

UNIVERSITATREA POLITEHNICA TIMISOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCTII

OPTIMIZAREA SISTEMELOR DE INCALZIRE

NOTE DE CURS

Şef. lucr. univ.dr.ing. Emilian Ştefan Valea

ANUL I OMSI

2013-2014

Generalitati

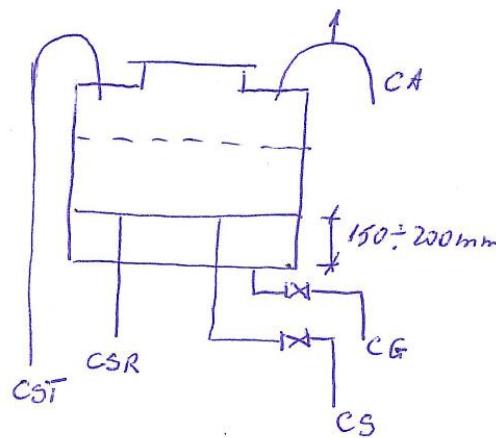
Livrarea agentului termic pt incalzire si apa calda trebuie facuta cu respectarea catorva conditii:

- 1 livrare continua in siguranta si de calitate a agentului termic
- 2 reducerea pe cat posibil a consumurilor de combustibil pt producerea ag termic
- 3 reducerea poluarii ocasionate de producerea ag termic (reducerea emisiilor gazelor cu efect de sera cu respectarea directivelor europene)
- 4 utilizarea pt exploatarea instalatiilor de personal calificat in situatiile in care instalatiile nu sunt automatizate

1.1. livrarea in siguranta

Pentru instalatiile de incalzire centralizata cu circulatie naturala unul din elementele de siguranta este vasul de expansiune deschis care are mai multe functii:

- se situeaza in partea cea mai inalta a instalatiei cu cel putin 30 cm deasupra celui mai inalt corp de incalzire
- principala functie este de a prelua surplusul de volum datorat cresterii temperaturii intre turul si returnul instalatiei
- functie de siguranta: prin faptul ca personalul de exploatare poate constata prezenta ag termic in vasul de expansiune, corelat cu faptul ca este in punctul cel mai inalt al instalatiei ne asiguram ca intreaga instalatie e plina de agent ceea ce confera siguranta bunei functionari a instalatiei.



Daca accidental din diferita cauze presiuna ag termic scade sau temp creste peste temp de saturatie, apa se vaporizeaza ceea ce poate conduce la accidente in instalatii.

Prin CA(conducta de dezaerisire) se elimina aburul format accidental.

Se deschide robinetul de pe CS(conducta de semnalizare) cu raccordul situat la 150-200mm de fundul VED.

CS este dirijata la cota la care se afla personalul de exploatare sau daca avem instalatie de automatizare la un senzor de nivel.

- functie de a permite evacuarea din instalatie prin intermediul sau a aerului existent la prima umplere.

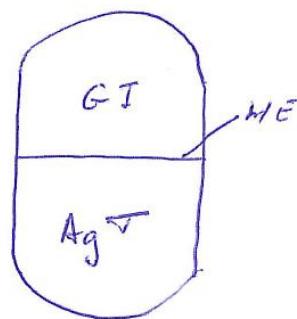
CST(conducta de siguranta de tur) conduce ag termic cald de la cazan la VED.

CSR(conducta de siguranta de retur) preia agentul termic de la returul corpurilor de incalzire si il conduce la cazan.

Este interzis ca intre cazan si VED sa se monteze armaturi de inchidere, cu 2 exceptii:

- a) VED este utilizat pt mai multe cazane ce functioneaza in parallel, dar nu toate sunt folosite simultan
- b) cazanul alimenteaza atat sisteme de incalzire cat si apa calda si in perioada de vara trebuie alimentat doar boilerul pt apa calda.

In cazul instalatiilor de incalzire centrala cu circulatie forzata se poate folosi VED dar mai recomandabil este folosirea VEI, care este de forma cilindrica avand capac si fund din calote sferice si care are in partea mediana o membrana elastica.



GT - gazinvent
ME - membrana elastica
AgT - agent termic

De desubtul membranei se afla ag termic din instalatie iar deasupra membranei se introduce gaz inert(de preferat, pt a prevenii coroziunea) sau aer, gaz aflat la aceeasi presiune cu cea a ag termic din instalatie.

VEI preia o parte din ag termic rezultat din cresterea de volum sau totalitatea cresterii, in functie de volumul total al ag termic din instalatie.

Daca volumul instalatiei este mare si ar necesita VEI cu volum mare si costuri sporite, se recurge la preluarea difereniei de ag termic de un rezervor de acumulare, din care, instalatia de

automatizare a instalatiei de incalzire cand sesizeaza scaderea presiunii ag termic din instalatie, preia ag din vasul de acumulare si il introduce ca ag de adaos cu ajutorul unei pompe de adaos.

Pentru a asigura si functia de protejare a instalatiei la suprapresiuni accidentale se monteaza o supapa de siguranta cu sectiune potrivita pt a descarca circuitul de eventuale suprapresiuni.

VEI se poate monta oriunde in instalatie, se poate monta atata pe tur cat si pe return.

- functia de eliminare a aerului la prima umplere se realizeaza prin montarea in punctele cele mai inalte, in capetele de coloane a unor robinete de dezaerisire de obicei automate.

1.2. functionare continua

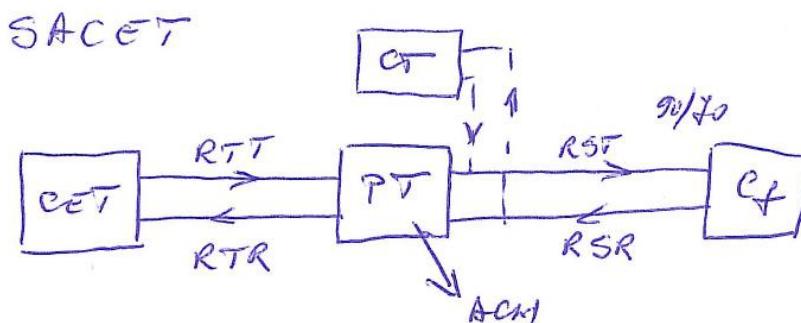
- sobe - sisteme cu acumulare: construite cu pereti din materiale refractare sau ceramic, cu grosimi de 110-130mm care trebuie alimentate de maxim 2 ori/zi deoarece intre cele 2 alimentari datorita acumularii calduri in pereti, aceasta se furnizeaza aproape in continuu.

- instalatii de incalzire centrala la care sursa se afla la distanta fata de consumatorul final, deci vorbim de incalzire centrala daca acelasi cazan(sursa) alimenteaza mai multe incaperi ale aceleiasi locuinte sau alimenteaza o intreaga cladire, sau acelasi schimbator de caldura dintr-un punct termic alimenteaza un grup de cladiri sau intreg cartierul.

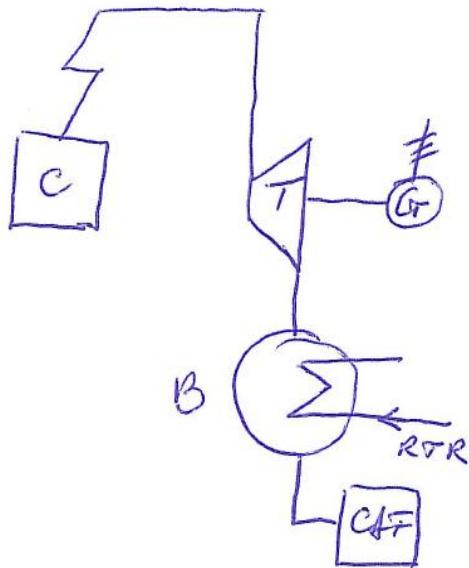
In cazul furnizarii centralizate a ag termic in functie de optiunea beneficiarului si caracteristicile cladirii ag termic se livreaza continuu sau discontinuu; ceea ce trebuie sa stea in vedere este satisfacerea consumatorului final, cand temperaturile din incaperile ocupate sunt apropriate de cele normate si cand apa calda menajera este livrata la parametrii normali continui.

Daca avem o casa cu pierderi mici, alimentata de la un cazan propriu se poate respecta cerinta cea mai importanta de a pastra temperatura constanta chiar daca functionarea cazanului nu este continua.

In cazul sistemului de alimentare centralizata cu energie termica(SACET) functionarea acestuia este continua atat pt prepararea ag de incalzire cat si pt prepararea apa calda menajera.



CET asigura agent primar cu parametrii nominali 150/70 °C, cu functionare reala 130/70 °C, apa fierbinte (pt ca este cu temperatura superioara temp de saturatie la presiune normala, si se transfera catre punctele de consum la asemenea temperaturi incat sa fie cu cel putin 5 °C deasupra temp de saturatie la presiunea de transport) la presiunea 6-12 bar.



Apa fierbinte este preparata din aburul iesit din turbina in boilerul ce este sursa de baza a producerii ag termic primar, si daca temperatura cu careiese din boiler nu este suficiente, agentul termic trece in sursa de varf care este CAF.

Retelele de transport apa fierbinte conduc la PT (sau statii termice - ST) de unde pentru incalzire avem retele secundare de transport pana la CF(consumator final) si retele de apa calda menajera.

PT sunt echipate cu schimbatoare de caldura pt prepararea ag termic pt incalzire si schimbatoare de caldura pt prepararea apa calda menajera (numarul lor asigura cantitatea de ag termic de incalzire si apa calda menajera in functie de structura PT, in functie de nr si felul consumatorilor).

$t_{ext\ de\ calcul} = -15$ grade C pt Timisoara este temperatura conventionala care in zona respectiva se atinge cu probabilitate ca fiind valoarea minima a temp exteroare pe o perioada de cateva zile (maxim o saptamana).

Dpdv al temp exteroare de calcul Romania se imparte in 4 zone climatice care au temp de calcul: I -12 °C ; II -15 °C ; III -18 °C ; IV -21 °C.

Daca se dimensioneaza schimbatoarele de caldura pt temperatura exteroara de calcul (s-a constata statistic ca este atinsa in o perioada de circa 5% din perioada sezonului de incalzire) rezulta ca sunt supradimensionate pt functionarea normala.

Sezonul de incalzire incepe pt fiecare consumator atunci cand exista un echilibru intre temp exteroara a aerului si temp interioara din incaperi. Temp interioara din incaperi este influentata de

aporturile solare, aporturile ocupantilor si de aporturile diferitelor aparate electrocasnice ce degaja caldura.

Statistic s-a constatat ca acest echilibru se strica pt consumatorii industriali la 12°C , pt consumatorii urbani la 10°C , pt spitale si crese la 14°C .

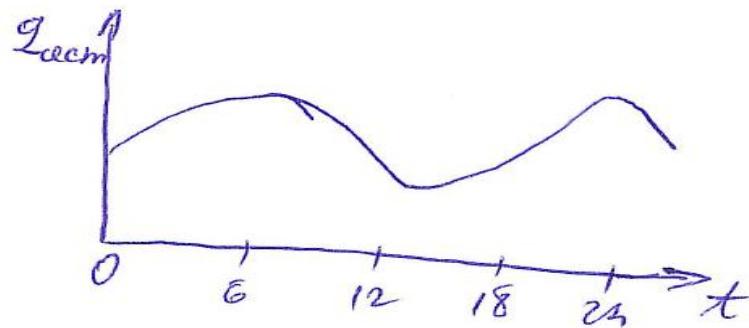
Tinand cont de faptul ca un sistem centralizat alimenteaza o varietate de consumatori ca structura si tip se considera conventional ca sezonul de incalzire incepe atunci cand 3 zile consecutiv media temperaturii exterioare intre orele 18 - 8 este de 10°C .

Schimbatoarele de caldura din punctele termice de cartier prepara agentul termic secundar folosind ca agent primar apa calda de 115°C furnizata din cazanele CT.

In cazanele CT agentul termic este apa dedurizata, care daca este trimisa la CF, ar fi impurificata si suprafetele de schimb de caldura ale cazanelor ar putea fi periclitate.

Apa calda menajera se prepara prin incalzirea apei potabile la temp nominala de 50°C dar nu mai mica de 40°C .

Daca sunt agenti economici cu personal numeros si in schimburi rezulta varfuri la ACM pe timp scurt. Se monteaza in PT acumulatoare de apa calda care preiau fluctuatii



In functie de gradul de izolare al cladirii pierderile de caldura sunt diferite de la o cladire la alta astfel incat atunci cand se livreaza de la sursa centralizata agent cu aceasi temperatura este posibil ca unii consumatori sa fie supraincalziti si altii subincalziti.

Se recomanta reglajul la consumatori al ag termic: daca este vorba de bloc reabilitat se reduce debitul de la vana de intrare, iar in cazul apartamentelor izolate suplimentar se folosesc robineti cu cap termostatat.

1.3 Asigurarea calitatii energiei termice

- in UE 40% din energie in cladiri si din aceasta 56% pt incalzire
- in RO : incalzire + apa calda 70-72%

rezulta importanta ca furnizarea energiei catre consumatorul final sa se faca la parametrii calitativi superiori, astfel incat consumatorul sa fie pe deplin satisfacut.

Furnizare de calitate= agentul pt inclazire si preparare apa calda la parametrii care asigura factorii de confort termic , respectiv 50 minim 40 °C pt apa calda

= calitatea agentului termic . sistemul individual de incalzire, sist de incalzire centrala, cazonul si instalatia de inclazire trebuie alimentate cu apa de calitate. Daca avem agent apa calda, apa utilizata trebuie sa fie cel putin dedurizata, daca este vorba de agent abur se recomanda ca apa de alimentare a cazanului sa fie apa demineralizata.

Apa dedurizata: apa bruta contine saruri, compusi organici, uleiuri, etc. pt a pregatii apa bruta pt a obtine apa dedurizata trebuie efectuate operatiuni preliminare:

- filtrarea mecanica sau decantarea (dupa caz) pt retinerea impuritatilor mecanice;
- eliminarea uleiurilor sau produselor petroliere cu ajutorul separatoarelor folosind principiul ca densitatea produselor petroliere fiind mai mica decat a apei acestea se aseaza la suprafata;
- inlaturarea compusilor organici de tipul fenolilor, bacterii sau virusi se face cu ajutorul substantelor chimice adecvate;
- inlaturarea sarurilor se face cu compusi chimici sau mase ionice schimbatoare de ioni.

Pt obtinerea apei dedurizate trebuie inlaturata duritatea temporara care este conferita de carbonati, bicarbonati, saruri care se depun cu usurinta pe peretii metalici ai schimbatoarelor de caldura si sunt un pericol pt schimbatoarele de caldura si integritatea instalatiei.

Se folosesc metode termice care fac ca aceste saruri sa precipite si sa se aseze la fundul vaselor de tratare.

Masele schimbatoare de ioni sunt in masura sa se sombine si sa retina ionii **CO** din apa ce se trateaza.

Pt prepararea apei demineralizate se inlatura toate sarurile: cloruri , sulfati, fosfati si alti compusi. Inlaturarea cea mai eficienta si sigura este cu mase schimbatoare de ioni care realizeaza retinerea ionilor negativi din apa bruta.

Pt instalatiile individuale exista statii de dedurizare care se pot utiliza la prima umplere si pt apa de adaos.

Calitatea agentului termic este influentata de O₂ si CO₂ dizolvate in apa. O₂ dizolvat in apa este periculos pt coroziune iar CO₂ ataca anumite metale(Cu).

Inlaturarea cea mai simpla a gazelor dizolvate in apa se face pe cale termica, prin aducerea apei de alimentare in stare de saturatie; la temperatura de saturatie sunt eliminate practic toate gazele dizolvate in apa.

In cazul sistemului centralizat agentul termic primar si cel secundar pt incalzire se foloseste apa dedurizata; in situatii de depasire a limitelor admise de saruri se conditioneaza apa cu fosfat trisodic ce se pune in apa de adaos. De 2 ori pe schimb se fac analize ale ape si se stabileste cantitatea de fosfat ce se adauga.

Duritatea apei se masoara in grade germane, 1 grad german fiind echivalent a 10 mg CaO intr-un mol de apa analizata.

Normativele pt sistemele centralizate de incalzire prevad ca apa dedurizata sa aiba maxim 0,01 grade germane.

O₂ admis a fi dizolvat in apa se cifreaza la 0,05 parti / million iar apa de adaos este tratata termic sau degazata termic.

Daca ne referim la parametrii principali ai agentului de incalzire si apa calda , acestia sunt temp si presiunea si trebuie furnizati in asa fel incat agentul sa ajunga cu presiunea necesara circulatiei la ultimul consumator si cu temperaturi care sa asigure temp interioare in limitele confortului termic al ocupantilor cladirilor.

Daca ne referim la sistemele individuale de incalzire, presiunea este cea asigurata de pompa de circulatie iar temperatura trebuie astfel reglata incat sa tina seama de temp aerului exterior.

Daca debitul de agent in instalatii este constant , este posibil ca pt asigurarea confortului , instalatia sa fie pornita si oprita de mai multe ori/zi. Acelasi lucru se intampla in cazul instalatiilor de incalzire cu abur de joasa presiune la care caldura necesara incalzirii spariilor se obtine prin condensarea aburului de joasa presiune in corpul de incalzire utilizat in incapare.

Se utilizeaza atata caldura sensibila data de temperatura superioara , temperatura de saturatie si respectiv caldura latenta(prin condensarea aburului in corpurile de incalzire)

Pt a ne asigura ca schimbul de caldura se face corect, respectiv ca tot aburul s-a transformat in condens, la iesirea din corpurile de incalzire sau schimbatoare de caldura cu abur se monteaza dispozitive care permit numai evacuarea apei nu si a aburului(oale de condens, supape hidraulice care sa aiba innaltimea corespunzatoare presiunii aburului de joasa presiune).

