

SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	1
1. UVOD	2
2. ISTORIJSKI RAZVOJ	3
3. PREDNOSTI HLAĐENJA/GREJANJA NA PRIRODNI GAS	4
3.1 Potrošnja energije	5
4. TEHNOLOGIJE I UREĐAJI	6
4.1. Termodinamički prikaz kompresorskih uređaja	7
4.2. Termodinamički prikaz apsorpcionih uređaja	8
4.3. Koeficijent iskorišćenja primarne energije	9
5. APSORPCIONI RASHLADNI UREĐAJI/TOPLOTNE PUMPE.....	10
5.1 Tehnički opis ciklusa	10
5.2. Apsorpcione topotne pumpe	13
5.2.1 Izvori toplote	13
5.2.2 Prirodni gas kao pogonsko gorivo	15
6. PROJEKAT	17
6.1 Reverzibilna apsorpciona topotna pumpa <i>Robur GAHP-AR</i>	17
6.2 Vodeni sistem sa ventilator konvektorima (fan-coils)	20
6.3 Sistem upravljanja baziran na DDC i softveru SCADA.....	21
7. TEHNOEKONOMSKI POKAZATELJI	23
7.1.Tehno-ekonomska analiza izbora opreme za grejanje i klimatizaciju.....	23
7.2. Predviđene uštede tokom narednog trogodišnjeg perioda	27
7.3. Predviđene prednosti izbora Varijante 1	28
7.4. Zaključak.....	28
8. ZAKLJUČAK.....	29
9. LITERATURA.....	30

1. UVOD

Potreba za energijom je neminovnost na kojoj se bazira opstanak čovečanstva, potrošnja energenata svakodnevna realnost, a energetska efikasnost neophodnost koju moramo ostvariti.

Mišljenje da se gasovito gorivo (prirodni gas ili tečni naftni gas - TNG) koristi samo za grejanje, pripremu tople vode, industrijske potrebe i tehnološke procese ustaljeno je na našim prostorima. Međutim, gas se podjednako korisno može upotrebiti i za hlađenja i klimatizaciju prostora, kao i za potrebe tehnološkog rashlađivanja. Nivo znanja o savremenim tehnologijama, nedostatak materijalnih sredstava i volje, u našem slučaju, svrstava ovu grupu tehničkih uređaja u nekonvencionalne sisteme, a svako dalje razmatranje takvih sistema praćeno je brojnim pitanjima.

Potreba za rekonstrukcijom termoenergetskih i termotehničkih sistema javnih ustanova i industrijskih objekta u regionu je izvesna. Pristup ovom zadatku nekonvencionalnim rešenjima sprečava se brojnim barijerama: nedovoljnim poznavanjem prednosti i opravdanosti primene savremenih postrojenja, nedostatkom stručnog kadra, neadekvatnim institucionalnim i zakonskim okvirima, nepostojanjem adekvatnih propisa o zaštiti okoline, kratkovidnošću politike proizvođača i potrošača energije.

Rešavanje ovakvih problema ne može biti postavljeno pojedincu, ili timu, ali svaka inicijativa doprinosi pozitivnom konačnom efektu. Cilj ovog projekta grupe studenata Mašinskog fakulteta je promena postojećeg stanja u oblasti energetike grada, upoznavanje sredine sa dostignutim razvojem tehnologija, nivoom ušteda i stvaranje svesti o značaju ovakve teme.

Nekonvencionalna postrojenja u praktičnoj primeni mogu se svrstati u sledeće grupe:

- Kogeneracijsko/trigeneracijski uređaji i postrojenja za istovremenu proizvodnju električne, toplotne i rashladne energije. Ovi uređaji baziraju se na gasnim motorima, ili na gasnim turbinama i kotlovima koji proizvode toplotnu energiju u obliku pare ili tople vode.
- Apsorpcioni rashladni uređaji/grejači ili apsorpcione toplotne pumpe za grejanje i hlađenje. Apsorpcioni rashladni uređaji mogu biti pogonjeni gasom, ili indirektno pogonjeni parom ili vrelom vodom.
- Rashladni uređaji i toplotne pumpe na osnovama gasnog motora.

Toplotna energije se u apsorpciskom uređaju posredstvom toplotnog kompresora transformiše u rashladnu energiju.

