai gaisa plūsmai. Tiek ražoti frekvenču pārveidotāji sākot ar 100 W nominālo jaudu līdz aptuveni 500 kW lielai jaudai. Mūsdienās tas ir pats energoefektīvākais veids gaisa plūsmas regulēšanai ventilācijas iekārtās.

Aizvaru regulēšana var izraisīt lielu enerģijas patēriņu pie daļējas slodzes ventilatoros ar atpakaļ izliktām lāpstiņām, kā arī trokšņu problēmas. Aizvaru regulēšana var samazināt enerģijas patēriņu ventilatoros ar uz priekšu izliktām lāpstiņām.

Virzošās lāpstiņas regulē ar ventilatora ieplūdē novietotu virzošo lāpstiņu palīdzību. Tas izraisa

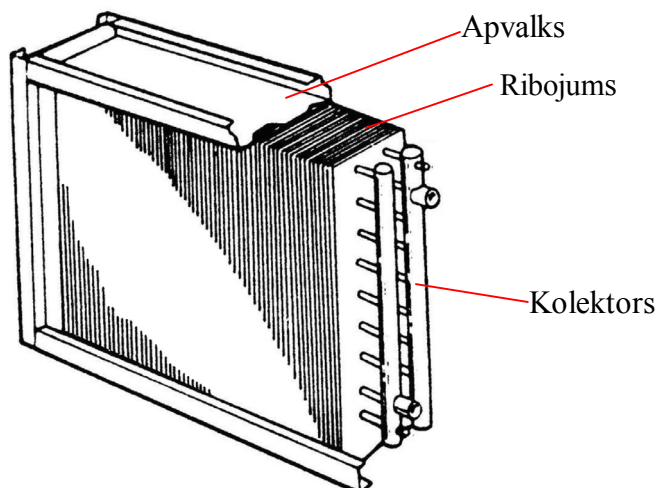


iepriekšēju rotāciju ieplūdē, kas samazina spiedienu.

12.attēls. Virzošo lāpstiņu regulācija

Sildīšanas un dzesēšanas virsmas

Šos agregātus izmanto vai nu gaisa sildīšanai vai dzesēšanai ar cirkulējošu aģentu. Visbiežāk lietotais aģents sildīšanai ir karstais ūdens, bet tiek izmantots arī tvaiks. Dzesēšanas nolūkos izmanto ūdeni vai citu dzesēšanas aģentu.



13.attēls. Sildīšanas/dzesēšanas virsma

Sildīšanas un dzesēšanas virsmas sastāv no noteikta skaita paralēlām caurulēm, kuras ir perpendikulāras gaisa plūsmai. Lai palielinātu sildīšanas un dzesēšanas virsmu platību, lieto ribotas caurules.

Uz sildvirsmām ir ierīkots sarmas termostats. Tā funkcija ir aizkavēt sildvirsmu no sūču rašanās sarmas dēļ. Sarmas termostatu uzstāda 5°C temperatūrā. Ja temperatūra ir zemāka par norādīto, regulēšanas sistēma atver vārstu maksimālai ūdens cirkulācijai un aizver aizvarus.

Aizvari

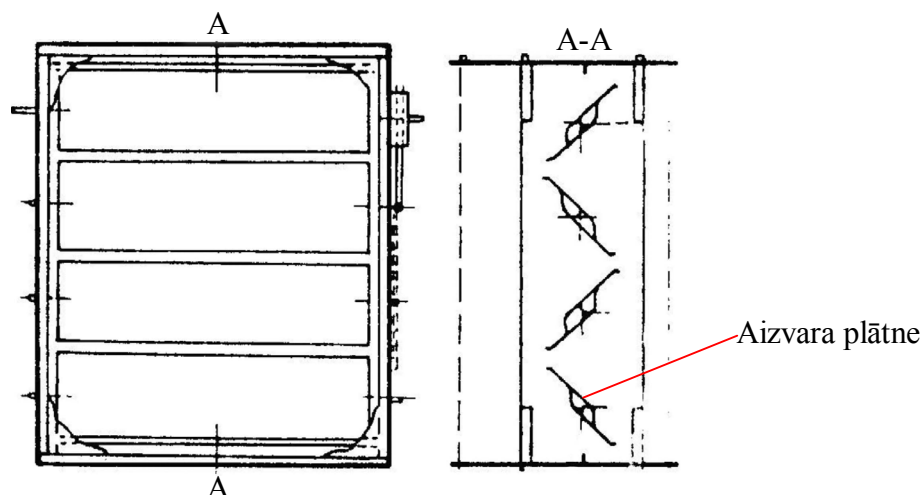
Aizvaru funkcijās ietilpst gaisa plūsmas regulēšana vai tās slēgšana daļēji vai pilnībā. Ir sekojoši aizvaru veidi:

- Noregulēšanas aizvari
- Bloķējošie aizvari
- Uguns aizvari
- Virsspiediena aizvari
- Regulācijas aizvari

Aizvarus iedala pēc to uz uzbūves veida:

- Luvras vārtu
- Plākšņu aizvari
- Membrānas aizvari
- Slidošie aizvari

Ir svarīgi, lai ventilācijas iekārtā aizvari funkcionētu pareizi, tādēļ tos būtu jāpārbauda vismaz reizi gadā.



14.attēls. Aizvars

Filtri

Āra gaiss satur vairāku veidu maza izmēra daļiņas. Filtru funkcijās ir aizkavēt šo daļiņu iekļūšanu ventilācijas iekārtā, kā arī telpu un komponentu piesārņošanu.

Daļiņas, kas ir lielākas par $1\mu\text{m}$, parasti sauc par putekļiem.

Rupjie putekļi ($> 10\mu\text{m}$) strauji pārvietojas gaisā, un to lielākā daļa nogusnējas netālu no putekļu avota.

Smalkie putekļi ($1 - 10\mu\text{m}$) var palikt gaisā ilgāku laika posmu. Ieelpojot šie putekļi var nonākt plaušās.

Aerosoli ir daļiņas mazākas par $1\mu\text{m}$. Tās var būt cietas vai šķidrās. Tabakas dūmi ir maisījums, kas sastāv no dūmiem un aerosoliem, kas mazāki par $0,01\mu\text{m}$.

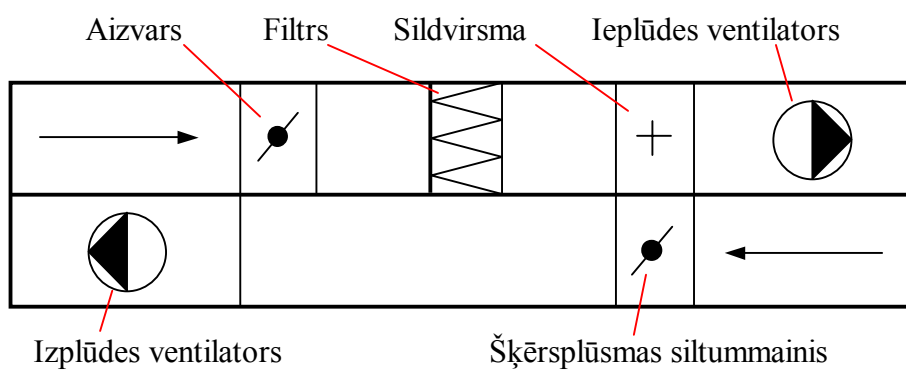
Baktēriju un sēnīšu izmēri ir $0,1\mu\text{m}$. baktērijām. Baktērijām apvienojoties kolonijās, to izmēri var sasniegt $15\mu\text{m}$. Filtrs tās viegli aiztur.

Izvēloties filtrus, jāņem vērā ar higiēnu, ērtībām un ražošanu saistīti aspekti.

Ja filtrs ir nosmērēts, spiediena kritums pieaug. Tādēļ ir svarīgi uzstādīt filtra aizsargu. Lai turpmāk uzturētu spiediena kritumu tik mazu, cik vien iespējams, filtra laukumam jābūt pēc iespējas lielākam.

Filtru veids	Efekts	Pielietojums
EU 1	Aizsargā pret insektiem un šķiedrām. Ierobežota aizsardzība pret rupjiem putekšņiem. Neefektīvs pret dūmiem un peldošām daļiņām.	Logiem Siltummaiņiem Gaisa sildītājiem Šķiedru filtri tekstilindustrijā
EU 2	Aizsargā pret rupjiem putekšņiem (<85%) un rupjiem atmosfēras putekļiem. Ierobežota aizsardzība pret dūmiem.	Sildīšanas un dzesēšanas iekārtām. Ieplūdes iekārtas: Transformatoru stacijās, garāžās, ražošanas un citās telpās, kur nav nepieciešama filtrācija Ventilācijas iekārtām viengimeņu mājās
EU 3		
EU 4		
EU 5	Ierobežota aizsardzība pret dūmiem.	Augstāk minētais pielietojums, kā arī virtuvēm un istabām ar izsmidzinātu krāsojumu.
EU 6	Aizsargā pret putekšņiem un smalkiem atmosfēras putekļiem. Ierobežota aizsardzība pret dūmiem. Nekādas aizsardzības pret tabakas dūmiem	Ventilācijas iekārtām baznīcās, sporta centros, lielveikalos, skolās, viesnīcās un pārtikas veikalos.
EU7	Aizsargā pret putekšņiem. Ierobežota aizsardzība pret tabakas dūmiem. Daļēja aizsardzība pret baktērijām.	Augstāk minētais pielietojums, kā arī pārtikas rūpniecībā, laboratorijās, telefona centrālēs, teātros, slimnīcās un datoru telpās.
EU8	Aizsargā pret daļiņām un baktērijām. Nedaudz aizsargā pret dūmiem.	Strādājošos teātros, optikas un elektroniskajā industrijā un citās vietās ar augstām prasībām pēc tīra gaisa.
EU9		

Tipisks ventilācijas iekārtu plāns



4.3 Enerģijas patēriņš ventilācijas iekārtās

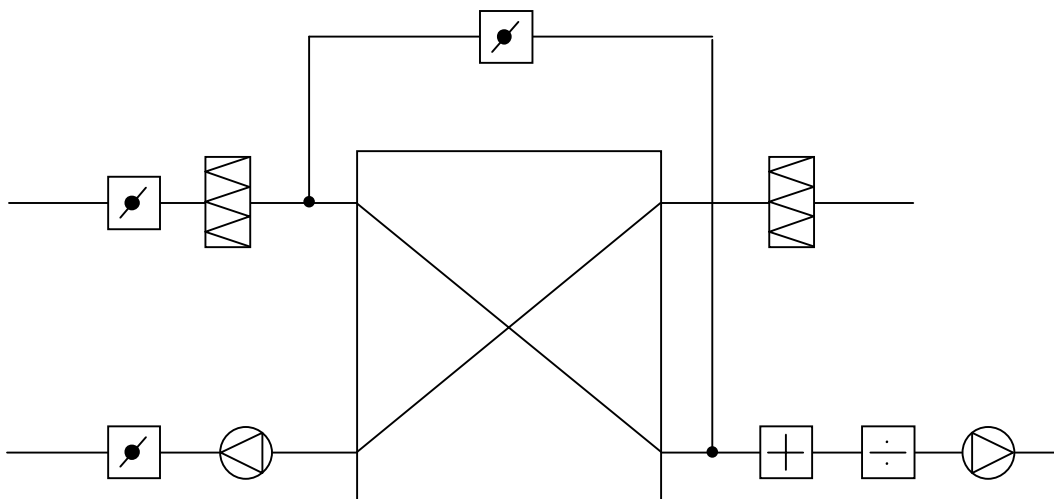
Šajā nodaļā izskatīti jautājumi, kas skar enerģijas patēriņu ventilācijas iekārtās, īpašu uzmanību veltot enerģijas taupīšanai. Teorētisko materiālu papildina piemēri un ieteikumi tipiskiem enerģijas taupības pasākumiem.

Ievads

Enerģijas patēriņu ventilācijas iekārtās var iedalīt divās daļās:

- Enerģija gaisa termisko īpašību izmaiņai (sildīšanai, dzesējošai mitrināšanai un atmitrināšanai)
- Enerģija gaisa pārvietošanai pa kanāliem

Šajā zīmējumā redzams tipisks ventilācijas iekārtas plāns



Enerģijas patēriņš termisko īpašību izmaiņai

Enerģiju patērējošie komponenti

- Sildvirsmas. Enerģijas avots parasti ir karstais ūdens no katlu telpas vai centrālās siltumapgādes. Ir sastopami elektriskie sildītāji, bet vairumā gadījumu mazākās iekārtās.
- Dzesēšanas virsmas. Primārais enerģijas avots ir elektrība, kas tiek piegādāta kompresoram.
- Mitrinātāji. Enerģijas avots var būt gan elektrība, gan siltums. Tvaika mitrinātājos elektrība tiek izmantota tiešā veidā. Ūdens mitrinātājos gaisa atkārtotai sildīšanai izmanto karsto ūdeni.
- Atmitrinātāji ir vienmēr nodrošināti ar elektrību vai nu dzesēšanas kompresora veidā, vai reģenerējot higroskopisko materiālu absorbcijas atmitrinātājos.

- Ventilatori. Ventilatoru enerģijas avots vienmēr ir elektrība.

Netieši enerģiju patērējošie komponenti

- Siltummaiņu funkcija ir pārvadīt enerģiju no izplūdes gaisa ieplūdes gaisā. Praksē nav iespējams atgūt visu enerģiju, arī siltummaiņi zaudē enerģiju apkārtējā vidē. Pastāv arī enerģijas zudumi saistībā ar spiediena kritumu siltummaiņā.
- Filtri tiek uzstādīti, lai sākotnēji aizsargātu citus komponentus pret gaisā esošajām daļiņām un lai iegūtu gaisu, kurā nav putekļu. Enerģijas zudumi rodas filtrā spiediena krituma dēļ.

Enerģijas patēriņš gaisa termisko īpašību izmainīšanai

Kad telpa tiek ventilēta, bieži ir svarīgi izmainīt ieplūdes gaisa termiskās īpašības. Vairumā gadījumu ir nepieciešama sildīšana, tomēr iespējama arī dzesējošā mitrināšana un atmitrināšana. Visas šīs termisko īpašību izmaiņas prasa enerģiju.

Kopumā, siltumu, kas nepieciešams gaisa termisko īpašību izmainīšanai, var aprakstīt sekojošas formulas veidā:

$$\Phi = q_v \cdot \rho \cdot (h_1 - h_2) [W], \text{ kur}$$

q_v :	Gaisa plūsma [m^3/s]
ρ :	Īpatnējais blīvums [kg/m^3]
h :	Entalpija [J/kg]

Ja ūdens saturs gaisā mainās, enerģiju, kas nepieciešama izmainīšanai, visvieglāk noteikt, izmantojot I-x diagrammu.

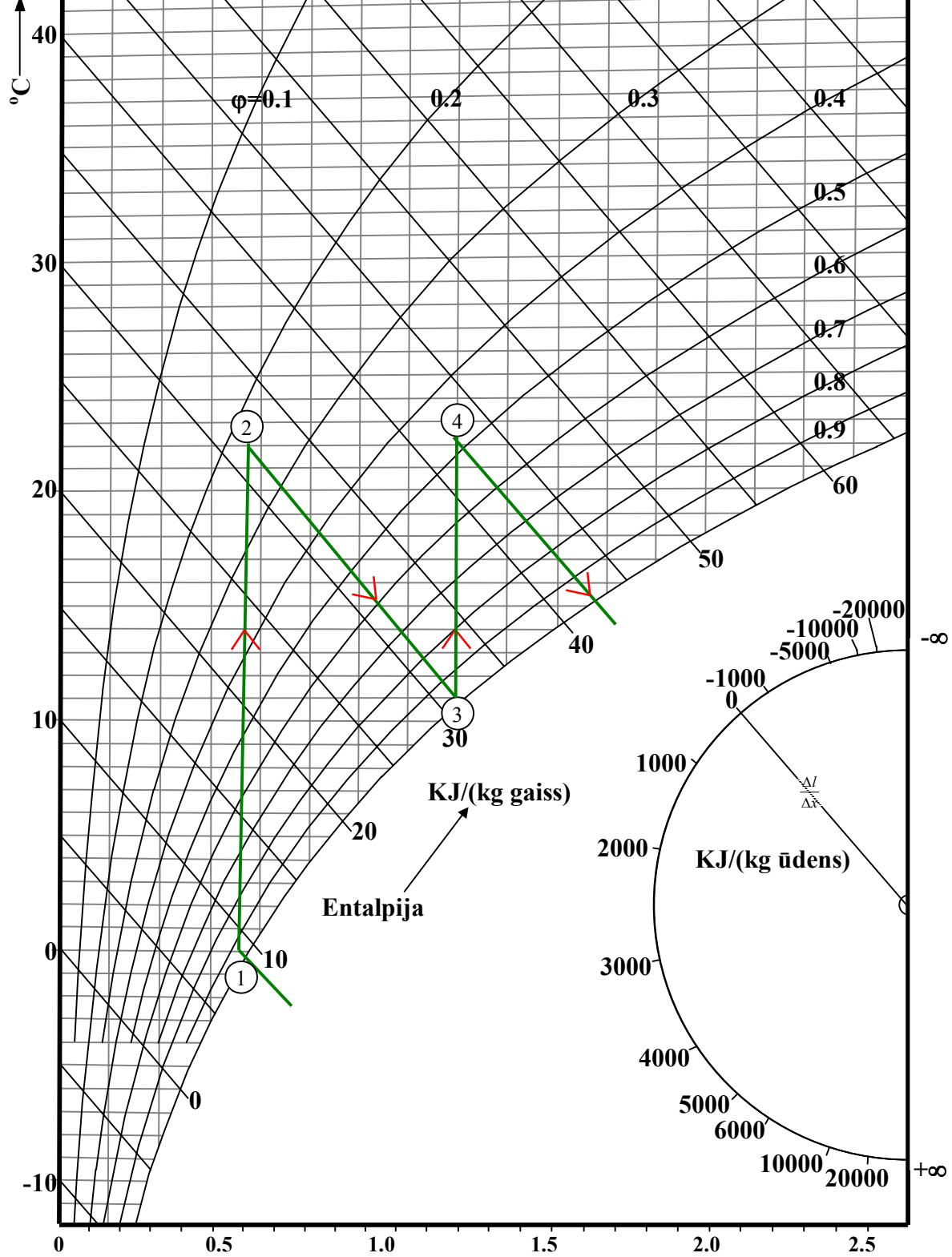
Gaisa raksturīgākās īpašības izsaka četri parametri:

- Temperatūra
- Relatīvais mitrums
- Absolūtais ūdens saturs
- Entalpija

Ja zināmi divi no šiem parametriem, atlikušos divus var noteikt, izmantojot I-x diagrammu.

I-x diagrammu lieto saistībā ar:

- Sildīšanu
- Dzesēšanu ar un bez kondensācijas
- Mitrināšanu
- Atmitrināšanu



15.attēls. I-x diagramma

Piemērs

Vajadzīgā istabas temperatūra ir 22°C un relatīvais mitrums ir 49% RH. Cik daudz enerģijas ir nepieciešams ieplūdes gaisa sildīšanai un mitrināšanai, ja āra apstākļos temperatūra ir 0°C un relatīvais mitrums ir 95%RH?

1.punktā āra entalpija ir 9 kJ/kg. Sasildot gaisu, jāasniedz 22°C atzīme 2.punktā. Šeit relatīvais mitrums ir 23% un entalpija ir 32kJ/kg.

Mitrinātājā enerģija netiek ne pievienota, ne atņemta, tāpēc process risinās pa izotalpu līdz 3.punktam. Šeit nolasītā temperatūra ir 11°C mitrums 95%RH.

Papildu sildītājā gaiss tiek vēlreiz sasildīts līdz 22°C un 49%RH punktā 4. Nolasītā entalpija ir 43 kJ/kg.

Kopējā enerģija, kas pieskaitīta gaisa īpašību izmainīšanai, ir $43 - 9 = 34$ kJ. Mitrināšana sastāda $43 - 32 = 11$ kJ/g vai aptuveni vienu trešdaļu.

Sildot vai dzesējot bez kondensācijas, siltumu, kas nepieciešams gaisa īpašību izmainīšanai, var aprēķināt pēc sekojošas formulas:

$$\Phi = q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2) [W], \text{ kur}$$

q_v :	Gaisa plūsma [m^3/s]
c_p :	Siltuma tilpums 1000 [$\text{J/kg}^\circ\text{C}$]
ρ :	Īpatnējais blīvums [kg/m^3]
t :	Temperatūra [$^\circ\text{C}$]

Gaisa īpatnējais blīvums parasti ir $1,2 \text{ kg/m}^3$. Precīzāka formula ir:

$$\rho = 1,2929 \cdot \left(\frac{273,14}{T}\right) \cdot \left(\frac{p}{1013,25}\right) \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right] \text{ kur}$$

T:	Temperatūra pēc Kelvina skalas
p:	Esošais gaisa spiediens hPa

Enerģija gaisa pārvietošanai

Elektrība ventilatoram tiek pievadīta pēc sekojošas formulas:

$$P = \frac{\Delta p \cdot q_v}{\eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_t} [W], \text{ kur}$$

P:	kopējais enerģijas patēriņš motoram darbinot ventilatoru, ieskaitot frekvenču pārveidotāju un citu palīgaprīkojumu.
Δp :	kopējais spiediena kāpums ventilatorā (= kopējais spiediena kritums kanālos)

η_v : Ventilatora lietderības koeficients. Tipiskie lielumi no 0,4 līdz 0,7.

η_m : Motora lietderības koeficients. Tipiskie lielumi no 0,7 līdz 0,95.

η_t : Transmisijas lietderības koeficients. Tipiskie lielumi no 0,90 līdz 0,99.

Bieži šie trīs lietderības koeficienti tiek sareizināti, iegūstot kopējo lietderības koeficientu η_{total} .

Kopējais lietderības koeficients norāda tikai uz ventilatora darbu, ieskaitot motoru un pārvadi. Lai izvērtētu, cik efektīvi gaiss tiek pārvietots kanālos, lieto “Īpašā elektriskā lietderības koeficienta” jeb SEL (Specific Electrical efficiency) faktoru. SEL faktors tiek definēts kā nepieciešamais enerģijas daudzums 1 m³ āra gaisa pārvietošanai kanālos.

Enerģijas daudzums atbilst kopējai enerģijai, kas izmantota gaisa pārvietošanai. Tas nozīmē ieplūdes un izplūdes ventilatoru enerģijas patēriņu summu. Praksē SEL faktoru nosaka pēc:

$$SEL = \frac{P_{iepl} + P_{izpl}}{q_{v \max}} \left[\frac{\frac{W}{m^3}}{s} \right] \quad SEL = \frac{J}{m^3} = \frac{W}{s}$$

Parasti ventilatora plānu veido tā, lai viena un tā pati gaisa plūsma cirkulētu ieplūdes un izplūdes kanālos. Praksē pastāv dažas atšķirības. Tādēļ $q_{v \max}$ ir lielākais izmērītais lielums ieplūdes un izplūdes sistēmā.

Pārveidojot formulas atbilstoši enerģijas patēriņam un SEL faktoram, iespējams iegūt vēl vienu SEL faktora formulu:

$$SEL = \frac{q_v \cdot \Delta p}{q_{v \max}} = \frac{\Delta p}{\eta_{kop}} [Pa]$$

No šīs formulas ir redzams, ka enerģijas patēriņam gaisa pārvietošanai samazinoties, kopējais ventilatora lietderības koeficients ir jāpalielina, vai arī jāsamazina kopējais spiediena zudums kanālos.

Jaunākajām ventilācijas iekārtām SEL faktoram jābūt zemākam par 2500 J/m³. Vecākām iekārtām SEL faktora lielumi ir robežās no 3000 līdz 10000 J/m³.

Spiediena kritums ventilācijas iekārtās

Šī tabula rāda tipiskus komponentu spiediena kritumus ventilācijas iekārtās:

Spiediena kritums	Optimāls [Pa]	Normāls [Pa]
Ieplūde		
Kanālu sistēma	100	150
Trokšņa slāpētājs	0	200
Sildītājs	40	100
Siltummainis	100	250
Filtrs	50	250
Ieplūdes ierīces	30	50
Gaisa ieplūde	25	70
Sistēmas efekti	0	360
Izplūde		
Kanāli, ieskaitot ierīces	100	150
Trokšņa slāpētājs	0	100
Sildītājs	100	250
Siltummainis	50	250
Filtrs	20	250
Izplūdes ierīces	30	360
Sistēmas efekti		
Kopējais spiediena kritums	645	2790
Kopējā ventilatora efektivitāte	0,65	0,15-0,35
SEL faktors	1000	8000-18000

Spiediena kritums ir saistīts ar gaisa pārvietošanās ātrumu kanālos un kanālu konstrukciju. Ventilācijas iekārtās gaisa ātrumam jābūt no 1,5 līdz 2,5 m/s. Spiediena kritumus, kurus izraisa ventilatora un kanālu sistēmas savienojums, sauc par sistēmas zudumiem. Šos sistēmas zudumus ietekmē:

- Rotācija ventilatora ieplūdē. Tā rodas, kad savienojums nav perpendikulārs ieplūdes plaknei.
- Slīps ātruma profils ventilatora ieplūdē un izplūdē. No tā iespējams izvairīties, ierīkojot taisnu kanālu vismaz 3 līdz 8 kanālu diametrā pirms ventilatora.

Spiediena zudumu samazināšanu kanālu sistēmā var panākt sekojošos veidos:

- Izveidojot simetrisku kanālu sistēmu ar pēc iespējas mazāk izliekumiem.
- Izmantojot regulēšanas aizvarus tikai nepieciešamības gadījumā.
- Pēc iespējas samazinot lokano kanālu izmantošanu.
- Gaisa pārvietošanās ātrumam galvenajos kanālos jābūt no 7 līdz 8 m/s. Sadales kanālos ātrumam jābūt no 4 līdz 5 m/s.
- Izmantojot lokveida kanālus taisnleņķa kanālu vietā. Lokveida kanālam ar tādu pašu šķērsgriezumu kā taisnleņķa kanālam ir mazāks spiediena kritums.
- Izvēloties izliekumus, samazinājumu, trokšņa slāpētājus utt. ar aerodinamisku konstrukciju. Folijas izmantošana samazina spiediena kritumu lielākos izliekumos.

Šī tabula uzrāda tipiskus lielumus ventilācijas iekārtās ar pastāvīgu gaisa plūsmu.

Iekārtas veids	SEL faktors [$\text{W/m}^3/\text{s}$]		Spiediena kritums [Pa]		Kopējā efektivitāte	
	Paredzams	Vēlams	Paredzams	Vēlams	Paredzams	Vēlams
Parastā izplūde	400 – 4500	150 – 1000	200 - 700	100 - 400	0,15 - 0,5	0,4 - 0,65
Izplūde ar siltuma rekuperāciju	600 – 6000	300 – 1500	300 - 900	200 - 400	0,15 - 0,5	0,4 - 0,65
Ieplūde ar sildīšanu	600 – 5000	300 – 1200	300 - 800	200 - 500	0,15 - 0,5	0,4 - 0,65
Ieplūde ar sildīšanu un siltuma rekuperāciju	800 – 6700	500 – 1500	400 - 1000	300 - 600	0,15 - 0,5	0,4 - 0,65

Enerģijas taupības pasākumi esošajās ventilācijas iekārtās

Šeit apskatīti sekojoši enerģijas taupīšanas pasākumi:

1. Darbības laika samazināšana
2. Svaiga gaisa plūsmas samazināšana
3. Mitrināšanas samazināšana vai likvidēšana
4. Ieplūdes temperatūras samazināšana
5. Siltuma rekuperācijas ieviešana
6. Jauna regulēšanas stratēģija
7. Ventilācijas iekārtas uzturēšana kārtībā
8. Efektīvāks ventilācijas princips
9. Pieprasījumu regulējošas ventilācijas ierīkošana
10. Spiediena krituma samazināšana sistēmā

1. Darbības laika samazināšana

Enerģijas patēriņš gaisa pārvietošanai ir tieši proporcionāls darbības laikam. Darbības laika izmaiņšana var tikt veikta manuāli vai automātiski (ar taimeru vai kontrolējošu sensoru palīdzību).

Manuālu regulēšanu var ieviest, telpā uzstādot automātisku ieslēgšanas/ izslēgšanas režīmu. Lietotāji paši var ieslēgt vai izslēgt ventilāciju. Šāda veida regulēšana vairumā gadījumu tiek uzstādīta telpās, kuras netiek regulāri izmantotas, piemēram, konferenču zālēs.

Taimerus var lietot, ja telpas izmanto ar iepriekš noteiktiem intervāliem, piemēram, biroja telpas vai klašu telpas skolās.

Apstādinot ventilācijas sistēmas darbību, jāapstādina arī vietējie cirkulācijas sūkņi.

Piemērs

Cik liels ir enerģijas ietaupījums procentos, ja ventilācijas iekārtas darbības laiks no 7 dienām nedēļā visu dienu tiek izmainīts uz 5 dienām nedēļā no 8.00 līdz 16.00?

Pirms: $7 \times 24 = 168$ stundas/nedēļā

Pēc: $5 \times 8 = 40$ stundas/nedēļā

Elektrības ietaupījums: $= 128$ stundas/nedēļā

Elektrības ietaupījums procentos %: $= 128/168 \times 100 = 76\%$

Veicot enerģijas ietaupījuma aprēķinus, jāņem vērā darbības stundu proporcija, jo āra temperatūra dienas gaitā mainās, bet tā ir noderīga aptuveni aprēķiniem.

2. Svaiga gaisa plūsmas samazināšana

Gaisa plūsmas daudzumam jābūt pēc iespējas mazākam iekštelpu klimata dēļ un telpu pasargāšanai no mitruma radītajiem bojājumiem.

Iesākumā svaiga gaisa plūsmas samazināšana jābalsta uz salīdzinājumu starp esošo plūsmu un faktisko pieprasījumu.

Piemērs

Sabalansētu ventilācijas sistēmu (divus ventilatorus) raksturo sekojoši parametri:

Ieplūdes temperatūra: 18°C

Gaisa plūsma: $15.000\text{ m}^3/\text{h}$ (pastāvīga)

Elektriskā jauda ventilācijai: 7 kW katram ventilatoram

Darbības laiks: no 8.00 līdz 16.00, 8 stundas/dienā

Pētījumi rāda, ka gaisa plūsmu iespējams samazināt par $2.000\text{ m}^3/\text{h}$ līdz $13.000\text{ m}^3/\text{h}$, bez jebkādam neērtībām.

Sildīšanas ietaupījums ir tieši proporcionāls gaisa plūsmai. Ietaupījumi tādā gadījumā būs $2000/15000 \times 100 = 13,3\%$.

Enerģija ventilatoriem ir proporcionāla gaisa plūsmai kubā:

$$P_x = 7 \cdot \left(\frac{13.000}{15.000} \right)^3 = 4,6\text{ kW}$$

Ietaupījumi gaisa pārvietošanai tādā gadījumā ir $2,4/7 \times 100 = 34\%$.

3. Mitrināšanas samazināšana vai likvidēšana

Ventilācijas gaisa mitrināšanai nepieciešams daudz enerģijas, un tā ir jāsamazina, cik daudz vien iespējams.

4. Ieplūdes temperatūras samazināšana

Tāpat kā ieplūdes plūsmas samazināšanas gadījumā, iespējamās neērtības jāizpēta pirms ieplūdes temperatūra tiek samazināta.

5. Siltuma rekuperācijas ieviešana

Siltuma rekuperācijas ierīkošana var palīdzēt ietaupīt lielus enerģijas daudzumus.