La sistemele de alimentare centralizate cu energie termica trebuie facute reglaje la agentul primar in functie de temp exterioara, la agentul secundar in functie de temp exterioara si local la fiecare bransament pt consumator sau chiar la fiecare corp de incalzire statica.

Pt agentul termic primar sau apa fierbinte deosebim 2 feluri de reglaj:reglajul cantitativ si reglajul calitativ.

Reglajul cantitativ se aplica la inceputul si sfarsitul perioadei sezonului de incalzire si consta in mentinerea constanta a debitului si porniri - opriri succcesive.

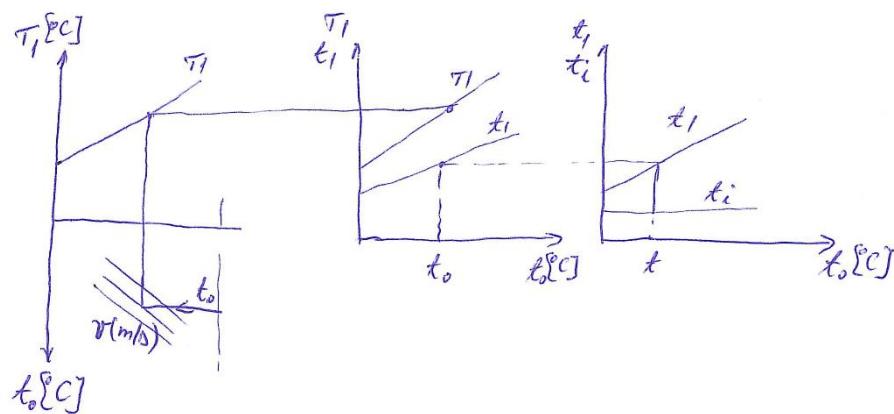
In cursul perioadelor de functionare este posibl ca debitul sa fie chiar modificat.

Fiecare cladire in functie de gradul de izolare are teoretic propriul sau inceput si sfarsit de sezon de incalzire: cu cat este mai bine izolata cladirea cu atat este nevoie de incalzire mai tarziu toamna si mai devreme primavara.

Fiecare cladire are particularitatea ca pierderile si aporturile solare sunt echilibrate diferit de la cladire la cladire. Cand echilibrul dat de aporturile solare si interioare , respectiv pierderi se strica, atunci pierderile devin mai mari si este nevoie de inclazire din instalatia de incalzire.

Acest echilibru se va strica la o temperatura mai coborata pt cladirile mai bine izolate

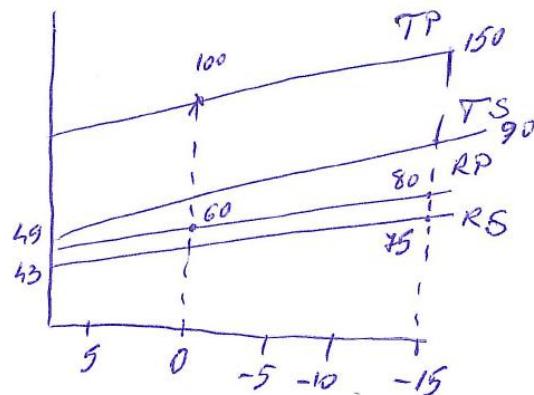
Schema de reglare in 3 trepte



Reglarea calitativa se realizeaza pastrand debitul constant si variind temperatura agentului termic in functie de temp exteroara a aerului. Temperaturile de referinta sunt de 10 °C cand incepe sezonul de incalzire si -15 °C (zona 2 Tm) temperatura exteroara de calcul.

Pt parametrii teoretici de reglare se considera ca la temp exteroara de calcul pt agentul primar avem 150 °C pe tur si 70 °C pe retur, si cum se prepara si apa calda temp pe retur ar trebui sa fie chiar mai mare (circa 80 °C)

Pentru agentul termic secundar teoretic 90/75 °C, practic 90/70°C sau chiar mai mici.



La punctul termic reglajul se poate face cu ajutorul instalatiei de automatizare sau manual.

Tinand cont de diversitatea consumatorilor si de faptul ca la punctul termic reglajul se efectueaza pt un consumator cu glad de izolare mediu, este nevoie de un reglaj suplimentar la consumatorul final, cel mai recomandabil este cel cu ajutorul robinetilor cu cap termostatic.

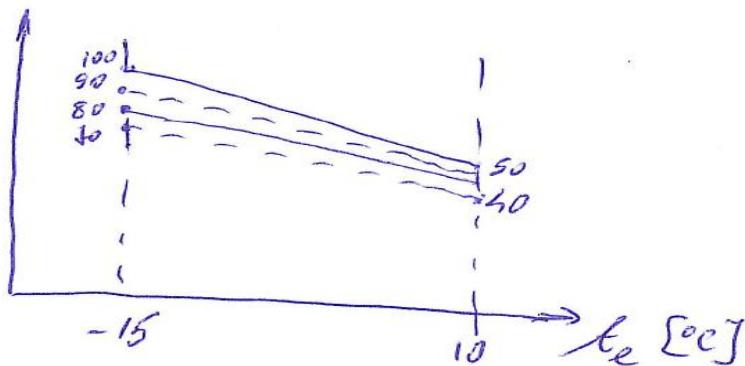
Pt cladirile reabilitate, respectiv pierderile catre exterior mai mici, este recomandabil de la bun inceput sa se reduca debitul de intrare al agentului termic tinand cont de faptul ca energia totala furnizata se calculeaza pe baza ecuatiei de bilant termic, respectiv debitul volumetric ori densitate ori caldura specifica la presiune constanta ori ΔT

In cazul schimbatoarelor de caldura in contra curent din punctele termice caldura furnizata = $Ks \Delta T$

$$G_1 \rho c (t_{u1} - t_{u2}) = G_2 \rho c (t_{u2} - t_{u1}) = Ks \Delta T$$

$\frac{1}{G_1} \downarrow \frac{1}{G_2}$

Curbe de reglaj



Reglarea calitativa se realizeaza in functie de prognozele meteo pt ziua urmatoare pe grupe de ore, 5-6 ore respectiv 8-12 ore. Cand variatiile de temp exteroara in cursul unei zile sunt mai importante se alege grupa de 5-6 ore.

Grupe cat mai mici de ore avand in vedere capacitatea de acumulare a agentilor din retelele termice primare si secundare, o temperatura reglata la un moment dat are efect dupa cateva ore in functie de volumul total de agenti din retele.

Este motivul pt care temperatura exteroara este mai ridicata, temperatura selectata conform prognozei, dar pe grupe mici de ore efectele se resimt mai tarziu.

Graficul pt Timisoara $t_{\text{tur}} / t_{\text{ret}}$ in functie de temp exterioara:

t ext	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2
t tur	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104
t ret	41	42	42	43	44	45	45	46	47	48	49	49	50

t ext	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
t tur	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130
t ret	51	52	52	53	54	55	55	56	57	57	58	59	60

Necesarul de caldura pt prepararea apa calda influenteaza prepararea agentului termic pt incalzire, de aceea de la sursa incepand este necesar sa se cunoasca raportul dintre caldura necesara pt prepararea apa calda la nivel de sistem de termoficare si respectiv caldura necesara totala. Pt punctele termice acest raport variaza in functie de structura consumatorilor fiecarui punct termic. De aceea este recomandabil ca fiecare punct termic in functie de structura consumatorilor sa aibe propriul grafic de reglaj care sa fie implementat in instalatia de automatizare a punctului termic.

Functionarea eficienta a instalatiilor de incalzire

Alegerea sistemului de incalzire: atat cheltuieli de investitii cat si cele de exploatare, cat si cele de mentenanta(sa le apreciem)

Este recomandabil sa se faca un calcul tehnico economic in baza caruia sa se decida asupra tipului de instalatie tinand saeama de:

- disponibilitatea compustibilului;
- alegem un sistem de incalzire cu circulatie naturala sau fortata ;
- agentul termic apa sau aburul(chiar aerul);
- parametrii agentului termic.

Cunoscand acestea se poate opta pt tipul de instalatie de incalzire(cazan propriu, instalatie care utilizeaza pompe de caldura sau energii regenerabile).

Cu cat instalatia este mai avansata calitativ si tehnologic cu atat pretul de investitie este mai ridicat, de aceea calculul trebuie facut pt o perioada de circa 10 ani (se tine cont de toate cheltuielile).

Cel mai comod este racordarea la sistemul centralizat.

Daca ne referim la alegerea unui cazan trebuie sa-l alegem in functie de parametrii tehnico-economi ai ofertantului, cel mai important parametru fiind randamentul.

Daca vorbim de un cazan in condensatie : parametrul este eficienta utilizarii caldurii, care poate fi supraunitara raportat la puterea calorifica inferioara.

Randamentul este un randament nominal, determinat de producator si noi alegem puterea cazanului astfel incat functionarea de durata sa fie la circa 80% din puterea nominala.

Daca discutam de determinarea randamentului unui cazan, aceasta se poate face prin 2 metode:

a) metoda directa:

$$\eta = \frac{\dot{Q}(i'' - i')}{B \cdot H_i}$$

este mai imprecisa pt ca este greu de determinat consumul orar de compustibil si puterea calorifica. Debitul de agent si entalpiile pot fi masurate.

Compustibil gazos (gazul natural) este livrat ca un amestec de gaze de zacamant cu puteri calorifice diferite. Furnizorul de gaz garanteaza o putere calorifica de 8500 Kcal/Nmc , iar facturarea se face netinand cont de debitul de gaz masurat cu cele mai multe tipuri de contoare, ci in Mwh.

1 Kwh= 860 Kcal

Ne spune cată caldura am consumat.

Puterea calorifica la compustibilii lichizi si solizi variaza intr-o plaja larga, admisibila de standard.

b) metoda indirecta:

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

Cunoscând pierderile putem să exploatăm că mai rational cazanul, la un randament că mai ridicat.

Pierderile q_2 - pierderea cu gaze arse evacuate la cos

indiferent de compustibil și cazan gazele rezultate în urma arderii sunt cele care produc încalzirea agentului termic, indiferent care ar fi acesta.

Dacă ne referim la sistemele de încalzire locală(sobe de teracota) gazele arse transmit caldura materialelor sobei(caramizi , placi) și de aici aerului.

La SIC avem gaze de ardere ce încalzesc schimbatoarele de caldura. Pierderile cu gazele arse la cos depind de temperatura de evacuare a gazelor la cos, respectiv de coeficientul de exces de aer care se infiltrează ori în focar ori pe traseul până la cos.

Temperatura gazelor arse la cos se recomandă să fie cât mai redusă, pt ca din gazele de ardere să extragă la schimbatoarele de caldura cât mai multă caldura; dar temperatura la cos este

limitata de temp punctului de roua care este temperatura la care trebuie racite gazele umede pt a aparea condensul pe suprafetele finale ale cazanului(presiunea la care presiunea paritala a vaporilor de apa ajunge sa o egaleze pe cea de saturatie la temperatura de evacuare respectiva)

Evacuarea gazelor de ardere se face in mai multe feluri.

Daca discutam de autotiraj sau tiraj creat de diferența de densitate intre gazele calde si cele aflate la temp mediului, viteza de evacuare este variabila.

Se recomanda ca tirajul sa fie cat mai mare la cazanele cu cumbustibil solid si compustibil lichid, stiut fiind ca pierderile cele mai mari de rezistenta aerodinamica sunt la nivelul focarului.

La cazanele cu tiraj fortat avem 2 situatii:

- aerul necesar arderii si gazele de evacuat sunt vehiculate cu ajutorul unor ventilatoare. Functionarea acestor ventilatoare respectiv reglarea debitului si inaltimei se face in asa fel incat in focar sa existe o usoara depresiune 2-4 mm coloana apa;

- aerul necesar arderii si gazul de ardere sunt vehiculate prin 2 tevi concentrice, prin teava din interior aspiram catre cazon aerul pt ardere, iar prin spatiul dintre teava interioara si exterioara se evacueaza gazele de ardere - cazane cu autotiraj; este obligatoriu sa fie montate cele 2 tevi concentrice usor inclinate catre in jos daca pozitia de evacuare a gazelor este orizontala, pt a evita ca eventualul condens format sa se scurga catre cazon. Avem o miscare in viteza a gazelor arse, ceea ce face ca temperatura gazelor arse la cos sa fie mai mare decat temp punctului de roua. La gazele naturale $t_{pr} = 60 - 70 {}^{\circ}\text{C}$ uneori chiar $50 {}^{\circ}\text{C}$, putem evacua gaze arse cu $110-120 {}^{\circ}\text{C}$ pt randamente optime.

In cazul compustibililor lichizi, in special atunci cand componetia chimica include si sulf, prin arderea sulfului se produce SO_2 sau SO_3 care in combinatii cu vaporii de apa rezultati din arderea H_2 pot conduce la formarea de acid sulfuros H_2SO_3 sau acid sulfuric H_2SO_4 care sunt foarte corozivi.

Temperatura punctului de roua a amestecului cu SO_2 si SO_3 , in general este de $180 {}^{\circ}\text{C}$, depinzant de continutul procentual de sulf in combustibil. De aceea temperatura recomandata pt evacuarea gazelor arse in cazul pacurii este de $200-220 {}^{\circ}\text{C}$, ceea ce nu se poate respecta intotdeauna; rezulta ca pe partile finale ale cazonului apare accidental condens de acid coroziv.

In conformitate cu normele europene, arderea pacurii cu continut de sulf este opriuta, tinand seama de emiterea la cos a SO_2 si SO_3 toxice. Aceste gaze evacuate pot sa se combine cu vaporii de apa din atmosfera si dau nastere la ploile acide.

In instalatiile mari de ardere, consumatorii care folosesc pacura au trecut la arderea compustibilului lichid usor.

Pt compustibili solizi temperatura de evacuare a gazelor arse la cos este de $140-150 {}^{\circ}\text{C}$ in situatiile in care carbunele contine sulf 1,5-2% in componenta sa.

Al doilea factor de care depinde q_2 este excesul de aer la evacuarea la cos.

Pt o ardere chimic completa, pt ca toate elementele chimice componente ale combustibilului sa se combine cu O_2 este nevoie de o cantitate de aer teoretic sau necesara pt ardere stoiechinometrica a combustibilului.

Raportul dintre aerul efectiv utilizat pt ardere si cantitatea pt ardere stoiechinometrica necesara se numeste coeficient de exces de aer.

Indiferent de tipul compustibilului si tipul arzatorului, practic este imposibil sa se realizeze ardere reala cu cantitate stoiechinometric necesara.

Arzatorul este construit astfel incat sa creeze turboane de curenti de aer care sa invaluiet mai complet moleculele de compustibil ce trebuie sa arda.

Pt o ardere completa in conditii reale optime coeficientul de exces de aer in focar este 1,05 - 1,1 pt compustibil gazos, 1,1-1,5 pt compustibil lichid si 1,2 pt compustibil solid.

Pana la evacuarea la cos, pe traseu aproape toate cazanele inregistreaza infiltratii de aer care nu participa la ardere, consuma din caldura, si se evaceaza la cos, rezulta ca excesul de aer este recomandat sa fie cat mai coborat.

Pt a determina infiltratiile de aer pe traseul gazelor de ardere se pot efectua analize ale gazelor de ardere dupa focar si inainte de evacuarea la cos, diferenta dintre coeficientul de exces la cos si focar fiind infiltratiile pe traseu. Se furnizeaza informatii cu privire la necesitatea repararii traseelor cu ocazia opririi instalatiilor.

Ploile acide pot lua nastere si in urma combinarii dintre vaporii de apa din atmosfera si noxele NOx - oxizi de azot, toti toxici.

Pierderile q_3 : pierderi datorita arderii chimic incomplete, molecula de carbon a ars parcial: o parte in CO_2 si o alta parte in CO care are si caracter toxic, se simte in jurul instalatiei cand arderea este sincompleta.

Practic q_3 depinde de continutul de CO din gazele de ardere de dupa focar, recomandandu-se ca arderea sa fie completa.

q_3 - aproape 0 la compustibili gazosi

Avem ardere chimic incompleta in cazul compustibililor lichizi si solizi.

Pt determinarea randamentului arderii in urma analizei gazelor de ardere de dupa focar se pot trasa triunghiurile arderii din care vor resulta direct cantitatile de CO_2 si CO sau alte hidrocarburi nearse, si pe baza acestora rezulta q_3

Pierderile q_4 - pierderile cu arderea mecanic incompleta, adica procentul de combustibil nears din finalul instalatiei de ardere.

In cazul combustibililor lichizi si solizi avem o ardere mecanica incompleta deoarece pt o cat mai buna ardere a acestora este necesara pulverizarea particulelor de combustibil lichid si solid cat mai fina, astfel incat moleculele sau curentii de aer sa imbrace cat mai complet moleculele de combustibil, rezulta o ardere imbunatatita.

Arzatoarele de combustibil lichid sunt construite cu turbionarea combustibilului inainte de a intra in focar si evacuarea sa prin duze care pulverizeaza combustibilul in focarul cazanului. Pulverizarea este cu atat mai fina si arderea este completa amecanic cu cat vascozitatea combustibilului lichid este mai mica(redusa); vorbim de \dot{U} - vascozitatea dinamica care este o expresie a fortelor de frecare dintre straturile de fluid in miscare unele fata de altele si de vascozitatea cinematica η care este determinata ca raport intre vascozitatea dinamica si densitatea fluidului:

$$\dot{U} = \frac{\eta}{\rho}$$

In cazul motorinei, combustibilului lichid usor si pacurei vorbim de vascozitate Engler (0E) care este o marime conventionala determinata de raportul dintre timpul de scurgere a unei cantitati de fluid printr-un orificiu calibrat si timpul in care aceeasi cantitate de apa distilata curge prin acelasi orificiu calibrat.