Cilj ove publikacije je da se pored opštih razmatranja apsorpcionih uređaja iznesu osnovni principi transformacije energije, uslovi primene, iskustva na širem nivou kao i iskustva dobijena radom na projektu. Izrađena tehn-ekonomska analiza obuhvata: investicioni troškovi savremenog apsorpcionog postrojenja, pogonske troškove i troškove održavanja, troškove goriva, troškove kupljene energije, godišnji broj sati rada postrojenja, ostale troškove koji terete proizvodnju toplotne i kao zaključak rok otplate postrojenja na ime uštede. Studija sadrži idejno tehničko rešenje primene savremenih postrojenja u javnim i industrijskim objektima.

2. ISTORIJSKI RAZVOJ

Gasni rashladni uređaji svakako nisu novost u tehnici hlađenja. Još pre 130 godina proizvedeni su prvi uređaji koji su uspešno funkcionali i bili široko zastupljeni na tržištu. Genijalni Francuz, Ferdinand Carre, prvi je izabrao kombinaciju amonijak-voda za apsorpcijski ciklus i nakon uspešnog razvoja 1866. godine osnovao prvu fabriku za proizvodnju rashladnih apsorpcijskih uređaja. Od 1875. godine apsorpcioni uređaji snažnije potiskuju kompresorske i dominiraju na tržištu sve do tridesetih godina 20. veka, kada otkrivanje sintetičkih rashladnih sredstava - HCFC (freona) dovodi do ponovnog uspona kompresorskih rashladnih postrojenja. Švedski pronalazači Munters i Van Platen nastavljaju sa daljim razvojem apsorpcijskih uređaja i uspevaju minimizirati potrebu za pumpom iz apsorpcijskog ciklusa. Time doprinose razvoju novog tipa rashladnog uređaja koji je zbog svoje trajnosti i tihog rada bio veoma cenjen. Ovakav rahladni uređaj, predstavljao je jedan od najpopularnijih proizvoda na tržištu sve do pojave hermetičkih kompresora. Tokom četrdesetih godina 20. veka prvi put se pojavljuju apsorpcijski uređaji koji kao rashladno sredstvo koriste novu kombinaciju litijum-bromid-voda. Šezdesetih godina prošlog veka javljaju se i kompresioni uređaji pokretani gasnim motorom.

Ako analiziramo poslednjih 30 godina u tehničkom razvoju uređaja za grejanje i klimatizaciju, uočljiva je nadmoćna uloga prirodnog gasa kao „čistog“ goriva, koje karakteriše izuzetno jednostavna upotreba. Takva svojstva doprinela su ubrzanim potiskivanju uglja i tečnog goriva u oblastima grejanja stanova, poslovnih zgrada i u industrijskom sektoru. Stabilnost tržišta i inertnija kolebanja cena prirodnog gasa dodatno doprinose već postavljenim tendencijama.

Nastavkom analize, možemo primetiti da su 1980.-ete bile okarakterisane pitanjima korišćenja uređaja sa stanovišta sigurnosti. U Evropi je u tom periodu uvedeno sigurnosno certifikovanje proizvoda (npr. u Nemačkoj DIN-DVGW certifikati i oznake). Nakon što su postignuti ciljevi potpune sigurnosti, u 1990.-ima u središtu interesa javnosti je smanjenje emisije zagađivača. Smanjenje ugljenikovih i drugih oksida u produktima sagorevanja bilo je predviđeno direktivama i propisima, koje su direktno nametnule ovaj cilj proizvođačima. Uvođenja dodatnih ekoloških certifikata i oznaka (npr. u Nemačkoj BLAU ENGEL), dovelo je do posledice znatnog, a u perspektivi radikalnog smanjenja emisije štetnih produkata sagorevanja.

Savremeni uređaji za grejanje i klimatizaciju koji koriste gas kao gorivo, uglavnom proizvode ugljen dioksid i vodenu paru, tako da se ne mogu smatrati zagađivačima gradova. U međuvremenu, stepen korisnosti procesa u uređajima je postepeno i stalno rasla, sa prosečnih 75% u 1970.-ima, 85% u 1980-ima pa do 105% u 1990.-ima, uvođenjem visokokorisnih i kondenzacijskih kotlova.