6. Jauna regulēšanas stratēģija

Ventilācijas iekārta var sastāvēt no ļoti sarežģīta aprīkojuma, kas domāts kontrolei un regulēšanai. Vienīgi īpaši apmācītam personālam vajadzētu mainīt tās ieregulējumus. Konsultantam savukārt vajadzētu koncentrēties uz vispārēju regulēšanas stratēģiju:

- Vai darbības laiks atbilst prasībām?
- Temperatūras punktu izmaiņš atbilstoši istabas temperatūrai. Ideāla istabas temperatūra ir 22°C. Ziemā cilvēki gērbjas siltāk, un temperatūra šajā periodā var tikt samazināta līdz 20°C pirms sildīšanas uzsākšanas. Vasarā cilvēkiem gērbjoties vieglākā apģērbā, temperatūra var pieaugt līdz 27°C pirms dzesēšanas uzsākšanas.
- Kā tiek izpildīta regulēšana ventilācijas iekārtā kopumā? Vai tad, kad nepieciešams siltums, siltuma rekuperācija darbojas ar maksimālu atdevi, pirms sildvirsmas ir ieslēgtas?

7. Ventilācijas iekārtas uzturēšana kārtībā

Ja iekārta netiek uzturēta pienācīgā kārtībā, enerģijas patēriņu ietekmē:

- Netīrumi uz siltuma apmaiņas virsmām (sildītājiem, siltummaiņiem utt.)
- Netīrumi uz filtriem
- Pārvietojamo mehānisko daļu nolietojums (dzensiksnu piedziņu, ar motoru darbināmu aizvaru utt.)
- Kanālu sistēmas bojājumi

8. Efektīvāks ventilācijas princips

Racionāli izmantojot vietējo izplūdi, kas nāk tieši no ražošanas iekārtām, var tikt samazināta siltuma slodze un telpu inficēšana. Turklāt, jo tuvāk procesam tiek ierīkots izplūdes pārsegs, jo mazāks gaisa apjoms ir nepieciešams.

9. Pieprasījumu kontrolējošas ventilācijas ierīkošana

Pieprasījumu kontrolējošu ventilāciju var izmantot iekārtās, kurās iespējams izmainīt gaisa plūsmu saskaņā ar īpaši izmērāmu parametru, piemēram, organisko šķīdinātāju koncentrāciju, mitrumu, temperatūru un CO₂.

Parasti pieprasījumu kontrolējošu ventilāciju izmanto kinoteātros, kur regulējošais parametrs ir CO₂.

10. Spiediena krituma samazināšana sistēmā

Kopējais spiediena kritums veidojas:

- Ventilācijas iekārtās
- Kanālu sistēmās
- Aizvaros
- Filtros
- Ieplūdes un izplūdes pārsegos

Enerģija, kas nepieciešama gaisa pārvietošanai kanālu sistēmā, ir tieši proporcionāla spiediena kritumam.

5. Saldēšanas sistēmas

5.1 Saldēšanas iekārtu pārbaudes lapa 2

5.2 Saldēšanas cikli 4 Papildierīces

Lietderības koeficients

Primāri ievērojamie faktori

- Dzesēšanas slodze
- Kondensācijas temperatūra
- Kompresora lietderība
- Papildus enerģija
- Daļējs noslogojums darbības stundās

5.3 Konkrēti padomi, kā panākt darbību ar visaugstāko lietderību 11

Kompresors

- Efektīvāka vadība
- Izmaiņas sadalījumā starp kompresoriem
- Efektīvāks elektromotors un piedziņa
- Pāreja no vienpakāpes uz divpakāpju līmeņa darbību

Aukstā zona

- Dzesēšanas pieprasījuma novēršana
- Nepieciešamās dzesēšanas samazināšana
- Temperatūras līmeņa paaugstināšana
- Iztvaicētāja apsarmojums
- Gaisa apmaiņa pie iztvaicētāja
- Dzesēšanas aģenta piegāde
- Iztvaicētāja lielums
- Spiediena zudumi caurulēs, filtros un vārstos

Karstā zona

- Vispārīgi par kondensatoru
- Kondensatora lielums
- Kondensatora virsmas netīrība
- Kondensatora novietojums
- Siltuma atjaunošana
- Kondensatora pārpildīšana
- Kondensatora vadība

5.1 Saldēšanas iekārtu pārbaudes lapa

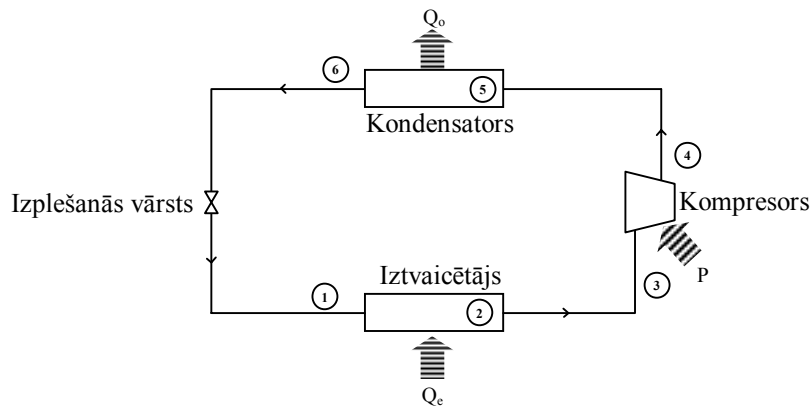
Tabula atspoguļo apstākļus, kas var ietekmēt enerģijas patēriņu saldēšanas iekārtā un kas ir jāizpēta uzņēmuma pirmā apmeklējuma laikā.

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Produktu uzglabāšanas temperatūra	Vai dzesētie produkti tiek uzglabāti temperatūrā, kas ir zemāka par 5°C? Vai saldētie produkti tiek uzglabāti temperatūrā, kas ir zemāka par -18°C?			Ja jā , tad jāpārbauda iespēja paaugstināt temperatūru vēsās uzglabāšanas telpā/vai arī ir jāpārbauda dzesēšanas iekārta. Ja jā , tad jāpārbauda iespēja paaugstināt temperatūru saldēšanas telpā un/ vai jāpārbauda saldētāji.
Dzesēšanas un saldēšanas skapju pārsegšana	Vai dzesēšanas un saldēšanas skapji ir pārsegti pēc darba stundām?			Ja nē , tad jāapsver iespēja ieviest atbilstošu darba reglamentu.
Atvērto dzesēšanas un saldēšanas skapju stikla pārsegums	Vai atvērtie dzesēšanas un saldēšanas skapji ir aprīkoti ar stikla pārsegumu?			Ja nē , jāizpēta, vai atvērto saldēšanas un dzesēšanas skapju aprīkošana ar stikla pārsegumiem būtu priekšrocība.
Produktu novietošana vēsās uzglabāšanas un saldēšanas telpās, kā arī dzesēšanas un saldēšanas skapjos	Vai produkti ir novietoti tā, lai būtu nodrošināta efektīva gaisa cirkulācija?			Ja nē , produkti ir jānovieto piemērotākā stāvoklī.
Kompresors	Vai kompresors iedarbojas vairāk nekā 6 – 10 reizes stundā?			Ja jā , tas norāda, ka kompresors vai tā ieregulējums nav atbilstošs slodzei
Iztvaikošanas un kondensācijas temperatūra	Vai iztvaikošanas temperatūra ir vairāk nekā 8 - 10°C zemāka par gaisa temperatūru vai 5 - 7°C zemāka par šķidruma temperatūru? Vai kondensācijas temperatūra ir vairāk nekā 10 - 15°C augstāka par gaisa temperatūru vai 5 – 7°C augstāka par šķidruma temperatūru?			Ja jā , tad jāpārbauda iespēja paaugstināt iztvaikošanas temperatūru. Ja jā , tad jāpārbauda iespēja pazemināt kondensācijas temperatūru.
Siltuma pārvades virsmas iztvaikotājā un kondensatorā	Vai iztvaikotājs vēsās uzglabāšanas telpā ir pārklājies ar putekļiem un aplikumiem? Vai iztvaikotājs saldēšanas telpās ir pārklāts ar ledu?			Ja jā , tad iztvaikotājs ir jānotīra. Ja jā , tad iztvaikotājs ir jāatsaldē.

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
	Vai uz kondensatora siltuma pārvades virsmām atrodas netīrumi un aplikumi?			Ja jā , tad kondensators ir jānotīra.
Vadu, cauruļu, konteineru un telpu izolācija	Vai vadi, caurules, konteineri un telpas ir izolētas?			Ja nē , tad ir jānodrošina visaptveroša izolēšana.
Saldēšanas nepieciešamība	Vai dzesēšanas un saldēšanas skapju durvis ir ilgstoši atvērtas? Vai dzesēšanas un saldēšanas skapju durvis ir caurlaidīgas? Vai saldēšanas un dzesēšanas skapju apgaismojums izslēdzas, kad tas nav vajadzīgs?			Ja jā , tad tās ir jāaizver. Ja jā , tad spraugas ir jāsalabo. Ja nē , tad, lai nodrošinātu apgaismojuma izslēgšanos, ir jāierīko kustību sensori vai tiem līdzīgi aprīkojuma elementi.
Siltuma otrreizēja izmantošana	Vai ir iespējams ieviest siltuma otrreizēju izmantošanu?			Ja jā , tad jāveic tālāka siltuma otrreizējas izmantošanas izdevīguma analīze.
Iekārtas apkope	Vai tiek regulāri veikta iekārtas apkope?			Ja nē , tad ir jāapsver apkalpošanas līguma noslēgšanas iespējas ar licencētu uzņēmumu, kas veic saldēšanas iekārtu apkopi.

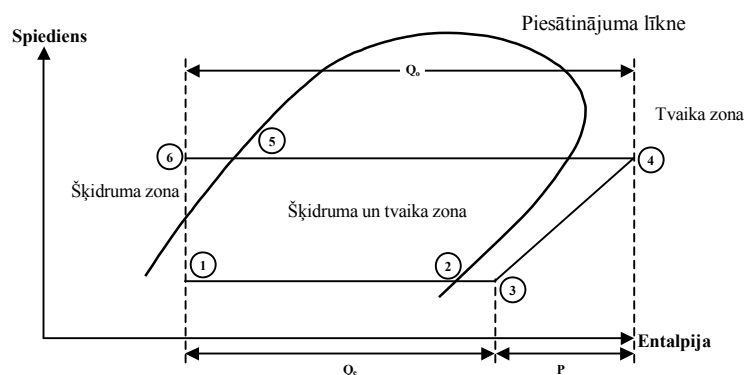
5.1 Saldēšanas cikli

1.attēlā parādīta vienkārša vienpakāpes tvaika kompresijas aukstuma sistēma. Zema spiediena dzesēšanas aģenta tvaiks ieplūst kompresorā, kur tā spiediens tiek pacelts. Tālāk augstā spiediena tvaiks nokļūst kondensatorā, kur tas tiek atdzesēts un sašķidrināts. Siltums, kas iegūts kondensatorā, tiek izvadīts izplūšanai vidē. Augsta spiediena šķidrums virzās no kondensatora cauri izplešanās vārstam, kur tā spiediens samazinās, un nokļūst iztvaicētājā. Zemā spiediena šķidrums iztvaicētājā uzvārās un rada zema spiediena tvaiku un cikls atkārtojas. Siltumu, kas nepieciešams iztvaicētājā esošā šķidruma uzvārīšanai un iztvaicēšanai, iegūst no vielām, ko nepieciešams dzesēt, piemēram, no gaisa, ūdens, alkohola, plūsmas šķidrumiem u.c.



1.attēls

2.attēlā tas pats cikls parādīts dzesēšanas aģenta spiediena - entalpijas (kopējā dzesējošās vielas siltumietilpība) diagrammā. Entalpijas starpība starp cikla diviem punktiem norāda piegādātās vai atbrīvotās enerģijas daudzumu. Shēmā ir attēlota enerģijas piegāde iztvaicētājā (sasniegtā dzesēšana) un kompresorā (patērētā enerģija), kā arī enerģija, kas ir atbrīvota kondensatorā (kondensēšanas siltuma slodze). Saldēšanas aģentam piegādātā enerģija iztvaicētājā un kompresorā ir vienāda ar siltumu, kas izdalās kondensatorā.

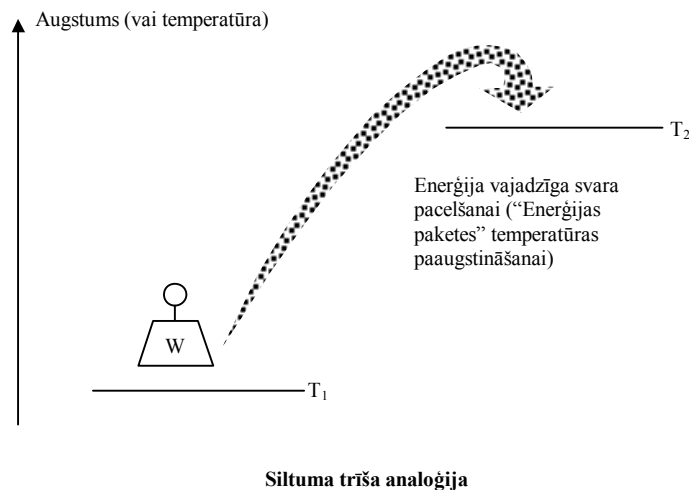


2.attēls

Lai novērtētu, kā saldēšanas sistēma strādā, jāsaprot, kā dzesēšanas šķidruma vārīšanās punkti mainās atkarībā no spiediena. Pie ļoti zema spiediena (piemēram, iztvaicētājā) dzesēšanas šķidrums vārīsies pie zemas temperatūras un veiks nepieciešamo dzesēšanu. To sauc par iztvaikošanas temperatūru. Pie augstāka spiediena kondensatorā vārīšanās punkti ir daudz augstāki un dzesēšanas šķidrumu var atdzesēt un sašķidrināt ar gaisu vai ūdeni pie analogas vai aptuvenas apkārtējā gaisa temperatūras. To sauc par kondensācijas temperatūru.

Saldēšanā kondensācijas un iztvaicēšanas temperatūrām ir ļoti liela nozīme. Ievērojot, ka šķidrums ir pārejas fāzē iztvaicētājā un kondensatorā, apstākļi kļūst piesātināti, un temperatūras atbilst konkrētiem spiedieniem. Kondensācijas un iztvaicēšanas temperatūras parasti mēra, lietojot spiediena mērītājus pie kompresora sūcvada un spiedvada. Parasti mērītāji ir piemēroti attiecīgās saldēšanas vielas temperatūrai.

3.attēlā parādīta "Siltuma trīša analogija", kas noder, lai izprastu saldēšanas efektivitāti. Saldēšanas sistēmas ir kā trīša sistēmas. Saldēšanas mērķis ir pacelt "enerģijas paketi" no zemas temperatūras uz augstāku temperatūru. Tas līdzinās smaguma celšanai no zemāka uz augstāku līmeni. Enerģija ir nepieciešama, lai paceltu "enerģijas paketi" augstākā temperatūrā, un jo lielāks "attālums" starp diviem temperatūras līmeņiem, jo lielāks ir nepieciešamās enerģijas apjoms. No tā izriet, ka vajadzība pēc enerģijas pieaug, un tādējādi efektivitāte pazeminās līdz ar zemākām iztvaicēšanas temperatūrām un augstākām kondensācijas temperatūrām.



3.attēls

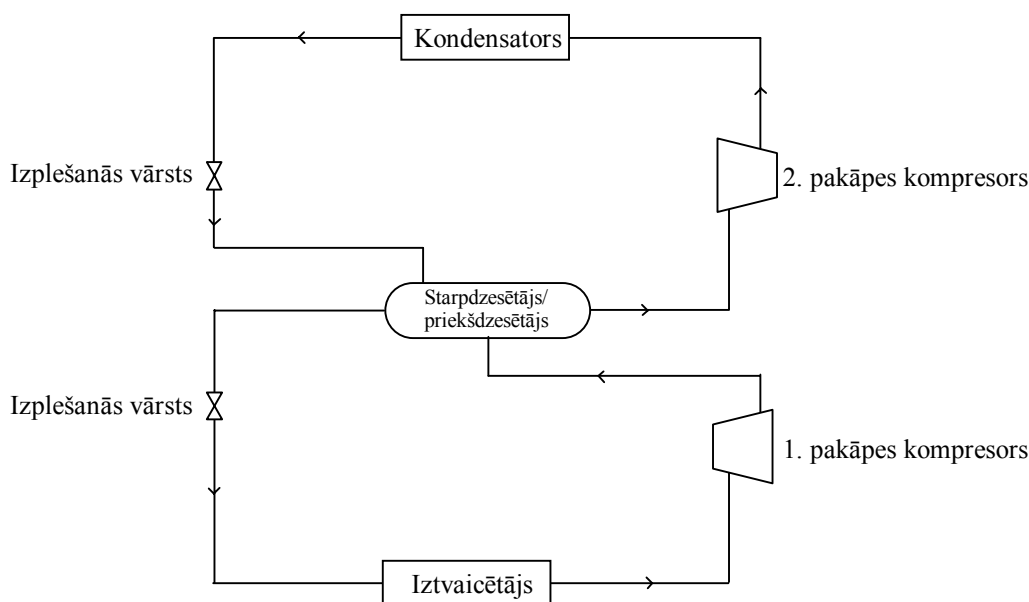
Vienpakāpes sistēmā ietilpst četras galvenās komponentes:

- Iztvaicētājs
- Kondensators
- Kompresors
- Izplešanās vārsts

Šīs komponentes ir pieejamas daudzās formās. Iztvaicētāji var būt tādu tipu, kā gliemežnīcas, caurules, gredzena, nomaināmo plāksņu, u.c. Kondensatori var būt gliemežnīcas, gaisa dzesēšanas

cauruļu un tvaicēšanas tipi. Kompresori var būt skrūves tipa, virzuļa tipa, centrālās vai rotējošie, savukārt izplešanās vārsti ietver termostatiskos, plūsmas un elektroniskos tipus. Dažādiem pielietojumiem atbilst noteiktas komponentu tipu kombinācijas.

Vienpakāpes ciklu visbiežāk pielieto rūpniecības saldēšanas sistēmās. Tomēr plaša apjoma lietošanai pie temperatūras zem $+20^{\circ}\text{C}$ izmanto divu un triju pakāpju sistēmas, kas nodrošina augstāku lietderību. 4.attēlā shematiski parādīts divpakāpju cikls.



4.attēls

Papildierīces

Papildierīces saldēšanas sistēmā var patērēt ievērojamu elektroenerģijas daudzumu. Papildus aprīkojums ietver:

- Iztvaicētāja sūkņus un ventilatorus
- Kondensatora sūkņus un ventilatorus
- Naftas sūkņus
- Atsaldēšanas sildītājus

Papildierīces ir jāņem vērā, rēķinot izmaksas. Papildus aprīkojuma elementi var ievērojami ietekmēt lietderību sistēmām, kas darbojas ar daļēju noslodzi, vai arī palielināt dzesēšanas slodzi, ko saldēšanas iekārtai jānosedz, kā arī autonomi patērēt elektroenerģiju, kas praktiski nozīmē to, ka par tām ir jāmaksā dubultā apmērā.

Lietderību ietekmējošie faktori

Ir svarīgi apzināt tos faktorus, kas ietekmē lietderību un līdz ar to ekspluatācijas izdevumus. Tālāk šajā rokasgrāmatā apskatītas iespējas efektīvi kontrolēt šos faktorus.

Lietderības koeficients (LK)

Lietderības koeficients (LK), iespējams, ir viens no visnozīmīgākajiem parametriem efektivitātei, un to definē kā sasniegtās dzesēšanas attiecību pret kompresora izlieto enerģiju.

$$LK = \frac{\textit{sasniegtā dzesēšana}}{\textit{Kompresoram nepieciešamā enerģija}}$$

Augstāks LK nozīmē, ka saldēšanas iekārta panāk lielāku dzesēšanu attiecībā pret noteiktu patērētās enerģijas vienību, t.i., sistēma ir efektīvāka. Zemāks LK nozīmē, ka sistēma ir mazāk efektīva.

Pretēji lielākajai daļai lietderības parametru (piemēram, katlu lietderībai), LK neizsaka kā procentuālu lielumu un parasti tas nav zemāks par 1. Vairumam rūpnieciskās pielietošanas gadījumu aprēķinātais LK var būt starp 2 (iekārtām ar aptuveni $\pm 40^{\circ}\text{C}$ iztvaicēšanas temperatūru) un 5 (iekārtām ar aptuveni 0°C iztvaicēšanas temperatūru). LK var svārstīties diezgan ievērojamā intervālā, ja mainās laika apstākļi un procesa vajadzības.

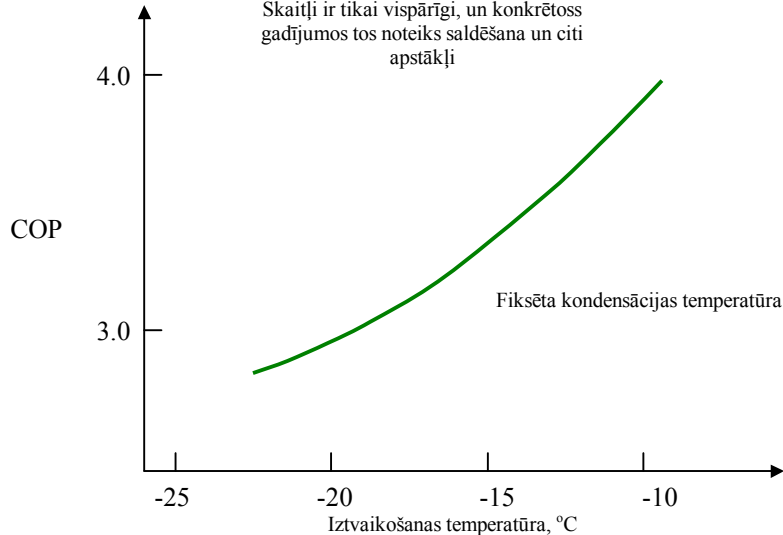
Sniegtā LK definīcija ir visbiežāk lietotā rūpniecībā. Tomēr tas ne vienmēr ir visatbilstošākais parametrs, kas izmantojams, novērtējot sistēmu kopumā. Enerģija nepieciešama ne tikai kompresoram, bet arī papildierīcēm, kā, piemēram, iztvaicētāju un kondensatoru ventilatoriem un sūkņiem. SISTĒMAS LK definē kā attiecību starp sasniegto dzesēšanu pret sistēmas kopējo patērēto enerģiju.

$$\textit{SISTĒMAS LK} = \frac{\textit{sasniegtā dzesēšana}}{\textit{Patērētā enerģija kopā (iesk. papildierīces)}}$$

Primārie ievērojamie faktori

Dzesēšanas slodzes

Dzesēšanas slodžu nozīmīgumu attiecībā uz pastāvīgajām izmaksām nav iespējams pārvērtēt. Ja dzesēšanas slodze ir augstāka nekā nepieciešams, tad jāpalielina dzesēšana, un ekspluatācijas izmaksas ir augstākas.



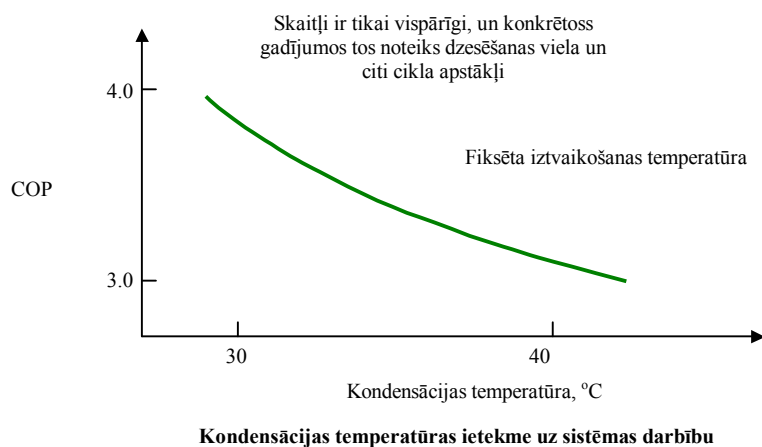
Iztvaikošanas temperatūras ietekme uz sistēmas darbību

5.attēls

5.attēlā parādīta iztvaicēšanas temperatūras ietekme uz LK. Jo augstāka tvaicēšanas temperatūra, jo augstāks ir LK – jo zemākas ir darbības izmaksas. Pēc vispārīga novērtējuma, iztvaicēšanas temperatūras paaugstināšana par 1°C samazina ekspluatācijas izmaksas par 2 – 4%. Augstākas iztvaicēšanas temperatūras var sasniegt, ja lieto labas vadības sistēmas un iestādījumus, kā arī optimāli izmanto pieejamo iztvaicētāja virsmu, izvairoties no piesārņojuma, apsarmošanas, pārmērīgas sasilšanas, sliktas siltuma pārvades utt.

Kondensācijas temperatūra

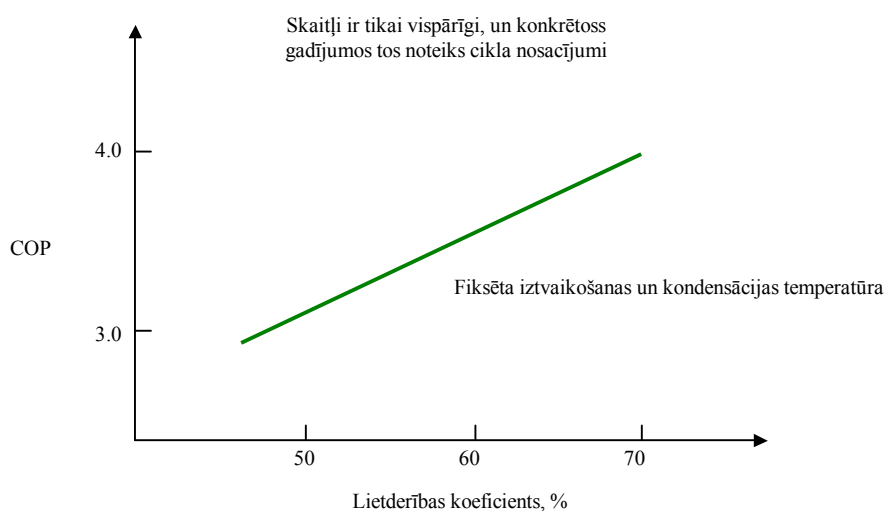
6.attēls parāda kondensācijas temperatūras ietekmi uz LK. Zemāka kondensācijas temperatūra veido zemākas ekspluatācijas izmaksas. Pēc vispārīga novērtējuma, kondensācijas temperatūras pazemināšana par 1°C samazina ekspluatācijas izmaksas par 2 – 4%. Zemākus kondensācijas temperatūras līmeņus var sasniegt ar labu vadību, un ja visoptimālāk izmanto pieejamo kondensācijas virsmu, izvairoties no piesārņojuma, naseģšanas, sliktas siltuma pārvades utt.



6.attēls

Kompresora efektivitāte

7.attēlā parādīta kompresora efektivitātes ietekme uz LK. Augstāka efektivitāte veido zemākas ekspluatācijas izmaksas. Izotropiskā efektivitāte ir labākā mēraukla kompresora efektivitātei. Lielākajai daļai kompresoru tipu, it īpaši skrūves tipa un centrālās, efektivitāte strauji krīt daļējas noslodzes darbības gadījumā. Arī kompresora motora efektivitāte ir ļoti nozīmīga. Vispārīgi vērtējot, augstu efektivitāti var uzturēt, izvairoties no daļējas noslodzes darbības, lietojot efektīvākos kompresorus, un nodrošinot labu kompresora apkopi.



Kompresora efektivitātes ietekme uz sistēmas darbību

7.attēls

Papildus enerģija

Nepieciešamā papildus enerģija saldēšanas sistēmai var veidot līdz 25% no kopējās patērētās enerģijas daudzuma, un pat vairāk, ja sistēmas darbojas ar daļēju noslogojumu. Papildus enerģijas samazināšanās var ievērojami paaugstināt lietderību. Atbilstoša vadība papildierīču pārmērīgas darbības novēršanai, izvairīšanās no plūsmas bloķēšanas, kā arī laba sūkņu, ventilatoru un gaismas ierīču apkope veido īpaši labu praksi, kur paveras vērtīgas iespējas.

Citi nosacījumi

Citi nosacījumi, ko jāņem vērā saldēšanas sistēmas darbināšanā, aptver ietekmi uz vidi, uzturēšanas izmaksas, uzticamību un drošību. Energoefektivitātes pasākumi nedrīkst radīt negatīvu efektu attiecībā uz šiem aspektiem, ko tomēr nevajadzētu izmantot kā zemas efektivitātes attaisnojumu.

Darbības stundas

Ikvienu sistēmu, kas tiek darbināta ilgu laiku katrā ziņā patērēs vairāk enerģijas nekā tāda paša izmēra sistēma, kas darbojas īsāku laika posmu. Šajā gadījumā energoefektivitātes pasākumi būs efektīvāki no izmaksu viedokļa. Iekārta, kuras nepieciešamā darbība ilgst tikai dažas stundas gadā būs nodarbināta visatbilstošākā veidā tad, ja vispār netiks veikti nekādi energoefektivitātes pasākumi. Tomēr vairumā gadījumu energoefektivitāte ir nozīmīga.

Daļējas noslodzes darbība

Viens no visbiežāk sastopamajiem saldēšanas iekārtas zemas lietderības iemesliem ir daļējas noslodzes darbība. Lielākā daļa iekārtu mazāk nekā 20% gadā sedz iespējamo noslodzi vai projektēto nominālo slodzi. Atlikušajā gada laikā vēsākas apkārtējā gaisa temperatūras nosaka zemākas kondensācijas temperatūras, un ierobežots dzesēšanas pieprasījums izmaina kompresora nepieciešamo jaudu. Ja šie daļējās noslodzes apstākļi netiek pilnībā ņemti vērā, visticamāk, ka sistēmas LK būs slikts, pat ja LK pie projektētās nominālās slodzes ir pietiekoši augsts.

5.3 Konkrēti padomi, kā panākt darbības ar visaugstāko lietderību

Kompresors

Sekojošus faktoros var vērtēt kā svarīgākos ietaupījumu panākšanai saistībā ar kompresoru:

- K.1 Efektīvāka vadība
- K.2 Izmaiņas kompresoru noslogojuma sadalē
- K.3 Efektīvāks elektromotors un pārvade
- K.4 Pāreja no vienpakāpes uz divpakāpju līmeņa darbību

K.1 Efektīvāka vadība

Raksturojums

Ja pastāv atšķirība starp faktisko kompresora dzesēšanas pieprasījumu un dzesēšanas jaudu, jāveic jaudas regulēšana. Tā parasti aptver šādus aspektus:

- Kompresora ieslēgšanās/ izslēgšanās darbība
- Sūcvada vārsta/droseles vadība
- Karstās gāzes pārvade no spiediena uz sūkšanas zonu
- Viena vai vairāku cilindru atvienošana
- Kompresoru atvienošana
- Skrūves tipa kompresoru jaudas kontrole
- Motora jaudas (apgriezienu minūtē) izmainīšana

Attiecībā uz ieslēgšanās/ izslēgšanās darbību vispirms jāievēro kompresora ieslēgšanās/ izslēgšanās biežums. Mazajiem un vidēja izmēra kompresoriem ieslēgšanās skaits nedrīkst būt lielāks par sešām reizēm stundā; lielākiem kompresoriem jāieslēdzas pat vēl retāk.

No citiem jaudas kontroles aspektiem, jāievēro daļējās noslodzes darbības ilgums, jo tas rada diezgan lielus zudumus. Tomēr zudumi neradīsies, ja tiks samazināts apgriezienu skaits minūtē, ko var veikt, lai izvairītos no zudumiem. Apgriezienu skaitu minūtē kontrole tiek īstenota reti, taču parasti to veic ar frekvenču pārveidotāju, daudzātrumu motora sajūgu.