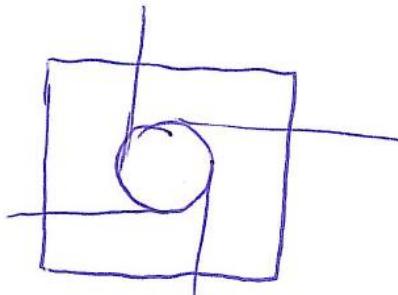
Se recomanda sa fie maxim $2,5^0E$; pt a atinge aceasta valoare combustibilii lichizi vascosi se preincalzesc inainte de pulverizare si ardere.

Combustibilii solizi inainte de a intra in instalatiile mari de ardere sunt pregatiti in gospodaria de combustibili a centralei, de unde rezulta particule cu cel mult 30mm diametrul si inainte de intrarea in arzator sunt macinati cu ajutorul morilor.

Cu cat este mai mare varsta combustibilului solid cu atat este mai mare puterea calorifica si de regula cu atat se macina mai usor in particule mai fine.

Macinarea se face in mori cu ciocane , cu bile, etc rezultand particule fine.

Exista sisteme de ardere care separa la iesirea din moara particulele cu dimensiuni mari, le recircula si le reintroduc in moara, astfel incat macinarea sa fie cat mai fina si particulele cu dimensiuni impuse.



Arzatoarele sunt astfel dispuse pe laturile cazanului incat sa formeze in centrul focarului cazanului turboane in care amestecul aer-combustibil sa fie cat mai intim in vederea uneia arderi cat mai complete.

Cu toate acestea la sfarsitul focarului catre cos este antrenata o cantitate de combustibil in cenusă (mai mica de 1%); nearsele mecanice cele mai mari se realizeaza la baza focarului unde combustibilul cu dimensiunile cele mai mari si nearse este colectat.

Arzatoarele de carbune cu NOx redus sunt dotate la baza focarului cu un gratar de post ardere unde se finalizeaza arderea si astfel se reduce q_4

Pierderile q_5 - pierderile prin radiatie pe care le inregistreaza cazanul inspre mediul inconjurator.

La centralele murale putem spune ca se inregistreaza q_2 si q_5 celelalte lipsind.

La cazanele mari $q_5 < 0,5\%$ si in cazul in care se constata cu termoviziunea ca sunt zone cu pierderi importante trebuieesc luate masuri de reizolarea a cazanelor.

Camerele de termoviziune functioneaza astfel incat detecteaza radiatii infraroase purtatoare de caldura, astfel incat imaginile cu zone colorate in rosu sunt zone cu pierderi mari, cele galbene cu pierderi reduse, cele albastre au izolatie buna.

Pierderile q_6 - pierderi de caldura continute in zgura si cenusă evacuate la cos sau la baza focarului

Reprezinta caldura sensibila continua in particulele incandescente care sunt colectate la baza focarului.

Aceasta pierdere este dificil de recuperat si se poate aprecia ca reprezinta 0,3 - 0,4 % din caldura continua in combustibil.

Functionarea instalatiilor de incalzire si impactul asupra mediului inconjurator

Mediul inconjurator = aer, apa, sol

Instalatiile de incalzire si preparare apa calda actioneaza asupra mediului inconjurator in masura in care actiunea instalatiilor este daunatoare; operatorii sau utilizatorii de instalatii suporta consecintele.

Daca ne referim la mediul inconjurator ne referim la fenomenul de incalzire globala.

Gazele cu efect de sera formeaza deasupra atmosferei terestre un strat de gaze care nu permite radiatiilor solare sa se reflecte inapoi in atmosfera, ceea ce conduce la mentinerea unei atmosfere cu temperatura mai tare decat este normal, prin cunoscutul **efect de sera** care se refera in general la suprafete transparente pt anumite lungimi de unda.

Straturile de gaze cu efect de sera sunt transparente pt raze ultraviolete si lungimi de unda mari, dar pentru infraroșii sunt partial transparente

Gaze cu efect de sera: CO₂ (un gaz pe care totalitatea instalatiilor de incalzire il produce), SO₂ si SO₃, oxizii de azot, ozonul, freonii si partial vaporii de apa produsi in urma arderilor compustibililor fosili.

NOx (oxizii de azot)

Sunt la fel de periculosi ca si SO₂ si SO₃ deoarece prin combinatie cu vaporii de apa dau nastere la ploile acide.

Azotul este inert, nu arde.

NOx se formeaza in focarele instalatiilor de ardere la temperaturi inalte, peste 1000 °C. Cu cat coeficientul de exces de aer este mai ridicat, cu atat temperaturile la care se formeaza NOx sunt mai coborate.

Daca pt eficienta arderii avem nevoie de temperaturi cat mai ridicate in cazan, pt a evita formarea NOx se recomanda scaderea temperaturii de ardere din focar.

Pt a reduce procentul de NOx in gazele de ardere in instalatiile mari de ardere au fost construite arzatoare speciale, care permit arderea in 3 etape, in 3 zone ale arzatorului , fiecare zona avand exces de aer subunitar, dar pe total aer furnizat pt ardere este astfel incat coeficientul de exces de aer sa fie cat mai mic, iar temperatura in focar sa fie redusa. Prin arderea in trei etape se realizeaza o ardere aproape completa, se castiga si la randamentul instalatiei.

Pentru **SO₂ si SO₃** exista instalatii de desulfurare a gazelor de ardere fara de care functionarea instalatiilor mari de ardere daca se folosesc combustibili cu continut de sulf nu este permisa.

In Timisoara s-a realizat o retehnologizare a instalatiilor mari de ardere, s-au montat arzatoare cu NOx redus si instalatii de desulfurare.

Functionarea instalatiilor de desulfurare

Instalatia are in compunere filtre cu saci in care se impregneaza solutie de CO, respectiv lapte de var, prin care sunt trecute gazele de ardere continand oxizi de sulf. In urma reactiei chimice se produc dela finalul instalatiei sulfat de calciu (CaSO₄), respectiv un sortiment de gips, evacuat odata cu zgura si cenusata la depozit.

Freonul

Instalatiile frig ale anilor 70-80 au functionat cu freon avand in componenta molecule de fluor sau clor(freoni floroclorcarbon).

O molecule de Cl distrug zeci de mii de molecule de ozon, iar molecule de ozon se produce natural din cca 100.000 moli de O₂.

Acesti freoni formeaza straturi de gaze cu efect de sera, au si aceasta proprietate de a distrugе ozonul, care creeaza o filtrare a razelor ultraviolete in drum spre pamant.

Freonii care au fost produsi ulterior nu mai au in componenta F1 si Cl , dar contin molecule de hidrogen (hidrolorcarbon). Daca exista Cl in formula, actiunea sa este diminuata de prezenta H .

La Kyoto in 1997 s-a pus in discutie efectul pe termen lung al acestor gaze cu efect de sera, propunandu-se o serie de masuri de reducere a volumurilor de gaze cu efect de sera emise, combinat cu reducerea cantitatii de combustibil fosil folosit prin ardere.

Parte din statele lumii au semnat aceasta conventie, dar si marii consumatori de energie China si Rusia au semnat cu intarziere.

Există din punct de vedere al emisiei de gaze cu efect de sera Directiva 2009/28/CE privind promovarea si utilizarea surselor regenerabile de energie:

- prevederea ca pana in 2020 sa se reduca emisiile de gaze cu efect de sera cu 20% avand ca referinta productia din 1989;
- la nivelul anului 2020 din totalul de energie produsa 20% sa provina din surse regenerabile;
- cresterea eficientei economice, a randamentelor de producere la surse cu 20% la nivelul anului 2020 fata de 1989;

Obiectivele sunt mobilizatoare, pt fiecare prevedere tarile membre UE si-au stabilit strategii cuprinse in prevederi legislative.

Daca ne referim la conferinta de la Kyoto, dupa semnarea ei de Romania a fost emisa HG645/2005 privind strategia nationala pt schimbari climatice 2005-2007 si HG1877/2005 privind planul national de actiune privind schimbarile climatice.

Aceste HG au ca tinta anul 2007 respectiv 2012, dupa care nu s-a mai emis nimic pt transpunerea in practia a directivelor europene.

CO₂

Preocupari pt reducerea emisiilor de CO₂ dar si pt crearea de sisteme de ardere cu continut redus de CO₂.

Rezultatele sunt palide, singura solutie este de a capta CO₂ si de al stoca in rezervoare subterane(mine parasite). Stocarea CO₂ in astfel de depozite este benefica deoarece stocarea se face cu o usoara suprapresiune si se creeaza premisele pt evitarea alunecarilor de teren, suruparilor in zona acestor mine dezafectate.

Captarea, transportul si comprimarea CO₂ comporta cheltuieli care in final se repercueteaza asupra costurilor marilor consumatori de combustibil fosil.

Daca ne referim la energia consumata in cladiri, ea se situeaza la nivel de 40% din energia consumata in UE, aproximativ la fel ca procentul de energie consumat la nivelul transportatorilor. o cantitate aproximativ egala de CO₂ se emite prin arderea carburantilor in transporturi.

Pt captarea si stocarea CO₂ s-a emis Directiva 2009/31/UE- captarea si stocarea geologica a CO₂

Decizia 2009/406/CE- prevede masuri pt realizarea prevederilor continue in directiva 28/2009 la nivelul anilor 2020.

Cu privire la reducerea cantitatilor de emisii de gaze cu efect de sera s-a emis directiva 2009/29/CE care se refera la emiterea si circulatia pe piata a certificatelor de emisii a gazelor cu efect de sera.

In ideea in care cantitatea de gaze cu efect de sera trebuie sa se reduca in fiecare an, fiecare detinator de instalatii mari de ardere isi planifica pe urmatorii 5 ani productia de energie astfel incat aceasta sa se reduca in fiecare an cu 5%.

Registrul national al certificatelor gazelor cu efect de sera emite pt fiecare producator atatea certificate cată productie de energie a preliminat.

Certificatele pot fi tranzactionate pe piata in timpul anului, dar la 30 aprilie in fiecare an trebuie predate la registrul national atatea certificate cate corespund energiei preliminate, cu alte cuvinte,

daca se produce mai multa energie de cat cea preliminata pt ca sa poata sa predea numarul de certificate utilizatorul este obligat sa cumpere aceste certificate de pe piata.

O alt apreverede de stimulare a respectarii directivelor europene este aceea de emitere a unor certificate producatorilor de energie din surse regenerabile- certificate verzi.

Acestea se acorda pt producatorii de energie hidro cu $P < 10\text{Mw}$, energie termica pe biomasa, energie electrica produsa din energie eoliana, panouri fotovoltaice.

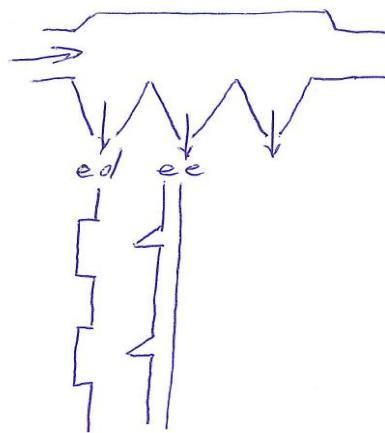
Daca exista o firma care a depasit productia de energie si a cumparat certificate, vinde certificatele verzi si se echilibreaza pierderile.

Alte poluari

Utilizatorii de compustibil lichid si solid polueaza aerul si cu fungingine si pulberi rezultate din amestecul de gaze arse (cenusa zburatoare)

Pt ca emisiile de pulberi sa fie mai mici si sa se incadreze in limitele maxime admisibile permise de directivele UE sunt cateva cai de urmat:

- folosirea unor cosuri de fum cat mai innalte pt dispersarea pe o raza cat mai mare a pulberilor;
- reducerea continutului de cenusa zburatoare se face prin trecerea amestecului de gaze arse si cenusa prin instalatiile de retinere a particulelor (electrofiltre)



Acestea sunt formate din mai multe campuri, fiecare camp reprezentand un drum de gaze, construit astfel incat sa se colecteze cea mai mare parte a cenusei zburatoare. Vazut de sus un electrofiltru este format dintr-o retea de electrozi avand varfuri ascunse situati la distanta de electrozii pereche (ee- electrozi de emisie ionizeaza particulele ce sunt atrase de electrozii de denumire ed)

Ionizarea se face cu ajutorul unei instalatii de inalta tensiune, care odata la cateva zeci de secund eproduce o tensiune inalta, fiecare electrod fiind de alta sarcina, astfel incat particulele de

censa se incarca electric, sunt atrase de electrozii de depunere, si la cateva zeci de secunde electrozii de depunere sunt loviti cu ciocane metalice, socul loviturii conducand la desprinderea particulelor de censa.

Particulele sunt preluate de apa de transport, amestecate cu censa si zgura de la baza focarului si se prepara pt evacuarea la depozitul de zgura si censa.

Aceasta preparare consta in amestec particule solide cu apa de transport in proportie de 1:1, preluarea de pompele care asigura eliminarea amestecului si transportul la depozitul de zgura si censa.

Prin aceasta metoda, dupa depunerea pe suprafata depozitului amestecul se intareste(beton moale).

Datorita acestei metode de preparare(evacuare si transport), se evita poluarea aerului prin preluarea particulelor de censa de pe suprafata depozitului de miscarile de vant.

Odata cu punerea in fucntiune a instalatiei de desulfurare si aparitia ipsosului ca produs, s-a modificat reteta de amestec pt obtinerea fluidului dens evacuat.

Poluarea aerului se mai poate face cu fungingine(ardere incompleta a combustibilului lichid) rezultand particule de fungingine care se depun pe suprafetele de schimb de caldura ale cazanului si inrautatesc schimbul de caldura dar si creeaza pericolul unor incendii daca aceste particule se aprind in focar.

Pt spalarea suprafetelor de schimb de caldura se folosesc jeturi de apa care curata aceste suprafete si evacueaza la canal amestecul fungingine-apa rezultatul trebuind separat practic de fungingine si eliminat prin ardere. Separarea se face in separatoare hidraulice care functioneaza pe principiul diferentei de densitate dintre funginginea care plutesc pe suprafata apei.

In cazul functionarii defectuoase a acestor separatoare este posibil sa se polueze apa din canalizare si apa curgatoare in care se elimina canalizarea.

Pana cand s-a implementat metoda de evacuare a zgurii si censu prin amestec 1:1 acestea se evacuau prin amestec 10 parti apa si o parte zgura si censa, iar dupa depunerea in depozit aceasta apa se infiltra in panza de apa freatica. Poluarea panzei de apa freatica s-a facut cu compusi de metale grele Ni si Cr foarte toxici. Panza de apa freatica de sub depozit nu mai este poluata in cazul amestecului 1:1

Poluarea solului

In cazul utilizarii combustibililor lichizi la descarcarea din mijloacele de transport particulele de combustibil lichid pot polua solul, poluare care se inlatura prin decopertarea straturilor poluate si arderea particulelor combustibile.

Formarea oxizilor de azot

Oxizii de azot se formeaza pe baza azotului din aerul de ardere si din azotul continut de combustibili.

Factori de influenta: temperatura, coeficientul de exces de aer, timpul de stationare a particulelor in zone cu oxigen.

Oxidul de azot (NO) se formeaza in flacara si in zona dupa reactie; formarea lor este influentata de concentratia de O_2 si temperatura $> 1300^{\circ}C$; se formeaza din azotul din combustibil in functie de concentratia azotului, excesul de aer si temperatura.

NO_2 : se formeaza in flacara datorita zonei in care se incetineste reactia de ardere sau in canalele de gaze arse la care $t > 650^{\circ}C$ in functie de concentratia oxigenului din zona.

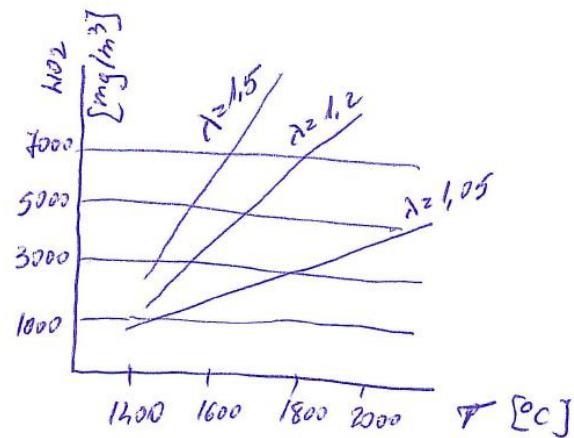
Timp de stationare este durata pe care o parcurg gazele de ardere intre centrul arzatorului principal si pana in zona unde gazele au $t < 800^{\circ}C$.