Potreba za većim iskorišćenjem energije, borba protiv efekta staklene baštne, Kyoto protokol, nove uredbe vlada, kao i uvođenje podsticaja za kvalitetnije iskorišćenje energije, biće ključni pokretači daljeg razvoja. Međutim, čini se da prostora za dalji intezivni razvoj kao u proteklih trideset godina više nema. Približili smo se stepenu korisnosti uređaja od 110% (mereno u odnosu na donju topotnu moć gasea), što je najveći učinak za idealno sagorevanje. „Super-kondenzacija“ ne postoji, a buduće izvodljive i prihvatljive tehnologije kao vodonikove i gorive ćelije još su relativno daleko od masovne upotrebe. Postavlja se pitanje šta nam je preostalo za dalje poboljšanje. Postoji li genijalni pronalazak koji će omogućiti porast iskorišćenja dosadašnjim tempom, ili ćemo se nužno osloniti na zahvate koji smanjuju potrebe za energijom?

Odgovor na ovo pitanje je primena tehnologija topotnih gasnih pumpi, gasnih rashladnih uređaja i kogeneracijsko/trigenenaracijski uređaja. Masovna upotreba ovih tehnologija pruža dalji skok iskorišćenja za 30 do 40% u odnosu na konvencionalne sisteme za grejanje i hlađenje koji su trenutno zastupljeni na tržištu.

Primena ovih tehnologija značajan je korak u približavanju Kyoto protokolu i zaštiti okoline, povećanju iskorišćenja postojećih prirodnih resursa, kao i ka ekonomski efikasnijoj i racionalnijoj upotrebi energije. Poboljšanje nastalo razmišljanjem u drugom pravcu od značaja je i za korisnike, projektante, organe vlasti koji su u potrazi za zaštitom okoline, ukratko, za celu društvenu zajednicu.

3. PREDNOSTI HLAĐENJA/GREJANJA NA PRIRODNI GAS

Nekoliko je osnovnih karakteristika rashladnih/grejnih uređaja koji se baziraju na primeni prirodnog gasa kao energenta čijim se sagorevanjem dobija energija potrebna za odvijanje radnog ciklusa:

- Niska potrošnja električne energije u poređenju sa električnim uređajima (5 do 10 puta manja zavisno od načina primene) i niska potrošnja prirodnog gasa u poređenju sa ostalim gasnim uređajima za grijanje i hlađenje.
- Visoka efikasnost uređaja u procesu sagorevanja i pri izvođenju toplotnog ciklusa bitno smanjuje emisiju CO₂, NO_x i ostalih oksida u okolinu.
- Mogućnost uravnovešenja godišnje potrošnje prirodnog gasa i električne energije.
- Uređaji su predviđeni za spoljašnju montažu, tako da nije potrebno obezbeđenje kotlarnice, instalacije dimnih gasova, niti rashladnog postrojenja.
- Zbog spoljašnje ugradnje, izvođenje ovakvih postrojenja spada pod blažu zakonsku regulativu.
- Ne koriste se freoni, ni ekološki freoni kao radni medijum.
- Omogućavanje komfora na lokacijama gde je otežano snabdevanje električnom energijom.
- Nije potreban dodatni zakup električne energije potreban za obezbeđivanje garantovane snage.
- Miran rad.
- Dugačak vek trajanja i niski troškovi održavanja.

Energetska efikasnost, smanjivanje pogonskih troškova, fleksibilnost i modularnost u radu su velike prednosti uređaja ovog tipa koji - istim jedinicama - i hlađe i greju. Kao rezultat, uređaji pogonjeni prirodnim gasom idealni su za primenu u širokom spektru objekata.

Za hotele i restorane

Obezbeđuju kompletan servis. Grejanje, klimatizacija i priprema tople potrošne vode korišćenjem istog uređaja i iste instalacije. Jedinice pogonjene prirodnim gasom su takođe dostupne i kao uređaji koji samo hlađe.

Za tržne centre

Minimalna energetska potrošnja. Smanjenje potrošnje električne energije do čak 88% u poređenju sa tradicionalnim električnim sistemima. Nisu potrebne nove i dodatne količine električne energije kao ni izgradnja nove trafostanice, odnosno pojačani skuplji priključci za električnu struju.

Za industriju

Operativni troškovi su svedeni na minimum zahvaljujući upotrebi jeftinog energenta - gasa.

Za bolnice i klinike

Integracija i proširenje tradicionalnih instalacija. Jedinice toplotnih pumpi povećavaju snagu postojećih postrojenja i kompresorskih mašina. Mogu da posluže i za zadovoljovanje sezonske vršne potrošnje rashladne energije, pri variranju klimatskih uslova.