Risinājums

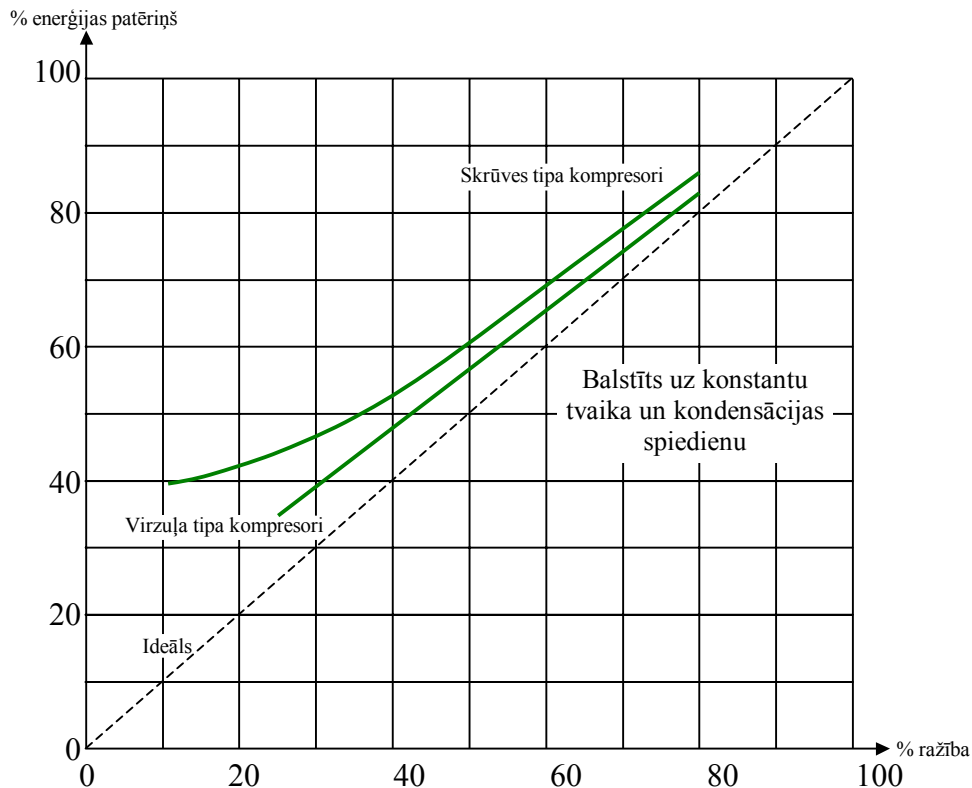
Lai novērstu pārāk lielu kompresora ieslēgšanās/ izslēgšanās biežumu, jāpievērš uzmanība vadības termostata stāvokļiem. Jāizvērtē, vai sākšanas/ beigšanas temperatūru diferences palielināšanās termostatam ir pieņemama vai arī tā nosaka pārāk daudz temperatūru variāciju, kas nav piemērotas produktiem. Atkarībā no termostata konstrukcijas, palielinot temperatūru diferenci, var mainīt vidējo temperatūru dzesēšanas zonā; tamdēļ šādi apstākļi ir jāizpēta.

Ilgstoši darbinot sistēmu daļējā noslodzē ar karstā gaisa pārvadi vai cilindra atvienošanu, jāizvērtē, vai esošo jaudas kontroli var papildināt ar kompresora ieslēgšanās/ izslēgšanās vadību, kad slodze samazinās līdz noteiktam līmenim.

Ietaupījumu potenciāls

Esošās ieslēgšanās/ izslēgšanās kontroles regulēšanu, samazinot ieslēgšanās reizes stundā, galvenokārt veic darbības drošības nolūku dēļ. Vispārējais ietaupījumu potenciāls būs intervālā no 0 līdz 5 procentiem.

Priekšstatu par ietaupījumiem daudz efektīvākas jaudas kontroles rezultātā virzuļu un skrūves tipa kompresoriem, var iegūt no 8.attēla, kur parādīts palielināts enerģijas patēriņš pie daļējas noslodzes. Ja ievērojamu dzesēšanas daļu nosedz, piemēram, 25 procenti, šai daļai ietaupījumu potenciāls ir



aptuveni 25 procenti ($= (33-25)/33$) virzuļu kompresoriem, ja dzesēšanas pieprasījumu nosedz ieslēgšanās/ izslēgšanās darbība. 8.attēlā parādīts, ka ietaupījumu potenciāls skrūves tipa kompresoriem ir pat lielāks.

8.attēls Virzuļa un skrūves tipa kompresoru enerģijas patēriņš pie dažādiem jaudas līmeņiem.

Piemērs

Saldēšanas iekārtā ietilpst skrūves tipa kompresors, kas var sasniegt 600 kW pie 300 kW patērētās jaudas un virzuļa kompresors, kas var sasniegt 400 kW pie 200 kW patērētās jaudas.

Nostrāde 1000 stundas gadā ir ar dzesēšanas jaudu 1000 kW.

Nostrāde 3000 stundas gadā ir ar dzesēšanas jaudu 600 kW, kur pamatslodze ir virzuļa kompresoram.

Nostrāde 4000 stundas gadā ir ar dzesēšanas jaudu 200 kW virzuļa kompresoram.

Ražības kontrole tiek izmainīta uz ieslēgšanās/ izslēgšanās darbības kontroli skrūves tipa kompresoram, kam ir pamatslodze ar jaudu virs 400kW.

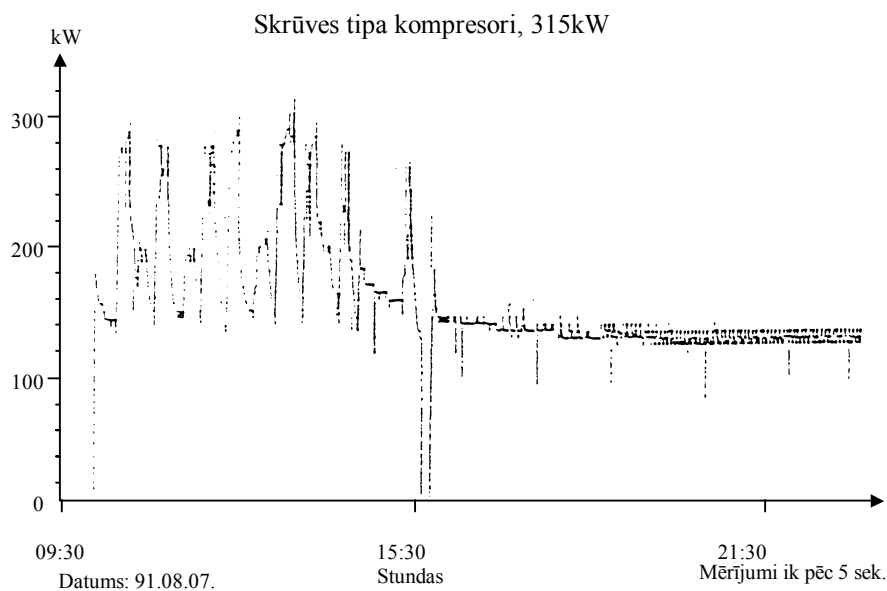
Enerģijas patēriņš pirms izmaiņas, balstoties uz 8.attēlu:

$$E = (200 + 300) * 1000 + (200 + 0,5 * 300) * 3000 + (0,55 * 200) * 4000 = 1\,990\,000 \text{ kWh}$$

Enerģijas patēriņš pēc ieslēgšanās/ izslēgšanās kontroles ieviešanas:

$$E = (200 + 300) * 1000 + 300 * 3000 + 200 * 0,5 * 4000 = 1\,800\,000 \text{ kWh}$$

t.i., enerģijas ietaupījumi ir aptuveni 190 000 kWh/gadā.



9.attēls *Skrūves tipa kompresora daļējas noslodzes darbības piemērs.*

K.2 Izmaiņas sadalē starp kompresoriem

Raksturojums

Ja vienā iekārtā ir gan virzuļa, gan skrūves tipa kompresori, tad jāizvairās no skrūves tipa kompresoru darbības daļējā noslodzē, ja ir iespējams samazināt virzuļa kompresoru apgriezienus minūtē vai tos atvienot.

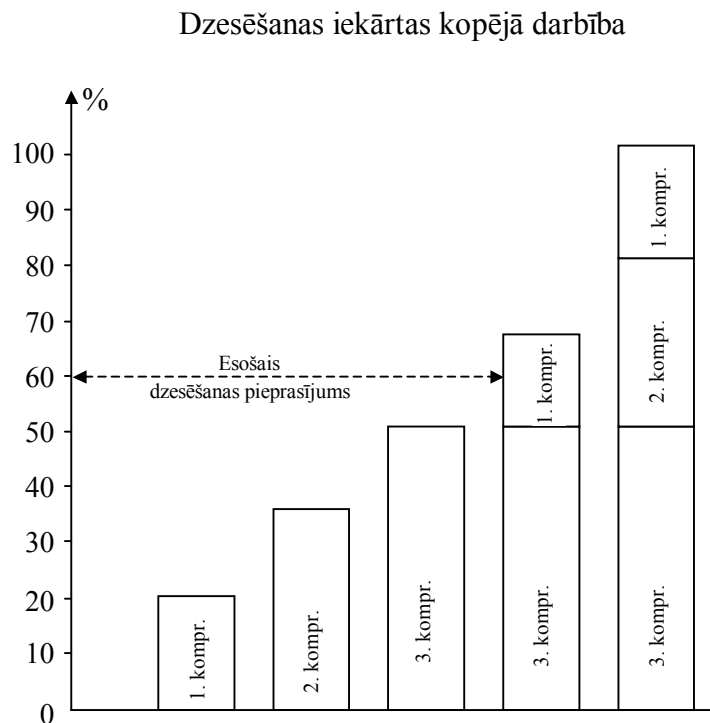
Ja dzesēšanas iekārta ir aprīkota vienīgi ar virzuļa kompresoriem, tad kompresoru vadības sistēmai ir jānodrošina, ka virzuļa kompresori tiek darbināti gandrīz ar nominālo/ pilnu slodzi.

Risinājums

Ja vairāki kompresori ir pievienoti kopējam sūcivadam, veicama jaudas kontrole atsevišķo kompresoru optimālai pieslēgšanai un atslēgšanai. To var kontrolēt, piemēram, ar neitrālas zonas spiediena slēdzi kombinācijā ar datorprogrammu.

Ietaupījumu potenciāls

Aprēķinot ietaupījumus saistībā ar dzesēšanas darbības sadali no viena kompresora uz otru (piemēram, no skrūves tipa kompresora ar zemu slodzi uz virzuļa kompresoru), izmanto 8.attēlu.



10.attēls. Kompresoru kombinēšana.

Piemērs

10.attēlā parādīts, kā kompresoru vadības sistēma var savienot vairāku lielumu kompresorus atkarībā no esošā dzesēšanas pieprasījuma iekārtā.

K.3 Efektīvāks elektromotors un pārvade

Raksturojums

Darbinot savienotus kompresorus, kuru elektromotori ir atdalīti, elektromotora faktiskā slodze (ar 100% dzesēšanas jaudu) var ievērojami atšķirties no nominālās jaudas/ noteiktās izstrādes. Tā iespējamie cēloņi var būt, piemēram, izmainīti darbības apstākļi dzesēšanas iekārtā (dzesēšanas pieprasījumu var aizvietot, piemēram, saldēšanas pieprasījums) vai laika gaitā izmainīts sajūgs.

Risinājums

Ja faktiskā saldēšanas darbība ir piemērota, taču motora darbība ir ar zemu slodzi, piemēram, zem 20 procentiem no nominālās/ noteiktās izstrādes, tad jāapsver motora nomaiņa, ja darbības stundu skaits ir liels. Motora lietderība ir salīdzinoši vāja pie tik zemas slodzes. Turpretim, ja slodze ir augstāka, nekā nominālā jauda/ noteiktā izstrāde, motora nomaiņa ir jāapsver no darbības drošības viedokļa.

Ja faktiskās saldēšanas darbības līmenis dzensiksnas piedziņas kompresoriem ir nepiemēroti zems (gandrīz konstanta darbība un/vai lēna sasalšana) vai augsts (lielas slodzes daļas darbība), jāapsver iespējas izmainīt sajūgu. Rūpīgi jāizvērtē elektromotora slodzes izmaiņu nepieciešamība.

Ja pārvadē ir tradicionālā ķīļa formas siksnas piedziņa, tad liela darbības stundu skaita gadījumā vajadzētu izvērtēt pārvades tipa nomaiņu, piemēram, uz modernām sinhronās pārvades siksnām.

Ietaupījuma potenciāls

Elektromotora nomaiņa parasti dod ietaupījumus robežās no 5 – 15 procentiem.

Ietaupījumus, kas ir panākti līdz ar zema līmeņa mehānikas nomaiņu, ir iespējams aprēķināt ar koeficienta 1 palīdzību, ņemot vērā, ka iepriekšējās slodzes daļa ir pārvērsta par pilnu slodzi.

Ja pārvadi nodrošina tradicionālais ķīļa tipa dzensiksnas, tad veicot nomaiņu ar modernākām dzensiksnām (piemēram, plakanās lentas), iespējams panākt 2 – 5 procentu ietaupījumus.

K.4 Pāreja no viena līmeņa uz divu līmeņu darbību

Raksturojums

Pie zemām iztvaicēšanas temperatūrām, piemēram -40°C , spiediena rādītājs var būt tik augsts, ka var rasties nepieciešamība pēc divu līmeņu kompresora, lai nodrošinātu darbības drošību un ņemtu vērā enerģijas aspektus. Parasti divu līmeņu darbību izmanto, ja spiediena rādītājs P_0/P_9 (abs. bāros) ir augstāks par vērtību 10.

Risinājums

Ņemot vērā to, ka pāreja uz divu līmeņu darbību bieži būs saistīta ar augstām izmaksām, ko prasīs jaunu kompresoru iepirkšana un/ vai esošo kompresoru modifikācija, jāveic rūpīga iekārtas vispārējo apstākļu analīze esošajā darbības posmā un turpmākai darbībai ar iespējamām izmaiņām. Analīze jāveic iekārtas lietotājam kopā ar iekārtas iekārtu ražotāju.

Ietaupījuma potenciāls

Atkarībā no darbības nosacījumiem, panāktie ietaupījumi līdz ar pāreju no viena līmeņa uz divu līmeņu darbību parasti būs no 15 līdz 30 procentiem.

Piemērs

NH₃ kompresors darbojas pie saldējamās uzglabāšanas kameras ar $\pm 20^{\circ}\text{C}$ temperatūru un dzesēšanas jaudu 100 kW.

Iztvaicēšanas temperatūra: $\pm 28^{\circ}\text{C}$ - 1.3 bāri

Kondensācijas temperatūra: 35°C - 13.4 bāri

Spiediena rādītājs = 10.3 t.i. piemērotās robežās.

11.attēlā parādītas viena līmeņa kompresijas robežas dažādiem dzesēšanas aģentiem un arī norādīts, kad būtu lietojama divu līmeņu darbība.

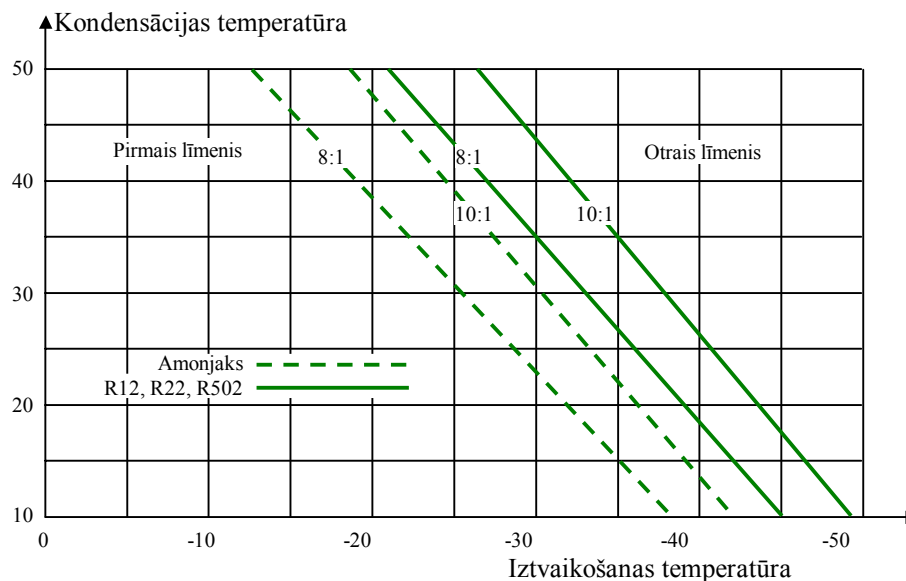
No kataloga datiem:

Viena līmeņa kompresija: Motora efekts ar 100 kW: 51.8 kW

Divu līmeņu kompresija: Motora efekts ar 100 kW: 37.5 kW

Ietaupījumi:

$$\frac{(51.8 - 37.5)}{51.8} \cdot 100\% = 28$$



11.attēls

Viena līmeņa kompresijas robežas.

Aukstā zona

Iespējamo ietaupījumu jomas iztvaicēšanas daļā ir šādas:

- E. 1 Novērst dzesēšanas pieprasījumu
- E. 2 Samazināt nepieciešamo dzesēšanas slodzi
- E. 3 Paaugstināt temperatūras līmeni
- E. 4 Iztvaicētāja apsarmojums
- E. 5 Gaisa apmaiņa pie iztvaicētāja
- E. 6 Dzesēšanas aģenta piegāde
- E. 7 Iztvaicētāja izmērs
- E. 8 Spiediena zudumi caurulēs, filtros un vārstos

Punktu E. 3 - E. 8 nosacījumi ļauj paaugstināt tvaicēšanas temperatūru.

Elektrības ietaupījumi uz grāda paaugstinājumu parasti būs no 2 procentiem par ° C saldēšanas iekārtās līdz 6 procentiem par ° C dzesēšanas iekārtās ar diezgan zemu kondensācijas temperatūru.

E.1 Dzesēšanas pieprasījuma novērsšana

Raksturojums

Var rasties situācijas, kad ir svarīgi aprēķināt, vai iekārtas segtais dzesēšanas pieprasījums ir īsts.

Gaisa kondicionēšanas jomā bieži ir iespējams izvairīties no “aktīvas” dzesēšanas un tā vietā lietot “brīvo” dzesēšanu, piemēram, gaisa kondicionēšanu ar nakts auksto gaisu.

Cits piemērs: visas preces uzglabā vienā telpā un tādā veidā blakus telpā dzesēšana nebūs vajadzīga.

Iespējams, nākotnē būs nepieciešama dažādu dzesēšanas veidu kritiska izvērtēšana.

Risinājums

Risinājums parasti kļūs acīmredzams – t.i. vajadzēs pārtraukt dzesēšanu vai nu periodiski vai pavisam. “Brīvās” dzesēšanas ieviešanai varētu prasīt ieguldījumus iekārtā un/vai gaisa kondicionēšanas un/vai iespējamā siltuma atgūšanas komponentēs.

Ietaupījumu potenciāls

Ietaupījumu potenciāls jāaprēķina, balstoties uz izmērītu vai aplēstu kopējā kartētā dzesēšanas pieprasījuma sadalījumu un to pilnībā noteiks faktiskie apstākļi. Ietaupītos enerģijas resursus var aprēķināt, balstoties uz galvenajiem rādītājiem par dažādu dzesēšanas objektu īpatnējo enerģijas patēriņu.

E.2 Nepieciešamās dzesēšanas samazināšana

Raksturojums

Saistībā ar šo apstākli, tiek aprēķināts iespējamais ietaupījums, ko panāk, ierobežojot dzesēšanu. Jāatceras, ka uz šo ietaupījumu nosacījumu neattiecas samazināta dzesēšanas vajadzība reizē ar telpas temperatūras pieaugumu, un tas tiks minēts punktā E. 3.

Dzesēšanas jaudas samazināšana tiek panākta ar:

- Pārvades zudumu samazināšanu
- Gaisa kondicionēšanas zudumu samazināšanu
- Siltuma ražošanas samazināšanu

Risinājums

Pārvades zudumus var samazināt, uzlabojot (samazinot) siltuma pārvades koeficientu dzesēšanas un saldēšanas telpu nodalošajām sienām. Parasti šķērssienu modificēšana nebūs izdevīga, taču uzmanība jāvērs uz izmaiņām, piemēram, dzesēšanas kameras lietošanā (ar mazāku izolācijas nepieciešamību) preču uzglabāšanai saldēšanas režīmā. Nozīmīga var būt izolācijas standarta uzlabošana saistībā ar acīmredzamiem bojājumiem, kas radušies, piemēram, mitruma rezultātā.

Gaisa kondicionēšanas zudumus var ierobežot ar:

- Laika samazināšanu, kurā durvis u.c. stāv atvērtas.
- Uzlabotu blīvējumu ap durvīm u.c.

Siltuma iekšējo izstrādi var radīt cilvēki, preces (gatavošanās siltuma veidā), saules gaisma no logiem, elektroierīces un iekārtas, kā arī citas iekārtas (piemēram, ceļamkrānu darba mašīnas).

Ietaupījumu potenciāls

Līdz ar siltuma pārvades koeficienta uzlabojumiem šķērssienām, tiks panākti dzesēšanas kompresora elektroenerģijas patēriņa ietaupījumi, ko var izteikt ar sekojošu sakarību:

$$dE_k = \frac{k_{vecs} - k_{jauns}}{k_{vecs}} \cdot 100 [\%]$$

kur k_{vecs} ir vecā siltuma pārvades koeficienta vērtība
 k_{jauns} ir jaunā siltuma pārvades koeficienta vērtība

Samazināta noplūde šeit ir ņemta vērā tikai kā efektīvākas (automatizētas) durvju atvēršanas un aizvēršanas nodrošināšana, un gaisa vai lenšu aizkaru lietošana. Aprēķinātais ietaupījumu potenciāls ir 1 – 5 procenti.

Samazināta siltuma iekšējā radīšana no, piemēram, cilvēkiem, apgaismošanas, gaisa kondicionēšanas, un citām iekārtām/ ierīcēm aprēķināta, izmainot papildus enerģiju dzesēšanas kamerai un samazinot darbības stundu skaitu. Dzīvo būtnu siltuma izkliedēšana var būt vienāda ar 0.25 kW dzesēšanas kamerās (5° C) un 0.4 saldēšanas kamerās (÷20° C).

Tādā gadījumā enerģijas ietaupījumi dzesēšanas iekārtā būs sekojoši:

$$- \quad dE_k = \frac{P_{vecs} - P_{jauns}}{P_{vecs}} \cdot 100 [\%]$$

iekārtām, kuru enerģija ir samazināta un

$$- \quad dE_k = \frac{t_{vecs} - t_{jauns}}{t_{vecs}} \cdot 100 [\%]$$

iekārtām, kurām ir samazināts darbības stundu skaits.

E.3 Temperatūras līmeņa paaugstināšana

Raksturojums

Pārbaudiet vai preces netiek turētas nevajadzīgi zemā temperatūrā. Bieži vien uzturētā telpu temperatūra ir apmēram $\pm 30^{\circ}\text{C}$, lai gan pietiekama būtu $\pm 20^{\circ}\text{C}$ temperatūra.

Tāpat ir jāpārbauda pieņemamā telpas temperatūra pie gaisa kondicionēšanas. Pārmērīga dzesēšana ir nevien enerģiju tērējoša, bet arī nepatīkama ilgākā laika posmā.

Nākamajā tabulā norādītas parastās uzglabāšanas temperatūras dažādiem produktiem.

Prece	Ūdens saturs (%)	Sasalšanas punkts ($^{\circ}\text{C}$)	Uzglabāšanas temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)	Relatīvais mitrums (%)
Āboli	85	- 2	- 1/ + 1	85 – 90
Bekons, skaigs	39	- 1.7	- 23/ -10	90
Bekons, kūpināts	13 – 29		+15/ +18	60-65
Banāni, zaļie	75	-1.7	11,7	85
Pupas	89	-1	+1/ +7,5	85-90
Sviests	14 – 15	-2	-10/ -1	75-80
Kāposti	91	-0,5	0/ +1	85-90
Siers	46 – 53	-2/ -10	-1/ +1,5	65-75
Ķirši	82	-4,5	+0,5/ +1	80
Krējums	59		0/ +2	80
Olas	70	-2,2	-1/ -0,5	80-85
Olu dzeltenuma pulveris			+1,5	sauss
Zivis, saldētas				
Zivis, dzesētas			-25/ -20	90
Zivis, žāvētas	73 – 85		-0,5/ +4	>95
Medījumi, dzesēti	45		-9/ 0	75-80
Medījumi, saldēti	74	-1,7	+0,5	70
Greipfrūti			-12	80
Vīnogas	89	-2	0/ -10	85-90
Šķiņķis, dzesēts	82	-4	-1/ +3	85-90
Šķiņķis, saldēts	47 – 54	-2	0/ +1	85-90
Saldējums			-24/ -18	90-92
Jēra gaļa, saldēta	67		-30/ -20	85
Jēra gaļa, dzesēta			-24/ -12	80-90
Citroni	60 – 70	-2	0/ +1	85-90
Margarīns	89	-2,1	+5/ +10	80-90

Melones	77 – 88		+0,5	80
Piens	93	-1,7	+2/ +7	80-90
Piena pulveris	87		0/ +2	80/85
Aitas gaļa, dzesēta			0/ +1,5	75-80
Aitas gaļa, saldēta	60 – 70	-1,7	0	80
Vērša gaļa, dzesēta			-12/ -18	80-85
Vērša gaļa, saldēta	72	-2	0/ +1,5	88-92
Persiki			-24/ -18	85-95
Bumbieri	87	-1,5	-0,5/ +1	80-85
Zirņi, zaļie	83		+0,5/ +1,5	85-90
Kartupeļi	74	-2	0	80-90
Mājputni, dzesēti	78	-1,1	+3/ +6	85-90
Mājputni, saldēti	74	-1,8	0	80
Desas	60	-1,7	-30/ -10	80
Zemenes			+4/ +5	85-90
Tabaka, saišķi	90	-1,3	-0,5/ +7,5	80-85
Teļa gaļa			+1	80
Dārzeņi, saldētas pakas	63	-2	0/ +1	90
			-24/ -18	

Tabulā norādītas aptuvenas uzglabāšanas temperatūras un citi dati par dažādiem produktiem

Risinājums

Temperatūras līmeni parasti var izmainīt bez lieliem sarežģījumiem, piemēram, noregulējot termostata iestādījumus. Šādi pasākumi ir veicami saskaņojot ar lietotāju un parasti tos ir jāizpilda dzesēšanas inženierim. Termostata stāvokļa izmaiņšana var ievērojami ietekmēt darbības apstākļus, piemēram, ieslēgšanās/ izslēgšanās biežumu dzesēšanas iekārtā.

Ietaupījumu potenciāls

Nepieciešamās temperatūras prasības dzesēšanas objektā viegli var radīt augstāku tvaicēšanas temperatūru un tālākā procesā var ierobežot dzesēšanas pieprasījumu, pārvades un ventilēšanas zudumu samazināšanas rezultātā. Ietaupījumus ar samazinātu dzesēšanu vispārējā veidā var izteikt sekojoši:

$$dE_k = 1 - \frac{T_a - T_{jauns}}{T_a - T_{vecs}} \cdot 100 [\%]$$

kur:

T_a ir vidējā apkārtējās vides temperatūra

T_{jauns} ir jaunā – augstāka temperatūra

T_{vecs} ir vecais temperatūras līmenis

LK atkarībā no temperatūru attiecībām var sakrist ar kādu no šajā tabulā ietvertajiem koeficientiem:

LK ₀ , dzesēšanas iekārtām ar dažādām temperatūrām aukstajā uz karstajā zonā.			
T _o (° C)	T _c (° C)		
	25	35	50
-40	0.83	0.64	0.44
-30	1.17	0.90	0.62
-20	1.65	1.24	0.85
-10	2.41	1.74	1.15
0	3.77	2.52	1.59
10	6.95	6.95	2.23

12.attēls. LK atkarībā no temperatūras.

Tālāk apsverams tvaicēšanas temperatūras kopējās paaugstināšanās apmērs.

Elektroenerģijas ietaupījums uz grāda palielinājumu parasti svārstīsies no 2 procentiem par ° C saldēšanas iekārtām līdz 6 procentiem par ° C dzesēšanas iekārtām ar diezgan zemu kondensācijas temperatūru.

Lielu temperatūras maiņu gadījumā, jābūt piesardzīgiem prognozēs, lai izvairītos no ietaupījumu pārvērtēšanas.

E.4 Tvaicētāja apsarmojums

Raksturojums

Gaisa dzesētājiem pie tvaicēšanas temperatūras zem 0° C parasti nepieciešama regulāra atsaldēšana.

Sarma izolē un traucē efektīvu siltuma pārvadi uz dzesēšanas aģentu cauruļvados. Bez tam, sliktākajā gadījumā sarma var pilnīgi bloķēt gaisa caurplūdi caur dzesētāju.

Rezultātā kompresoram būs nevajadzīgi zems sūcēja spiediens un tādējādi pasliktināsies tā darbības ekonomija.

Risinājums

Atsaldēšana vairumā gadījumu tiks veikta visekonomiskāk, automātiski apgriežot dzesēšanas iekārtas noslēgto ciklu tādā veidā, ka siltā spiediena gāze no kompresora tiek pārnesta tieši uz tvaicētāju. Ja dzesēšanas iekārtās, kurās ir karstās gāzes dzesēšana, tiek uzstādīts spiediena ventilācijas vārsts, kas paaugstina kondensācijas temperatūru, tas jāpievieno tikai atsaldēšanas faktiskā procesa laikā. Pārējā laikā kondensācijas temperatūra un spiediens jātur pēc iespējas zemākā līmenī.

Elektriskā atsaldēšana no darbības viedokļa ir dārgāks risinājums, taču tā var būt nepieciešama gadījumos, kad kompresors ir savienots ar vairāk nekā vienu iztvaicētāju.

Elektrisko atsaldēšanu parasti pielieto saldēšanas skapjiem, kas ir saistītas ar veikalu dzesēšanas iekārtām.

Ietaupījumu potenciāls

Ir aprēķināts iztvaicēšanas temperatūras vidējā palielinājuma apmērs. Elektroenerģijas ietaupījums uz °C pieaugumu parasti būs robežās no 2 procentiem par °C saldēšanas iekārtām līdz 6 procentiem par °C dzesēšanas iekārtām ar diezgan zemām kondensācijas temperatūrām.

E.5 Gaisa apmaiņa pie iztvaicētāja

Raksturojums

Laika gaitā uz iztvaicētāja virsmas var sakrāties netīrumi. Tie nāk no vides, kas ir jādzesē, piemēram, gaiss var nosēdināt/ atnest putekļus. Ja tvaicētāja virsma ir mitra, netīrumi var sakrāties ātrāk nekā tad, ja virsma ir sausa. Ilgākā laikā netīrumi var traucēt gaisa apmaiņu pie iztvaicētāja.

Gaisa apmaiņu pie iztvaicētāja var traucēt arī nepiemērots produktu izvietošana, nepiemēroti gaisa dzesētāju žalūziju atrašanās uz gaisa dzesētājiem, vāja ventilatoru darbība (piemēram, nepareizs rotācijas virziens).

Veikalos ar dzesēšanas skapju pārblīvējumu ir konstatēts elektroenerģijas patēriņa pieaugums līdz 25 procentiem. Pieredze rāda, ka šāds pārblīvējums rada neveiksmīgu 20° C siltā telpas gaisa sajaukumu ar mīnus 20° C auksto saldēšanas skapju gaisu.

Risinājums

Ja ir konstatēti šie nepiemērotie darbības apstākļi, tad veikto uzlabojumu rezultāts parasti ir acīmredzams. Lai nodrošinātu ietaupījumu uzturēšanu, bieži ir nepieciešams apkopes servisa līgums, ja vien uzņēmumam nav pašam savs apkalpes personāls.

Ietaupījumu potenciāls

Aprēķina iztvaicētāja temperatūras vidējo palielinājumu. Elektroenerģijas ietaupījums uz °C palielinājumu parasti būs robežās no 2 procentiem par °C saldēšanas iekārtām līdz 6 procentiem par °C dzesēšanas iekārtām ar diezgan zemām kondensācijas temperatūrām.