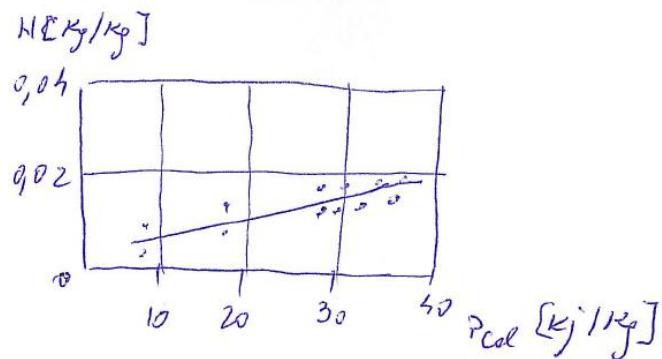
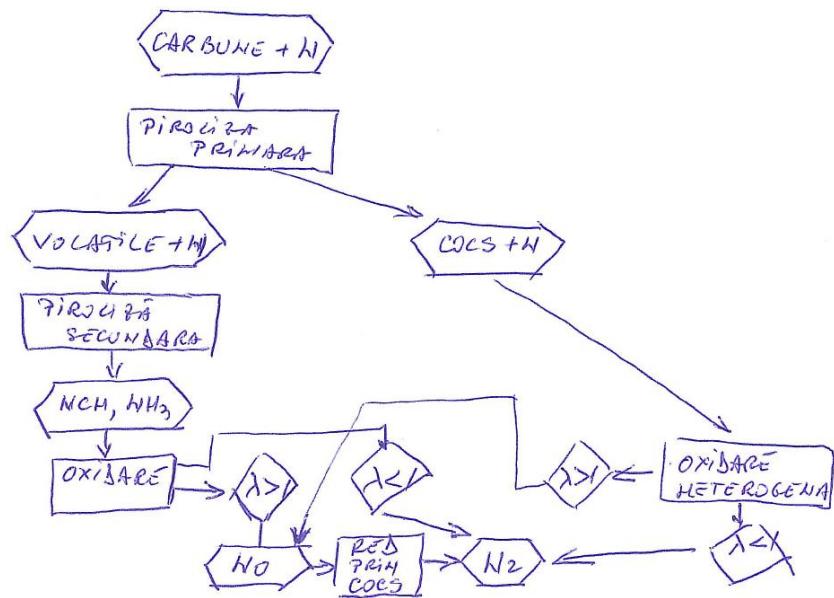
Formarea NO pe langa factorii enumerati se dezvolta in focarele cu densitate termica ridicata, si chiar daca se reduce temperatura gazelor arse se observa o reducere a formarii de NO in comparatie cu focarele cu incarcare termica mica. Se poate explica prin dependenta exponentiala a fenomenului de formare a NO de temperatura.

Daca o flacara se raceste rapid nu se creeaza NO

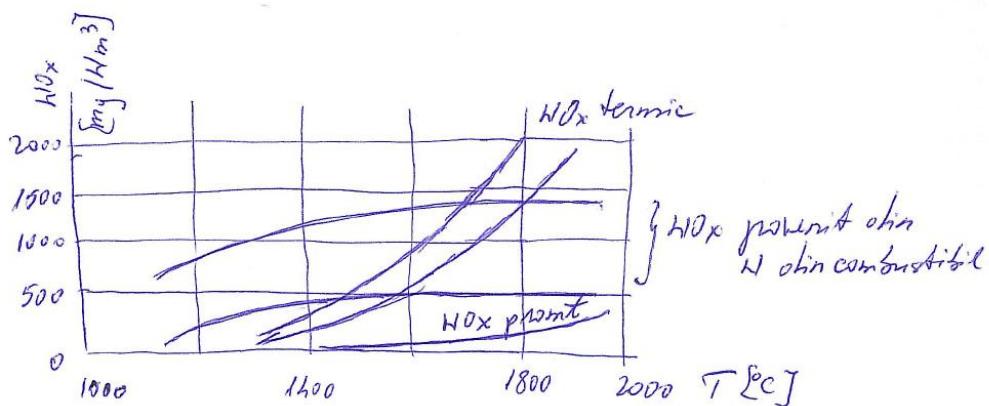
Masurile primare pt reducerea formarii NO sunt specifice fiecarei instalatii de ardere

Dependenta de temperatura si coeficientul de exces de aer se vede in diagrama





Puterea calorifica creste, rezulta si cresterea continutului de azot.



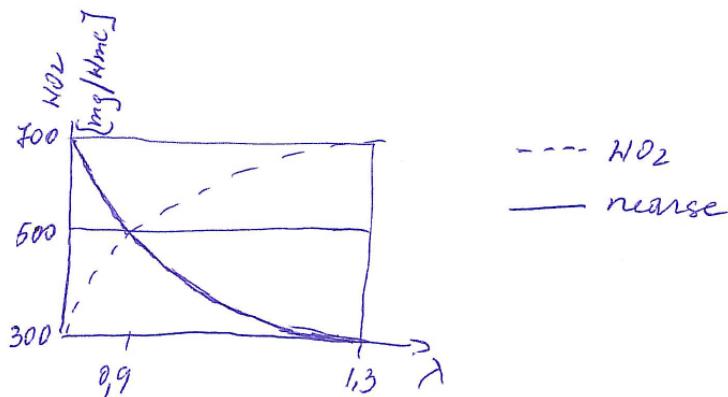
Normele europene prevad maxim 400 mg/Nmc de gaze arse evacuate.

Pt arderea carbunilor se poate aprecia ca NO se formeaza din azotul combustibilului. Formarea de NO depinde si de continutul de volatile al carbunelui.

O reducere considerabila de formare NO se obtine prin reducerea concentratiei de O₂ in zona particulelor de combustibil pe tot traseul arzatoarelor.

Intre 800 si 900 °C formarea NO depinde in special de excesul de aer si mai putin de proprietatile chimice ale carbunelui.

Concentratia de NO si excesul de aer variaza



$$\lambda < 1 \text{ si } NO_x < 500 \text{ mg/kNm}^3$$

Daca se marea timbul de stationare in focar al particulelor poate creste gradul de ardere al volatilelor si reducerea particulelor nearse chimic

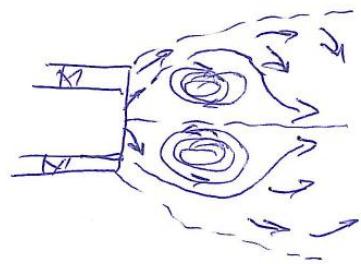
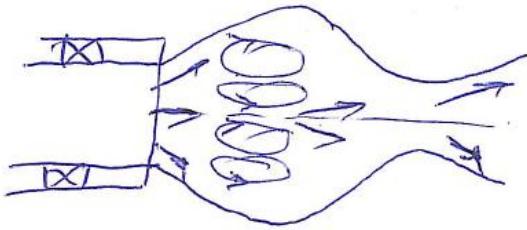
Masuri primare de reducere NOx

- reducerea simultana in zona de ardere a temperaturii si a excesului de aer chiar pana la valoare subunitara. Aceasta se poate realiza prin metode de ardere in trepte aplicabila la nivelul focarului si mai ales arzatorului.

Sunt arzatoare cu ardere in trepte(arzatoare sarace in NOx sau cu NOx redus). Arderea in trepte se refera si se realizeaza prin introducerea in trepte si a aerului si a combustibilului.

Elemente importante pt arderea completa si reducerea NOx

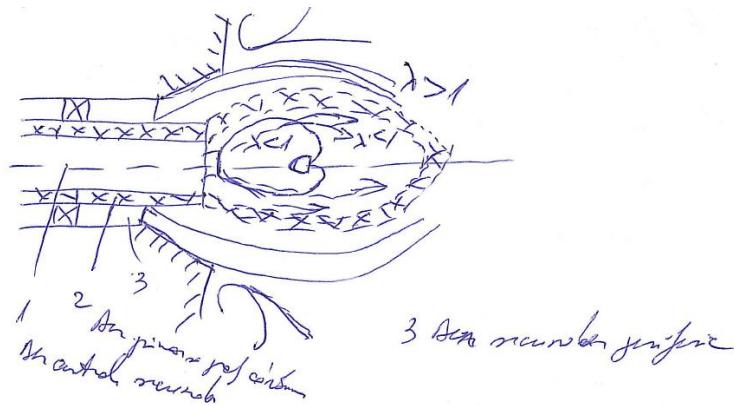
- gradul de turbionare;
- realizarea unui contur de scoica in zona arzatorului prin recirculare interioara si existenta amestecului de aer primar si praf de carbune invaluit de aer secundar la periferia jetului primar, astfel incat aceste arzatoare pot sa aiba asemenea forme



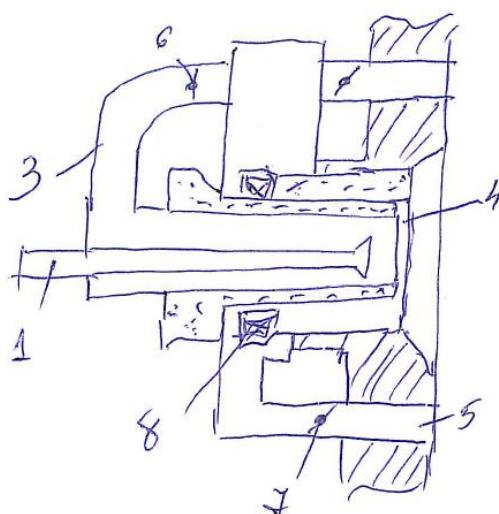
Combustibilul se introduce în 2 trepte: cel principal cu aerul primar în zona substoichiometrică ($\lambda < 1$), se formează NH_3 , HCN și CO iar în aval tot cu $\lambda < 1$ se introduce combustibil de adăos și aerul secundar prin dispozitive conice ce dău forma flacării.

Unghiul sub care se introduce combustibilul și aerul face să se formeze un turbion pt a uniformiza amestecul.

Pt carbunii ce contin volatile se introduce și un concentrator de praf dispus în tubulatura de admisie a amestecului.



Arzator turbionar (constructie Stein Muller)



- 1- arzator pt hidrocarburi
- 2- canal de aer primar si combustibil
- 3- aer secundar central
- 4- aer secundar manta
- 5- aer tertiar
- 6,7- clapete
- 8- aparat de turbionare

In functie de raportul dintre aerul primar si secundar fata de cel stoichiometric se poate observa reducerea cantitatii de NO_2 odata cu micsorarea raportului.

Arzatoarele cu praf de tip fanta au o structura care permite introducerea aerului primar cu prafuri de carbune, a aerului secundar in 3 trepte in functie de inaltimea arzatorului.

In zona arzatoarelor prin proiect s-a preconizat un debit primar de aer 80-85% iar aerul secundar care invalideaza curentul de aer primar si combustibilul ca diferența de aer pana la 100% se poate insufla in zona superioara a arzatoarelor tip fanta.

In cazul arzatoarelor multiple, in focarele cazanelor mari se distribuie arzatoarele pe inaltime astfel incat in zona inferioara sa fie montate arzatoare cu $\lambda < 1$ stiut fiind ca pe parcursul traseului se introduce aer suplimentar la arzatoarele din cotele superioare ale focarului.

In acest fel se inrautatesta arderea, rezultand in prima etapa cresterea CO care va arde in etapa a 2-a odata cu aerul secundar de ardere.

La arzatoarele cu praf de carbune se poate face reducerea NOx prin injectie de hidrocarburi in zona mediana a focarului.

Arderea in strat fluidizat

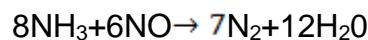
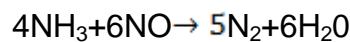
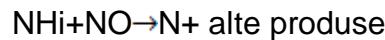
Datorita temperaturilor de ardere reduse nu este necesar sa se apeleze la metode secundare de denoxare

Se pot aplica masuri secundare de denoxare care urmaresc retinerea sau legarea chimica a oxizilor de azot inainte de eliminarea pe cos.

In aceste instalatii de denoxare se aplica procese necatalitice sau catalitice bazate pe adsorbție, reducere termica, descompunere si reducere chimica.

Procedeele se folosesc consecutiv sau simultan si pot fi clasificate in procedee umede si uscate.

Reducerea omogena in faza gazoasa cu amoniac se bazeaza pe puterea reducatoare a radicalilor NHi unde $i=0-3$ asupra oxizilor de azot



O_2 creste gradul de reducere.

Metoda se aplica cu atentie pt ca la temperaturi inalte poate fi oxidat suplimentar amoniacul cu producere de NO sau NO_2 in cazul oxigenului in exces.

Reducere omogena in faza gazoasa cu uree

$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ este solubila in apa si se obtine prin incalzire CO si amoniac la temperatura si presiune ridicata.

Se pulverizeaza in zona ulterioara arderii solutie de uree

Alti agenti reducatori:

- apa oxigenata cu uree
- acetamida

Pulverizarea ureei se poate face in conductele de aer sau in canalele de gaze recirculate.

Zona de temperatura activa este intre 300 si 400 $^{\circ}\text{C}$ in zona terminala a focarului unde gradul de reducere este de cca 90%.

Catalizatorii care se folosesc la reducerea oxizilor de azot se asambleaza in module fagure si constau dintr-un material ceramic care contine catalizator active TiO_2 , V_2O_5 , WO_3

Fagurele poate fi montat in zona finala a cazanului inainte de preincalzitorul de aer rotativ.

Instalatia de desulfurare se realizeaza prin preluarea gazelor de ardere care contin SO_2 si SO_3 si trecerea lor peste saci de iuta impregnati cu amoniac, formandu-se sulfatul hidrogenat de amoniu



Instalatia de desulfurare de la Timisoara functioneaza cu solutie de hidroxid de calciu impregnata in saci de iuta prin care se trece curentul de gaze de ardere continand SO_2 si SO_3 . Prin reactia dintre $\text{Ca}(\text{OH})_2$ si SO_2 (SO_3) se formeaza sulfiti de calciu CaSO_3 si sulfat de calciu CaSO_4 (care este gipsul). Amestecul rezultat se colecteaza la palniile instalatiei de desulfurare si se evacueaza la depozitul de zgura si cenusă.

In instalatiile de ardere al CET din Tm atat arzatoarele de hidrocarburi cat si cele cu carbune au fost inlocuite cu arzatoare cu NO_x redus, astfel incat gazele evacuate se incadreaza in limite admisibile privind continutul de SO_2 , SO_3 si NO_x .

Instalatii solare

Incalzirea solara face parte din incalzirea din surse regenerabile, este disponibila 1/2 din timpul calendaristic, dar ca putere termica este nelimitata.

Puterea solara = 1370 Watt/m²

Este folosita in scopul preparatii acm si / sau incalzire cu conditia ca instalatia care foloseste panouri solare sa fie integrata intr-o schema ce cuprinde si un vas de acumulare in care se poate stoca agent termic pt perioade fara insolatie.

Panourile solare sunt de mai multe tipuri:

- cu circulatie naturala sau termosifon - nepresurizate
- cu circulatie forzata sau presurizate.

In ambele cazuri se recomanda respectarea recomandarilor producatorilor de echipamente.

Constructiv panourile solare pot fi plane, cu tuburi vidate, cu tub U

Panourile solare plane nepresurizate sunt recomandate pt instalatii montate in zone cu latitudinea pana la 40 grade (tari calde)

Instalatiile cu tuburi presurizate pot fi folosite in functie de sistemul constructiv si in zone cu plimat temperat si chiar in tarile nordice.

O instalatie solara bine executata trebuie sa functioneze cu reducerea temperaturii la 40 °C si in timpul iernii la temperaturi exterioare negative.

Ca agent de lucru panourile solare folosite exclusiv iarna folosesc apa potabila; panourile solare cu tuburi vidate pot folosi ca agent primar o solutie cu etilen glicol, care sa previna inghetarea agentului pe timp de iarna.

Este eficienta folosirea energiei solare deoarece pt procurarea si montarea intalatilor statul asigura facilitati legislative acoperind pana la 6000 lei din investitie.

Panourile solare plane au diferite denumiri comerciale si se compun din:

- carcasa din plastic vopsita interior cu negru absorbant;
- elemente de preluare a insolatiei solare;
- sub ele izolatie din vata sau spuma poliuretanica;
- racord de retur si tur;
- acoperit cu sticla, policarbonat sau plexiglass.

Se monteaza cu un unghi de inclinare intre 25 si 45 grade

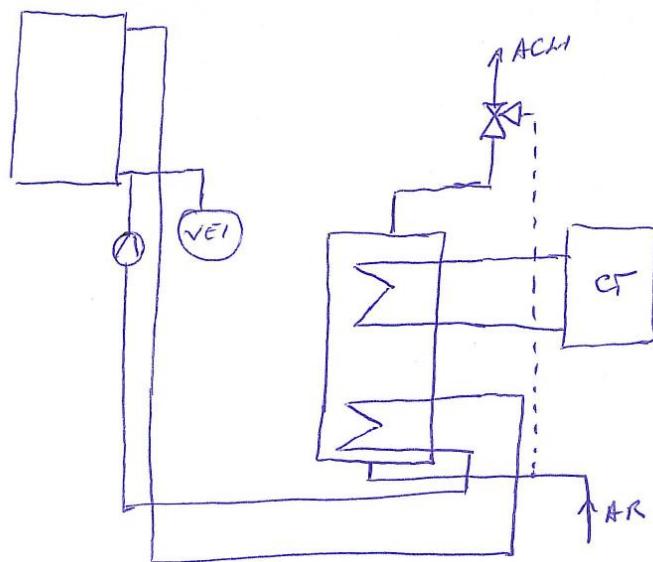
Panourile solare cu tuburi vidate: se folosesc 2 tuburi concentrice la distanta de aproximativ 10mm/diametru (5mm/raza) iar la capete tuburile sunt sudate si intre cele 2 tuburi se realizeaza vid de cel putin 50%.

Tubul interior este vopsit in absorber pt a prelua cat mai mult caldura solara, prin spatiul de vid trecerea caldurii este cu coeficient de transfer foarte mare, iar in interior circula direct agent de incalzire sau o serpentina din cupru prin care circula agentul termic.

Daca se sparge un tub nu se poate folosi panoul.

Oglinda de sub tubul vidat reflecta razele si se acopera astfel toata circumferinta tubului.

Instalatia de automatizare asigura functionarea instalatiei prin pornirea si oprirea pompei.