Za stambene objekte

Minimalni operativni troškovi zahvaljujući upotebi gasa za klimatizaciju. Potrebna su samo 2,51m³/h prirodnog gasa i 0,82kW monofazne električne struje da bi se proizvelo 17,72kW rashladne snage.

Za turistička naselja

Kompletan fleksibilnost, parcijalno korišćenje i modularno upravljanje. Moguće je izvesti modularnu instalaciju za grejanje i hlađenje samo onog prostora koji je u upotrebi, i to samo onda kada se taj prostor i koristi. Time se potrošnja prilagođava realnim termičkim zahtevima i sezonskim uslovima.

Za izložbene prostore

Mogućnost korišćenja svih raspoloživih prostora. Uređaji ne zahtevaju ugradnju u specifičnim zatvorenim prostorima, npr. kotlarnici, zbog toga jer se montiraju napolju. Time se omogućava efikasnije i optimalnije korišćenje unutrašnjih arhitektonskih prostora.

3.1 Potrošnja energije

Korišćenje prirodnog gasa u letnjim mesecima za klimatizaciju dodatno ne opterećuje gasnu instalaciju korisnika, čime čini sistem efikasnijim, dok se električni rashladni uređaj po pravilu dodaje kao potrošač u letnjim uslovima, tako da povećava ukupno potrebnu instaliranu električnu snagu. Često zbog toga, ugradnja električnog kompresorskog rashladnog uređaja zahteva dogradnju transformatorske stanice, što dodatno povećava troškove građevinskih i elektro radova.

Za uporednu analizu razmotreni su gasni apspcioni uređaji sa smešom NH₃-voda i električni kompresorski uređaji koji kao rashladno sredstvo koriste HCFC (freone) R22, odnosno R407a.

Karakteristike svih hladnjaka određenu su pri sledećim uslovima:

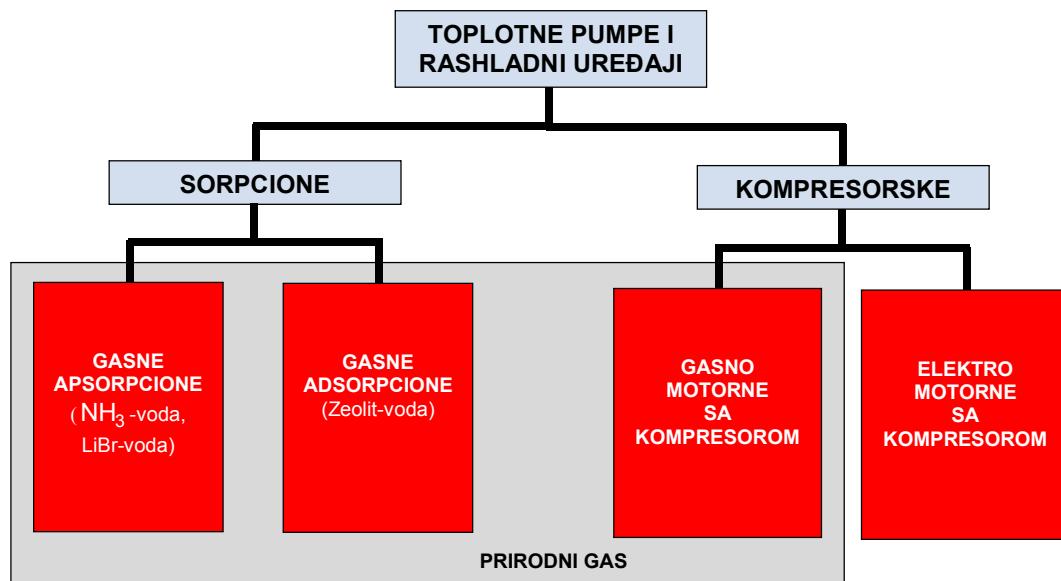
- temperatura okолног vazduha 35°C
- temperatura povratne hlađena vode 12°C
- temperatura polazne hlađene vode 7°C

	Apspcioni rash.uređaj	Kompresorski rash.uređaj	Kompresorski rash.uređaj
Rashladno sredstvo	NH ₃ - H ₂ O	R22	R407a
Potrošnja prirodnog gasa	0,14 m ³ /h	-	-
Potrošnja električne energije	46 Wh	401 Wh	419 Wh
Protok vazduha kroz kondenzator	579,5 m ³ /h	448,3 m ³ /h	452,7 m ³ /h
Težina agregata	19,9 kg	12,5 kg	12,6 kg