E.6 Dzesēšanas aģenta piegāde

Raksturojums

Ja saldēšanas aģenta piegāde iztvaicētājam – iekārtās ar tiešo izplešanos – nav nepārtraukta, iztvaicētāja darbības lietderība ievērojami samazināsies.

Auditēšanas laikā bieži var dzirdēt, ka iespējami nestabils termostatiskais izplešanās vārsts izraisa svārstības. Mērot pārkarsētā dzesēšanas aģenta temperatūru pie termostatiskā izplešanās vārsta sensora, var konstatēt dažādu temperatūru. Mērījumus var veikt pie visiem iztvaicētājiem, kas tiek pilnībā ekspluatēti.

Ja dzesēšanas iekārta darbojas ar mainīgu iztvaicētāja slodzi (piemēram, gaisa kondicionēšanas sistēma ar neliela apmēra darbību ziemā un liela apmēra darbību vasarā), tad izdevīga būtu divu izplešanās vārstu vai autonomas darbības izplešanās vārsta izmantošana.

Risinājums

Sertificēts dzesēšanas inženieris izdara termostatiskā izplešanās vārsta pielāgošanu un, iespējams, nomaina sprauslu.

Ietaupījumu potenciāls

Pielāgojumu nolūks galvenokārt ir panākt stabilu darbību. Aprēķinātie kompresora elektroenerģijas ietaupījumi var būt no 0 līdz 5 procentiem.

Kad notiek lielas slodzes darbība, ietaupījuma potenciālu var ievērojami paaugstināt, uzstādot autonomās darbības izplešanās vārstu vai 2 izplešanās vārstus.

E.7 Iztvaicētāja lielums

Raksturojums

Nenoslogots iztvaicētājs ir cēlonis nevajadzīgi zema iztvaicēšanas temperatūrai, kas, savukārt, izraisa enerģijas patēriņa pieaugumu. Bez tam, zema temperatūras līmeņa rezultātā var sasalt gaisa dzesētāji, radot nepieciešamību pēc biežākas atsaldēšanas. Var attīstīties (nevēlami) paaugstināta dzesinātāja gaisa sausināšana, kas tādā veidā samazina dzesēšanas lietderīgo darbību.

Galvenais nosacījums ir, ka temperatūru atšķirībai starp dzesēšanas aģentu un vidi, ko nepieciešams dzesēt, jābūt starp 5 un 10°C, atkarībā no dzesēšanas aģenta piegādes principa.

Risinājums

Pēc sertificēta inženiera vai cita konsultanta slēdziena, esošais iztvaicētājs ir jānomaina ar lielāku.

Ietaupījumu potenciāls

Salīdzinot temperatūru starpību vecam iztvaicētājam un temperatūru starpību no jauna uzstādītajam iztvaicētājam, var noteikt iztvaicēšanas temperatūras palielināšanos. Elektroenerģijas ietaupījums uz °C palielinājumu parasti būs no 2 procentiem par °C saldēšanas iekārtām līdz pat 6 procentiem par °C dzesēšanas iekārtām ar diezgan zemām kondensācijas temperatūrām.

E.8 Spiediena zudums cauruļvados, filtros un vārstos

Raksturojums

Pārāk lieli spiediena zudumi sūcēja cauruļvadā norāda uz to, ka kompresors darbojas ar pārāk zemu sūkšanas spiedienu. Spiediena zudums ir proporcionāls cauruļvada garumam un šai problēmai ir jāpievērš īpaša uzmanība, ja tiek lietoti gari sūcēja cauruļvadi. Šajā gadījumā gari ir tādi sūkšanas cauruļvadi, kuru garums ir virs 35 metriem.

Arī blokvārsti, palīgvārsti un iespējamie filtri var izraisīt spiediena zudumus. Spiediena zudumus var kontrolēt ar pārbaudītiem spiediena mērītājiem. Spiediena zudums starp iztvaicētāju un kompresoru nedrīkstētu pārsniegt 0.2 bārus.

Nākamajā tabulā (14.attēls) var redzēt, cik liela ir sūkšanas zonas spiediena zudumu ietekme uz iztvaicēšanas temperatūru, ja sūkšanas spiediens pie kompresora ir 1 bārs (izmērītais spiediens).

Spiediena samazinājums, bāri	Iztvaicēšanas temperatūra, °C			
	NH ₃	R12	R22	R502
0.00	-18.9	-12.5	-25.0	-29.6
0.10	-17.8	-11.1	-24.0	-2.5
0.20	-16.5	-9.9	-22.8	-27.2
0.30	-25.6	-9.9	-21.5	-27.2
0.40	-14.5	-7.4	-20.5	-25.0
0.50	-13.6	-6.2	-19.5	-24.0

14.attēls Iztvaicēšanas temperatūras atkarība no spiediena sūcēja caurulē.

Piemēram, ja pie R-22 kompresora reģistrēts sūkšanas spiediens, kas ekvivalents - 25°C, iztvaicēšanas temperatūra būs - 21.5°C, ja spiediens sūkšanas līnijā ir 0.3 bāri.

Risinājums

Ja spiediena zudumi sūcēja cauruļvadā ir pārāk lieli, būtu nepieciešams uzstādīt lielāku vai papildus sūcēja cauruļvadu un/vai nomainīt komponentes, kas izraisa spiediena zudumus.

Karstā zona

Iespējamie nosacījumi ietaupījumiem kondensācijā [C] ietver šādus faktorus:

- C.1 Vispārējie nosacījumi kondensatoram
- C.2 Kondensatora lielums
- C.3 Kondensatora virsmas netīrība
- C.4 Kondensatora novietojums
- C.5 Siltuma atjaunošana
- C.6 Kondensatora pārpildīšana
- C.7 Kondensatora vadība

Padomiem, kas ietverti punktos C1 – C7 kopējs ir tas, ka tie paredz noteiktus priekšlikumus kondensatora temperatūras pazemināšanai.

Līdz ar kondensācijas temperatūras samazināšanu par 2 – 10°C panāktie ietaupījumi uz ° C būs 2 līdz 5 procenti.

C.1 Vispārīgi par kondensatoru

Raksturojums

Spiediens kondensatorā ir jāuztur pēc iespējas zemākā līmenī. Pieļautās kļūdas, lielākoties, izraisīs spiediena paaugstināšanos (un līdz ar to paaugstinātu temperatūru) kondensatorā, un tā rezultātā dzesēšanas lietderīgā darbība samazināsies, bet elektroenerģijas patēriņš pieaugs.

Nevajadzīgi augsts kondensācijas spiediens rodas vairāku iemeslu dēļ, no kuriem vairāki ir apskatīti sīkāk tālāk tekstā. Daži no iemesliem tiks minēti tikai no pilnīga raksturojuma viedokļa, jo enerģētikas konsultanti savos novērojumos un mērījumos tos parasti nevar noteikt.

Spiedienu ietekmē:

- Dzesēšanas ūdens temperatūra
- Dzesēšanas gaisa temperatūra
- Kondensatora virsmas stāvoklis
- Kondensatora novadcaurule, pārpildīšana
- Nekondensējošās gāzes
- Kondensatora vadība
- Kondensatora lielums

Risinājums

Dažos gadījumos būs iespējams samazināt spiedienu vienkāršā veidā - samazinot dzesēšanas aģenta temperatūru.

Ja ietilpības temperatūru nevar samazināt, tad vajadzētu rast iespēju palielināt dzesēšanas gaisa vai ūdens masas plūsmu un tādā veidā samazināt kondensācijas temperatūru.

Kompresora patērētās elektroenerģijas ietaupījumi šeit tiks izlīdzināti līdz ar sūkņu un ventilatoru patēriņa palielināšanos lielākas masas plūsmas rezultātā.

Kondensatora virsma nedrīkst būt bojāta vai ar pārklājumu. Ja tā nav, vajadzīga apkopes pārbaude.

Nevajadzīgi augstas kondensācijas temperatūras var rasties arī tad, ja tiek atņemts saldēšanas šķidrums, kas bloķē siltuma pārvades virsmu daļu.

Ja notiek darbība zemās iztvaicēšanas temperatūrās, atvērtās iekārtas (parasti NH_3) var nepietiekama sūcēja spiediena dēļ iesūkt gaisu no atmosfēras. Gaiss uzkrājas uz kondensatora, no kurienes to noņem ar automātisko atgaisošanas ierīci. Atgaisošanas ierīces darbība ir jāpārbauda gadījumos, ja ir neparasti augstas kondensācijas temperatūras.

Kondensācijas spiediena kontroli iespējams veikt, izmantojot ventilatoru secības vadības vai ieslēgšanās/ izslēgšanās kontroli un tvaicēšanas kondensatoru iespējamu dzesēšanu. Kontroles uzstādījumu kritisks izvērtējums var radīt lielus ietaupījumus.

Kondensatoru lielumi parasti atbilst sekojošām temperatūras atšķirībām starp kondensācijas temperatūrām un gaisa vai šķidruma ietilpības temperatūrām:

- 10-15°C gaisa dzesēšanas kondensatoriem
- 5-8°C šķidruma dzesēšanas kondensatoriem.

Ietaupījumu potenciāls

Temperatūru kondensatorā iespējams samazināt par dažiem °C līdz pat 25°C. Samazinot kondensācijas temperatūru par 2 - 10°C, var panākt ietaupījumu 2 līdz 5 procentu apmērā par °C.

C.2 Kondensatora lielums

Raksturojums

Iekārtas paplašināšanas, rekonstruēšanas u.c. gadījumos vēlams novērtēt kondensatora izmēru.

No iekārtas kondensatora atdalāmā siltuma apjoms ir vienāds ar absorbēto siltumu (dzesēšanas darbība) plus pievienotā elektrības jauda mīnus dažādi siltuma zudumi, it īpaši no kompresora vietas.

Šo procesu aptuvenā veidā atspoguļo sekojoša sakarība:

$$Q_c = Q_o + P_c \cdot 0.85$$

kur Q_o ir dzesēšanas spēja un P_c ir kompresoram pievadītā elektriskā jauda.

Ja dzesēšanas iekārtas jaudas nepieciešamība ir augusi, nepalielinot kondensatora jaudu, spiediens pie kondensatora var pieaugt un tādējādi izraisīt enerģijas patēriņa pieaugumu. Pārāk mazs kondensators būs cēlonis neparasti augstai kondensācijas temperatūrai.

Risinājums

Parasti risinājums tiks panākts, nodrošinot pareizu kondensatora lielumu.

Dažos gadījumos iespējams nolasīt kondensatora jaudu tieši uz skaitītāja plāksnes pie dotā temperatūras līmeņa.

Citos gadījumos var iegūt datu tabulas par dzesēšanas iekārtu komponentēm, ieskaitot datu tabulas par kondensatoru. Balstoties uz šo lapu, iespējams noteikt vai esošā kondensatora jauda ir pietiekama, vai arī ir jāapsver nomaiņa.

Ja kondensatora jauda ir paaugstināta, temperatūras atšķirība un līdz ar to kondensācijas temperatūra proporcionāli samazināsies. Vajadzība pēc papildus jaudas sūkņiem vai ventilatoriem parasti arī samazināsies.

Kondensācijas temperatūru var samazināt par 10°C līdz 25°C. Samazinot kondensācijas temperatūras par 2 - 10°C, var panākt 2 – 5 procentu ietaupījumus par °C.

C.3 Kondensatora virsmas netīrība

Raksturojums

Visi kondensatori, neatkarīgi no to tipa vai dzesēšanas veida (ar gaisu vai ūdeni) ir regulāri jātīra.

Dzesēšanai ar gaisu: Putekļi, plēksnes utt., kas pielipuši telpā starp cauruļvadu kūļiem, traucē gaisa caurplūdi.

Dzesēšanai ar ūdeni: Kalcija pārklājums uz cauruļvadiem samazina siltuma pārvades koeficientu – h [$W/m^2 K$]. Izdedži, rūsa u.c. cauruļvados un sprauslās samazina ūdens daudzumu – m [kg/s].

Rezultātā radīsies nevajadzīgi augsta kondensācijas temperatūra un tādējādi pasliktināsies darbības ekonomija.

Risinājums

Kondensatoriem ar gaisa dzesēšanu noslauka, nosūc vai nopūš tīrus cauruļvadu kūļus, lai nodrošinātu vieglu nenobloķētu gaisa caurplūšanu.

Laika posms starp tīrības pārbaudēm ir lielā mērā atkarīgs no kondensatora novietojuma, taču pārbaudēm jānotiek vismaz divas reizes gadā.

Dzesēšanai ar ūdeni paredzētajiem kondensatoriem jābūt atvērtiem un jāseko tam, vai uz cauruļvadiem nav izveidojies kalcija pārklājums.

Laiks starp pārbaudēm, ņemot vērā atbilstošo ūdens kvalitāti, katrai konkrētai iekārtai jānosaka individuāli, balstoties uz tās pieredzi. Parasti vislielāko priekšrocību sniedz mīkstināta ūdens izmantošana, jo tādā gadījumā var aizkavēt kalcija pārklājumu rašanos.

Kondensatoram ar nelielu kalcija daudzumu siltuma pārvades koeficients parasti ir samazināts par 50 procentiem, kas nozīmē ierobežotas kondensatora spējas absorbēt saldēšanas siltumu. Tas izraisa augstāku temperatūru un līdz ar to augstāku spiediena līmeni. Papildus patēriņš var svārstīties robežās no 0 līdz 10 procentiem.

Ietaupījumu potenciāls

Kondensatora temperatūru iespējams pazemināt 2 līdz pat 15° C apjomā. Samazinot kondensatora temperatūru par 2 – 10° C, var panākt ietaupījumus 2 – 5 procentu apmērā par ° C.

C.4 Kondensatora novietojums

Raksturojums

Kondensatora novietojums ir ļoti nozīmīgs no kompresora jaudas un enerģijas patēriņa viedokļiem. Bez tam, kondensatori ir jānovieto tīrīšanai un labošanai piemērotā stāvoklī.

Gaisa temperatūra virs kondensatoriem, kuri ir novietoti tehniskajās telpās bieži vien ir nevajadzīgi augsta, un tas paaugstina kondensācijas spiedienu.

Risinājums

Kondensatori ar gaisa dzesēšanu pēc iespējas novietojami vietās, kur ir nodrošināta viegla un nenobloķēta gaisa caurplūde kondensatoram.

Novietojot kondensatorus ar gaisa dzesēšanu, ir jāpievērš uzmanība tam, vai iespējams izvairīties no īsas gaisa cirkulācijas, lai no kondensatora izplūdes gaiss nesajauktos ar ieplūdes gaisu.

Vēlams, lai kondensators būtu novietots pret ziemeļiem, un ja iespējams – ēnainā vietā.

Kondensatori ar gaisa dzesēšanu, kas atrodas iekštelpā, ir jānovieto labi kondicionētās telpās, lai izvairītos no pārāk augstas temperatūras.

Mērķis ir turēt cik iespējams zemu ūdens temperatūru kondensatoros ar ūdens dzesēšanu. Tomēr, iekārtām ar termovārstiem ir minimālā ūdens temperatūras robeža – noteikts starpības spiediena apjoms virs termostatiskā izplešanās vārsta, kas ļauj pievadīt pietiekamu dzesēšanas vielas apjomu iztvaicētajam.

Ietaupījumu potenciāls

Kondensatora temperatūra pazemināsies par 2 - 15° C. Samazinot kondensācijas temperatūru par 2 – 10° C tiks panākti ietaupījumi 2 līdz 5 procentu apmērā par ° C.

C. 5 Siltuma otrreizēja izmantošana

Raksturojums

Pastāv vairākas metodes siltuma otrreizējai izmantošanai saldēšanas sistēmās, taču vispirms ir jā rūpējas par to, lai izmantotās metodes nodrošina reālus ietaupījumus, kad ir ievēroti visi sistēmas darbības apstākļi.

Vienkāršs veids siltuma pārnesei no saldēšanas sistēmas izmantošanai citur ir uzstādīt kondensatoru ar ūdens dzesēšanu, lai izmantotu no tā iegūto silto ūdeni. Vienīgā problēma saistībā ar šo metodi ir zemā pakāpe (t.i. zema temperatūra) kādā siltums tiek iegūts. Augstākas temperatūras var panākt, samazinot ūdens plūsmu, taču tā rezultātā paaugstināsies kondensācijas spiediens, un tādējādi kompresors absorbēs enerģiju. Palielināta darba noslogojuma rezultātā arī kompresora tehniskais mūžs var samazināties.

Pirms kondensācijas temperatūras paaugstināšanas, lai sasniegtu augstākas temperatūras no siltuma atjaunošanas sistēmām, jāveic rūpīgs aprēķins, lai pārliecinātos, ka paaugstinātās darbības izmaksas saldēšanas sistēmai nav lielākas par tām, kas veidojas, lietojot kādu no tiešās siltumapgādes veidiem.

Augstākas pakāpes siltums ir iegūstams, lietojot siltummaini līnijā starp kompresoru un kondensatoru. Tādā veidā tiek efektīvi novērsta dzesēšanas gāzes pārkaršana, kad tās temperatūra ir visaugstākā. Visumā, izmantojot šī tipa ierīci, iegūtās kopējās enerģijas daudzums būs zemāks, bet šī temperatūra būs ievērojami augstāka par kondensatora dzesēšanas ūdens temperatūru.

Augstākas pakāpes siltums ir iegūstams, izmantojot arī siltumsūkni, kas ir tieši pretējs saldēšanas iekārtai, bet ietver tādas pašas komponentes.

Lielākajai daļai uzņēmumu, kam ir liels dzesēšanas pieprasījums un liels ūdens patēriņš, piemēram, brūžiem un kautuvēm, ir vieglāk uzstādīt siltumsūkni tā vietā lai palielinātu kondensācijas temperatūru.

Arī ar gaisa dzesēšanas kondensatoriem ir iespējama siltuma otrreizēja izmantošana. Dažām iekārtām, kam ir vajadzība sildīt blakusesošo sauso preču noliktavu, var uzstādīt iekšējos ar gaisu

dzesējamās kondensatorus. Tāds pielietojums parasti tiek savienots ar ārējā kondensatora uzstādīšanu lietošanai gadījumos, kad iekšējā sildīšana nav nepieciešama.

C.6 Kondensatora pārpildīšana

Raksturojums

It īpaši tad, ja kondensatori savienoti paralēli, var rasties tādas problēmas kā šķidruma apgrūtināta notecēšana no viena vai vairākiem kondensatoriem.

Iemesls pārkāpītajam spiedienam kondensatorā ir pārpildīšana – saldēšanas šķidrums ir nostājies kondensatorā un nevar nokļūt pie saņēmēja. To izraisa vai nu slikti funkcionējoša izplūdes cauruļvads vai arī tas, ka iekārta ir pārpilna.

Abos gadījumos kondensatora jauda samazinās un enerģijas patēriņš palielinās. Ar labu temperatūras mērīšanas aprīkojumu ir iespējas noteikt vai šķidrums ir bloķēts zemākajā daļā. Šī ūdens temperatūra būs zemāka nekā vidējā kondensācijas temperatūra, kas noteikta kondensatora virsmas centrā.

Risinājums

Pirmajā gadījumā jāatrod izskaidrojums izplūdes cauruļvadu sliktai funkcionēšanai. Tas piemēram, var būt pārkāpītais cauruļu izmērs izplūdē no kondensatora ar dažādiem spiedieniem paralēli pievienotajām vienībām.

Otrajā gadījumā kondensators ir jāatbrīvo no atbilstošā dzesēšanas šķidruma apjoma, lai iegūtu tādu dzesēšanas šķidruma daudzumu, kas iekārtai ir ieteicams.

Ietaupījumu potenciāls

Kondensācijas temperatūru var samazināt par 1 – 10° C. Līdz ar to var iegūt ietaupījumus 2 - 5 procentu apmērā par ° C.

C.7 Kondensatoru vadība

Freona iekārtas

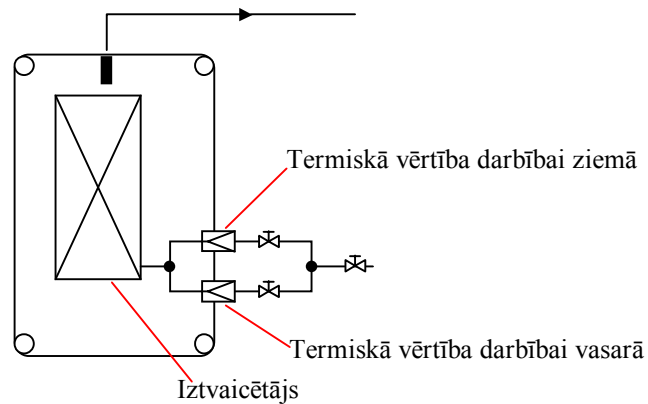
Raksturojums

Ja tiek izmantots termostatisks izplešanās vārsts (termovārsts), nepieciešams noteikts minimālais spiediena pazeminājums vārstā, lai piegādātu pietiekamu apjomu dzesēšanas vielas iztvaicētājam. Tamdēļ vajadzīgs kontrolēt kondensatora jaudu vajadzīgā spiediena noturēšanai – it īpaši, ja ir zemas ārējās temperatūras.

Risinājums

Nomainot termovārsta sprauslu ar tādu, kam ir lielāks izmērs, iespējams darbināt iekārtu ar zemāku kondensācijas spiedienu, tomēr iespējams, ka termovārsts ir pārkāpījis izmantošanai vasaras apstākļos, t.i., var sākt piegādi ar pārtraukumiem. Ir jāvelta zināmas pūles, lai termovārstu pielāgotu

līdz tas darbojas veiksmīgi, taču šīs pūles ir tā vērtas, jo ir liels izmaksu ietaupījuma potenciāls. Iespējamais risinājums ir uzstādīt divus termovārstus (paralēli), vienu darbībai ziemā un vienu darbībai vasarā, kā tas ir atspoguļots 15.attēlā.



15.attēls Kontroles iespējas freona iekārtām.

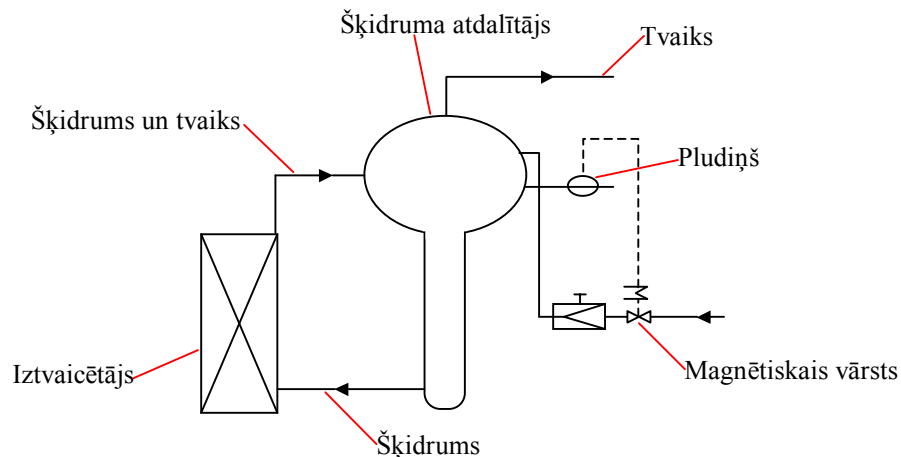
Amonjaka iekārtas

Raksturojums

Termostatiskos izplešanās vārstus izmanto reti. Parasti tiek izmantota pludiņa kontrole un šis regulēšanas veids ir mazākā mērā atkarīgs no kondensācijas spiediena. Tvaicētāji ir pilnīgi pārklāti ar šķidrumu un pludiņa kontroles vārsta sprausla parasti ir tik liela, ka tiek veikta šķidruma ieslēgšanās/ izslēgšanās vadība.

Risinājums

Kondensācijas spiediena pazemināšana parasti neizraisa traucējumus, tomēr ir jāpievērš uzmanība tam, vai šķidruma caurules izmērs ir piemērots, kad spiediens samazinās, starpība augstumos starp saņēmēju un iztvaicēšanas iekārtu arī prasa zināmu minimālo spiedienu šķidruma staba pacelšanai.



16.attēls Kontroles iespējas amonjaka iekārtās.

6. Saspiestā gaisa sistēmas

6.1 Saspiestā gaisa sistēmu pārbaudes saraksts	2
6.2 Uzbūves principi	4
Kompresori	
Saspiestā gaisa sistēmas efektivitāte	
Saspiestā gaisa analīze	
Taupīšanas iespējas	
6.3 Saspiestā gaisa sistēmu mērīšana	11
Stundu skaitītājs	
Impulsu skaitītājs	
Vatmetrs	
Hronometrs	
Datu reģistrēšanas ierīce	
Noplūdes zudumi	
6.4 Konkrēti ieteikumi optimālai enerģijas izmantošanai saspiestā gaisa sistēmās	15
Spiediena samazināšana	
Ieplūdes gaisa pārveidojumi	
Kompresoru regulēšana	
Cauruļvadu sistēmas sadalījums	
Saspiestā gaisa žāvēšana	
Saspiestā gaisa aizvietošana	
Siltuma rekuperācija	

6.1 Saspiestā gaisa sistēmu pārbaudes saraksts

Tabulā uzskaitīti apstākļi, kas var ietekmēt enerģijas patēriņu saspiestā gaisa sistēmā un kas jāizpēta pirmā apmeklējuma laikā:

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Ekspluatācijas laiks	Vai sistēma tiek automātiski atvienota pēc tās darbības laika beigām (piemēram, ar speciāla pulksteņa palīdzību)?			Ja nē , jāveic pētījumi, vai automātiskas ieslēgšanas un izslēgšanas ierīces ieviešana būtu izdevīga.
Kompresijas proporcija	Vai spiedienu starpība starp kompresoru (izvades spiediens) un mehānismu ar visaugstākajām spiediena prasībām ir lielāka par 1.3 bāriem? Vai spiediena kritums starp kompresoru un spiediena tvertni lielāks par 1 bāru?			Ja jā , jāizpēta, vai ir iespējama padeves spiediena smazināšana kompresorā. Ja jā , jāizpēta, vai spiediena zudumi filtros (putekļu dēļ) vai pēc – dzesinātājos un dzesēšanas žāvējamās aparātos nav pārāk lieli. Turklāt, jāveic pētījumi, vai cauruļvadu sistēma nav ar pārāk zemu caurlaides spēju, kas izraisa lielus spiediena zudumus.
Ieplūdes apstākļi	Vai ir ieviesta gaisa ieplūde no ārpuses?			Ja nē , jāizpēta, vai šādas gaisa ieplūdes no ārpuses ieviešana būtu izdevīga.
Noplūde	Vai saspiestā gaisa sistēmā ir vērojami caurumi vai dzirdami šņācoši trokšņi?			Ja jā , noplūde būtu jānovērš. Lai noskaidrotu noplūdes zudumu apmērus, noplūdes mērījumus būtu ieteicams veikt ārpus ierastā darba laika.
Cauruļvadu sistēmas daļu noslēgšana un dalīšana segmentos	Vai visiem mehānismiem nepieciešams vienāds spiediens? Vai ir iespējams noslēgt saspiestā gaisa sistēmas daļas ārpus to darbības laika?			Ja nē , jānoskaidro, vai būtu izdevīgi aprīkot mehānismus, kuriem ir visaugstākās spiediena prasības, ar atsevišķiem kompresoriem un gaisa sistēmām. Ja jā , jāizpēta iespējamā daļu noslēgšana.
Saspiestā gaisa aizvietošana	Vai ir iespējams aizstāt instrumentus, kuru darbību vada saspiestais gaiss, ar tādiem, kurus vada elektrība?			Ja jā , jāizpēta, vai šāda aizvietošana būtu izdevīga.

Siltuma rekuperācija	Vai uzņēmumā ir vajadzība pēc siltuma, kuru var aizstāt kompresorā reģenerētais siltums?			Ja jā , jāizpēta, vai siltuma rekuperācijas ieviešana būtu izdevīga.
Sistēmas uzturēšana	Vai sistēma tiek regulāri uzturēta kārtībā?			Ja nē , jāievieš regulāras apskates sistēmas uzturēšanas nodrošināšanai.

6.2 Uzbūves principi

Saspiestā gaisa ģenerācija notiek vienkāršā veidā:

Tiek savākts gaisa daudzums, un tā apjoms tiek samazināts – tieši tā, kā tas notiek darbinot sūkni.

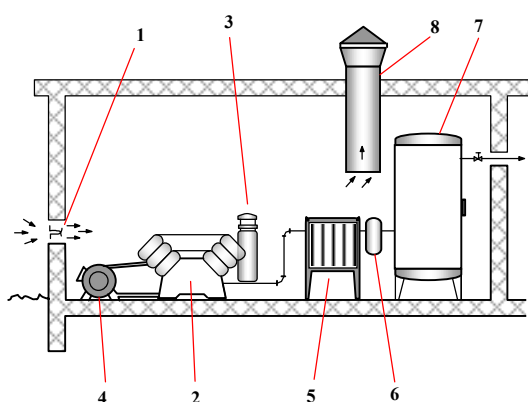
Saspiesto gaisu izmanto vairākos uzņēmumos sekojošu ražošanas operāciju veikšanai:

- Darba cilindru aktivizēšanai
- Ražošanas daļu dzesēšanai
- Rokas instrumentu darbināšanai
- Kontrolvārstu aktivizēšanai.

Parasti tiek izvirzītas augstas prasības gaisa kvalitātei, tādēļ būtu jāizvērtē sekojoši kritēriji:

- Gaisa spiediens
- Ūdens saturs gaisā
- Eļļas un daļiņu saturs gaisā.

Lai gaisa kvalitāte atbilstu uzstādītajām prasībām, saspiestajam gaisam jāiziet cauri dažādām pēcapstrādes iekārtām – filtriem un žāvējamiem aparātiem.

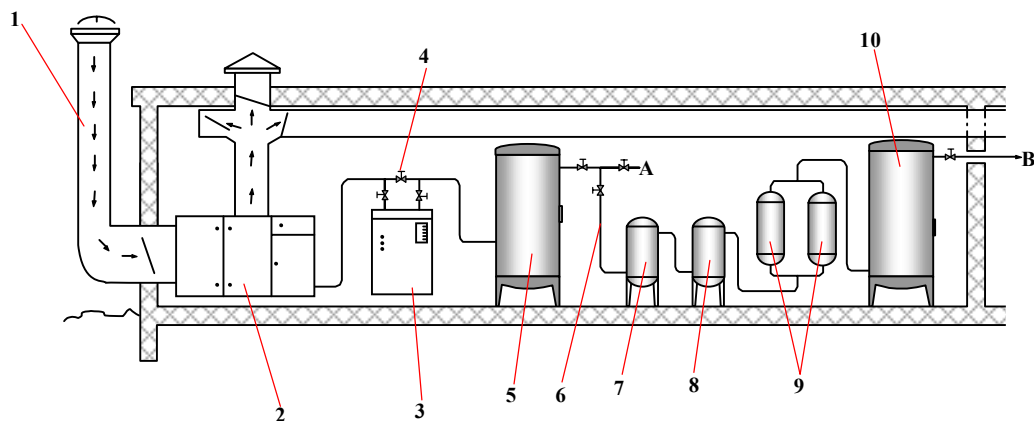


1. Ventilators
2. Kompresors
3. Ieplūdes filtrs un skaņas absorbētājs
4. Elektromotors
5. Pēc – dzesinātājs
6. Ciklons šķidruma izvadīšanai
7. Saspiestā gaisa tvertne
8. Ventilācijas eja ar pārsegumu

1.attēls. Vienkārša saspiestā gaisa sistēma.

1.attēlā redzamā sistēma var tikt izmantota vienkāršu operāciju veikšanai, kā piemēram, dzesēšanai, uzgriežņa atslēgu lietošanai un līdzīgiem uzdevumiem.

Cita līmeņa iekārta parāda, ka uzņēmums izvirza augstas prasības saspiestā gaisa kvalitātei. Šī iekārta ir aprīkota ar vairākiem žāvējamiem un filtrēšanas aparātiem.