Alegere boiler bivalent

$$V = 1,5 \cdot (2) * \text{necesarul zilnic acm} (45 \text{ grade C})$$

$$4 \text{ persoane} \quad 50 \text{l/zi persoana}$$

$$t \text{ stocare } 60^{\circ}\text{C}$$

$$t \text{ ar } 10^{\circ}\text{C}$$

$$V = \frac{2 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{(60 - 10)} = 280 \text{ l}$$

Pt abaterea fata de azimut se face o corectie(cand nu se orienteaza catre sud). Abaterea fata de inclinarea de 45 grade: pt 25° $f=1,05$

$1 \text{ mp panou} = 0,2 - 0,35 \text{ mp serpentina si rezulta suprafata panoului}$

Pentru panourile plane $0,8 - 1,1 \text{ mp}$ pentru 10mp de suprafata de incalzit; pentru cele vidate $0,5 - 0,8 \text{ mp}$

Boilere tanc in tanc: echipate cu 2 serpentine pt acm si instalatia solara

Boiler bivalent: au 2 surse de incalzire

Tyfocar = amestec propilen glicol - apa 45-55%; temperaturile ridicate din panouri modifica proprietatile, se inlocuieste la 2 ani.

Statii de pompare

Vasul de expansiune

Accesorii: ventile , etc.

Tuburi termice

Un tub termic este un tub inclinat care contine un agent termic lichid cu punct de vaporizare scazut. Prin incalzirea lui, in tubul termic lichidul vaporizeaza migreaza in partea superioara, unde condenseaza, cedeaza caldura si lichidul racit coboara; procesul se repeta.

Tuburile termice sunt in forma de U (tevi de cupru) si in forma de I (teava liniara).

Pt a fi folosite iarna tuburile termice trebuie sa contin un lichid agent frigorific care vaporizeaza la temperaturi mult mai mici decat temperatura mediului ambiant, astfel incat lichidul sa poata vaporiza la temperaturi exterioare negative.

Prin preluarea caldurii de la condensatoarele tuburilor termice , acm sau agentul termic de incalzire poate sa aiba temperaturi pana la 60-65 °C , care acopera necesarul de caldura al unei cladiri in proportie de 85-90%.

De aceea de obicei instalatiile de incalzire ce folosesc surse solare sunt dublate de instalatii clasice sau cu rezistenta electrica care asigura varful(cel putin).

Sunt aplicatii care folosesc energie solara si pompe de caldura care pot asigura 85-90% din sezonul de incalzire.

Energia consumata este practic gratuita si cheltuielile de exploatare sunt 10-15% din cheltuielile de exploatare ale unei surse clasice, dar costul acestor instalatii este ridicat ceea ce conduce la cheltuieli de investitii mari si perioade de recuperare a cheltuielilor tot mari. Inainte de utilizarea unei asemenea surse pt incalzire se recomanda sa se reabiliteze cladirea sau in cazul cladirilor noi sa aiba coeficienti globali de izolare termica cat mai redusi.

Randamentele panourilor solare clasice cu serpentina sunt 60-65% iar al celor cu tuburi vidate 90%.

Dezavantaje:

- panourile solare cu tuburi nepresurizate se folosesc vara(insolatie mare) si nu se recomanda pt sisteme sub presiune.

- daca se defecteaza un tub instalatia se opreste si se inlocuieste tubul respectiv

- panourile solare presurizate cu tuburi termice contin boiler de acumulare, supapa de protectie, etc. functioneaza pe toata perioada anului, nu necesita montarea la inaltime; au instalatii de automatizare; se pot folosi boilere cu sau fara serpentina.

Pompe de caldura

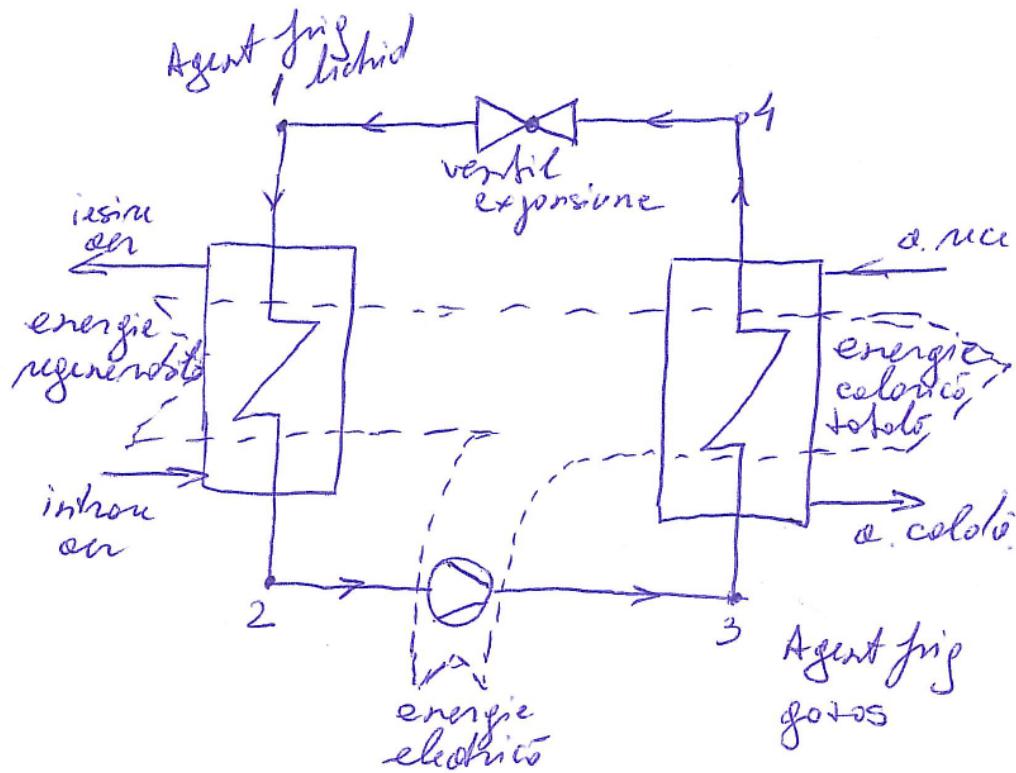
Preiau energia sub forma de caldura de la o sursa cu temperatura coborata , consuma lucru mecanic sau alta energie si cedeaza energia sub forma de caldura unei surse cu temperatura mai ridicata, caldura fiind numeric egala cu suma dintre energia recuperata de la sursa cu temp coboranta si energia externa.

Sursa cu temperatura coborata este mediul ambiant(aerul atmosferic, apa de suprafata sau panza freatica, solul) toate fiind energii regenerabile, deoarece nu trebuie nici o interventie ca potentialul termic al sursei sa se refaca permanent.

Cele mai utilizate pompe de caldura sunt cele cu comprimare mecanica de vaporii la care agentul de lucru este un agent frigorific(ecologic) din gama freonilor care nu produc poluarea atmosferei.

Agentii frigorifici au in general temperatura de vaporizare mai mica decat temperatura mediului ambiant, deci la temperatura mediului ambiant agentul se gasesete in stare gazoasa.

Ciclul de functionare al unei pompe cu comprimare mecanica de valori este: agentul frigorific vaporizeaza la nivelul unui schimbator de cladura numit vaporizator (evaporator), din care vaporii creati sunt preluati de un compresor; in compresor creste presiunea si temperatura vaporilor, vaporii calzi la presiune ridicata fiind trecuti in condensatori, schimbatori de caldura in care vaporii se transforma in lichid, cedand caldura de condensare agentului termic care poate fi acm pt incalzire sau agent intern chiar preluat de un alt schimbator de caldura; lichidul rezultat la condensator de presiune ridicata trece printr-un ventil de laminare sau expansiune in care presiunea sa scade, fiind preluat din nou de vaporizator.



COP - coeficient de performanta

$$\text{COP} = (\text{Energia produsa}) / (\text{Energia consumata}) = 2 - 6$$

Este cu atat mai mare cu cat este mai mica diferența dintre temperatura de vaporizare si temperatura de condensare sau temperatura de vaporizare ridicata si temp de condensare coborata.

$$\text{COP} = 2,6 - 3,1 \text{ pentru } t_{\text{aer}} 7^{\circ}\text{C}$$

$$3 - 3,7 \text{ pentru } t_{\text{aer}} 20^{\circ}\text{C}$$

Temperatura minima a aerului exterior -5°C

Un COP ridicat rezulta timpul de recuperare al investitiei mai redus

$$N[\text{ani}] = \Delta I / \Delta E$$

ΔI - sporul de investitie al unei pompe de caldura fata de o sursa clasica care debiteaza aceasi caldura.

ΔE - diferența de energie de exploatare consumata in cazul unei surse clasice fata de energia consumata de pompa de caldura(energia electrica consumata de compresor)

Instalatia poate fi monobloc(toate impreuna)

Utilizarea pompei de caldura: deoarece COP este cu atat mai mare cu cat temperatura la condensator este mai mica se recomanda sa fie folosite pt a produce agent cu temperatura cat mai mica; astfel pompele de caldura in cazul in care sunt folosite pt preparare agent de incalzire se

recomanda sa fie utilizate la sistemele de incalzire prin radiatie cu serpentine inglobate in pardoseala. La aceste sisteme COP de functionare la 20 °C este 3,7 si la 7 °C = 2,9.

Pompele de caldura functioneaza in mod obisnuit intre -5 °C si 42 °C si are temperatura agentului preparat este maxim 62 °C.

Sub temperatura de 7 °C a aerului exterior, la vaporizator prin care circula agent frigorific cu temperatura coborata se poate crea gheata din umiditatea atmosferica, care se indeparteaza prin folosirea temporara de rezistente electrice, pe perioada utilizarii rezistentei scazand COP.

-5 grade C se utilizeaza o sursa clasica.

Este recomandat ca diferența dintre temperatura de vaporizare și cea de condensare să fie cat mai mica pt a avea COP ridicati.

$$E_{reg} = E_u \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

E_{reg} – energia preluata de la sursa rece

E_u – energia utila

SPF – factor de performanta sezonier

$$SPF = \frac{E_{us}}{E_{elec}}$$

Se recomanda ca SPF > 1,15 / η

Instalatia se poate folosi pt incalzire daca se respecta relatia de mai sus

Randamentul = randamentul de producere al energiei electrice in sistemul energetic national.

Valoarea medie este 0,4 [$\eta_{hidro} = 0,8 - 0,85$; $\eta_{CET} = 0,7 - 0,85$ (la termoficare in regim permanent); $\eta_{CTE} = 0,35 - 0,38$; $\eta_{CNE} = 0,3$]

$$SPF = COP_{sez} > 2,875$$

Daca o pompa de caldura are COP mai mare decat 2,875 utilizarea ei este eficienta.

Surse reci folosite de pompele de caldura:

- aerul din mediul inconjurator sau aerul uzat(evacuat din instalatiile de ventilatie, incarcat cu CO₂, dar care contine caldura ce poate fi recuperata);

- apa: cursuri de suprafata, panza freatica, apa geotermală(dupa ce a fost folosita pana la nivele de 30-40 °C) sau apa din sistemele de racire industriale ce poate avea temperatura de 30-45 °C si apa uzata (tratata chimic);

- solul (caldura solara inmagazinata in sol)

Sursa rece aerul

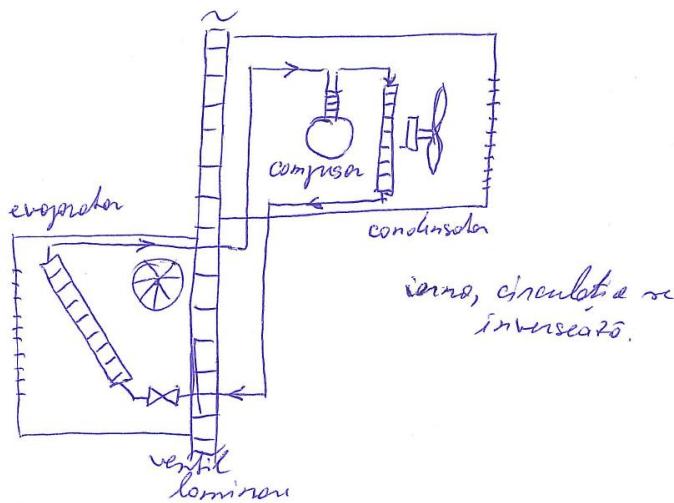
Caracteristici specifice:

- aerul este disponibil si usor de preluat fara echipamente specifice, autorizatii, tratamente;
- din punct de vedere al coeficientului de transfer termic aerul are coeficienti redusi, rezulta ca debitele la evaporator si condensator sunt semnificative;
- cand avem nevoie de caldura pt incalzire , temperatura exterioara a aerului este cea mai mica, respectiv COP cel mai mic;
- sub $6-7^{\circ}\text{C}$ aerul care patrunde in vaporizator produce bruma; la 5°C poate chiar sa obtureze trecerea aerului, ceea ce face ca periodic sa fie nevoie de degivrarea vaporizatorului pt a permite schimbul de caldura in continuare.

In functie de tipul constructiv si agentul termic de la condensator pompele de caldura ce folosesc aerul ca sursa rece pot functiona pana la 0°C sau -7°C astfel incat COP > 2,875

Cele mai raspandite pompe de caldura sunt cele aer- aer, care pot fi intalnite si la cladiri si la instalatii de transport; SPLIT cele mai folosite, care au o unitate interioara si una exterioara, cea exterioara fiind cea in care se gaseste condensatorul si compresorul , iar cea interioara are vaporizatorul si orificiul de laminare.

Pompele de caldura SPLIT cu sistem de inversare a circulatiei fluidului pot sa functioneze vara ca agent de racire , iar iarna ca si incalzitor.



Sursa rece apa

Daca folosim apa ca sursa rece, putem sa folosim apa curgatoare, in special daca in amonte de captare exista unitati industriale care folosesc apa in sistemele de racire deschise.

Ca temperatura, temp apei raurilor este apropiata de cea a aerului exterior, cu aceleasi variatii si cu diferente de temperatura pana la 10°C .

Daca debitele de apa sunt mici, exista riscul ca sa intervina inghetul pe perioada iernii.

Prizele de apa sunt in numar de 2, apa preluata este folosita la evaporator si in aval este returnata sursei din care provine.

Caracteristic acestui sistem este faptul ca schimbatorul de caldura datorita impurificarii apei se colamateaza repede; se recomanda folosirea schimbatoarelor de caldura in placi ce pot fi usor curatare si au coeficienti de transfer termic mai ridicati.

Apa de adancime(freatica) are aproximativ aceasi temperatura cu temperatura medie a aerului exterior pe timpul anului, deci avantajul este ca variatiile sunt foarte mici, deci COP vor depinde numai de temperatura de condensare, temp de vaporizare fiind practic constanta.

In situatiile in care se folosesc aceste surse de apa, ele sunt prelevate cu ajutorul unor puturi, si pt a nu periclista panza freatica(nivelul) se returneaza tot printre-un put la o distanta de circa 20m in aval in sensul de curgere al apei subterane.

Dezavantaje: antrenarea de nisip care trebuie evacuat; daca $\text{pH} < 7$ apare pericolul coroziunii; capacitatea de preluare scade in timp la circa 4-5 ani, rezulta o curatare a sa si o repunere la punct.

Daca se foloseste ca sursa apa rece potabila, avantajul este ca temperatura este aproape constanta tot timpul($7-12^{\circ}\text{C}$) conventional 10°C . Dezavantaje: are saruri, uneori este dura, pot aparea depunerile la schimbatoarele de caldura; contine clor ceea ce o face agresiva pt materialele schimbatoarelor de caldura si tevi de legatura; pretul destul de ridicat in comparatie cu apa de rau sau put, paritic nu este sursa regenerativa.

Apa utilizata in procese industriale cu temperatura de $30-40^{\circ}\text{C}$ este foarte economica de folosit ca sursa rece, tinand cont de nivelul termic mai ridicat ceea ce face ca la condensator sa folosim sistem de incalzire de joasa temperatura prin radiatie, la care agentul termic este de $40-45^{\circ}\text{C}$, diferența intre condensare si vaporizare este mica, deci COP este ridicat.

La apa de toate tipurile in comparatie cu aerul coefficientul de convecție este mai ridicat si in consecinta debitele sunt mai reduse.

Sursa rece solul

Caldura inmagazinata in sol este tot caldura solara. Cu cat adancimea este mai mare, cu ata temperatura solului este mai ridicata.

Se poate aprecia ca in centrul pamantului care are $R = 6375$ km, temperatura este aproape constanta la 6000°C ; 99% din volumul pamantului au temperatura $> 1000^{\circ}\text{C}$, si din restul de 1% alti 99% au temperatura $> 100^{\circ}\text{C}$.

Pe adancime la fiecare 100 m temperatura creste cu 7°C .

La nivelul superior al solului temperaturile sunt de pana la 100°C la adancimi de 2km, putand ajunge la 180°C la 3km.

Există 2 tipuri de colectoare care preiau caldura solului, stiut fiind ca temperatura acestuia este aproape constantă pana la 10m:

- colector cu serpentine orizontale, montate la adancimi de 1,5 – 2 m, adancimi la care se simt totusi influentele temperaturii aerului exterior, cu un anumit dezavantaj, care este in favoarea utilizarii pompei de caldura deoarece cand temperatura aerului este cea mai mica, temperatura solului este suficient de ridicata

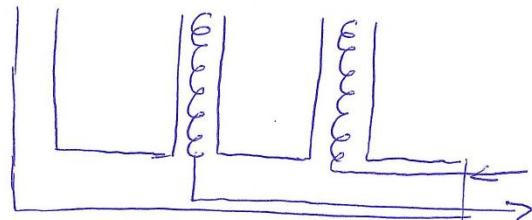
O caracteristica a acestui sistem este faptul ca indisponibilizeaza suprafete mari de sol, in medie se pot prelua $5-7 \text{ Kw/m}^2$ putere termica. Serpentinele care se folosesc in sisteme orizontale nu depasesc 80m lungime; daca este nevoie de puteri mai mari se folosesc serpentine in paralel.