Tabela 1. Tehničke karakteristike poređenih rash.uređaja svedene na 1KW energije

Iz Tabele 1. uočljivo je da je odnos potrošnje električne energije u proseku 1:7 u korist gasnih apspcionih hladnjaka. Važno je napomenuti da je za napajanje gasnih apspcionih rashladnih uređaja najvišeg kapaciteta potreban od 230V, 50 Hz, dok se za električne hladnjake od preko 20kW rashladne snage zahteva trofazno priključenje uređaja 380V, 50Hz.

4. TEHNOLOGIJE I UREĐAJI



Slika 1. Osnovna podela topotnih pumpi i rashladnih uređaja

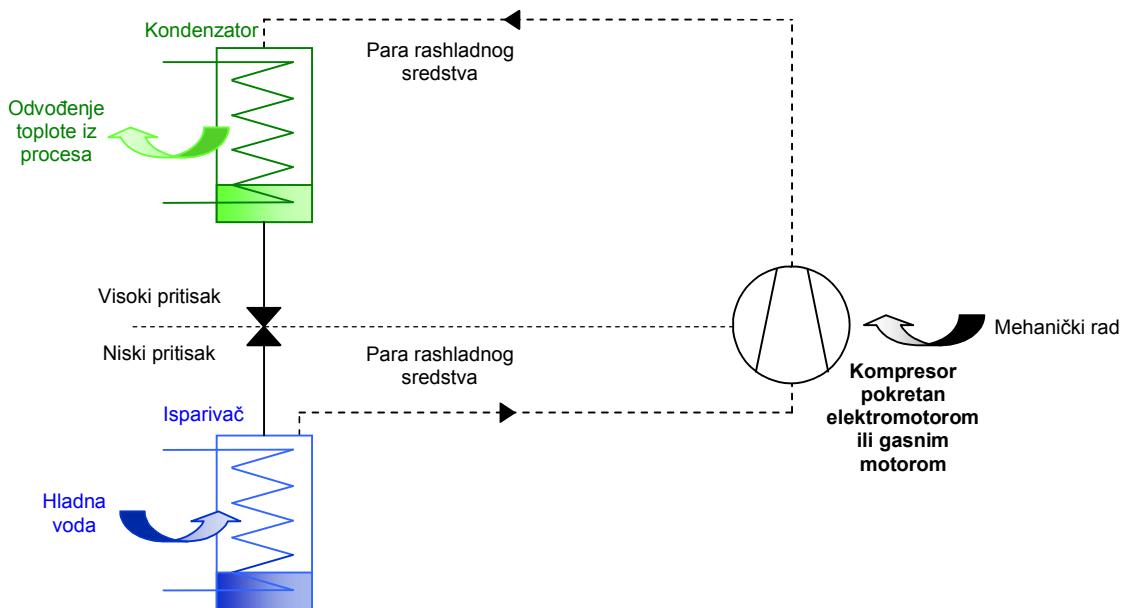
Kompresorske uređaje možemo podeliti na uređaje pokretane elektromotorom i uređaje pokretane gasnim motorom. Princip rada biće naknadno objašnjen.

Termin sorpcija, vezan je za pojavu upijanja jedne materije u drugu. Desorpcija, ili regeneracija je obrnuti proces. Obe pojave predmet su izučavanja termodinamike gasnih smeša. Kod sorpcionih uređaja razlikujemo dva procesa: apsorpciju i adsorpciju. Iako slični u konačnom ishodu, tehnička rešenja kojima se postižu nevedeni procesi, razlikuju se.

Mehanizam sorpcije s obzirom na sorbent (upijaču materiju) određuje razliku između pojava:

- Apsorpcija predstavlja upijanje materije (vodene pare, amonijačne pare, itd) pomoću higroskopskih tečnosti. Adekvatne parove čine LiBr-voda, NH₃-voda, kao i razne smeše rasol-voda. Na ovom principu radi većina sorpcionih uređaja koji se danas nalaze u upotrebi.
- Adsorpcija predstavlja upijanje materije (vodene pare, amonijačne pare, itd) pomoću higroskopskih čvrstih materija (silikagel, zeolit, itd).