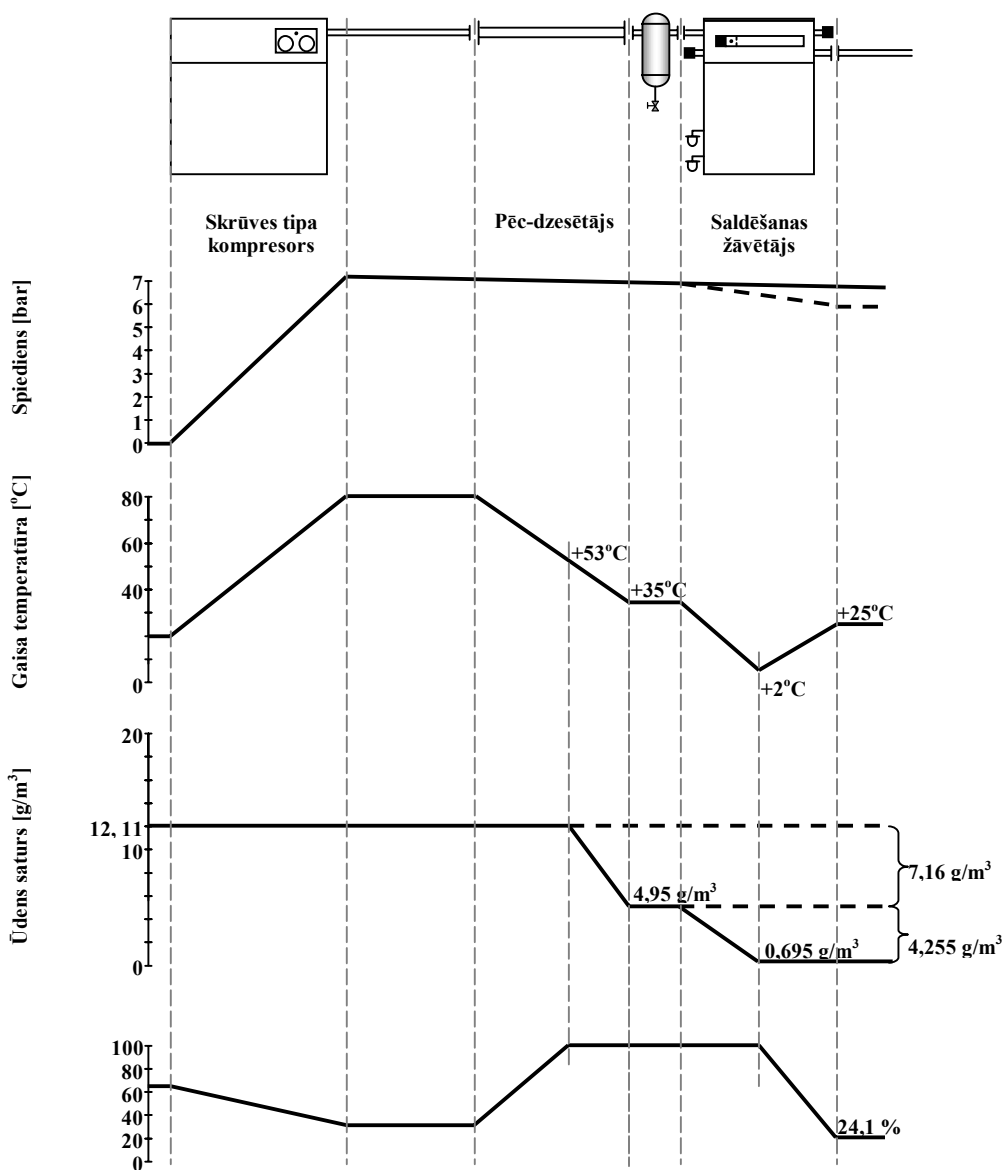


- A. Ražošanas gaiss saspiestā gaisa automātiskai kontrolei pie normālas ražošanas temperatūras virs aptv. 10°C.
 B. Gaiss regulācijai un vietām, kurās temperatūra sasniedz aptv. -20°C.

1. Ieplūdes lūka ar pārsegumu
2. Kompresors (skrūves, virzuļa vai Luvras) apvienots ar pēcdzesinātāju un skaņas absorbcijas kameru
3. Dzesēšanas žāvējamais aparāts
4. Dzesēšanas žāvējamā aparāts apejas vārsts
5. Tvertne
6. Kontrolvārsts
7. Keramikas filtrs
8. Ogles elektroda filtrs
9. Adsorbcijas žāvējamais aparāts
10. Tvertne

2.attēls. Pareizi uzbūvēta saspiestā gaisa sistēma.

Izejot cauri saspiestā gaisa iekārtai, gaiss tiek pakļauts dažādām temperatūras, spiediena un relatīvā mitruma izmaiņām. 3.attēls parāda šīs izmaiņas.



3.attēls. Gaisa raksturlīknes tipiskā kompresijas procesā.

Kompresori

Ir vairāku veidu kompresori. Attiecībā uz jaunākajām saspiestā gaisa iekārtām, visbiežāk sastopamie kompresoru veidi ir:

- Skrūves kompresors
- Daudzplākšņu kompresors
- Virzuļa kompresors
- Turbo-kompresors

Virzuļa kompresors vairs netiek lietots augsto uzturēšanas izmaksu un zemās gaisa kvalitātes dēļ.

Tomēr attiecībā uz enerģijas izmantošanu, virzuļa kompresors ir augstvērtīgs un bieži vien labāks par pārējiem kompresoru veidiem, darbojoties pie nepilnas slodzes.

Turbo – kompresors ir īpaši konkurētspējīgs attiecībā uz lielākām iekārtām, tajā pašā laikā izvirzot arī augstas prasības eļļu nesaturošam gaisam.

Skrūves un daudzplākšņu kompresorus pārdod lielā skaitā, un vienīgi enerģijas efektivitāti novērtējot ražošanas operāciju gaitā, īpaši ņemot vērā patēriņu izlādētā stāvoklī, var noteikt, kuram kompresoram ir viszemākais enerģijas patēriņš.

Saspiestā gaisa sistēmas efektivitāte

4.attēlā ir redzama tipiskas liela izmēra saspiestā gaisa iekārtas vispārēja diagramma ar norādītām iespējamo zudumu vietām.

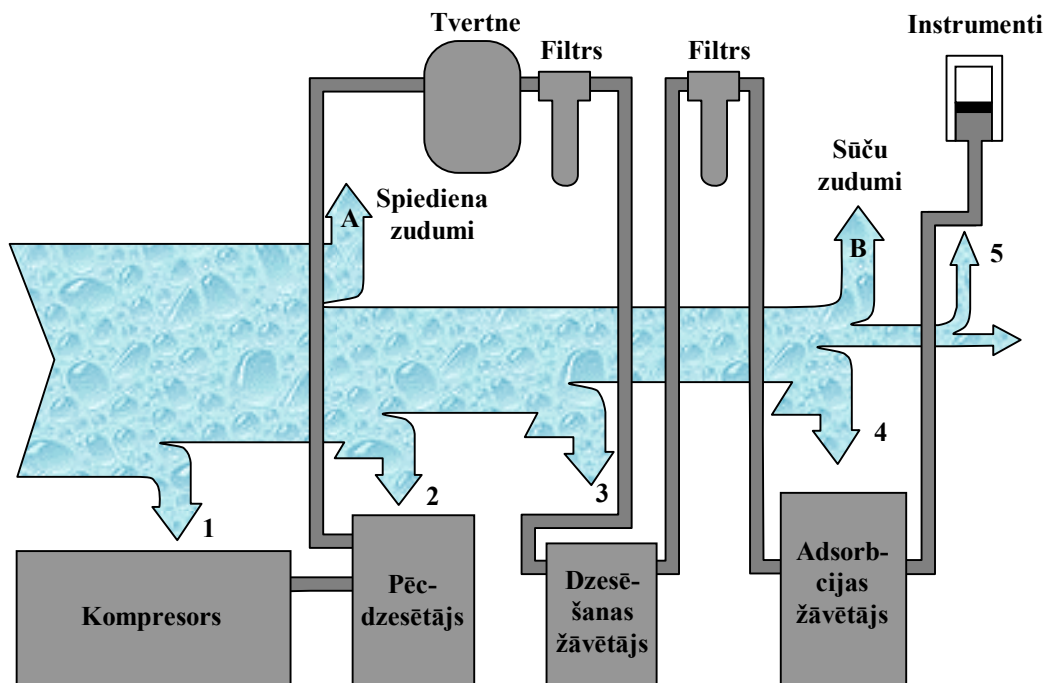
Izrādās, ka tikai daži procenti no saspiestā gaisa iekārtā ienākošās enerģijas daudzuma elektrības veidā var tikt izmantoti patēriņa vietā ražošanas veidā.

Tas ir izskaidrojams ar to, ka gaisa stāvokļu maiņu saspiestā gaisa iekārtu komponentos pavada zudumi.

Bieži vien šie zudumi ir vērā ņemami, īpaši kompresorā, kur tiek zaudēti aptuveni 40-50% no iekārtā ienākošās enerģijas daudzuma.

Praksē nav iespējams izvairīties no zudumiem gaisa stāvokļa izmaiņu laikā.

Tomēr svarīgs uzdevums ir samazināt zudumus, ieskaitot tādu zudumu reducēšanu līdz nullei, kuri nav saistīti ar gaisa stāvokļa izmaiņām. Īpaši tas būtu attiecināms uz spiediena un noplūdes zudumiem.



4.attēls. Saspiestā gaisa sistēmas vispārējā diagramma ar norādītiem iespējamiem zudumiem.

Norādītie zudumi variēs atkarībā no iekārtas konstrukcijas īpatnībām un ražošanas stāvokļa. Tomēr ir svarīgi zināt tos parametrus, kuri ietekmē zudumu apmērus, kā arī zināt šo parametru ietekmi uz kopējo zudumu apmēriem.

Ar šīm zināšanām būs iespējams daudz lielākā mērā optimizēt enerģijas efektivitāti iekārtas plānošanas gaitā. Esošo iekārtu konsultāciju dienestiem jābūt spējīgiem koncentrēt uzmanību uz tām jomām, kurās pastāv vislielākās taupīšanas iespējas.

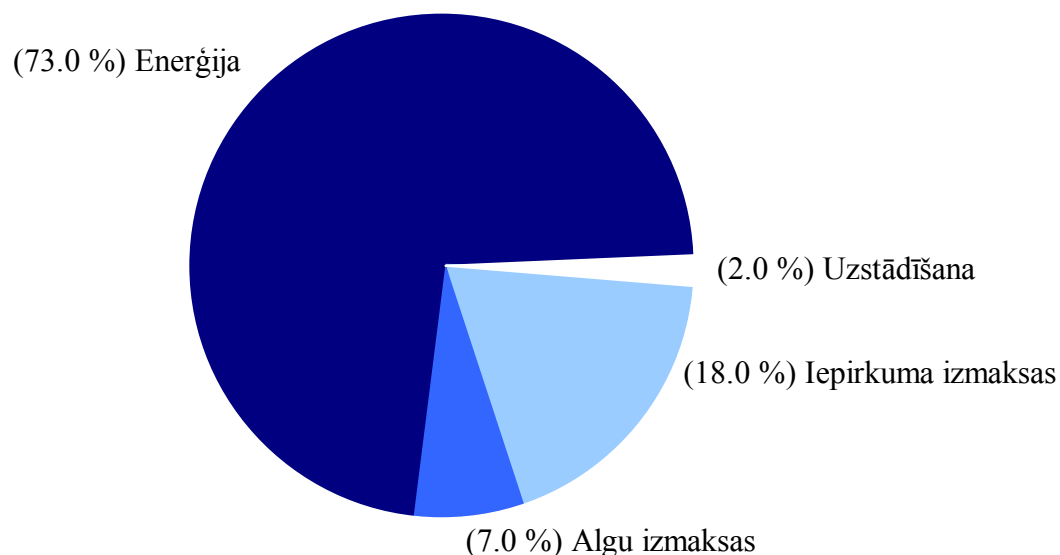
Visbeidzot, šī analīze sniegs ieguldījumu to iespēju izvērtēšanā, kuras nodrošinātu saspiestā gaisa aizvietošanu ar citiem enerģijas veidiem.

Saspiestā gaisa analīze nodrošina rezultātu

Enerģijas taupīšanas pasākumi saspiestā gaisa sistēmās var tikt veikti ar samērā nelielu ieguldījumu palīdzību. Tādēļ ir ieteicams uzņēmumiem, kuri savā ražošanā izmanto saspiesto gaisu, veikt saspiestā gaisa analīzi. Pēc tās būs vieglāk norādīt uz vietām, kur taupīšanas pasākumu piemērošana būtu izdevīga.

Ieviešot jauninājumus vai aizvietojo, ir pieejami visoptimālākie risinājumi, un pat ņemot vērā enerģijas efektivitāti, saspiestā gaisa analīze ir nepieciešama.

Jāpatur prātā, ka enerģijas patēriņš bieži vien sastāda kompresora kopējo izmaksu lielāko daļu visā tā ekspluatācijas laikā; tādēļ īslaicīgu lēmumu pieņemšana netieši norāda uz kaitējumu, ko var izraisīt koncentrēšanās vienīgi uz investīcijām.



5.attēls. Diagramma parāda tipisku izmaksu sadalījumu, darbojoties ieeļļotam skrūves kompresoram 40.000 stundu laikā (ekspluatācija noris divās maiņās 10 gadu laikā) pie 75 kW, 7.0 bāriem un 75% lielas slodzes.

Kas ir saspiestā gaisa analīze?

Kas ir saspiestā gaisa analīze un kāds ir tās mērķis?

Īsumā, tā ir enerģijas pievades mērīšana, ņemot vērā gaisa kvalitāti, spiedienu un gaisa apjomu utt. Šīs analīzes mērķis ir noskaidrot, vai maksimālā kompresora jauda tiek optimāli izmantota enerģijas efektivitātes izteiksmē, t.i. brīvās enerģijas rezerves tiek samazinātas un ir nodrošināta atsevišķu kompresoru vai visas kompresoru sistēmas funkcionēšana, nepatērējot pārāk lielus enerģijas daudzumus.

Ar ko sākt mērīšanu

Ja ir tikai nelielas zināšanas par saspiestā gaisa iekārtas darbību, būtu labi sākt analīzi ar enerģijas mērīšanu kompresoros 15 minūšu ilgā intervālā 14 dienu laikā. Rezultātā tiks iegūta diagramma, kura ir redzama 6.attēlā.

Balstoties uz šo mērījumu, vēlāk būs vieglāk izvērtēt piemērotāko laiku mērījumu intervāla palielināšanai. Kā intervālu izvēlas laiku, kurā saspiestā gaisa prasības izmainās, piemēram, kad iekārta vakarā tiek atvienota, kā tas redzams 7.attēlā.

Pasākumi pēc mērīšanas

Kad mērīšana ir pabeigta, personālam, kas ir informēts par saspiestā gaisa izmantošanas laikiem un vietām, ir jāizvērtē iegūtās līknes. Līdzīgi būtu jāiezīmē arī cauruļvadu izmēri, saspiestā gaisa kvalitāte, sūces apstākļi un gaisa patēriņš.

Taupīšanas iespējas

Parasti pēc analīzes būs iespējams noskaidrot tās darbības jomas, kurās ir iespējama ietaupīšana.

Parasti tās ir sekojošas jomas:

- Spiediena samazināšana
- Ieplūdes gaisa pārveidošana
- Ar sūci saistītā enerģijas patēriņa samazināšana
- Kompresoru noregulēšana
- Cauruļvadu sadalīšana un daļēja noslēgšana
- Enerģijas patēriņa samazināšana saspiestā gaisa žāvēšanā
- Saspiestā gaisa aizvietošana
- Siltuma rekuperācijas uzstādīšana.

6.3 Saspiestā gaisa sistēmu mērīšana

Šī nodaļa sniedz ieskatu dažās mērīšanas iekārtās, kuras izmanto saspiestā gaisa sistēmu enerģijas konsultācijās:

Stundu skaitītājs

Kompresors var būt aprīkots ar vienu vai diviem stundu skaitītājiem. Ja kompresoram ir tikai viens stundu skaitītājs, tas rādīs kompresora darbības laiku stundās, nevis noslogotas un nenoslogotas darbības stundu proporciju. Ja kompresors ir aprīkots ar diviem stundu skaitītājiem, tad parasti tie uzrādīs kompresora darbības laiku un darbības laiku pie pilnas slodzes.

Kompresori ar vienu stundu skaitītāju

Nolasot stundu skaitītāju, piemēram, reizi nedēļā, ir iespējams gūt iespaidu par nedēļas elektrības patēriņu. Tomēr rezultāts ne vienmēr ir ticams, jo nav zināma proporcija starp pilnu slodzi un darbību tukšgaitā.

Ja kompresoram nav stundu skaitītāja, to var vienkārši aprīkot ar pagaidu skaitītāju.

Ja kompresors ir aprīkots ar slēdzi, tad tas uzrādīs darbības laiku. Pretējā gadījumā personālam var uzdot jautājumus par sākuma un beigu laikiem.

Kompresori ar diviem stundu skaitītājiem

Ja kompresors ir aprīkots ar diviem stundu skaitītājiem; ar vienu, kurš reģistrē darbības laiku, un otru, kurš reģistrē darbības laiku pie pilnas slodzes; mērījumi būs precīzāki. Abu darbības veidu slodzi iespējams noteikt uz datu tabulas pamata.

Piemērs

Skrūves kompresors ir aprīkots ar diviem stundu skaitītājiem; ar vienu, kurš uzrāda darbības laiku, un otru, kurš uzrāda laiku pie pilnas slodzes. Stundu skaitītāji tiek nolasīti ik pa septiņām dienām; kopumā 168 stundas. Kompresora datu tabula uzrāda enerģijas patēriņu pie pilnas slodzes un strādājot tukšgaitā. Enerģijas patēriņu septiņām dienām var aprēķināt sekojoši:

Pie pilnas slodzes	97,6 stundas	20,9 kW	=	2.039 kWh
Tukšgaitā	50,4 stundas	5,9 kW	=	297 kWh
Kopumā	148,0 stundas			2.336 kWh

Impulsu skaitītājs

Impulsu skaitītāja uzstādīšana uz laiku var būt ļoti izdevīga, lai reģistrētu impulsu skaitu. Nolasot impulsu skaitītāju, var noteikt, vai kompresors svārstās un vai raida vairāk impulsu stundā nekā motors var izturēt.

Vatmetrs

Kompresora mērīšana ar vatmetra vai ampērmetra palīdzību gan pie pilnas slodzes, gan strādājot tukšgaitā parādīs, vai kompresors funkcionē pareizi. Iegūtos lielumus var salīdzināt ar ražotāja datu tabulu.

Hronometrs

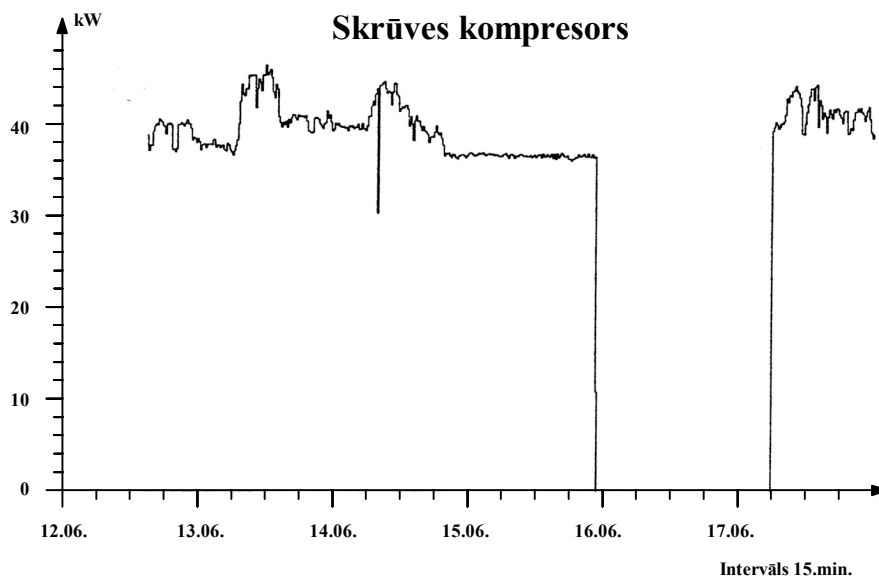
Ja mērīšanā izmanto arī hronometru, iespējams iegūt diagrammu, kura parāda iekārtas darbības pašreizējo stāvokli.

Datu reģistrēšanas ierīce

Datu reģistrēšanas ierīcei ir vairākas datu ievadišanas iespējas. Tas nozīmē, ka ir iespējams izmērīt vairākus kompresorus vienlaicīgi. Līdz ar to mērīšana ar datu reģistrēšanas ierīces palīdzību var tikt izmantota, lai atspoguļotu kompresoru savstarpējās darbības apstākļus. Mērīšanā izmantojot datu reģistrēšanas ierīci, ir svarīgi izvēlēties pareizu laika intervālu.

Piemērs

6.attēlā ir redzama skrūves kompresora mērīšana. Mērījumi tiek izdarīti ar 15 minūšu lielu intervālu. Pati par sevi šī diagramma neatspoguļo kompresora darbības īpatnības. 2. un 3.attēls parāda šī paša kompresora mērījumu rezultātus, bet izmantojot citus intervālus.



6.attēls. *Skrūves kompresora mērījumos izmantotais 15 minūšu intervāls.*

Lai gūtu pareizu priekšstatu par saspiegtā gaisa sistēmas darbības apstākļiem, ir nepieciešams veikt mērījumus visos kompresoros vienlaicīgi. Šajos mērījumos izmantojamo intervālu var izteikt ar sekojoša likuma palīdzību:

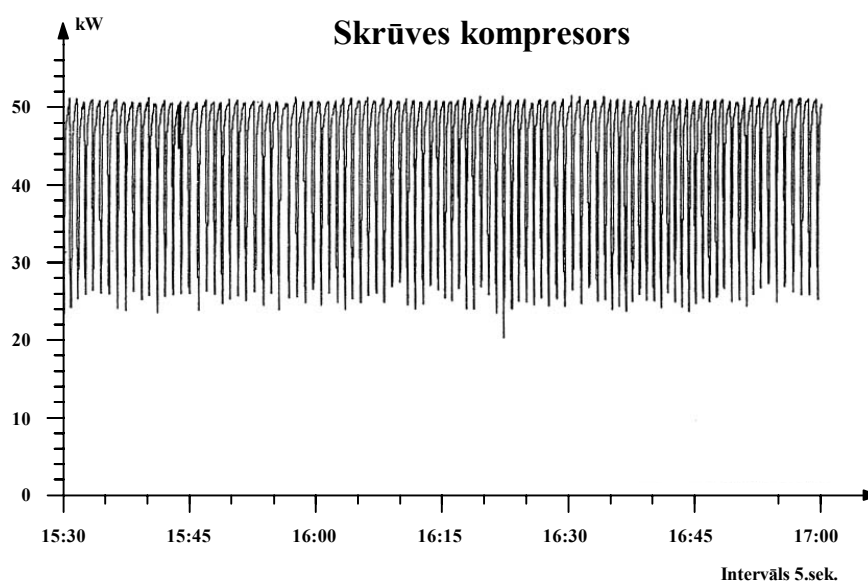
Intervālam jābūt trīs līdz piecas reizes īsākam nekā īsākajam intervālam starp kompresora darbību pie pilnas un nepilnas slodzes.

Parasti tas ir vienīgais veids, kā iegūt skaidru priekšstatu par kompresora darbības ciklu.

Ja mērījumi ar hronometra palīdzību uzrāda, ka kompresors darbojas bez slodzes 25 sekundes un tad no jauna uzsāk kompresiju, var tikt izmantota sekojoša mērījumu procedūra:

- Mērīšana, izmantojot 5 sekunžu intervālu 24 stundu laikā
- Mērīšana, izmantojot 1,5 vai 15 minūšu intervālu 3 līdz 5 diennakšu ilgā laika posmā, ieskaitot vismaz vienu brīvdienu.

Pamatojoties uz 5 sekunžu mērījumiem, ir iespējams noteikt nepilnības kompresora darbības regulēšanā.

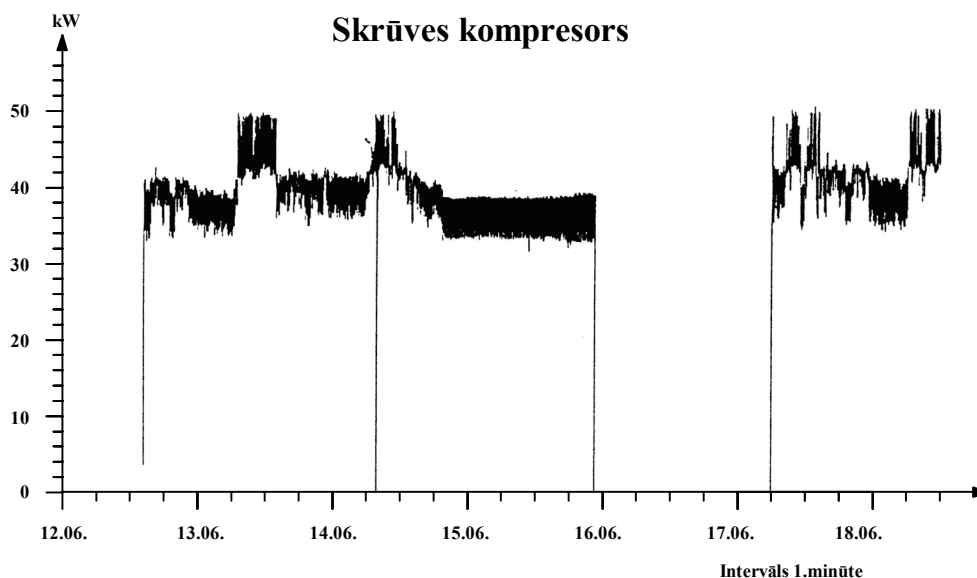


7.attēls. *Skrūves tipa kompresora mērījumi izmantojot 5 sekunžu intervālu.*

Mērījumi parāda, ka enerģijas patēriņš kompresoram darbojoties bez slodzes sastāda 51% no patēriņa pie pilnas slodzes. Enerģijas patēriņš jaunajiem kompresoriem strādājot tukšgaitā ir aptuveni 18 – 28 % no enerģijas patēriņa, darbojoties pie pilnas slodzes.

Noplūdes zudumi

Šajā gadījumā ir izdarīti skrūves kompresora mērījumi 1 minūtē. Brīvdienā ir iespējams aprēķināt paredzamo noplūdes zudumu apmērus.



8.attēls. *Skrūves tipa kompresora mērījumi izmantojot 1 minūtes intervālu.*

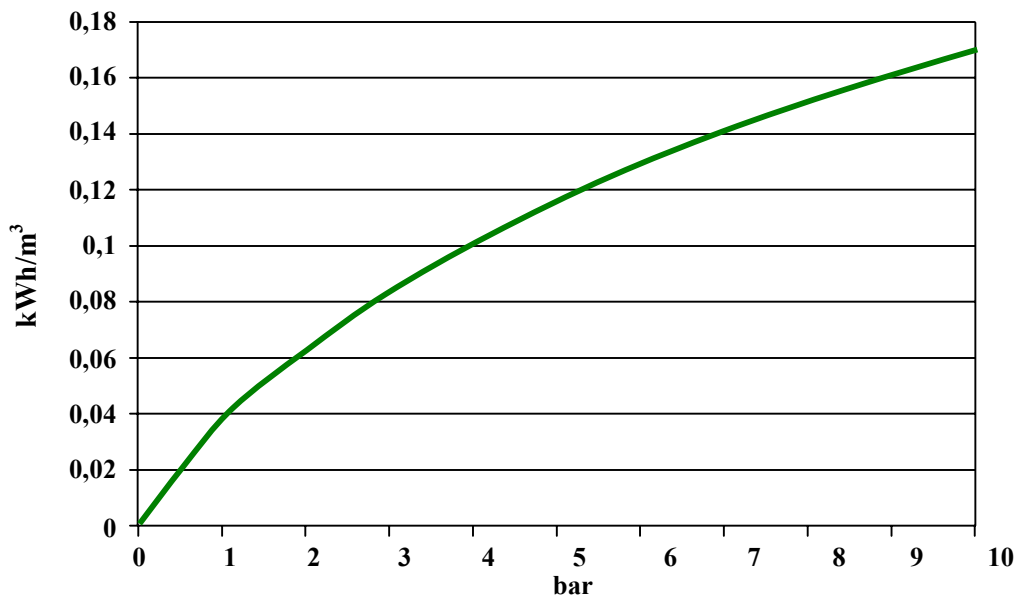
Tā kā ražošana nenotika 15.jūnijā, ir iespējams aprēķināt noplūdes zudumus, jo saražotais saspiestais gaiss nosedza vienīgi noplūdes zudumus. Mērījumi nesniedz precīzus norādījumus par sūcei izvadīto gaisa daudzumu, jo mērījumos izmantotās minūtes laikā kompresors gan uzlādējas, gan izlādējas. Ja cauruļvadu sistēma ir pakļauta spiedienam pat tad, kad nenotiek ražošana, būtu nepieciešams uzstādīt mazāka izmēra kompresoru ar noplūdes patēriņam atbilstošu izvadītā saspiestā gaisa daudzumu.

Noplūdes zudumi būtu jāsamazina līdz aptuveni 5% no kompresora izvadītā saspiestā gaisa daudzuma.

6.4 Konkrēti ieteikumi optimālai enerģijas izmantošanai saspiestā gaisa sistēmās

Spiediena samazināšana

Daudzas saspiestā gaisa sistēmas darbojas pie lielāka spiediena, nekā tas ir nepieciešams. Bieži vien tam par iemeslu ir zināšanu trūkums par mehānismiem nepieciešamo ražošanas spiedienu. Tā rezultātā saspiestā gaisa iekārtas ātrāk nekā sagaidāms var tikt pakļautas sūcei vai arī tikt bojātas. Pārāk augsts ražošanas spiediens novedīs pie pieaugošiem noplūdes zudumiem, paaugstināta gaisa patēriņa darba procesā, kurā netiek izmantoti atsevišķi redukcijas vārsti, un tas radīs lielāku enerģijas patēriņu kompresorā.



9.attēls. Kompresijas proporcijas.

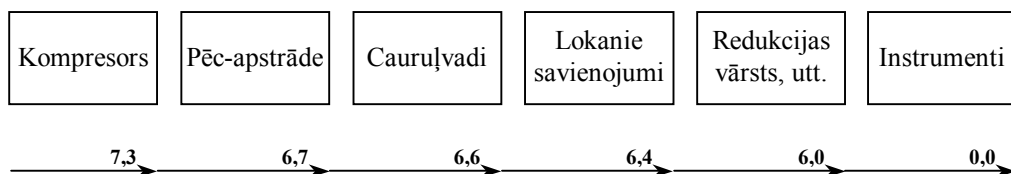
Ietaupījumu potenciāls spiediena samazināšanas rezultātā ir atkarīgs no sekojošiem kritērijiem:

- Laika perioda, kurā sistēma ir pakļauta spiedienam.
- Cik lielā mērā ir iespējams samazināt spiedienu.

Ja nav iespējams noteikt, kurš mehānisms ražošanas gaitā pieprasa vislielāko spiedienu, kā arī nav iespējams noteikt šī spiediena apmērus, ir ieteicams pakāpeniski samazināt spiedienu. Spiediens var tikt reducēts līdz 0,5 – 1,0 bāriem, nesamazinot mehānismu efektivitāti.

Augsts ražošanas spiediens galvenajā kompresorā un zemāks spiediens pie patērētājiem bieži norāda uz, piemēram, netīriem filtriem, pārāk maziem pēc - dzesētājiem, maza izmēra cauruļvadu sistēmām un cauruļvadu savienojumiem.