Pt suprafata de deasupra serpentinelor solul poate fi utilizat pt alte activitati(gradinarit).

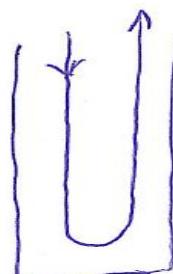
Este important ca serpentinele montate in sol sa aibe contact cu pamantul ce contine umiditate cat mai mare pt un transfer de caldura corespunzator.

Folosirea solului de deasupra ca si gradina este recomandat pt ca se uida si se ibunataste schimbul de caldura.

- Colectori verticali : serpentine montate in puturi paralele, legate la un colector de unde pleaca 2 racorduri catre vaporizator



sau put cu serpentine introduse in sol, cu contact intre sol si serpentina



Pompele de caldura ce folosesc solul utilizeaza agenti frigorifici ca fluid intermediar intre sol si agentul care preia caldura la condensator(agent ce poate fi aer, apa- un nou schimbator de caldura).

Punerea in functiune a pompelor de caldura: sunt necesare autorizatii de la organizatii de mediu(mai usor se obtin pt pompe de caldura aer- aer). Pt pompele de caldura apa - apa autorizatiile se acorda in urma unor studii de impact, apa trebuie reinjectata in sursa si prin trecerea prin pompa de caldura nu se polueaza. Autorizatiile pt pompele de caldura sol- apa(aer) se obtin relativ usor daca se prezinta proiectul ce foloseste materiale nepoluante.

Pompele de caldura functioneaza cu agent termic aer sau apa, fiind posibile urmatoarele variante sursa rece/ sursa calda: aer-aer, aer-apa, apa-apa, apa-aer, sol-aer, sol-apa.

Sunt situatii unde la sursa calda se interpune un schimbator de caldura care functioneaza intreg anul.

Agentii de lucru sunt agenti frigorifici cu caracteristicile principale:

- caldura la tenta de vaporizare mare;
- temperatura de vaporizare redusa;
- caldura specifica la temperatura constanta cat mai ridicata;
- conductivitate termica mare;
- coeficienti de compresie cat mai ridicati pt consum redus de energie;
- sa nu fie toxicii;
- sa nu fie corozivi;
- sa fie accesibili ca pret.

Din 1930 de cand se dezvolta pompele de caldura s-au folosit freoni cu molecule de Cl sau F1 cunoscuti sub simbolurile R11 si R22

In conferinte mondiale successive s-a subliniat importanta pastrarii stratului de ozon deasupra atmosferei pt a permite filtrarea razelor UV pt protectia vietuitoarelor.

Ozonul O₃ se formeaza sub influenta razelor UV si exista in partea superioara a stratosferei circa 3 molecule de O₃ la 10 mil molecule de aer.

Freonii care au Cl si F1 (CFC) se descompun cu usurinta, cand patrund in aer, sub influenta razelor solare iar o molecula de Cl distrughe pana la 100 mii de molecule de ozon, motiv pt care, in timp freonii cu F1 si Cl au fost interzisi fiind inlocuiti cu freoni care au in componenta formulei si H (HFC) , care sunt mai putin daunatori, se numesc hidroclorcarbon si sunt inofensivi pt O₃ dar sunt gaze cu efect de sera.

Gazele cu efect de sera se acumuleaza in straturile superioare, nepermitand reflexia unei parti din radiatia solara si conduce la incalzirea globala.

Incalzirea globala se intampla prin cresterea temperaturii medii anuale cu cateva zecimi de grad in fiecare an.

O alta consecinta este topirea treptata a ghetarilor, ceea ce face ca oceanul planetar sa creasca cu cativa cm/an , scazand suprafata uscatului.

Prin incalzire se intensifica fenomenele meteo extreme.

Agentii frig care sunt inofensivi pt ozon si care nu conduc la efect de sera sunt cei pe baza de amoniac, care se folosesc pe scara larga in industria frigului si mai putin la pompele de caldura.

Agentii frigorifici pot fi caracterizati prin parametrii globali care se judeca cu incalzirea globala:

- ODP - potential de distrugere a O₃
- GWP - potential de incalzire globala
- TEWI - impactul total echivalent de incalzire
- LCCP - performanta de incalzire ciclica in timpul vietii

Se recomanda ca primii 2 factori sa fie ODP = 0 si GWP cat mai mic; TEWI tine seama de impactul asupra atmosferei a gazelor emise intr-un anumit proces dat si a gazelor cu efect de sera emise pt producerea energiei electrice folosite in cazul pompei de caldura; LCCP tine seama de TEWI dar in plus ia in considerare si GES(gaze cu efect de sera) care sunt secundare procesului analizat.

Alt agent frigorific larg utilizat este CO₂ care este inofensiv pt O₃ dar este gaz cu efect de sera(principalul gaz cu efect de sera).

Gazele cu efect de sera sunt:

- CO₂ - rezultat din arderea compustibililor fosili dar si din transporturi;
- SO₂ si SO₃ - mai sunt si toxice si pot da nastere la ploi acide
- NOx
- vaporii de apa rezultati in urma arderii
- freonii de toate felurile
- hidrocarburi gazoase care se evapora in atmosfera
- ozonul

Uniunea Europeana a emis o serie de directive.

Pompe de caldura AER - APA

Au COP redus dar sunt folosite pe scara larga pt ca nu trebuie proiectate echipamente speciale care sa vehiculeze agentii de la sursa rece la cea calda.

Ca si la PC aer-aer se poate afirma ca pe masura ce scade necesarul de incalzire creste COP pompa.

Se recomanda ca daca se instaleaza PC in sistemele de incalzire sa se analizeze oportunitatea ei cu necesarul de caldura.

PC aer-apa functioneaza pana la 0°C asigurand intreg necesarul termic ; intre 0°C si -5°C asigura partial iar la -10°C trebuie oprita.

Pompe de caldura apa - aer

Trebuie sa fie insotite de emiterea de autorizatii.

Debiturile vehiculate la sursa calda trebuie sa fie sporite fata de aer- apa datorita coeficientilor de schimb de caldura mai mici ai aerului.

Functioneaza pana la -3°C si asigura partial necesarul de incalzire

Pompele de caldura Apa - Apa

Au COP mai ridicat si pot fi folosite pana la 0°C

Pompele de caldura Sol - Aer

Au stabilitate de temperatura la sursa rece si sunt construite cu fluid intermediar care este apa glicolata care circula prin serpentine ce preiau caldura de la sol. Se preteaza la automatizare fiind usor de reglat debitul de caldura.

PC sol - apa

Sunt raspandite avand COP mai ridicat decat sol - aer

PC cele mai eficiente sunt cele care functioneaza pe perioade cat mai lungi din an fiind reversibile.

Acumularea caldurii

- sub forma de caldura sensibila

- caldura latenta

- caldura de reactie

Fluidele folosite in instalatiile de acumulare au proprietati:

- caldura specifica

- caldura latenta

- conductivitate termica cat mai mare
- vascozitate cat mai mica
- presiune paritala de vaporii
- agresivitate chimica
- stabilitate termica
- toxicitate cat mai mica
- inflamabilitate cat mai mica
- costuri cat mai mici

Un sistem solar conventional asigura in bune conditii necesarul de caldura. Datorita stocarii caldurii se afirma ca se reduce sarcina activa de catre componenta solară.

Stocarea caldurii usureaza trecerea de la o componenta la alta si cand este necesar , cand nu exista sursa de caldura.

Cantitatea de caldura introdusa in acumulator in faza de incarcare este mai mare decat cea extra. Raportul se numeste randament de restitutie si este 70-90%

Randamentul depinde de durata ciclului incarcare- descarcare si de temperatura.

Acumulatorul care utilizeaza apa este constituit din 2 rezervoare unul cald si unul rece, sau un singur rezervor unde apa calda se stratifica in partea superioara.

Un acumulator de caldura care functioneaza pe baza stratificarii are 2 racorduri: jos rece , sus cald.

Incarcarea stocului se face prin introducerea de apa calda simultan cu extragerea unui volum de apa rece de jos. Descarcarea se face prin extragere de apa calda de sus si introducere de apa rece de jos.

Conditia de functionare a acumulatorului este mentinerea stratificarii si evitarea amestecului.

Daca agentul de legatura dintre acumulator si sursa nu trebuie sa se amestece, acumulatorul de caldura cu stratificare poate fi constituit din 2 cilindrii concentrici. In interior agentul termic destinat consumatorului se incalzeste prin stratificare termica iar spatiul dintre cei 2 cilindrii se umple cu apa cu rol de regulator tampon. In spatiul dintre cilindrii sunt imersate racordurile celor 2 suprafete de schimb de caldura.

Caldura descarcata in acest fel se poate utiliza pt alimentarea unui consumator extern sau pt cresterea temperaturii cilindrului intern.

Intre cei 2 cilindrii se stratifica apa din interior, se consuma sub forma de ACM.

In cadrul sistemelor conventionale utilitatea acumarului este bine justificata .

Instalarea acumulatorului mareaste costul instalatiei dar simplifica sarcina sistemului de control - comanda - reglare.

Se inregistreaza o tendinta de reducere a compustibililor fosili.

In 1973 a fost prima criza de pretol, generata de fenomene politice, ce a condus la cresterea preturilor si limitarea livrarilor de la exportatori.

Consum de energie pe sectoare

- pt locuinte 40%
- pt transporturi 28-30%
- pt industrie 25-28%
- pt sectoare comerciale si agricole: diferenta

Masuri de reducere: masuri de izolare a cladirilor; dezvoltarea tehnologiilor de valorificare a surselor regenerabile - se prevede ca la nivelul consumatorilor 20% din consumul de energie sa fie verze; prospectarea de noi surse de energie

Prin reducerea consumului de compustibili fosili in 2020 se preconizeaza sa se produca cu 20% mai putin gaze cu efect de sera.

Prin imbunatatirea factorului global de izolare termica ne referim la izolarea elementelor de anvelopa cu materiale cat mai performante, suprafete vitrate cu conductivitate cat mai mica, respectarea factorilor de forma (raportul dintre aria utila si volumul incalzit 0.8 - 1.1)

Se recomanda automatizarea sistemelor

Imbunatatirea eficacitatii anvelopei se impune prin schimbarea normativului C107/1 din 2010 prin impunerea de rezistente minime corectate la trecerea caldurii la cladirile noi. C107 modifica coeficientii ce intra in coeficientul global de izolare termica.

Energii regenerabile:

- energie solara
- biomasa
- pompe de caldura
- centrale eoliene
- centrale hidroelectrice
- energia mareelor - valurilor
- celule fotovoltaice

Cogenerarea= producerea simultana si cu acelasi echipament a 2 tipuri de energie (acm + incalzire, acm + incalzire din mai multe surse, energie termica + energie electrica= termoficare, acm+ energie termica folosind energia solara si pompe de caldura pt agentul de incalzire)

Pt fiecare sistem, in functie de echipamentele utilizate este important randamentul sistemului, respectiv energiile obtinute raportate la energia consumata. Este indicat ca randamentul > 85% , care se poate considera ca are valori mult mai mari daca se folosesc si pompe de caldura.

Pompe de caldura care valorifica energia geotermală sau energie deseu

O parte din energia incidenta se foloseste pt incalzirea globului terestru, care se face si prin reactii nucleare. Se poate considera ca o medie, ca temperatura solului creste odata cu adancimea de 1 °C la fiecare 33m , sau 3 °C la 100m. Sunt zone in care exista depozite de apa geotermală cu temperaturi de 180-200 °C si in aceste zone cresterea de temperatura este de 7 °C / 100m.

Energia geotermală este energia termica continua in panzele de apa freatica de adancime, care pot atinge 180-200 °C.

Energia cu acest nivel de temperatura poate fi folosita direct pt producerea energiei electrice daca se foloseste un fluid cu temperatura de vaporizare < decat temp apei; in aceste sisteme se foloseste energie pana la potentialul de cca 80 °C, la acest nivel se poate folosii direct in sistemele de incalzire rezultand apa geotermală racita la 30-40 °C.

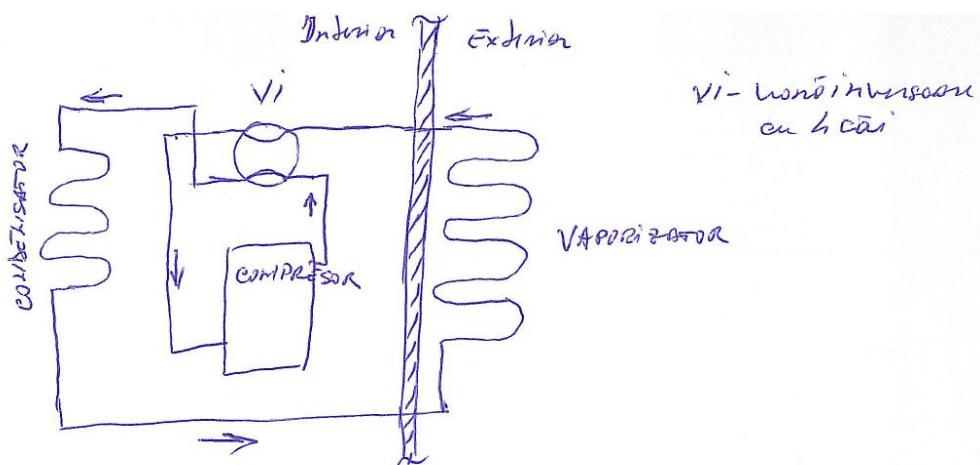
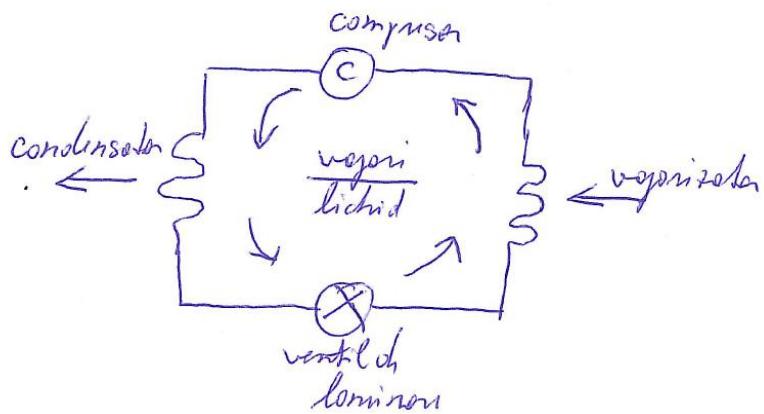
Acesta este nivelul de temperatura care se poate folosii cu succes la sursele reci ale pompei de caldura.

Tot la acest nivel de temperaturi pot fi eliberate din procese tehnologice(racire, uscare) cantitati de caldura. In orice caz energia continua in sursele deseu, daca nu se foloseste la sursa rece a pompelor de caldura, este pierduta.

Energia geotermală dupa ce apa a fost folosita in pompele de caldura, poate fi folosita in statiuni balneoclimaterice pt tratament. O caracteristica importanta a apelor geotermale este aceea ca de cele mai multe ori sunt insotite de gaze compustibile(gaz natural), uneori de gaze toxice, iar calitatea apei este scazuta, apa continand bicarbonati, sulfati si cloruri, care pot fi depusi pe schimbatoarele de caldura si de aceea este indicat ca acestea sa fie curatare periodic, iar daca apa are si caracter acid cu pH < 7 este posibil sa fie nevoie a inlocui periodic schimbatoarele de caldura.

Energia geotermală este folosita de circa 10.000 de ani de cand se cunosc urme ale civilizatiilor indo africane, asiatiche sau europene.

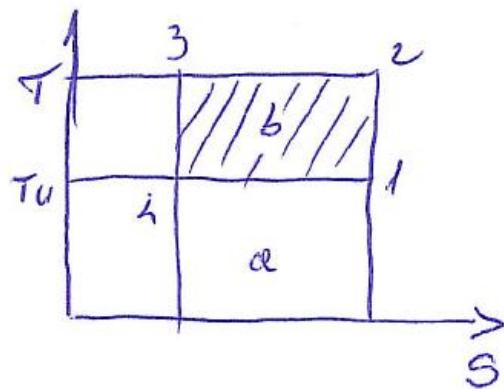
Pompele de caldura cu compresie mecanica de vapori sunt cele mai utilizate



Trecerea de la regimul de iarna la cel de vara se face prin repositionarea vanei inversoare.

HFC - cei mai folositi agenti frigorifici.

Coefficientul de performanta este echivalentul randamentului de la incalzire, reprezinta raportul dintre energia utila si energia consumata.



$$COP = \frac{T}{T - T_0}$$

T- temperatura la condensator

T₀- temperatura la vaporizator

a - energia cedata mediului

b – energia preluata la condensator

$$\text{COP} \geq 1,15 - \eta$$

$$\eta=0,4 \quad \text{COP} \geq 2,875$$

Pompele de caldura ce folosesc solul ca sursa rece sunt cele mai eficiente tinand cont de faptul ca la adancimea la care se pozeaza serpentinele sursei reci temperatura este practic constanta si este 8-30 °C.

Sursele care folosesc solul ca si sursa rece sunt construite cu tevi din PEHD plasate in plan orizontal sau vertical si prin intermediul unui schimbator de caldura transmite caldura la condensator, ce poate fi folosita la sistemul de incalzire. Este recomandabil ca sistemul de incalzire sa fie cu serpentine inglobate in suprafetele construite ale anvelopei (pardoseala sau tavan) iar temperatura sa fie cuprinsa intre 45-55 °C.