Ja ir iespējams labot šos faktorus, attiecīgi var tikt samazināts spiediens kompresorā un līdz ar to arī enerģijas patēriņš saspiestā gaisa ražošanai.



10.attēls. Diagramma parāda ieteicamo spiediena krišanos, kad saspiestā gaisa sistēmas patērētājiem jānodrošina 6 bārus.

Ieplūdes gaisa pārveidojumi

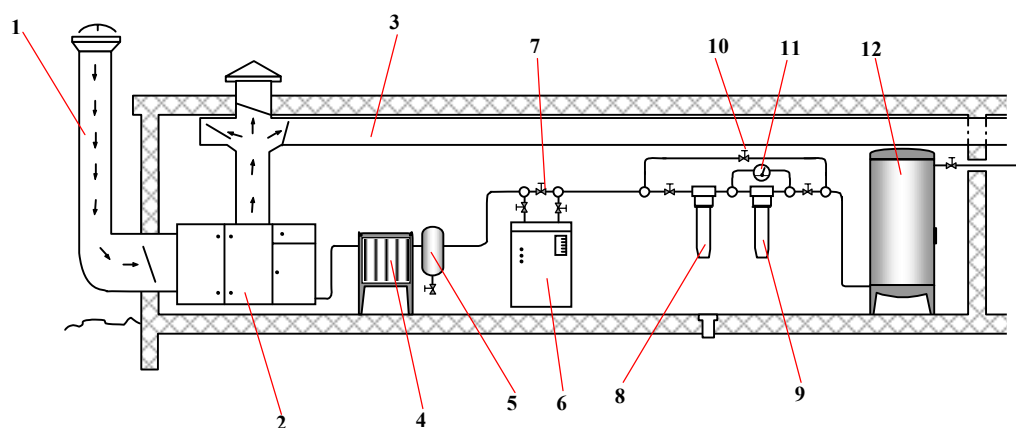
Gaisa kompresora jauda un enerģijas patēriņš ir atkarīgi no ieplūdes gaisa temperatūras. Temperatūrai krītoties palielinās gaisa blīvums. Tas nozīmē, ka kompresora jauda pieaug un īpatnējais enerģijas patēriņš samazinās, ieplūdes gaisa temperatūrai samazinoties.

Tā kā silts gaiss satur vairāk ūdens nekā auksts gaiss un saspiestā gaisā ūdens nav vēlams, pastāv vairāki iemesli, lai uzturētu ieplūdes gaisu tik aukstu, cik vien iespējams.

Ietaupījumu potenciāls ieplūdes gaisa pārveidošanai ir atkarīgs no sekojošiem kritērijiem:

- Ražošanas stundu skaita, kompresoram darbojoties.
- Esošajiem temperatūras apstākļiem.

Gaisa ieplūde kompresoru centrālē jānodrošina no ārpusē tiešā veidā. Kompresors būtu jānovieto pie sienas vai citā vietā, kur ir pieejams svaigs gaiss. Iespējams uzstādīt attiecīga izmēra gaisa cauruļvadu spiediena zudumu atgūšanai.



1. Ieplūdes cilindrs ar aizsargpārsegumu
2. Kompresors – skrūves, ķīļa vai virzuļa – ar skaņas absorbcijas kameru
3. Ventilācijas vads ar siltuma izmantošanas iespēju
4. Pēc – dzesētājs
5. Ciklons ūdens apstrādei
6. Dzesēšanas žāvējamais aparāts
7. Dzesēšanas žāvējamā aparāta aplejas vārsts
8. Smalkais filtrs
9. Eļļas filtrs
10. Filtru aplejas vārsti
11. Spiediena krituma mērītājs
12. Tvertne

11.attēls.

Ja gaiss kompresoram tiek ņemts no centrāles, centrālē var uzstādīt ventilācijas sistēmu, kura tiek termostatiski kontrolēta. Vides temperatūra varētu būt aptuveni 20 grādi pēc Celsija. Papildus elektrības patēriņš, kas domāts ventilācijai, jālīdzsvaro ar iegūtajiem kompresora ietaupījumiem.

Noplūdes zudumi

Saspiestā gaisa zudumi cauruļvadu sistēmā sūču rezultātā rada pārmērīgu enerģijas patēriņu. Sūce parasti ir saistīta ar rokas instrumentiem, cilindriem, šļūteņu montāžas vietām u.c., kamēr cauruļvadu sistēma pati par sevi ir samērā necaurlaidīga. Aprēķinātajam vajadzīgajam gaisa daudzumam, parasti pieskaita 10% noplūdēm, kad tiek projektēta kompresora centrāle. Nepietiekoši uzturētu iekārtu noplūdes zudumi bieži sastāda 20-40 % no izmantotās gaisa plūsmas, un samazināt noplūdes gaisa plūsmu parasti ir izdevīgi, pat ja tā rezultātā paaugstināsies uzturēšanas izmaksas. Atkarībā no faktiskajiem apstākļiem, mērķis būtu noplūdes gaisa apjoma samazināšana līdz 5% no kopējā saražotā saspiestā gaisa daudzuma kompresorā.

Ar saspiestā gaisa sistēmām saistītās noplūdes nav redzamas, un citi trokšņi ražošanas telpās parasti apslāpē šņācošās skaņas.

Gaisa noplūdes apmēri ir atkarīgi no sekojošiem kritērijiem:

- Gaisa spiediena
- Sūces apmēriem
- Laika perioda, kurā sistēma ir pakļauta spiedienam

Sūces izmēri Diam. [mm]	Spiediens 4 bāri		Spiediens 6 bāri		Spiediens 8 bāri		Spiediens 10 bāri	
	Noplūde [l/s]	Enerģija [kW]	Noplūde [l/s]	Enerģija [kW]	Noplūde [l/s]	Enerģija [kW]	Noplūde [l/s]	Enerģija [kW]
1	0.7	0.2	1	0.3	1.3	0.5	1.6	0.7
5	18	4.6	26	8	33	13	40	17
10	73	18	103	33	132	50	161	69

12.attēls. Tipiski noplūdes zudumi un ar tiem saistītais enerģijas patēriņš vienas kompresijas laikā.

Kamēr rokas instrumenti un mehānismi tiek izmantoti vienīgi darba laikā, noplūde turpinās sistēmai esot zem spiediena.

Jāuzsver, ka nav iespējams likvidēt visas noplūdes sistēmā, kamēr tā ir pakļauta spiedienam. Noplūdes galvenajā cauruļvadu sistēmā izraisa pastāvīgus zudumus, bet noplūdes, kas ir saistītas ar mehānismu darbību, jāanalizē atsevišķi.

Kompresoru regulēšana

Savarīgākais attiecībā uz elektrības ietaupījumiem, kas saistīti ar gaisa kompresoru regulēšanu, ir jautājums par atsevišķu kompresoru pareizas regulēšanas nodrošināšanu, kā arī vairāku kompresoru regulēšanas nodrošināšanu, lai optimizētu kopējo kompresora ražotspēju attiecībā uz enerģiju. Tas nozīmē, ka tukšgaitas patēriņš tiek samazināts, un kompresors vai visa kompresoru centrāle neizmanto lieku enerģiju uz konkrētu saspiestā gaisa patēriņu. Ja jautājums skar, piemēram, kompresorus, kuriem ir procentuāli zemāks tukšgaitas patēriņš nekā citiem kompresoriem, kompresoriem ar zemu tukšgaitas patēriņu būtu jādarbojas pie “pīķa” slodzes.

Bez faktiskiem enerģijas mērījumu rezultātiem bieži vien ir grūti komentēt kompresora regulēšanas īpatnības. Katra atsevišķa kompresora mērīšana ir jāveic vienlaicīgi, lai varētu gūt vispārēju priekšstatu par to darba ritmu un tukšgaitu, īpaši tas ir attiecināms uz vairākiem kompresoriem, kuri apgādā vienu un to pašu energosistēmu. Labākais veids, kā to izdarīt, ir izmantot enerģijas mērīšanu īsos intervālos.

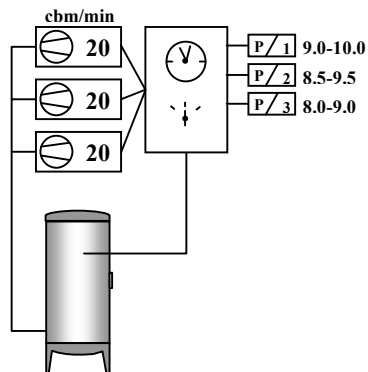
Vienmēr būtu jāizvērtē, vai tiek izmantots pareizs kompresoru sastāvs. Viena kompresora ar 100% jaudu vietā parasti ir ieteicams izmantot divus kompresorus ar 50% jaudu katru, tādā veidā uzlabojot jaudas neregulēšanu.

Tomēr, attiecībā uz jaunu pirkumu iegādi, ietaupījumi ir jālīdzsvaro ar papildus ieguldījumiem pērkot divus kompresorus viena vietā.

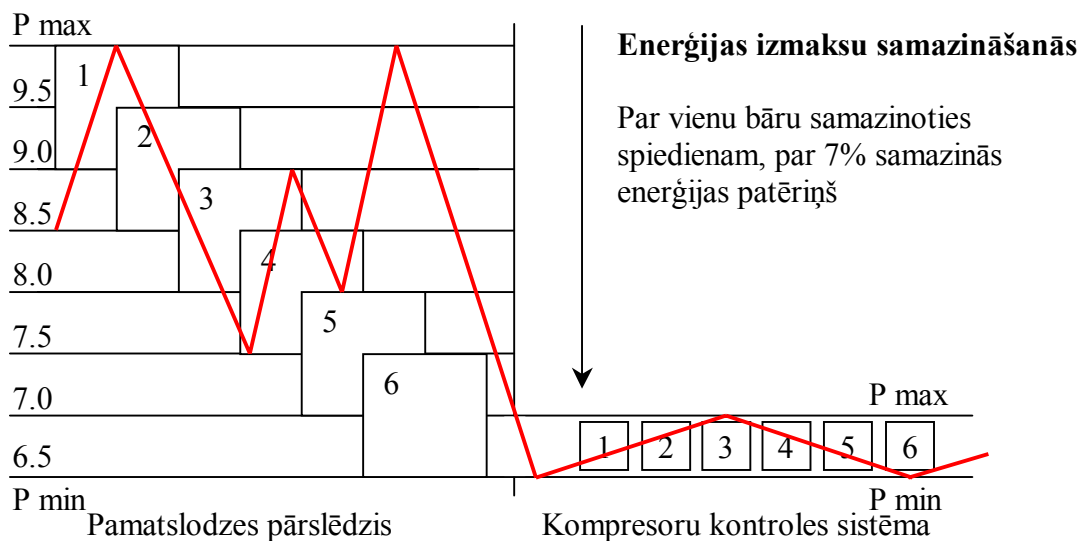
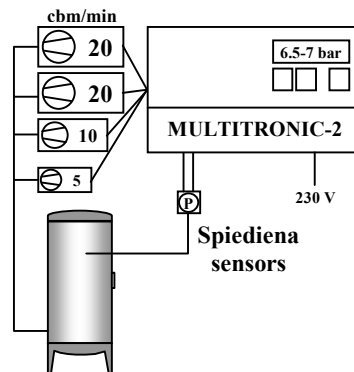
Ir svarīgi, lai spiediena releja ieslēgšanas un izslēgšanas spiediens būtu pareizi noregulēts, ieslēdzot vai izslēdzot kompresoru. Pārāk liela starpība var izraisīt lieku enerģijas patēriņu, jo vairumā gadījumu kompresors darbosies pie pārāk augsta spiediena.

Uzmanība jāpievērš arī citiem regulēšanas veidiem. Piemēram, augsta līmeņa regulēšanas sistēma nepārtraukti reģistrē spiediena izmaiņas, un uz iegūto datu pamata tiek izvēlēta optimāla kompresoru iekārta.

Pamatslodzes pārslēdzis



MULTITRONIK 2 Kompresoru kontroles sistēma



13.attēls. Augsta līmeņa regulēšanas sistēma.

Cauruļvadu sistēmas sadalījums

Gaisa ražošanai ir jānotiek konkrētam spiedienam, kurš ir nepieciešams atsevišķiem mehānismiem. Ja dažiem mehānismiem nepieciešams augstāks spiediens nekā pārējiem, iespējams, šos mehānismus būtu izdevīgāk apgādāt ar spiedienu no atsevišķa kompresora un cauruļvadu sistēmas decentralizētā veidā, un pārējā uzņēmumā daļā ražot gaisu pie zemāka spiediena. Īpaši izdevīgi ir ieviest divus spiediena līmeņus gadījumā, kad patēriņa lielāko daļu var pievienot zemam spiedienam.

Vietās, kur nav izdevīgi ierīkot atsevišķu saspiestā gaisa sistēmu, ir svarīgi apgādāt mehānismu sistēmu, kurai nepieciešams zemāks spiediens nekā spiediens centrālē, ar redukcijas vārstiem. Izmantojot saspiesto gaisu vietās, kur ražošana norit pēc aizstāšanas principa (cilindros, utt.), gaisa patēriņš tiek samazināts vienlaicīgi ar pievades spiedienu mehānismiem. Tādēļ ir svarīgi šāda veida procesu nodrošināt ar spiedienu, kas nav augstāks par nepieciešamo, pat ja spiediens tiek samazināts izmantojot redukcijas vārstus.

Piezīmes

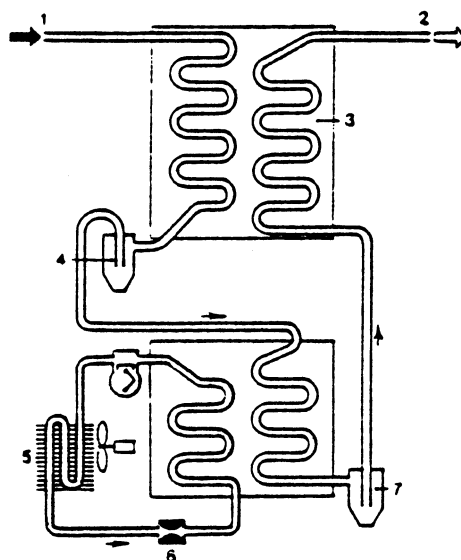
- Cauruļvadu sistēmas dalījums, iespējams, izraisīs iegūto ietaupījumu daļēju zudumu, jo kompresora patēriņš, kas saistīts ar tukšgaitu, tiks palielināts. Ja viena un tā pati kompresoru iekārta tiek izmantota vienā cauruļvadu sistēmā, radīsies labākas iespējas aizturēt vienu vai vairākus kompresorus pilnībā pie nepilnas slodzes.
- Izmantojot decentralizētus kompresorus, tiks ietekmēts siltuma rekuperācijas potenciāls. Siltums no decentralizēta kompresora var tikt izmantots telpu sildīšanai ar gaisa palīdzību. Tomēr, ja ir nepieciešams pārvietot siltumu uz ūdens sistēmu, bieži vien izdevīgāk būs novietot kompresorus vienuviet.

Saspiestā gaisa žāvēšana

Lai novērstu problēmas, kas saistītas ar ūdens saturu saspiestajā gaisā, izmanto gaisa žāvēšanu. Žāvējot gaisa kaitīgā ietekme uz cauruļvadiem, mehānismiem un instrumentiem var tikt samazināta līdz minimumam, un ir iespējams izvairīties no dārgiem labošanas darbiem un ražošanas apstādināšanas. Līdz ar sausa gaisa izmantošanu cauruļvados, sistēma kļūs daudz vienkāršāka – bez nepieciešamā slīpuma attiecībā pret separatora rozetēm, galvenā cauruļvada izlaišanas aizbāžņiem.

Dzesēšanas žāvējamais aparāts ir visbiežāk izmantotais žāvējamais aparāts, un tā enerģijas patēriņš parasti sastāda 2 – 10% no kopējā kompresora enerģijas patēriņa.

Ir svarīgi, lai žāvējamais aparāts būtu pareiza izmēra attiecībā pret patēriņu, jo pārāk liela izmēra žāvējamam aparātam ir pārāk augsts iekšējais patēriņš un pārāk mazam žāvējamam aparātam ir pārāk liels spiediena kritums. Spiediena kritumam jābūt robežās starp 0.1 – 0.4 bāriem. Šī žāvējamā aparāta iekšējais patēriņš paliek praktiski tāds pats, neņemot vērā žāvējamā gaisa daudzumu.



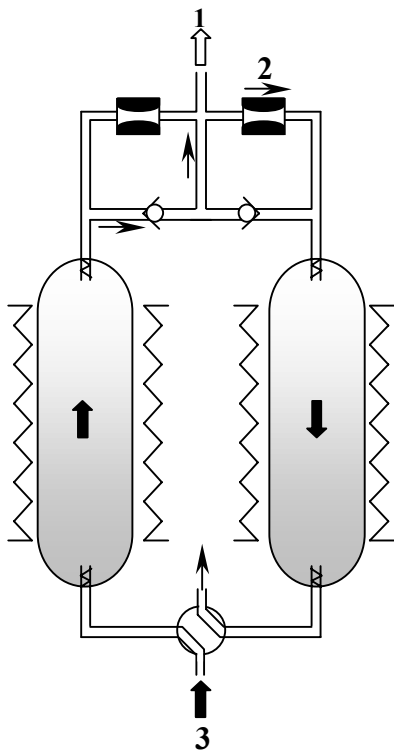
1. Mitrs gaiss
2. Sauss gaiss
3. "Gaiss - gaiss" tipa siltummainis
4. Ūdens separators
5. Kondensators
6. Ekspansijas vārsts
7. Ūdens separators ar novadcauruli

14.attēls. Tiešas ekspansijas dzesēšanas žāvējamais aparāts ar siltuma rekuperāciju.

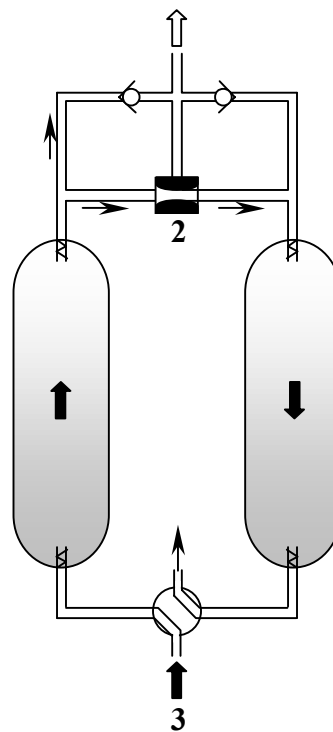
Adsorbcijas žāvēšana ir fizikāls process, kura gaitā saspīstajā gaisā esošais tvaiks ar molekulāru spēku palīdzību tiek piesaistīts virsmai, izmantojot neatšķaidītus adsorbcijas materiālus (žāvēšanas līdzekļus). Pielietojot šo žāvēšanas metodi ir iespējams sasniegt zemāko rasas punkta temperatūru. Enerģijas patēriņš lielā mērā ir atkarīgs no žāvēšanas līdzekļu reģenerācijas metodēm.

Ja reģenerācijas process notiek izmantojot aukstu gaisu, žāvējamā aparāta patēriņš būs aptuveni 15 – 20%, izmantojot siltu gaisu, patēriņš būs tikai 3 – 5%.

Attiecībā uz lielākiem adsorbcijas žāvējamiem aparātiem, vienmēr ir labāk izvēlēties aparātus, kuri ir aprīkoti ar sildīšanas elementu.



1. Sauss gaiss
2. Attīrīts gaiss
3. Mitrš gaiss



1. Sauss gaiss
2. Attīrīts gaiss
3. Mitrš gaiss

15.attēls. Adsorbcijas tipa žāvējamais aparāts. Reģenerācija žāvējot ar ārēju elektrisku elementu(I) and adsorbcijas tipa žāvējamais aparāts. Reģenerācija bez ārējā siltuma (II).

Saspiestā gaisa aizvietošana

Saspiesto gaisu bieži izmanto piedziņās, lai kontrolētu ugunsdrošības lūkas, ventilācijas sistēmas, vārstus utt. Šajos gadījumos izmantošanas laiks bieži ir ļoti īss, kamēr sistēmai visu laiku jāatrodas zem spiediena. Tā rezultātā rodas sūces zudumi, gari tukšgaitas periodi kompresorā, un eventuāli lieli enerģijas zudumi. Pārejot uz elektriskām iekārtām, enerģijas patēriņš iepriekš minēto funkciju pildīšanai praktiski tiks novērsts īso izmantošanas laiku dēļ.

Jāatzīmē, ka tieši kompresors ar viszemāko tukšgaitas patēriņu nodrošina ļoti zemu saspiestā gaisa patēriņu, piemēram, gadījumā, ja sistēmai nepieciešams spiediens nakts laikā. Dažos gadījumos varētu būt izdevīgi ieguldīt nelielā virzuļa kompresorā, kurš ir pielāgots patēriņam nakts laikā, lai likvidētu tukšgaitas enerģijas patēriņu.

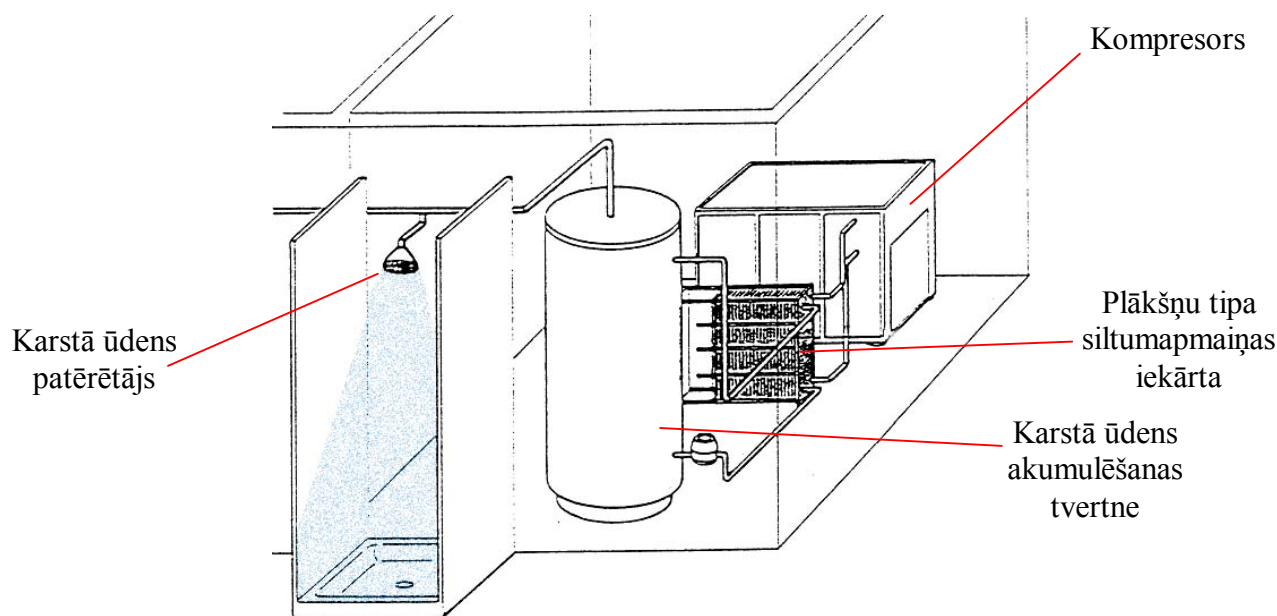
Dažās vietās elektriskā kontrole nav atļauta uguns bīstamības dēļ. Vienīgā alternatīva šajā gadījumā ir hidrauliskā kontrole.

Siltuma rekuperācija

Ierīkojot siltuma rekuperācijas sistēmu, bieži var panākt vislielākos ietaupījumus saspiestā gaisa sistēmās, jo rekuperācijas potenciāls ir augsts, aptuveni 70 – 90% no pievienotās enerģijas. Ietaupījumi parasti tiks iegūti centrālajā katlu mājā samazināta naftas un gāzes patēriņa veidā. Siltuma rekuperācijas ierīkošana var prasīt diezgan lielas investīcijas, kas daudziem ir šķērslis papildus siltuma rekuperācijai.

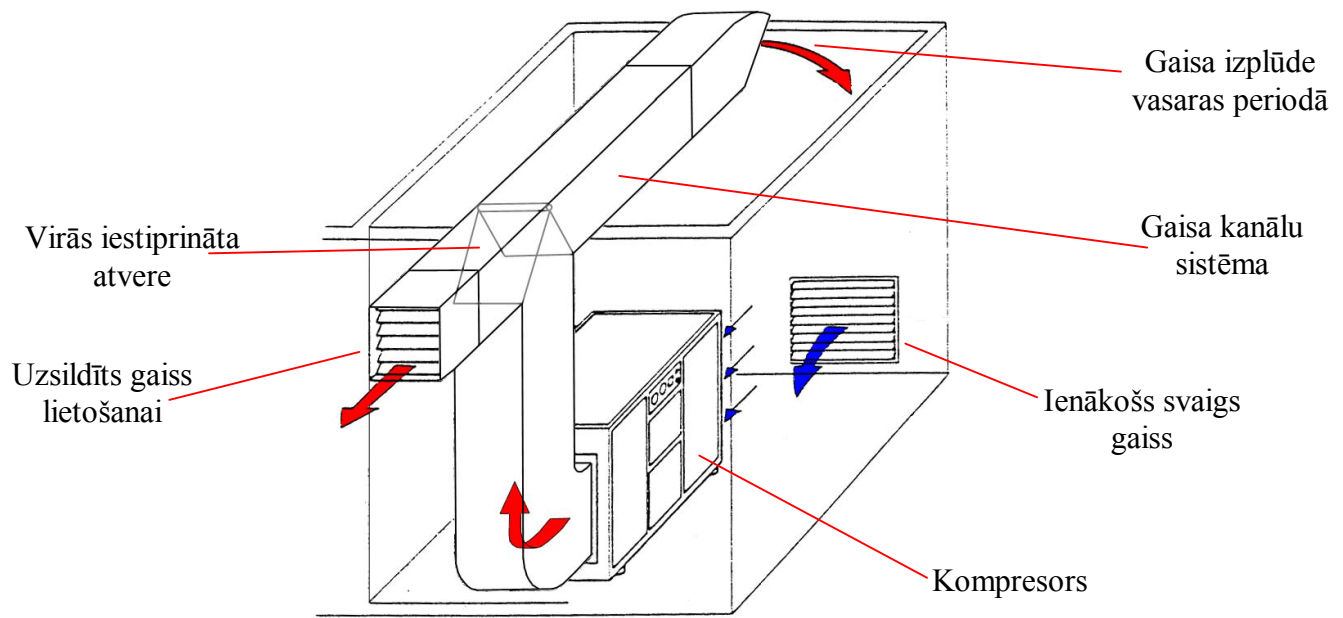
Pamatā uzņēmumā jābūt pieprasījumam pēc siltuma apkures vai karstā ūdens veidā.

Kompresorus bieži novieto telpās – parasti noteiktā attālumā no ražošanas. Attālums starp vietu, kur nepieciešams siltums, un kompresoru centrāli varētu nozīmēt, ka uz gaisu balstīta siltuma rekuperācija nav ekonomiski izdevīga. Šādos apstākļos būtu jāizpēta, vai uz ūdeni balstīta rekuperācija nav pieejama kā papildus aprīkojums kompresoram.



16.attēls. Uz ūdeni balstīta rekuperācija.

Īpaši zema trokšņu traucējumu līmeņa ieviešana, kas pieļauj decentralizētu kompresora novietojumu, rada izdevīgu ekonomiju siltuma rekuperācijas procesā, tiešā veidā ievadot sasildīto dzesēšanas gaisu telpās, kur nepieciešama apkure. Lai izvadītu šo gaisu, piemēram, vasaras laikā, būtu jāierīko vads uz svaigu gaisu ārpusē.



17.attēls. Telpu apsildīšana.

7. Sūkņi

7.1 Pārbaudes saraksts sūkņēšanas sistēmām	2
---	----------

7.2 Enerģijas taupīšana centrālās sūkņos	4
---	----------

- Ievads
- Sūkņu teorija
- Jaudas raksturlīknes
- Sūkņu iezīmes un darba punkts

7.3 Taupīšanas priekšlikumi	13
------------------------------------	-----------

- Patēriņa un pieprasījuma uzskaitē
- Tipiskāko taupīšanas iespēju pārskats
- Sūkņa izslēgšana
- Sūkņu nomaiņa
- Paralēla savienojuma sūkņi
- Pareiza sūkņu vadība

7.1 Pārbaudes saraksts sūkņēšanas sistēmām

Tabulā uzskaitīti apstākļi, kas var ietekmēt sūkņēšanas enerģijas patēriņu un kas jāizpēta pirmā apmeklējuma laikā.

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Darbības laiks	Vai cirkulācijas sūkņus siltumpunktos, kam pieslēgti apkures patērētāji, izslēdz apkures sezonu starplaikā? Vai sildķermeņu cirkulācijas sūkņus ventilācijas kamerās izslēdz darbības periodu starplaikā? Vai sūkņu stacijas tiek izslēgtas tad, kad, piemēram, ražošana tiek pārtraukta vai tad, kad iekārtas ir dīkstāvē?			Ja nē, jāizskata jautājums par to, vai sūkņus var izslēgt šajā laika periodā. Ja nē, tad vajadzētu ieviest sūkņu kontroli, lai nodrošinātu to, ka sūkņus izslēdz ārpus darbības periodu starplaikā. Ja nē, tad vajadzētu ieviest sūkņu kontroli, lai nodrošinātu to, ka sūkņus izslēdz tad, kad ražošana tiek pārtraukta vai tad, kad iekārtas ir dīkstāvē.
Sūkņa cirkulācijas daudzuma rādītājs	Vai cirkulācijas daudzuma rādītājs cirkulācijas sūknim siltumpunktos un ventilācijas kamerās atbilst apkures prasībām? Vai cirkulācijas daudzuma rādītājs sūkņiem samazinās tad, kad viens vai vairāki patērētāji ir izslēgti?			Ja nē, tad jāizskata jautājums par to, vai būtu izdevīgi ieviest sūkņa regulēšanu. Ja nē, tad jāizskata jautājums par to, vai būtu izdevīgi ieviest sūkņa regulēšanu, lai sasniegtu šo mērķi.
Sūkņa lielums	Lai varētu izvērtēt sūkņa lielumu, nepieciešams veikt tālāku pārbaudi.			

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Sūkņu iekārtu mezgls	Vai pārsūkņējamā šķidruma apjoms sūkņa kontūrā ir mainīgs?			Ja jā , tad jāizskata jautājums par to, vai būtu izdevīgi aizstāt sūkni ar vairākiem sūkņiem.
Cauruļvadu sistēma	Vai cauruļvadu sistēma ir aprīkota ar liekiem pretvārstiem? Vai cauruļvadu sistēma aprīkota ar membrānu vai adatu vārstiem? Vai cauruļvadu sistēmai ir asi locījumi un atzarojumi, kā arī straujas dimensiju pārejas? Vai cauruļvadu sistēma ir aprīkota ar filtriem?			Ja jā , tad tie jānoņem. Ja jā , tad tie jāaizstāj ar lodveida noslēgvārstiem vai ar diskveida vārstiem. Ja jā , tad jāizskata jautājums par to, vai sūkņētavā būtu iespējams veikt konstruktīvas izmaiņas. Ja jā , tad šie filtri jāapskata un, cik iespējams, jāiztīra.
Motora efektivitāte	Vai sūkņētava atrodas piesārņotā vidē? Vai sūkņētava ir aprīkota ar ekonomiskiem motoriem?			Ja jā , tad jāizskata jautājums par to, vai motors tiek regulāri tīrīts. Ja nē , tad jāizskata jautājums par to, vai būtu izdevīgi aizstāt esošos motorus ar ekonomiskiem motoriem.

7.2 Enerģijas taupīšana centrālās sūkņos

Ievads

Sūkņēšana ir nepieciešama tad, kad ūdens vai jebkurš cits šķidrums jāceļ no viena līmeņa līdz citam vai no vienas tvertnes līdz otrai vai tam jācirkulē noslēgtā sistēmā.

Visos minētajos gadījumos nepieciešama enerģija līmeņu izmaiņai un berzes pārvarēšanai cauruļvados un savienojumos.

Lielākā daļa sūkņu, kas parasti tiek izmantoti rūpniecībā un citos sektoros kā arī dzīvokļos un dzīvojamās mājās, ir centrālās sūkņi.

Tādēļ šī nodaļa aplūko tikai centrālās sūkņus. Bez šī īsā centrālās sūkņu teorētiskā pārskata, nodaļā iekļauti daži priekšlikumi enerģijas taupīšanai sūkņos un sūkņu sistēmās.

Sūkņu teorija

Šajā nodaļā īsi aprakstīti sekojošie priekšmeti:

Centrālās sūkņa – darbības princips un uzbūve.

Sūkņa celšanas augstums, H .

Jaudas raksturlīknes – sakarības starp augstumu un plūsmu.

Slodzes raksturlīknes un darba punkts.

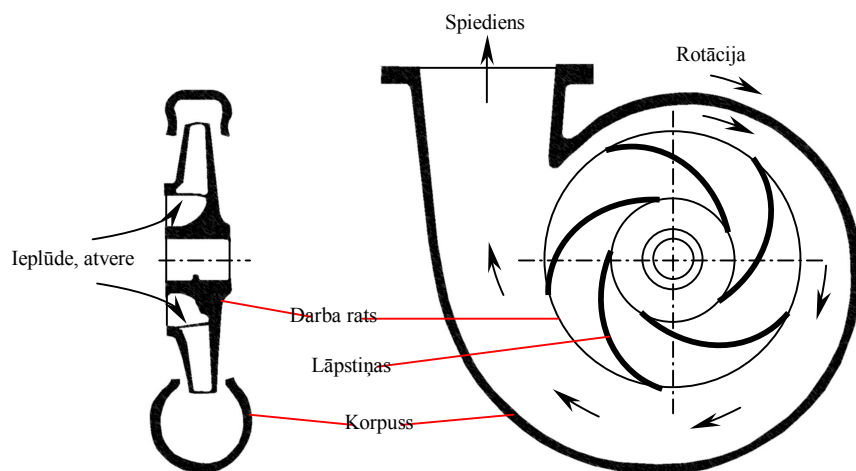
Līdzīgie vienādojumi.

Centrālās sūkņa – darbības princips un uzbūve

Centrālās sūkņa ir radiāls sūkņa – tas nozīmē, ka ūdens plūsmas virziens sūkņī ir perpendikulārs sūkņa vārpstai.

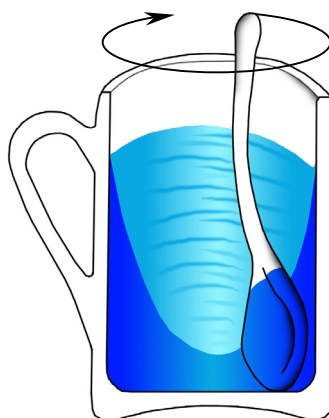
Centrālās sūkņa darba ratam griežoties, izplūstošais ūdens sūkņa korpusā radīs gan dinamisko, gan statisko spiedienu.

Princips ir parādīts 1. attēlā.



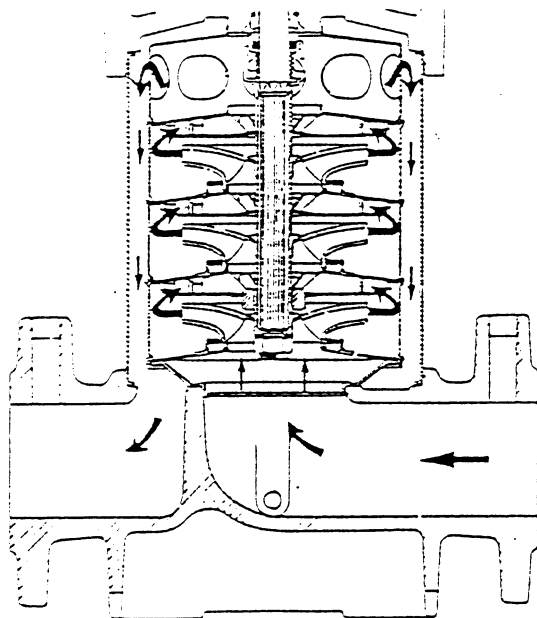
1.attēls Centrbēdzes sūkņa princips.

Šis parādība ir līdzīga labi pazīstamam gadījumam – kafijas maisīšanai krūzē ar karoti. Kafija tiek izsviesta uz āru, bet, tā kā kafija nespēj izplūst no krūzes (kā tas notiktu sūknī), tā tiek pacelta gar krūzes sienām. Karotes maisīšanas kustības rezultātā ūdens sāk kustēties (ar dinamisku spiedienu) un tiek pacelts (ar statisku spiedienu). Skat. 2. attēlu.



2.attēls

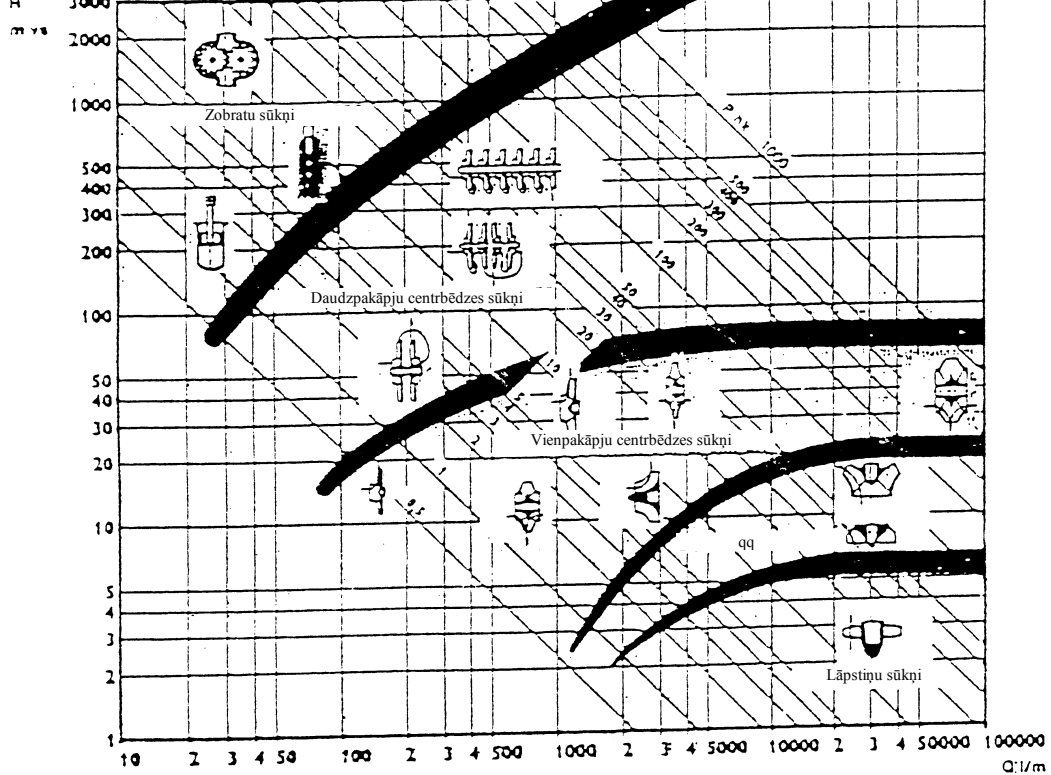
Šķidrums tiks izsviests no darba rata difuzorā. Skat. 3.attēlu.



3.attēls *Daudzpakāpju centrālās sūkņi.*

Ja vajadzīgs augstāks spiediens, tad centrālās sūkņi var izveidot kā daudzpakāpju sūkņi, kā parādīts 3.attēlā. Daudzpakāpju sūkņi pielietojami, piemēram, katliem elektrostacijās, kur nepieciešams augstāks spiediens.

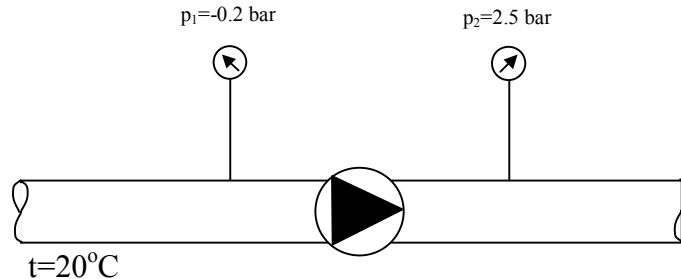
Lielāko daļu spiedienu un plūsmu kombinācijas sedz centrālās sūkņi. Diagramma ir parādīts 4.attēlā.



4.attēls Diagramma - centrālās sūkņu iespējamās spiedienu un plūsmu kombinācijas.

Sūkņa celšanas augstums, H.

Enerģiju, ko sūknis nodod šķidrumam, var izmērīt starp divām sūkņa atverēm; šis ir sūkņa celšanas augstums.



5.attēls

Formula, ko izmanto celšanas augstuma aprēķināšanai:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

Tā kā ģeodēziskais celšanas augstums un ūdens ātrums ir nemainīgs pirms un pēc sūkņa, tad vienkāršotā formula būs:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

Piemērs:

Ja Δ pieņemam $1\,000\text{ kg/m}^3$ tīram aukstam ūdenim un $g = 10\text{ m/s}^2$:

$$H = 2.5\text{ bar} - (-0.2\text{ bar}) = 2.7\text{ bar} = 27\text{ m.}$$

Precizēts aprēķins:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} = \frac{(2.5 - (-0.2))10^5\text{ kg/ms}^2}{992\text{ kg/m}^3 \cdot 9.81\text{ m/s}^2} = 27,74\text{ m}$$

Sūkņa enerģijas patēriņš:

$$P = \kappa \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot 1/0 \Rightarrow \quad (\text{Plūsma} = 360\text{ m}^3/\text{h})$$

$$P = 992\text{ kg/m}^3 \cdot 9,81\text{ m/sec}^2 \cdot 27,74\text{ m} \cdot 0,1\text{ m}^3/\text{sec} \cdot 1/0,8 = \underline{\underline{33,74\text{ kW}}}$$

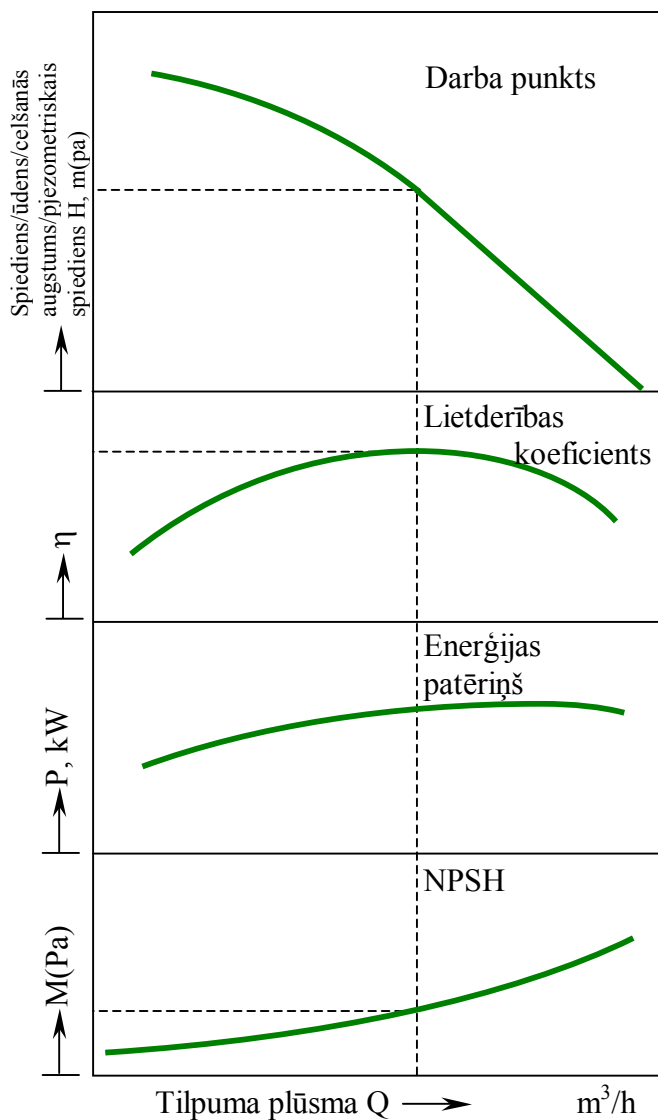
Jaudas raksturlīknes – attiecības starp celšanas augstumu un plūsmu

Sūkņa celšanas augstuma un tā ražības atkarību eksperimentos nosaka sūkņa ražotājs.

Pie konkrēta kopējā celšanas augstuma sūknis var izturēt noteiktu plūsmu pie konkrētas sūkņēšanas efektivitātes un jaudas patēriņa.

Saistība starp kopējo celšanas augstumu un citiem parametriem, kā arī sūkņa neto pozitīvais sūkņa celšanas augstums (NPSA). parasti ir norādīti sūkņa raksturlīknēs

Sūkņa raksturlīkņu piemērs parādīts 6. attēlā.



6.attēls

Sūkņa celšanas augstuma mērvienība bieži ir metrs šķidruma staba un plūsmas tiek norādīta m^3/h .

Atcerieties, ka parasti tiek norādīti sūkņa lietderības koeficients un patērētā jauda. Turklāt jāņem vērā motora lietderības koeficients.

Sūkņa patērēto jaudu var aprēķināt:

$$P = \kappa * g * H * Q * 1/0$$

kur ρ [kg/m³] ir blīvums, g [m/sec²] ir gravitācijas paātrinājums, Q [m³/sec] ir tilpuma plūsma un H [m] ir celšanas augstums.

Sūkņa ieplūdes spiedienam vienmēr jābūt lielākam nekā tvaika spiedienam (vārīšanas punkta spiediens) plus NPSA.

Ja šis nosacījums netiek ievērots, tad šķidrums sāk vārīties un sūknī radīsies kavitācija.

Tvaika burbuļi sūkņa spiediena pusē radīs spiediena viļņus – tā rezultātā rodas ļoti zema sūknēšanas efektivitāte. Savukārt, sūknī sabojās kavitācija.

Kavitāciju pavada spēcīga svilpjoša skaņu un sūkņa raksturlīknē noteiktā jauda parasti netiek sasniegta.

NPSA vērtība paaugstinās kopā ar ražību.

Piemērs

Pie 100°C, ūdenim ir tvaika spiediens (vārīšanas punkts) ir 1 bārs vai aptuveni 10 m ūdens stabs.

Sūkņa NPSA var noteikt pēc sūkņa raksturlīknes pie noteiktas plūsmas. Piemērā NPSA vērtību var noteikt pie 2 m ūdens staba.

Lai novērstu ūdens vārīšanos sūknī, sūkņa ieplūdes spiedienam jābūt lielākam nekā tvaika spiedienam plus NPSA vērtībai, t.i. 10 m + 2 m = 12 m ūdens stabs.

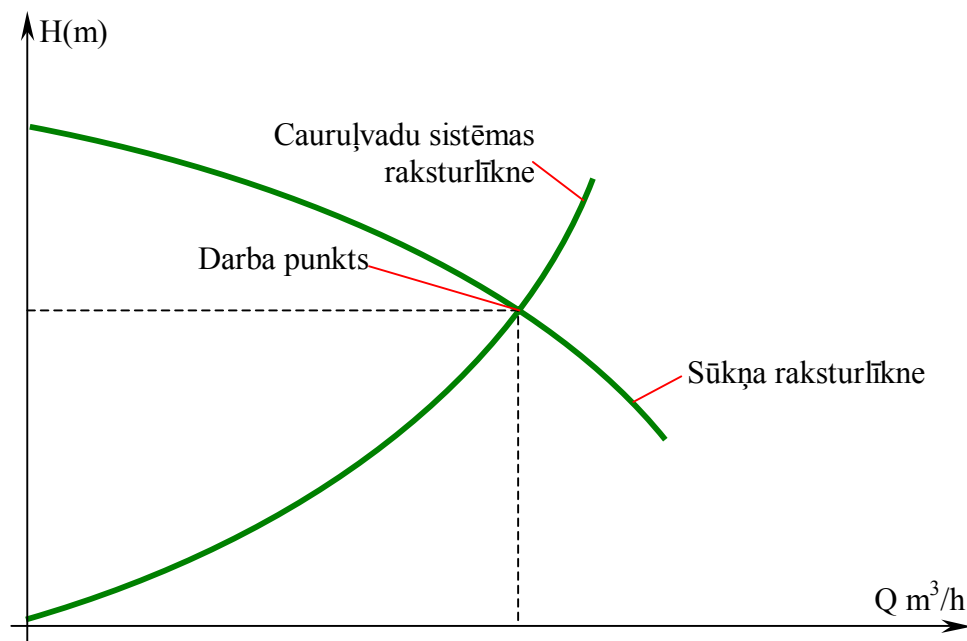
Sūknis var sūknēt no rezervuāra ar 8 m ūdens līmeni, t.i. ieplūdes spiediens ir atmosfēras spiediens + ūdens līmeņa augstums, 10 m + 8 m = 18 m ūdens staba.

Tātad ir 18 m – 12 m = 6 m ūdens staba rezerve pirms rodas risks, ka ūdens sūknī varētu vārīties.

Cauruļvadu raksturlīknes un darba punkts

Cauruļvadu raksturlīkne parāda sistēmas spiediena zudumus kā plūsmas, kas tiek virzīta caur visu sistēmu, funkciju

Sūknētavas sistēmas darba punkts vienmēr atrodas sūknētavas sistēmas un uzstādītā sūkņa raksturlīkņu krustpunkta tuvumā. Skat. 7.attēlā.



7. attēls Sūkņa raksturlīkne.

Tā saucamie līdzīgie vienādojumi var tikt izmantoti centrālās sūkņiem plašā rotācijas apgriezienu skaita diapazonā.

Sekojošus līdzīgus vienādojumus pielieto saistītiem punktiem uz līdzīgas parabolas, kas apraksta sūkņa pozitīvās un negatīvās mērvienības (virs nulles, zem nulles).

Sūkņa plūsma, Q ir proporcionāla sūkņa darba rata apgriezienu skaitam, n :

$$\frac{Q_x}{Q_n} = \frac{n_x}{n_n}$$

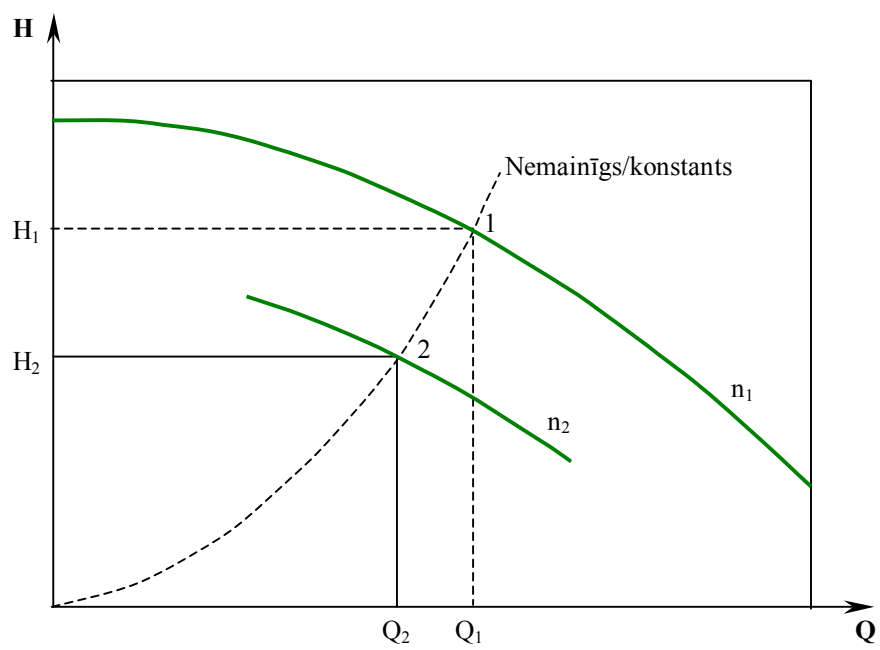
Sūkņa kopējais celšanas augstums ir proporcionāls sūkņa darba rata apgriezienu skaitam kvadrātā:

$$\frac{H_x}{H_n} = \left(\frac{n_x}{n_n} \right)^2$$

Sūkņa patērētā jauda ir proporcionāla sūkņa darba rata apgriezienu skaitam kubā:

$$\frac{P_x}{P_n} = \left(\frac{n_x}{n_n} \right)^3$$

Slēgtas sistēmas cauruļvadu raksturlīknes ir identiskas līdzīgajai parabolai, kā parādīts 8. attēlā.



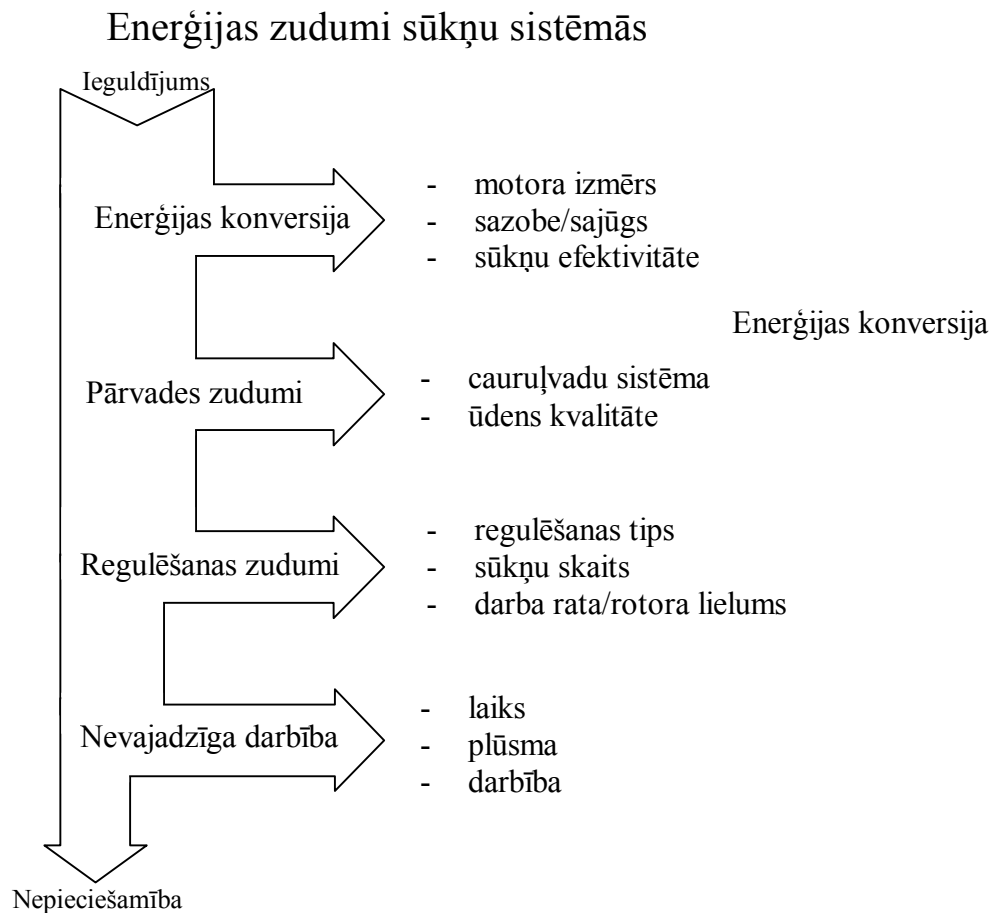
8.attēls

7.3 Taupīšanas priekšlikumi

Sūkņi bieži vien ir vairāku kontroles un mēraparatūras mehānismu lielas un kompleksas sistēmas neatņemama daļa.

Tas nozīmē, ka vairākkārt nepieciešams pārdomāt sistēmu, pirms tiek izstrādāti ierosinājumi taupīšanai sūkņī.

9. attēlā parādītas tās vietas, kur bieži zūd enerģija sūkņa sistēmā.



9.attēls

Šajā sadaļā aprakstīti vairāki ierosinājumi taupīšanai sūkņos, sūknēšanas sistēmās un tie priekšnoteikumi, kas nepieciešami ierosinājumu īstenošanai.

Ierosinājumi taupīšanai sākas patēriņa shēmā.

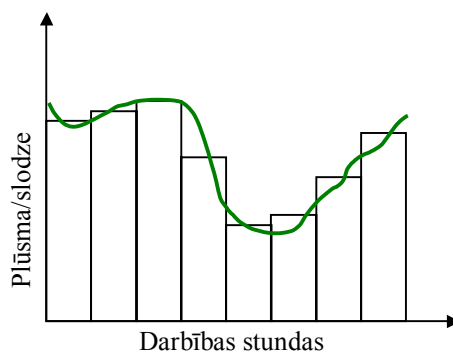
Ir apskatīts sekojošais:

Patēriņa un pieprasījuma uzskaite.
Tipiskāko taupīšanas iespēju pārskats.
Sūkņa izslēgšana.
Pārāk lielu sūkņu nomaiņa.
Paralēli savienojumi sūkņiem.
Enerģijas patēriņš pie dažādiem sūkņu kontroles režīmiem.

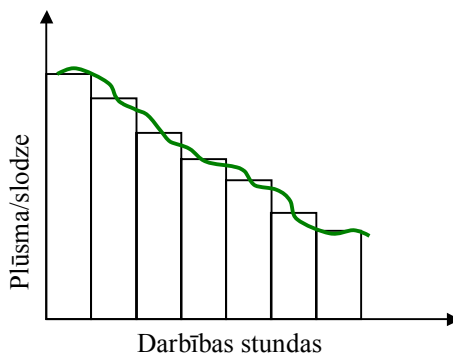
Patēriņa un pieprasījuma uzskaite

Pirms iespējams noteikt taupīšanas potenciālu noteiktam sūknim, nepieciešams nolasīt sūkņa enerģijas patēriņu un sistēmas prasības, piemēram, pie sūkņa plūsmas. Jāsadala nolasītie dati pēc lielumiem un jāattēlo kā hronoloģiska līkne, kā parādīts 10. attēlā. Vispārīgi tas nozīmē saskaņot pieprasījumu ar patēriņu.

Patēriņš/nepieciešamība



Darbības ilguma raksturlīkne

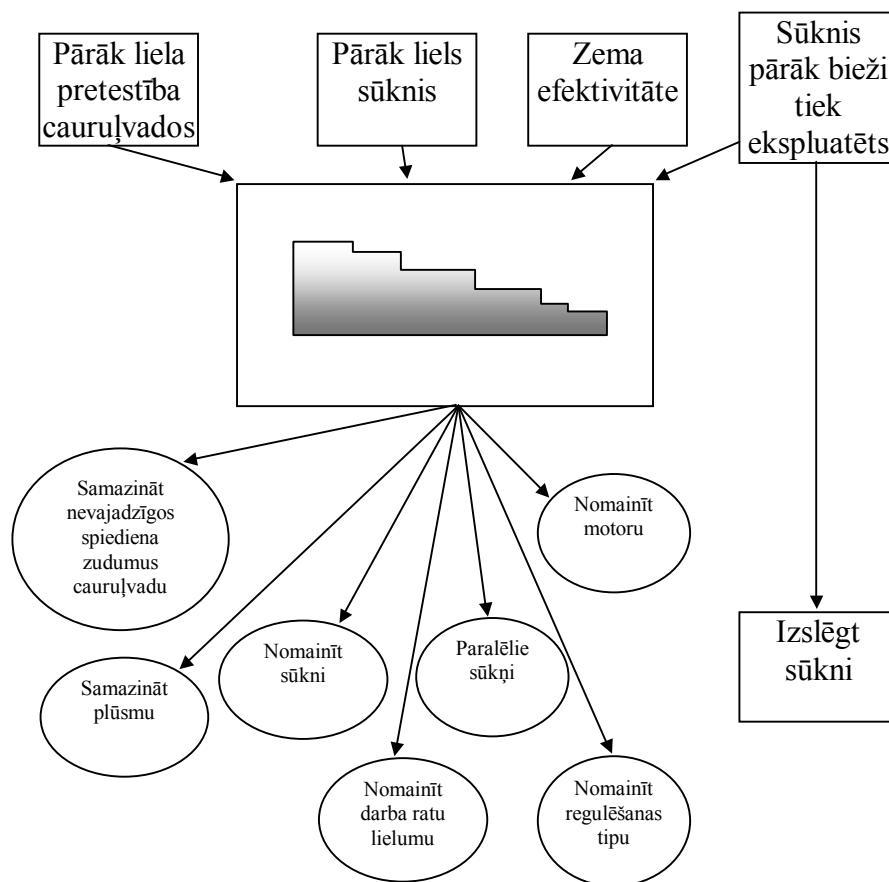


10. attēls

Salīdzinot reģistrētos datus ar reālajiem darbības datiem un nosacījumiem var bieži noteikt, kādas ir sūkņa un sūkņēšanas sistēmas enerģijas taupīšanas iespējas.

Tipiskāko taupīšanas iespēju pārskats

11.attēlā parādīti tipiskākie cēloņi nesaimnieciskai sūkņu darbībai un attiecīgās iniciatīvas.



11. attēls

Sūkņa izslēgšana

Pārāk daudzi sūkņi darbojas neatbilstoši sūkņēšanas prasībām, kas izraisa enerģijas pārtēriņu un paaugstinātu sūkņa nodilumu.

Ieteicams nodrošināt sūkņus ar laiku ierobežojošām automātiskās vadības iekārtām, jo šīs iekārtas parasti ir samērā lētas.

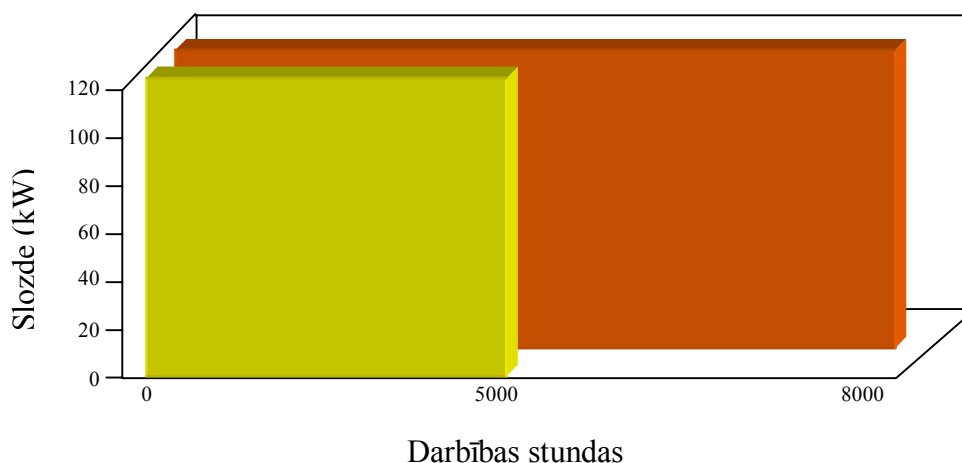
Iegūtais ietaupījums vienmēr ir proporcionāls darbības laika samazinājumam.

Liekais patēriņš bieži rodas, piemēram, siltumpunktos, darbojoties naktīs un nedēļas nogalēs.

12.attēlā parādīts piemērs dzesēšanas ūdens sūkņa nevajadzīgai darbībai mazā Dānijas koģenerācijas stacijā.

Darbības ilguma raksturlīkne

Dzesēšanas ūdens sūkņi



12. attēls

Enerģijas ietaupījums: 330,000 kWh / gadā.

Pārāk liela sūkņa nomaiņa

Daudz sūkņi ir pārāk lieli salīdzinājumā ar risināmo uzdevumu.