Pompe de caldura cu vaporizare directa a circulatiei agentilor frigorifici cu rol de circuit de captare ingropat direct in sol, devenind colectorul sursei reci (o teava de cupru, o serpentina colac, cu mansoane de protectie de polietilena). Are un COP ridicat, se economiseaza suprafata ocupata in comparatie cu sistemul cu colectoare in plan orizontal. Ca dezavantaj se limiteaza puterea la 50 Kw.

Pompe de caldura apa - apa se dimensioneaza astfel incat viteza apei in vaporizator sa fie maxim 0.8 m/s si apa utilizata din sursa rece trebuie returnata in emisar. Are un COP ce ajunge la 5; in functie de debitele instalate poate atinge puteri mari de mii de kw cu o unitate sau mai multe. Daca apa potabila este sursa rece exista riscul depunerilor pe suprafetele schimbatoare de caldura.

Pompa de caldura aer- apa are un $\text{COP} \leq 3$; dezavantajul este ca in apropierea temperaturii de 0 °C se depune la vaporizator gheata din umiditatea atmosferica; nu poate fi folosita exclusiv pt incalzire, temperatura exteriora pana la care se poate folosii fiind de regula 5 °C in functie de agentul frigorific. Apa incalzita la condensator poate fi folosita ca agent de incalzire intr-un circuit clasic de incalzire sau preparare ACM.

Sistemele ce folosesc **pompe de caldura cu energie solara** la sursa rece sunt foarte rentabile avand un COP ridicat si energie de antrenare redusa.

Combustibilul lemnos

Este considerat o sursa biologica de energie care conventional nu produce gaze cu efect de sera deoarece se considera ca prin ardere lemnul degaja tot atata CO₂ cat a fost consumat in timpul vietii plantei prin procesul de fotosintеза.

Lemnul contine ca elemente compustibile CH avand in componenta si umiditate interioara, care este acea umiditate care dupa ridicarea temperaturii peste 100 °C ramane legata cu combustibilul.

Umiditatea la temperatura ambianta este umiditate exteroara.

Pt sursele de incalzire se recomanda arderea lemnului cu maxim 20% umiditate(de regula 12-20%)

Randamentul cel mai bun este cand se ard lemne depozitate minim 2 ani.

Lemnul cu umiditatea 12-20% are P_{ci}= 4kwh/kg iar cel cu umiditatea de 50% are P_{CI} = 2 kwh/kg.

P_{CI} a unui compustibil este energia dezvoltata prin arderea unitatii de masura(1kg de compustibil lichid sau solid sau un Nmc gaz) daca umiditatea se gaseste la temperatura superioara temperaturii de autoaprindere.

P_{CS} este energia dezvoltata rpin arderea unitatii de volum sau masa a unui compustibil daca umiditatea este exprimata la 20 °C

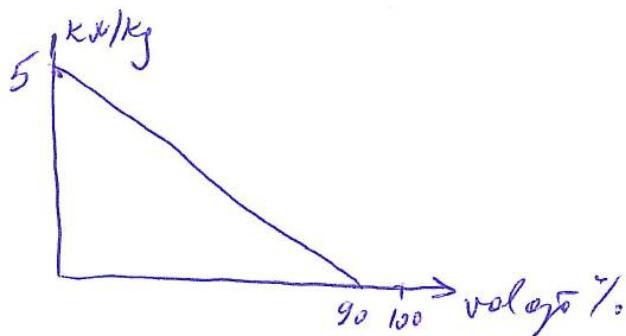
Pt a fi pregatit pt ardere compustibilul trebuie incalzit pana la temperatura de autoaprindere care este diferita de la compustibil la compustibil dar este > 100 °C la care vaporizarea apei din compustibil se petrece cand umiditatea este eliminata. Dupa eliminarea umiditatii compustibilul poate atinge temperatura de autoaprindere dezvoltand energie chimica datorata reactiei de oxidare.

Daca compustibilul este la temperatura mediului vorbim de P_{CS} si daca se afla la temperatura de autoaprindere vorbim de P_{CI}

Pt calculele termotehnice si calculele de randament se foloseste P_{CI}, cea care practic poate fi utilizata pt producerea caldurii; o parte din P_{CS} se pierde prin evacuarea umiditatii

$$H_s = H_i + W$$

$$\eta = \frac{Q_o}{B \cdot H_i} < 1$$



Kcal/kg

molid	3900
pin	3800
mesteacan	3750
stejar	3600
fag	3450

Lemnul poate fi folosit ca atare sau ca bricheti si peleti(din deseuri)

Se estimeaza ca volumul utilizat pt incalzire este de circa 4 mil mc si din acestea se pot fabrica 1,7mil tone peleti , si pt fabricarea masei lemnoase se produce deseuri 15-20%.

Peletii sunt utilizati pt a fi arsi in cazane ce produc energie termica cu puteri de 7-50 kw ce pot fi usor automatizate de la alimentarea cu peleti si pana la reglajul amestecului aer - compustibil cel mai potrivit, astfel incat randamentele cazanelor pe peleti este intre 0,8 – 0,88, considerat un randament ridicat.

Incalzirea pe peleti este raspandita in tarile cu productie ridicata de lemn, care la producerea fabricatorilor rezulta deseuri.

Peletii pot inlocui gazele naturale, pretul peletilor este cu pana la 25% mai mic , nu au risc de explozie, iar daca tinem cont ca pretul gazelor naturale pana in 2018 vor creste cu 5% / trimestru, se poate afirma ca utilizarea cazanelor pe peleti in comparatie cu cele pe gaze naturale este mai rentabila.

Randamentul de ardere este mai mare, mediul nu este afectat.

Spatiul de depozitare a peletilor este eficient deoarece o tona de peleti ocupa $1,3 \text{ m}^2$. Cazanele pot avea pana la 500 kw iar continutul de cenusă rezultat in urma arderei peletilor se foloseste ca ingrasamant, nu trebuie colectata si transportata la depozitul de deseuri ca si cenuza carbunelui.

Cosul de evacuare al gazelor de ardere nu trebuie dotat cu filtre antiflacara, cenusă zburatoare practic nu există.

Se poate afirma că peletii produsi în România sunt o sursă de energie modernă și curată și reprezintă o alternativă pentru consumul de petrol și gaze naturale.

Pentru producerea peletilor nu sunt necesare tăieri masive de pădure, argument folosit cel mai puternic de cei care comercializează centrale pe peleti.

În afară de lemnul uscat peletii pot fi produsi și din copaci doborâți de dezastrurile naturale.

În zonele de munte se preconizează utilizarea peletilor preponderent.

Peletizarea se face la densitate variabilă, cu un conținut redus de umiditate.

Rasiniile și liantii existenți în lemnul uscat ajuta la aditivarea elementelor componente.

Arderea combustibililor

Pentru ardere compustibilul se preincalzeste.

La apropierea temperaturii de temperatura de autoaprindere sunt condiții pentru a declansa arderea, astfel încât la atingerea temperaturii de autoaprindere reacția de oxidare a prăfilor compustibile din compustibilul fosil se declanșează.

Prin reacția de ardere principalele parti compustibile CH se transformă în CO₂ și vaporii de apă.

La cazanele obisnuite la care temperatura de evacuare a gazelor arse depășește 100 °C, umiditatea din gazele arse respectiv vaporii de apă sunt eliminate la cos împreună cu căldura la tentă de condensare care să ar putea obține din transformarea acestor vaporii în lichid (apa)

Vaporii de apă din gazele arse provin din umiditatea hidroscopică (înterna), umiditatea de imbibație (externă) și din reacția de oxidare a H (de ardere a acestuia).

P_{ci} a combustibilului este puterea termică dezvoltată de unitatea de volum sau masa a compustibilului când s-a eliminat umiditatea totală. Deci când discutăm de P_{ci} vorbim despre puterea compustibilului la care după ardere, umiditatea vaporilor din gazele arse se elimină la cos.

P_{cs} este puterea calorifică a combustibilului atunci când umiditatea să se gasească în stare lichidă, respectiv la 20 °C

H_s = H_i + 25(C+gA) pentru combustibil lichid și solid

unde 25(C+gA) reprezintă W_t – umiditatea totală

Pentru combustibil gazos relația este mai complexă și trebuie să se ia în considerare hidrocarburile nepurăse, și generic putem spune

$$H_{sg} = H_{ig} + 11\% H_{ig}$$

La combustibilul lichid usor si alti compustibili lichizi 2-4% este diferența dintre H_s si H_i

La arderea combustibililor gazosi odata cu gazele de ardere se elibera inca 11% din P_{ci} prin caldura continua in vaporii de apa evacuati la temperaturi peste 100 °C. Este caldura la tenta de condensare ce s-ar putea obtine prin transformarea de stare a vaporilor de apa , respectiv prin transformarea in lichid.

Caldura la tenta de condensare este = cu caldura pe care ar trebui sa o furnizeze cantitatea de lichid obtinuta prin condensare pt a vaporiza.

Temperatura de autoaprindere depinde de componetia combustibilului si pt a se autointretine arderea, trebuie ca temperatura de ardere sa fie mai mare decat temperatura de autoaprindere, cu alte cuvinte caldura obtinuta prin arderea CH sa fie mai mare decat cea necesara eliminarii umiditatii, in caz contrar reactia de ardere inceteaza.

Controlul arderii complete se face prin analiza chimica a gazelor arse, respectiv prin determinarea continutului de CO₂, CO si exces de aer dupa focar.

Pt fiecare tip de combustibil este necesara in cazul arderii complete stoichiometrice dezvoltarea unei anumite cantitati de CO₂. Cu cat este mai apropiata cantitatea de CO₂ analizata de valoarea prescrisa, cu atat arderea este mai completa. In caz contrar la o ardere incompleta o parte din C trece in CO, care este gaz combustibil, toxic si prezenta lui indica gradul de imperfectiune al arderii.

Se recomanda ca procentul de O₂ din gazele de ardere sa fie redus astfel incat coeficientul de exces de aer sa fie cat mai mic.

Cazane pe combustibil solid(lemn) ce functioneaza pe principiul gazeificarii

Aceste cazane functioneaza pe urmatorul principiu: in partea superioara a cazanului unde se afla camera de incarcare bucatile de lemn sunt in contact cu jarul provenit din ardere, ardere ce are loc la un exces de aer redus si cu care ocazie se dezvolta din lemn volatilele, care se constituie intr-un gaz combustibil, dirijat in partea inferioara a cazanului unde arderea are loc, astfel incat se incalzeste agentul termic.

Prin acest procedeu de ardere, in camera superioara rezulta o cantitate de cenusă de pana la 10 ori mai mica decat cantitatea rezultata daca lemnul ar arde in cazane clasice, cantitatea de compustibil neraus din cenusă fiind practic zero, astfel incat se poate spune ca puterea calorifica a lemnului a fost folosita integral.

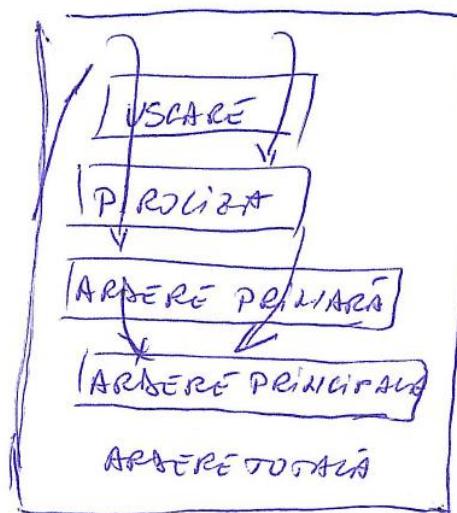
Daca pt un cazan clasic randamentul este de 75-80% , randamentele cu gazeificare au randamente de 93-94%.

Cazanele cu gazeificare sunt mult mai eficiente decat cele clasice si pot folosi lemn cu dimensiuni intre 0.5 - 1m in cantitati remarcabile, ceea ce face ca frecventa de incarcare sa fie redusa la cel mult 2 ori/zi.

Cazanele sunt automatizate, ceea ce face ca in functie de sarcina cazanului dependenta de temperatura exterioara sa se regleze si debitul de aer primar ce se furnizeaza in camera de incarcare(numai in perioada de initiere a arderii), respectiv in camera de intoarcere in compartimentul inferior.

Se pune o conditie: umiditatea lemnului sa fie maxim 15-20%

Se pot folosii bucati intregi sau aschii, deseuri, functie de tipul cazanului



Ca dezavantaje : daca se foloseste compustibil cu umiditate < 15% se dezvolta depuneri de gudron pe pereti ce afecteaza schimbul de caldura dar si siguranta in fucntionare(autoaprinder in zona), fiind recomandata curatarea suprafetelor schimbatoare odata / saptamana.

Cazane in condensare

Sunt cazane folosite tot mai des, avand in vedere avantajele pe care le prezinta aceste sisteme, respectiv eficienta sporita a cazanelor.

Pt cazanele clasice eficienta este exprimata prin randament

$$\eta = Q_u / B H_i$$

La cele in condensare se folosete notiunea de eficienta.

$$\epsilon = \frac{Q_u}{\beta \cdot H_s} = \frac{Q_u}{\beta (H_i + w)}$$

deoarece vaporii de apa care sunt continuti in gazele arse sunt condensati partial, iar caldura obtinuta prin condensare este transmisa suplimentar agentului termic din cazan, ceea ce face ca eficienta cazanelor in condensare sa fie superioara randamentului obtinut la cazanele clasice, depasind 100% daca ne raportam la P_{ci} .

Pt a obtine condensarea parciala a vaporilor din gaze arse este necesar sa reducem temperatura gazelor arse sub temperatura punctului de roua(temp pana la care trebuie racit aerul umed pt a condensa= temp la care presiunea parciala a vaporilor de apa dintr-un anumit mediu egaleaza presiunea de saturatie)

(Presiunea de saturatie este presiunea la care pt o anumita temperatura atmosfera este saturata de vapori, coexista apa si abur)

Pt ca sa respectam conditia de a ne situa cu temperatura gazelor arse sub temperatura punctului de roua, este necesar sa temperatura de return din instalatia de incalzire sa fie sub temperatura punctului de roua cu circa 10°C .

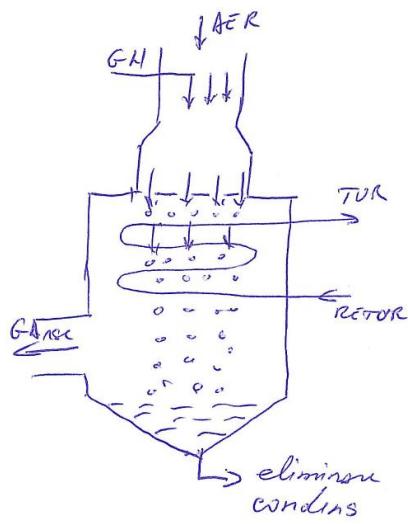
Temperatura punctului de roua pt gazele naturale este de aproximativ 59°C (depinde de componetie)

Acest lucru se respecta la sistemele de incalzire in pardoseala, respectiv radiatoare cu temperatura joasa($30-40^{\circ}\text{C}$ temperatura agentului termic si 20°C temperatura aerului din camera)

Temperatura punctului de roua este dependenta la randul ei de coeficientul de exces de aer, cu cat coeficientul de exces de aer este mai mare cu atat temperatura punctului de roua este mai mica. Avem interesul ca temperatura punctului de roua sa fie cat mai ridicata pt ca temperatura agentului termic ce preia caldura de la condensare sa fie cat mai ridicata(deci coeficientul de exces de aer cat mai mic).

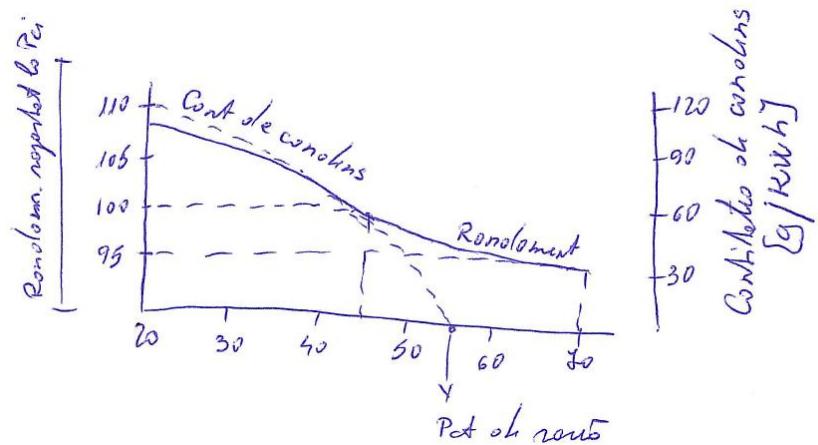
Condensul obtinut din condensarea vaporilor din gazele arse are caracter usor acid($\text{pH}=2 - 3$), ceea ce face ca suprafetele de schimb de caldura ce preiau caldura latenta de condensare sa fie construite din materiale rezistente la coroziune(de obicei inox).

Procentul de recuperare al caldurii latente din gazele arse este cu atat mai mare cu cat temperatura de return din instalatia de incalzire este mai mica



Cazanele in condensatie se aplica exclusiv la combustibil gaze naturale, la care valoarea teoretica maxima a eficientei poate ajunge la 111%, real 107-108%.

Eficienta depinde de temperatura de return: pt 107% temperatura returului = 47°C



Folosirea condensatiei la corpurile statice de joasa temperatura

Cazanele pe gaze naturale (clasice) au temperaturile nominale $90/70^{\circ}\text{C}$ iar temperatura nominala pt aerul interior 20°C . In multe tari avansate tehnologic, temperaturile tur/return sunt reduse la $80/65$ sau $70/55$ sau chiar mai jos tinand cont de faptul ca functionarea acestora este mai recomandata daca ne referim la diferențele de temperatura dintre suprafața corpului de incalzire si temperatura interioara a aerului, respectiv este recomandat ca aceasta diferența de temperatura sa fie cat mai mica pt un confort sporit.

Teoretic pt a utiliza corpuri de incalzire cu temperaturi ale agentului termic mai mici, pt acelasi necesar de caldura al cladirii ar fi necesar sa crestem surafetele de schimb de caldura proportional cu diferența medie logaritmica dintre diferiti parametrii(90/70 - 70/55 etc).

Practica a demonstrat ca avand in vedere timpul scurt in care se inregistreaza temperatura exteroara de calcul si faptul ca majoritatea timpului din sezonul de incalzire necesarul efectiv este sub 50% din necesarul de calcul, se pot asigura conditii de confort daca se reduc temperaturile agentului termic cu procente mai mici decat cele rezultate din calcul.

Aceasta face ca centralele in condensare sa poata fi utilizate si in sisteme de incalzire cu corpuri statice cu temperaturi de 40-50 °C si cu o supradimensionare de maxim 20% fata de dimensiunea cand temperaturile sunt nominale 90/70°C.

Se pot utiliza si in situatia utilizarii de ventiloconvectoare daca se respecta conditia ca temperatura de return sa fie sub 50 °C.

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 111\% \rightarrow 11\% \text{ la cos} \\
 \downarrow \\
 6\% \text{ gaze arabe} \\
 \downarrow \\
 1\% \text{ jum racheta} \\
 \downarrow \\
 93\% \text{ g nul} \\
 \boxed{\text{clasic}}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 111\% \rightarrow 11\% \text{ colbatne} \\
 \downarrow \\
 1,5\% \text{ jum la cos} \\
 \downarrow \\
 0,5\% \text{ racheta} \\
 \downarrow \\
 108\% \text{ g nul} \\
 \boxed{\text{jum condensatie}}
 \end{array}
 \end{array}$$

toate raportate la P_{ci}

Daca analizam eficienta cazanului raportat la P_{ci} (cazul cazanelor clasice) cu functionare cu combustibil fosil si care isi demonstreaza eficienta prin raportare la P_{ci} .

Cazanele cu condensare, umiditatea continua in gazele arse rezultate din umiditatea de imbibatie si hidroscopică si respectiv din oxidarea H din combustibil si aflate in stare de vaporii, condenseaza parțial cu atat mai mult (in procent mai mare) cu cat ne situam sub temperatura punctului de roua.

Eficienta cazanelor in condensatie se poate exprima prin randamentul raportat la $P_{cs}(P_{ci} + W)$ sau prin coeficient de eficienta raportat la P_{ci} . In al 2-lea caz cand ne raportam la P_{ci} cazanele in condensare au coeficient de eficienta aproape intotdeauna supraunitar. Valoarea unitara este depasita cu procentul care se recupereaza din caldura continua in vaporii, recuperare realizata prin condensarea vaporilor, fenomen exoderm.

La gazele naturale

$$\begin{array}{|c|} \hline 100\% \\ \hline P_{ci} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline 11\% \\ \hline 100\% \\ \hline P_{cs} \\ \hline \end{array}$$

$$P_{cs} > P_{ci} \text{ cu cca } 11\%$$

rezulta caldura recuperabila prin condensare este maxim 11%.

In realitate intervin pierderi termodinamice, si in situatia in care cazanul este folosit pt incalzire, eficienta reala raportata la P_{ci} este de 107%

Procente maxime de recuperare: pt motorina si CLU 6%; pt GPL 3 - 4%

Arderea gazelor naturale

$$T_{ap}=813^{\circ}\text{C} \quad T_{fl}=2148^{\circ}\text{C}$$



$$\eta = 100\% - Q_s$$

$$Q_s = [A_1(21-O_2)+B] (T_f - T_a)$$

unde: Q_s – pierderi la cos

A_1 , B – valori functie de combustibil

O_2 – oxigen masurat

T_f – temperatura de ardere

T_a – temperatura aer comburant

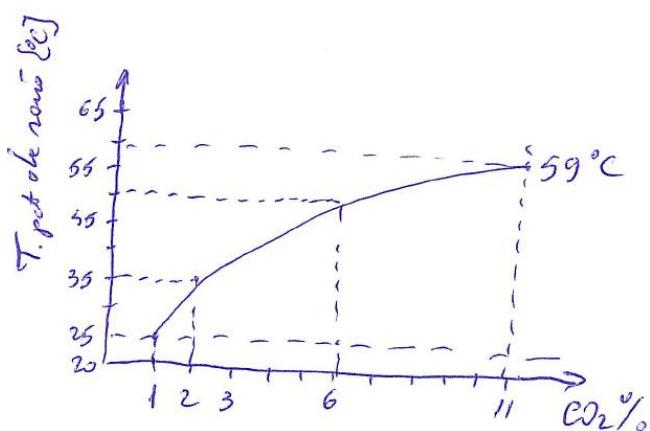
Combustibil	A1	B
GN	0,66	0,011
GPL	0,63	0,008
Motorina	0,68	0,007
Uleiuri combustibile	0,68	0,007

Pentru GN

$$P_{cs} = 39,9 \text{ MJ/Nmc}$$

$$P_{ci} = 35,9 \text{ MJ/Nmc}$$

Temperatura punctului de roua functie de CO₂



Agentul termic preparat cu ajutorul gazelor arse racite pana sub temperatura punctului de roua, uzuale au temperaturi de return > 40°C si temperaturi de tur de circa 50°C

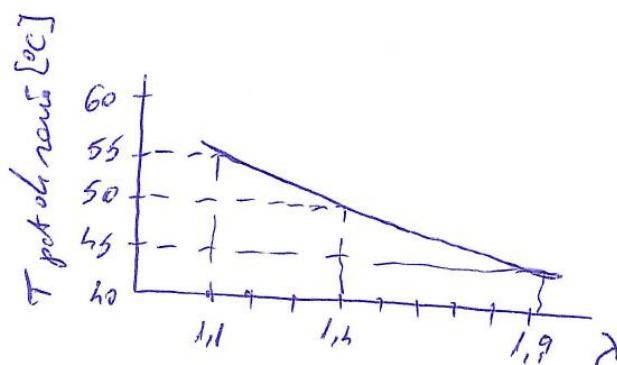
La 59 °C continutul vaporilor in gazele arse este maxim, iar sub punctul de roua vaporii incep sa condenseze, schimbul de caldura fiind mai usor(lichid - lichid)

La 40 °C continutul de vapori in gazele arse este de 50 grame/ kg gaze arse, raportat la 140 grame/kg in starea de saturatie. E motivul pt care nu se poate recupera intreaga cantitate de caldura din vapori

$$Q = 2260 (140 - 50) / 1000 = 203,4 \text{ kJ / kg gaze arse}$$

unde 2260 reprezinta caldura latent de vaporizare [kJ / kg]

Temperatura punctului de roua functie de excesul de aer



Pt fiecare m³ de gaze arse sunt 1,6 kg vapori.

Cazanele individuale murale conventionale sau in condensatie trebuie verificate ISCIR la fiecare 2 ani, ocazie cu care se regleaza arderea, se verifica emisiile poluante

Calcule de tiraj

$$A = k \frac{Q}{\sqrt{H}}$$

A – secțiunea cosului

Q – puterea cazanului

H – înălțimea cosului

k=0,025 pt comb solizi

k=0,015 pt comb lichizi

In cazul tirajului fortat k=0,01 (tubulatura are la interior aerul necesar arderii, iar la exterior gazele arse, ocazie cu care aerul de ardere se preincalzeste).

Formula de verificare a cosului

$$\Delta p = (\rho_a - \rho_f) g H$$

unde ρ_a – densitatea aerului; ρ_f – densitatea gazelor arse; $g=9,81$; H – înălțimea cosului

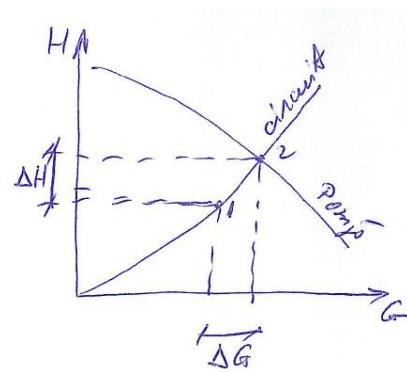
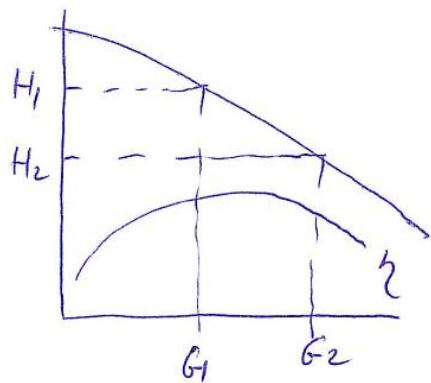
Cazane cu tiraj fortat la care evacuarea gazelor arse se face cu ajutorul unui ventilator de gaze arse, calculate pt a prelua intreaga cantitate de gaze arse.

Alegerea pompelor

$$P_p = \frac{Q \rho g H}{1000}$$

$$P_d = \frac{P_p}{h}$$

HPSH – depinde de dimensiunea instalatiei



La variația de turatie, la scaderea acesteia punctul de functionare poate să deplaseze din 2 în 1, situatie care se realizeaza prin inchiderea unei vane de pe circuitul pompei; de preferat reglajul sa se faca prin modificarea turatiei pompei.

Incalzirea prin pardoseala

Prin radiatii

Serpentine sau cabluri electrice ingropate in elementele constructive ale aprdoselii

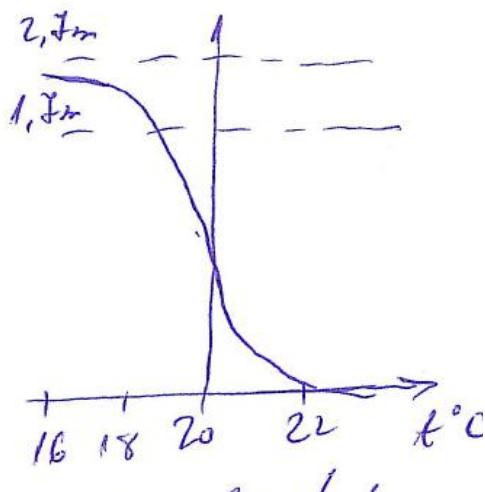
Caracteristic este faptul ca intai se incalzesc obiectele si de la acestea se incalzeste aerul din incapere.

Prin convectie

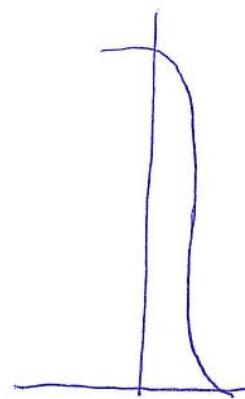
Aceasta se realizeaza prin corpuri de incalzire parcurse de agent, dispuse in cuve metalice, pe perimetru incaperii si in special la ferestre si pereti exteriori.

Cuvele metalice sunt acoperite cu gratare metalice sau de lemn care permit aerului incalzit din cuva sa circule prin convectie libera prin incapere.

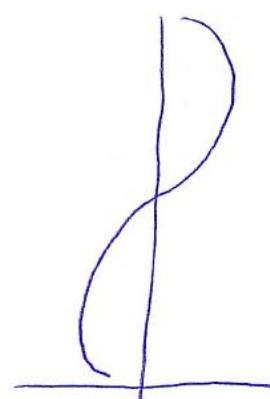
Caracteristic este faptul ca se incalzeste aerul prin convectie si de la acesta se incalzesc peretii, obiectele din incapere, etc.



Cozul iohol



incalzire
jorobosalo



incalzire
calorifer

Senzatia de frig este mai accentuata daca apare de la picioare, este recomandat ca in zona picioarelor sa fie temperatura standard sau aproape de ea.

Un factor de confort termic:

- este ca suma dintre temperatura interioara a aerului si temperatura interioara a peretelui exterior sa fie mai mare de 38°C . Daca avem o incaperie cu temperatura aerului 20°C , temperatura interioara a peretelui exterior trebuie sa fie mai mare de 18°C .

- diferența de temperatură dintre aerul interior și temperatura interioara a peretelui exterior să nu depasească 4°C (apar curenti de aer și senzatia de disconfort)

Aceste conditii sunt indeplinite de sistemele de incalzire prin radiatie prin pardoseala deoarece prin radiatie se incalzesc și suprafetele delimitatoare pe lângă obiecte și persoane. Aceasta face ca să fie resimțita senzatia de confort chiar dacă temperatura interioara a aerului este cu $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$ mai mică decât temperatura normată pt timpul de incaperie respectiv.

Avantaje:

- distributia temperaturii in camera este apropiata de distributia ideală
- prin temperaturi mai mici cu $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$ decat cea standard , rezulta ca sursa de incalzire este suficient sa debiteze o cantitate de caldura mai mica decat necesarul incaperii , ceea ce duce la economii de combustibil;
- temperatura suprafetei pardoselii este redusa $25\text{-}33(35)^{\circ}\text{C}$ (25 pt incaperi obisnuite); incalzirea se poate realiza cu pompe de caldura, energie solară, sau agent termic cu temperatura redusa , ceea ce face ca diferența dintre temperatura medie radiantă a incaperii și temperatura aerului sa fie redusa, ceea ce creeaza senzatia de confort.

$$t_{mn} = \frac{\sum t_i S_i}{\sum S_i}$$

Ti - temperatura suprafetei radiante delimitatoare

Si - suprafata radianta (aria)

este o medie ponderata si este data de suprafata cu cea mai mare arie

- se poate monta in sistem de incalzire directa sau cu acumulare (incalzire directa: gresie, parchet, incalzire direct de la sursa; cea cu acumulare daca deasupra sursei incalzitoare materialul are o grosime mai mare, ceea ce permite o usoara acumulare)

- poate fi montata in orice timp de incapere, cu orice destinatie, diferenta fiind data de temperatura standard ce trebuie asigurata.

Dezavantaje:

- in cazul in care se schimba mobilarea unei incaperi, nu mai este adevarata distributia incalzirii in pardoseala, deoarece la montaj s-a tinut cont de pozitia mobilelor sau altor obiecte si s-a evitat montarea sub acestea

- in caz de defectiuni reparatiile se fac cu cheltuieli importante.

Rezulta ca incalzirea in pardoseala este avantajoasa, in ultima perioada este tot mai raspandita, chiar daca nu acopera integral necesarul de cladura si este suplimentata de incalzirea cu corpi statice.

Incalzirea cu surse geotermale

Apa geotermală se gaseste in straturile subterane relativ adanci 2000-3000m. Se cunoaste ca scoarta pamantului are o crestere de temperatura cu circa $3^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ adancime, ajungand in centrul pamantului la circa 6000°C (apreciata prin extrapolare).

Odata cu adancimea, traturile de apa geotermală au temperaturi tot mai ridicate, astfel incat la circa 300 m se gaseste apa sub presiune cu temperatura $180-200^{\circ}\text{C}$.

Daca se executa foraje la aceste adancimi, aceasta apa poate fi extrasă prin presiune proprie si pt protectia mediului, dupa ce a fost utilizata trebuie reintrodusa in aceasi panza din care a fost extrasă.

Depozitele de apa geotermală contin si gaze asociate dintre care amintim: metanul, azotul, hidrogenul sulfurat, CO_2 , etc.

Inainte de a fi extrașa apa și trimisă la consumator ea este degazată, respectiv se separă gazele asociate, și dacă sunt compușibile se trimit la potentialii consumatori. Se mai filtrează de impuritățile groșiere.

Potentialii consumatori pot fi: centrale termice de cogenerare, incalzire directă (temperatura la nivel $80\text{-}90^{\circ}\text{C}$), utilizarea în surse reci ale PC și în final utilizare terapeutică.

După compozitia lor apele geotermale pot fi:

- foarte corozive

- mediu corozive și cu conținut de săruri (carbonati, sulfati) ce se depun pe suprafețele schimbatoare de căldură

- conventional curate.

Apele conventional curate se pot folosi direct în schimbatoarele de căldură pt incalzire, celelalte categorii de ape trebuie tratate fizic și / sau chimic în funcție de compozitie, înainte de utilizare. În orice caz schimbatoarele de căldură la care agentul incalzitor este apa geotermală trebuie curătate periodic pt a menține coeficienti de schimb de căldură în limite admisibile.

În România sunt zacamante de apă geotermală în zona Bucureștiului, în vestul Banatului, în vestul Bihorului (comun cu Ungaria).

Utilizarea apelor geotermale presupune echipamente relativ scumpe (oteluri speciale, conducte, pompe, armaturi), în schimb sursa este practic inepuizabilă și considerăm energia din surse regenerabile.

Incalzirea cu panouri radiante cu infraroșii(0 - 40μm)

- Folosesc argint, emit ioni de argint (favorabili pentru sănătate)
- Nu daunează persoanelor din incinta dacă sunt montate corespunzător (opozitie care nu deranjează, la distanțe minime de persoane)
- Alternative de incalzire pentru clădirile cu utilizare sezonieră, izolate bine, folosind combustibil fosil
- Nu necesita decât introducerea în priză ; consum redus de energie electrică
- Bine alează puterea panoului, este suficientă utilizarea 6-8 ore;
- Pot avea diferite modele (tablouri) ce pot fi ușor integrate în ansamblul încaperilor.

Dezavantaje:

- Au un consum de energie electrică, cu preț relativ ridicat;
- Clădiri cu izolare medie sau redusa, acest sistem este complementar sau ca sursă de varf la temperaturi exterioare mai coborate decât temperatura de calcul.