Bieži tā iemesls ir:

- tie ir paredzēti maksimālai slodzei.
- tie ir paredzēti ar papildus drošuma koeficientu.
- tiek tika paredzēti, pirms kļuva zināmi stacijas dati.
- ja sūkni nomaina, to nomaina ar tāda paša tipa sūkni.

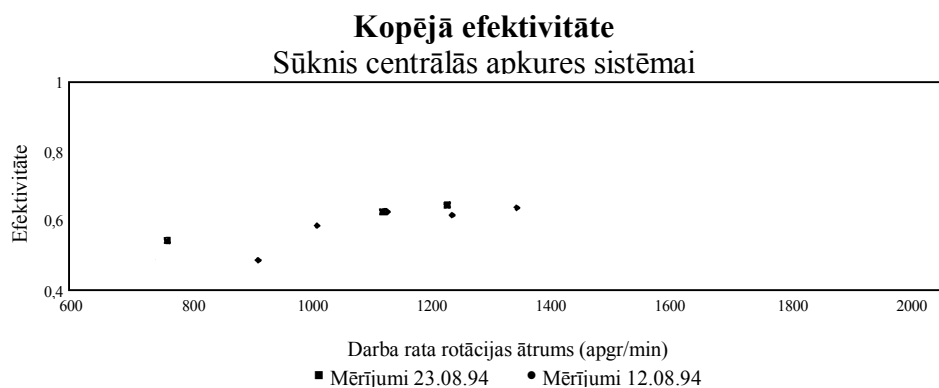
Taupīšanas iespējas ir:

- sūkņa rata uzstādīšanā.
- nomainot vai papildinot sūkni ar vienu vai vairākiem maziem paralēli savienojamiem sūkņiem.
- regulējot sūkņa motora ātrumu, piemēram, ar ātruma regulatoru.
- nomainot sūkņa motoru ar daudzātrumu motoru.

Atcerieties, ka uzstādot sūkņa ratu, motoram, kas ir pārāk liels salīdzinot ar darbību, būs zema efektivitāte.

13.attēlā parādīts ātrumu regulējoša sūkņa izmērs. Vasaras sezonā. sūkņa motora slodze ir tik maza, ka kopējā sūkņa efektivitāte kļūst ļoti zema.

Risinājums ir, savienot mazākus sūkņus paralēli, un tie pārņem darbību vasaras sezonā.



Darbība vasarā	Lietderības koeficients	Slodze [kW]	Darbības stundas	Patēriņš [kWh/gadā]
Sūkņa ātrums (apgr./min)	0,54	130	3500	455.000
Mazāks paralēlais sūknis	0,78	90	3500	315.000
Enerģijas ietaupījumi				140.000

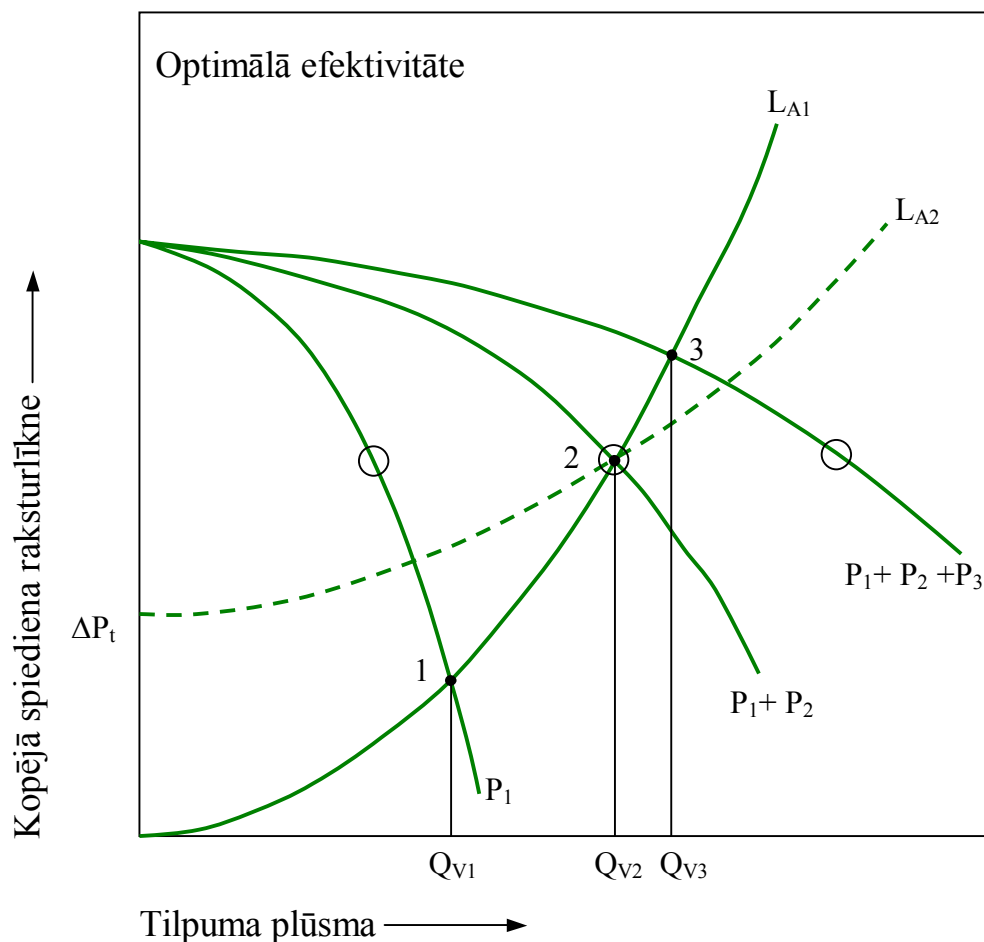
13.attēls

Paralēla savienojuma sūkņi

Atsērošanas iekārtai (slapjās berzes princips) nepieciešamas dūmgāzu apstrādei varbūt 3 atšķirīgas ūdens plūsmas. Procesa ūdens plūsmas prasības ir atkarīgas no dūmgāzes sēra satura un tas nedaudz svārstās.

Šeit ir acīmredzama iespēja izveidot, piemēram, paralēli savienotus divus dažādu lielumu sūkņus vai trīs vienāda izmēra sūkņus (pēc apgādes drošības apsvērumiem), tā lai tie apmierina visas vajadzības.

14.attēlā rādīta situācija, kad paralēli savienoti trīs sūkņi.



14.attēls.

Pareiza sūkņu kontrole

Ja sistēmai nepieciešama ļoti mainīga plūsma, piemēram, centrālajā apkurē, sūkņus var kontrolēt dažādos veidos.

Trīs biežāk lietotās kontroles metodes ir:

- Droselēšana
- Apejas regulēšana
- Ātruma regulēšana.

Ja tiek izmantota droselēšana, attiecīgi tiek atvērts vai aizvērts vārsts, kas atrodas sūkņa spiediena pusē. Ja šķidruma plūsma sistēmā jāsamazina, droseles vārstu nedaudz piever. Vārstu pieverot, pretpiediens sistēmā palielinās.

Tas nozīmē, ka sūknim jāsasniedz lielāks kopējais celšanas augstums, un tādējādi tas nevar nodrošināt lielu plūsmu, salīdzinot ar sūkņa raksturlīkni.

Ar apejas regulēšanu, nevēlamo plūsmu atgriež no sūkņa spiediena puses uz sūkņa ieplūdes pusi caur apejas vārstu.

Ar ātruma regulēšanu sūkņa rata ātrumu regulē tā, lai tas atbilstu pieprasījums situācijai.

Līknes 15.attēlā rāda sūkņa energopatēriņu trim dažādām regulēšanas metodēm, plūsmas samazināšanai uz pusi.

- Droselēšana: 63 % energopatēriņa.
- Apejas regulēšana: 107 % energopatēriņa.
- Ātruma regulēšana: 22 % energopatēriņa.

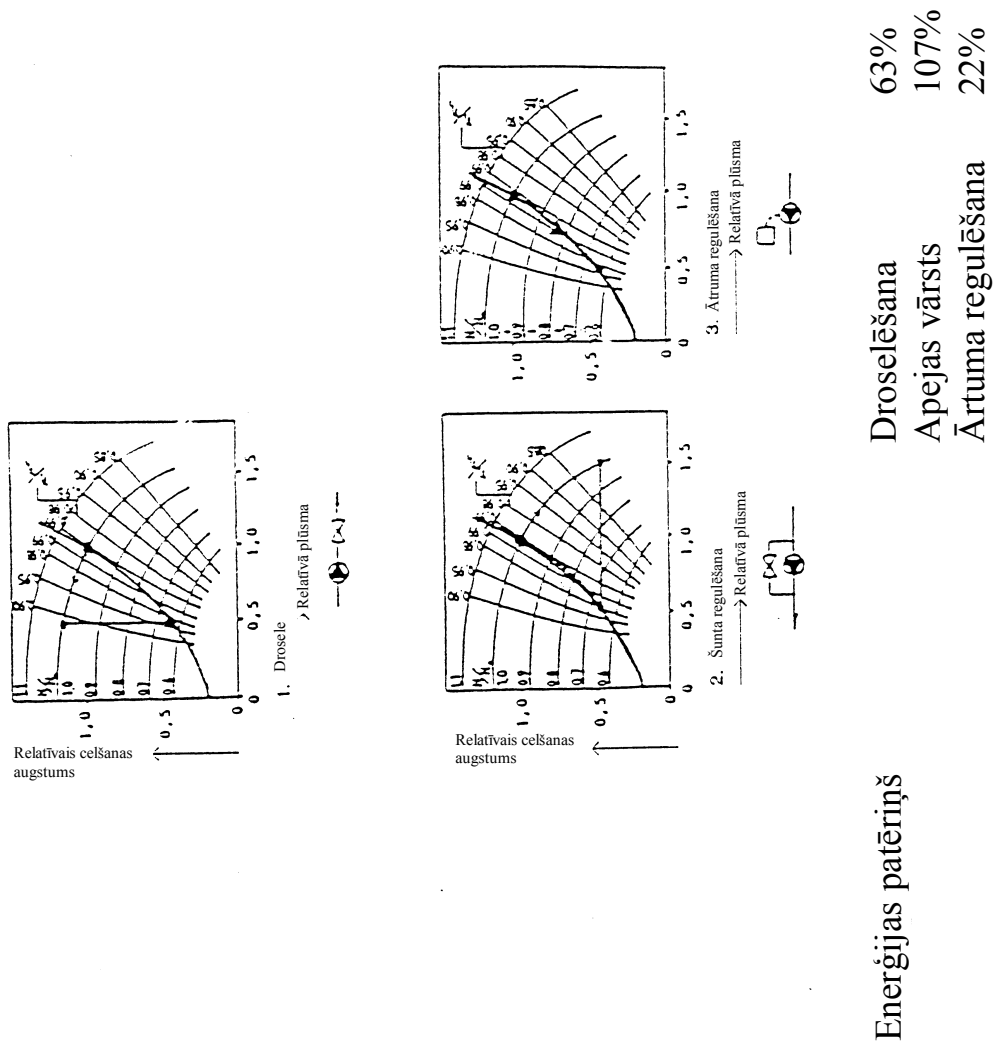
Šie skaitļi nav precīzi visās situācijās, taču tos uzskata par svarīgām vadlīnijām regulēšanas metodes izvēlē.

Jāpiezīmē, ka bieži nav pieminēšanas vērtā energopatēriņa izmaiņa, izmantojot droselēšanu.

Līknes rāda, ka no enerģijas ekonomijas viedokļa ir pareizi izvēlēties sūkņa ātruma regulēšanu. Skat. 15.attēlu.

Iemesls, kādēļ šo regulēšanu neizvēlas visos gadījumos, ir nepieciešamība investēt lielus sākotnējos resursus, salīdzinot ar divām citām regulēšanas formām.

15.attēls.



7.4 Pārbaudes saraksts

Saistībā ar energokonsultācijām par sūkņiem var izmantot šeit uzskaitītos punktus.

1. Noskaidrot sistēmas spiediena un plūsmas prasības.
2. Noskaidrot sūkņa ekspluatācijas apstākļus.
3. Noskaidrot kādam nolūkam sūkņa lielums ir izvēlēts.
4. Noskaidrot sūkņa lietderības koeficientu.
5. Pievērst uzmanību droseles vārstiem un vārstu novietojumam.
6. Pievērst uzmanību liekām apeiām.
7. Pārbaudīt cauruļvadu sistēmas spiediena zudumu cēloņus - neiztīrīti filtri utt.

8. Elektromotori

8.1 Motoru pārbaudes saraksts	2
8.2 Augstas efektivitātes motori	3
8.3 Motoru regulēšanas sistēmas	4
Frekvenču pārveidotāji	
Automātiskie sprieguma regulatori	
8.4 Pārvades sistēmas	6

8.1 Elektromotoru pārbaudes saraksts

Tabulā uzskaitīti apstākļi, kas var ietekmēt elektromotoru enerģijas patēriņu un ir noskaidrojami pirmā apmeklējuma laikā:

	Jāpārbauda apmeklējuma laikā	Jā	Nē	Apstākļi, kas izpētāmi tālāk
Darbināšanas laiks	Vai dzinēji tiek atslēgti pēc noteiktā darba laika? Vai dzinēji tiek atslēgti, darba mašīnai vai ierīcei strādājot tukšgaitā?			Ja nē , jāizpēta, vai būtu izdevīgi uzstādīt dzinējus automātiskajā ieslēgšanās un atslēgšanās režīmā Ja jā , jāizpēta, vai būtu izdevīgi uzstādīt dzinēju automātiskās ieslēgšanas un atslēgšanas automātiku
Elektrodzinēja reālais lietderības koeficients	Vai dzinēji ir nolietojušies? Vai dzinējiem tiek regulāri veikta tehniskā apkope? Vai tiek izmantoti ekonomiskie dzinēji?			Ja jā , iespējams, ka dzinēja lietderības koeficients ir samazinājies. Tas ir jāizpēta. Ja nē , iespējams, ka dzinējiem lietderības koeficients ir samazinājies. Tas ir jāizpēta. Ja nē , jāizpēta, vai būtu izdevīgi nomainīt esošo dzinēju pret ekonomisko dzinēju.
Ātruma pielāgošana	Vai dzinēji ir uzstādīti sistēmās (piemēram, ražotnēs vai siltuma avotos), kas bieži darbojas ar zemāku jaudu par paredzēto?			Ja jā , jāizpēta ātruma pielāgošanas iespēja.

8.2 Augstas efektivitātes motori

Pēdējo pāris gadu laikā Eiropas mainstrāvas elektromotoru ražotāju jaunā tendence ir motoru efektivitātes palielināšana. Sīkie motori amplitūdā līdz apmēram 22 kW tiek izgatavoti augstas efektivitātes motoru īpašās sērijās, uzlabojot lietderības koeficientu par aptuveni 5 %. Kas attiecas uz lielākiem motoriem, tad vienmēr ir bijusi iespēja iegādāties dārgākus motorus ar nedaudz augstāku (par 1-3 %) lietderības koeficientu.

Mēs iesakām apsvērt augstas efektivitātes motoru priekšrocības vienmēr, kad tiek veikta jauna iekārtu uzstādīšana, pat ja tie ir jāimportē. Ņemot vērā motoru ļoti ilgo mūžu, bieži vairāk kā 30 gadus, un to lielo ekspluatācijas stundu skaitu, motora cena, salīdzinot ar tā ekspluatācijas izmaksām, ir ļoti zema. Augstas efektivitātes motora augstāka cena ir nenožīmīga salīdzinājumā ar ietaupījumiem motora mūža laikā.

No otras puses – esošos un pilnvērtīgi darbojošos motorus mainīt pret augstas efektivitātes motoriem nav optimāls lēmums, izņemot, ja esošie motori ir ļoti sliktā stāvoklī vai arī, ja ļoti ilgs atmaksāšanās laiks ir pieņemams. Vecāka neefektīvā motora nomainīšanai pret jaunu standarta motoru var būt zināma nozīme, ja cena ir zema. Dažādu izmēru motoru saraksts un diagramma, kas iekļauti pielikumā, norāda, kādam vajadzētu būt veca motora lietderības koeficientam, lai sasniegtu konkrētu atmaksāšanās laiku.

Ņemiet vērā, ka augstas efektivitātes motoriem vienmēr ir augstāks nominālo apgriezienu skaits. Svarīgi, lai dzensiksna (ja ir) ir piemērota tā, lai veca motora maiņa ar jaunu augstas efektivitātes motoru neizraisītu konkrētās iekārtas jaudas patēriņa palielināšanos (piemēram, radiālais ventilators). Jaudas patēriņa palielināšana izraisīs palielinātu elektroenerģijas patēriņu, kas visdrīzāk pārspēs potenciālos ietaupījumus.

Bojātie motori dažreiz tiek pārtīti, ja bojājums nav pārāk liels. Pārtīšana neietekmē efektivitāti, ja to veic pareizi. Dažreiz efektivitāti pat var uzlabot, tomēr visbiežāk efektivitāte samazinās nekārtīga darba dēļ, piemērota materiāla vai attiecīgu instrumentu trūkuma dēļ. Ieteicams noteikt standartus laboto motoru pārbaudei, lai nodrošinātu efektivitātes vai citu svarīgu rādītāju nesamazināšanos.

Svarīgi, lai trīs fāzu motoriem barošanas fāzu spriegumi ir sabalansēti. Katra nobīde no līdzsvara radīs efektivitātes kritumu. Lielākajiem motoriem visu trīs fāzu spriegumi vienmēr ir jāizmēra audita laikā.

Lielo motoru pašpiedziņas motora dzesēšanas ventilatori jāiedarbina un jāapstādina pēc nepieciešamības.

Energoaudita rezultātā tika veikts pētījums, lai gūtu priekšstatu visu motoru nomaiņas uz augstas efektivitātes motoriem iespaidu tipiskā uzņēmumā:

Apsektie motori visumā bija labā stāvoklī, un lielākajiem motoriem tika noskaidrots patiesais lietderības koeficients. Mazākajiem motoriem (kas sastāda tikai nelielu daļu no kopējā patēriņa) aprēķinos tika pielietots nominālais lietderības koeficients. Salīdzinot patēriņu, kas balstās uz šiem datiem, ar patēriņu, kas iegūstams ar labākiem augstas efektivitātes motoriem, izrādījās, ka motoru nomaiņa nebūtu ekonomiski pievilcīga. Rezultāti norādīti pielikumā.

8.3 Motora regulēšanas sistēmas (Frekvenču pārveidotāji / Automātiskie sprieguma regulatori)

Automātiskais ieslēgšanas/ izslēgšanas režīms ir visvienkāršākais ietaupījumu sasniegšanas veids. Metodes ir ļoti dažādas, un to izpildījums ir cieši saistīts ar pielietošanu. Mērķis ir līdz minimumam samazināt motora tukšgaitas periodu, sekojot konkrētās iekārtas darbināšanas nepieciešamībai.

Sensori var būt mikro-slēdži, spiediena slēdži, tuvuma sensori utt., bieži vien kombinēti ar laika releju. PLC-kontrolētajā iekārtā ļoti bieži ir iekļauta automātiskā ieslēgšanas/izslēgšanas sistēma. Dažreiz pietiek ar lētiem elektroniskiem laika relejiem, lai nodrošinātu vienkāršu automātisku risinājumu.

Motoru kontrolieri ir ierīces ko lieto pastāvīga ātruma un mainīgas enerģijas pieprasījuma gadījumos, kad lielāko darbināšanas laiku motoru noslodze ir mazāka par 50 % no nominālās. (Motora kontrolierus dažreiz dēvē par enerģijas faktora vai sprieguma kontrolieriem).

Kad motora kontrolieris fiksē pazeminātu noslodzi, tas automātiski samazina spriegumu un līdz ar to arī magnētisko plūsmu līdz nepieciešamajam līmenim, lai apmierinātu slodzes enerģijas pieprasījumu (līmenis, kad motora ātrums tikko sāk samazināties). Rezultāts ir samazināti zudumi statorā un paaugstināts enerģijas faktors.

Šīs ierīces raksturlielnes bieži ir moderno soft-starteru un frekvenču pārveidotāju integrētas daļas. Motoru kontrolieru izmaksas bieži ir mazākas nekā tāda paša lieluma soft-starteru izmaksas.

Motoru kontrolieri ļoti bieži tiek izmantoti mehāniskajā ražošanā. Griežamās un maļamās mašīnas bieži tiek konstruētas, lai strādātu plašā slodžu spektrā.

D-Y- pārslēgšana

Automātiska tinumu pārslēgšana ir vienkārša motora kontroliera versija, ko var ievietot iekārtās, kurās jau ir Y-D- starteri. Metode tikai nodrošina divus sprieguma līmeņus, un ir piemērota tikai tad, kad slodze pēc sākotnējās iedarbināšanas pastāvīgi paliek zema.

Pastāvīgu D tīta motora Y-slēgumu var izmantot, kad motors ir pārāk liels tā pielietojumam, un nomaiņa uz mazāku nav iespējama.

Y-slēgumā D-tipa 7,5 kW motors, kas pastāvīgi noslogots ar 1 kW jaudu, var samazināt zudumus no 0,5 kW līdz 0,25 kW.

Pakāpeniskie starteri ir palaišanas iekārtas, kas tiek pielietotas tur, kur nepieciešams pastāvīgs ātrums un pastāvīga vai mainīga slodze.

Pakāpeniskajiem starteriem ir četras enerģijas taupīšanas priekšrocības, kuras visas var izmantot, motoru slodzēm ar lielu palaišanas inerci un griezes momentu, kas pieaug līdz ar ātrumu.

Lēna sprieguma, un līdz ar to arī noslodzes, palielināšana iedarbināšanas laikā, ļauj samazināt palaišanas momentā nepieciešamo jaudu un vajadzību pēc motora palielināšanas. Tā rezultātā mazāka izmēra motors darbojas tuvāk pilnai noslodzei un ar augstāku efektivitāti. Piedziņas efektivitāte arī būs lielāka, piemēram, siksnu skaitu var samazināt, lai tas atbilstu pilnas slodzes enerģijai.

Vēl viena pakāpenisko starteru vadības izmantošanas priekšrocība ir iespēja biežāk iekārtu apstādināt un atkal ieslēgt, tādējādi samazinot ekspluatācijas stundas. Tas ir zināms fakts, ka pat tad, kad tiek lietoti pareizi ieregulēti Y/D starteri, sakarā ar motoru un motora aizsardzības iekārtu sasilšanu, ir pieļaujamas tikai dažas apstāšanās stundas laikā standarta motoriem, kas ir lielāki par 7,5 kW.

Ņemiet vērā, ka pakāpeniskajiem starteriem vienmēr ir jābūt ar iebūvētu automātisko aplejas kontaktoru, lai novērstu zudumus pusvadītāju, motoram strādājot ar slodzi no 50 % līdz 100 %.

Pakāpenisko starteru izmaksas (apmēram 25 % no frekvenču pārveidotāju izmaksām) dažreiz ir pārāk augstas, lai attaisnotu iekārtu uzstādīšanu esošajās ražotnēs, ja vien tādas priekšrocības kā samazināti ekspluatācijas izdevumi vai samazināti produkcijas bojājumi netiek ņemti vērā.

Frekvenču pārveidotāji ir ierīces, kas tiek lietotas tur, kur ir mainīga ātruma un enerģijas pieprasījums.

Līdzīgi citām metodēm, kas nodrošina mainīgu ātrumu, frekvenču pārveidotājs tiešā veidā regulē jaudu motora darbināmai iekārtai, mainot tās rotācijas ātrumu. Atšķirībā, piemēram, no divu ātrumu motora, frekvenču pārveidotājs ļoti labi var pielāgot jaudu pieprasījumam tā, lai lieko jaudu nebūtu jānovada ar aizvaru, šuntu, vārstu utt. palīdzību.

Frekvenču pārveidotājus pielietot ātruma regulēšanai esošajās maiņstrāvas motorus izmantojošās iekārtās. parasti ir izdevīgāk nekā citas mainīgā ātruma piedziņas, kā piemēram, dažādu ātrumu motori, komutācijas motori un līdzstrāvas motori.

Dažas mašīnas, kā piemēram, centrālās sūkņi, radiālie ventilatori un aksiālie ventilatori ražo enerģiju, kas ir proporcionāla rotācijas ātrumam, bet patērē enerģiju proporcionāli ātruma trešajai pakāpei. Ja šādi mašīnai jāpievada enerģija saskaņā ar mainīgām prasībām, enerģijas ietaupīšana izmantojot mainīgo ātrumu, vārstu un aizvaru vietā, ir ievērojama. Jo lielāka ir dinamiskā amplitūda, jo lielāki ir ietaupījumi.

Svarīgi, lai pastāvīga ātruma sūkņu un ventilatoru sistēmas tiktu analizētas, un ja iespējams – izmainītas tā, lai varētu ieviest mainīgu ātruma regulēšanu (piemēram, cirkulācijas sūkņi, ventilācijas sistēmas utt.).

8.4 Pārvades sistēmas (ventilatoru dzensiksna)

Ja aplūkotā ventilatora dzensiksna ir vecā V-veida dzensiksna un sliktā stāvoklī, sagaidāmais lietderības koeficients varētu būt 0,89 %. Modernajai robotajai ventilatora dzensiksnei lietderības koeficients būs apmēram 0,95 %.

Ietaupījumi 30 kW motoram sasniegs apmēram 3000 kwh/gadā, pie vidējā enerģijas patēriņa 18 kW. Šāda lieluma ventilatora moderno dzensiksnu komplektam bieži būs ļoti īss atmaksāšanās laiks.

Pārvades zudumu samazināšana zobratu piedziņās ir cieši saistīti ar smērēļļas kvalitāti. Vienmēr būtu jāpārbauda, vai eļļai ir laba kvalitāte un vai eļļa tiek atjaunota saskaņā ar instrukcijām.

Dzensiksnu vai zobratu pārvades zudumi ventilatoru, vārpstu iekārtu u.c. motoru piedziņās – ir būtisks jautājums energoauditā.

Būtu jāņem vērā, ka pārvades zudumus daudzos gadījumos var likvidēt, ja tiek uzstādīts frekvenču pārveidotājs. Frekvenču pārveidotājs ļauj projektēt piedziņu ar tiešu pārnese – bez jebkādiem samazinājumiem, jo pareizo rotācijas ātrumu var ieregulēt tieši ar frekvenču pārveidotāju.

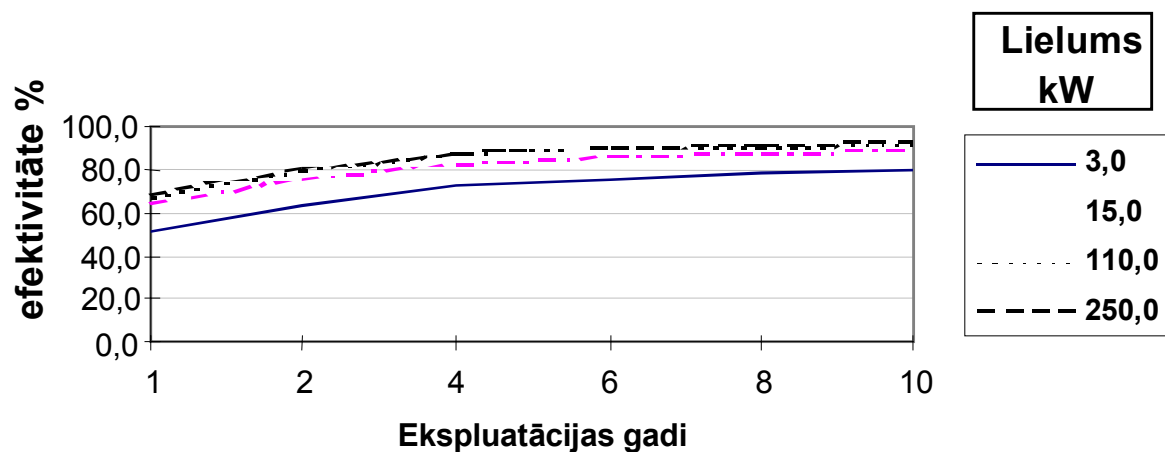
Ja kādu citu iemeslu dēļ nevar iztikt bez pārvades sistēmas, joprojām paliek iespēja samazināt zudumus, nodrošinot pārnese skaitli pēc iespējas tuvāku 1.

Sagaidāmās vērtības nākotnē

Nominālā max ražotspēja KW	3,0	15,0	110,0	250,0
Stundas gadā	5000	5000	5000	5000
Slodzes faktors %	80	80	80	80
Nominālais lietderības koeficients	85,0	91,7	96,0	96,5
Uzstādīšanas cena	500	500	1000	1000
Enerģijas cena	0,4	0,4	0,4	0,4
Cena par vienību	3200	10200	75000	160000

Ekspluatācijas gadi	Maksimālā vecas iekārtas efektivitāte, kas atmaksāsies			
1	51	65	68	70
2	64	76	80	81
4	73	83	87	88
6	77	86	90	91
8	79	87	91	92
10	80	88	92	93

Vecas iekārtas efektivitāte, kas līdzsvaros jaunas efektīvas iekārtas uzstādīšanas cenu



Motoru pārskats Pārskats rāda standarta maiņstrāvas motoru nomainīgas iespējas un jauna tipa energoefektīviem motoriem. Visi aprēķini balstīti uz trīs fāžu 380V, 50Hz, 2 polu elektromotoriem. Visas efektivitātes ir ražotāja nominālās vērtības.														
uzstādītie motori					ABB motori							lielākais uzlabojums		
ražotspēja	numurs	ikgadējais patēriņš	efektivitāte %		lielums	efektivitāte procentos						efektivitātes uzlabojums %	ikgadējais patēriņš	nomaināmo motoru skaits
kW		KWh	norādīta uz motora	aprēķināta kartēšanā	kW	vecāka standarta (1995)	enēgroefektīvi						kWh	
						MT	MBT	HXV	MTM	M2AA	M2BA			
1,5	1	7.368		82,0	1,5	79,0			84,5			5,5	405	1
3,0	50	115.433		85,0	3,0	83,0			85,0			2,0	2.309	50
3,2	10	133.056		86,0	4,0	83,0				87,4		4,4	5.854	10
4,5	1	20.985		86,0	5,5		85,0			87,0		2,0	420	1
5,0	22	151.629		87,0	5,5		85,0			87,0		2,0	3.033	22
6,0	5	123.552		88,0	7,5		85,5			89,0		3,5	4.324	5
9,0	2	47.641		89,0	11,0		89,0			91,2		2,2	1.048	2
10,0	10	375.677		89,0	11,0		89,0			91,2		2,2	8.265	10
10,4	1	47.088		89,0	11,0		89,0			91,2		2,2	1.036	1
15,0	16	448.971		90,0	15,0		89,5			91,7		2,2	9.877	16
15,0	3	120.109	88,2		15,0		89,5			91,7		2,2	2.642	3
18,5	1	175.200	91,0		18,0		90,5			92,4		1,9	3.329	1
22,0	4	100.660	91,5		22,0		91,0			92,8		1,8	1.812	4
25,0	8	789.141		91,0	30,0		91,0			93,2		2,2	17.361	8
30,0	2	68.128	92,2		30,0		91,0			93,2		2,2	1.499	2
30,0	1	117.854		92,0	30,0		91,0			93,2		2,2	2.593	1
37,0	5	420.672		92,0	37,0		92,5			93,6		1,1	4.627	5
45,0	4	104.850	91,5		45,0		93,0			94,0		1,0	1.048	4
55,0	1	124.069		93,0	55,0		93,0			94,5		1,5	1.861	1
60,0	3	363.420	92,4		75,0			94,5			95,6	1,1	3.998	3
75,0	1	350.400	92,7		75,0			94,5			95,6	1,1	3.854	1
75,0	1	166.568	90,0		75,0			94,5			95,6	1,1	1.832	1
110,0	2	373.143		94,0	110,0			95,2			96,0	0,8	2.985	2
132,0	2	399.762	92,0		132,0			95,4			96,5	1,1	4.397	2
138,0	1	785.825		94,0	160,0			95,9			96,7	0,8	6.287	1
kopā	157	5.931.201											96.697	157