4.1. Termodinamički prikaz kompresorskih uređaja



Slika 2. Osnovna shema kompresorskog rashladnog uređaja

Stepen korisnosti ili koeficijent hlađenja/grejanja kompresorskih uređaja – ε

Q_1 količina topline predate u isparivaču u kWh (rashladni učinak)

Q_K količina topline predate u kondenzatoru u kWh

L_{meh} mehanički rad kompresora u kWh

Za rashladni uređaj:

$$\varepsilon_h = Q_1 / L_{meh}$$

Za topotnu pumpu:

$$\varepsilon_G = Q_K / L_{meh}$$

$\varepsilon_G = 3,3$ za topotnu pumpu sa električnim kompresorom i
vazdušno hlađenim kondenzatorom

$\varepsilon_G = 3,5$ za topotnu pumpu sa kompresorom pokretanim gasnim motorom i
vazdušno hlađenim kondenzatorom

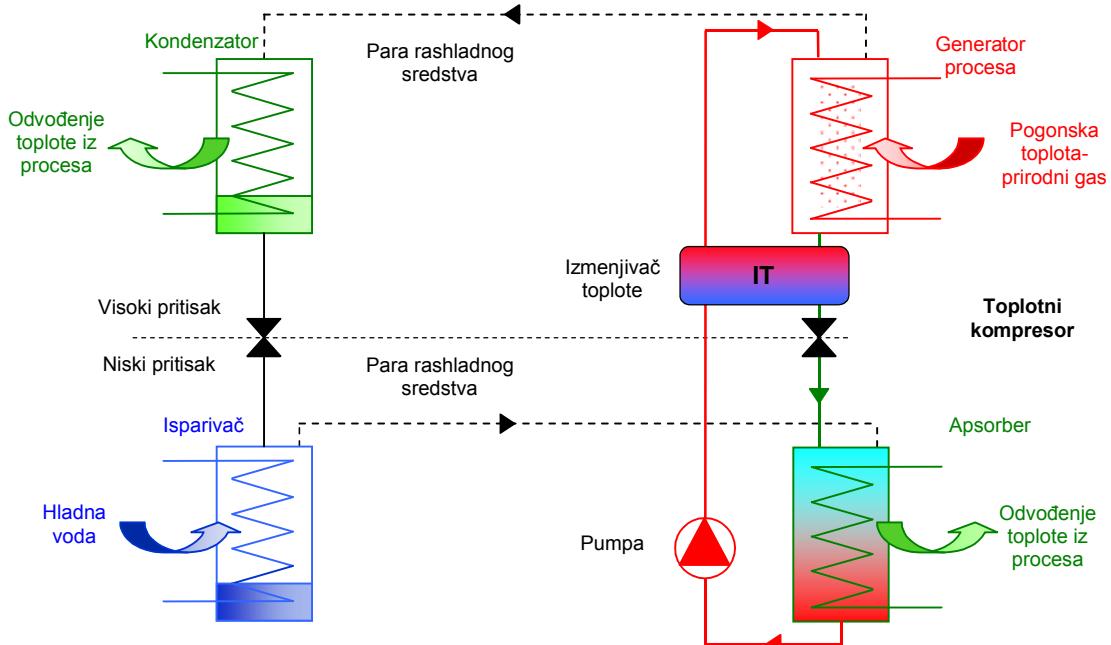
U upotrebi od strane proizvođača je i pojam COP (Coefficient of Performance), čija je definicija identična koeficijentu hlađenja/grejanja.

COP = Efektivna rashladna snaga / Priključna snaga

$$COP_{ru} = \varepsilon_h$$

$$COP_{tp} = \varepsilon_g$$

4.2. Termodinamički prikaz apsorpcionih uređaja



Slika 3. Osnovna shema apsorpcionog rashladnog uređaja/toplotne pumpe

Stepen korisnosti ili topotni koeficijent apsorpcionih uređaja – ϵ

Q_1 količina topline predate u isparivaču u kWh (rashladni učinak)

Q_K količina topline predate u kondenzatoru u kWh

Q_G količina topline dovedena prirodnim gasom generatoru procesa u kWh, proces desorpcije (regeneracija smeše)

Q_A količina topline predate u apsorberu u kWh, proces sorpcije (upijanja)

$x_{\text{Siromašan}}$ koncentracija slabe smeše

x_{Bogat} koncentracija bogate smeše

Za rashladni uređaj:

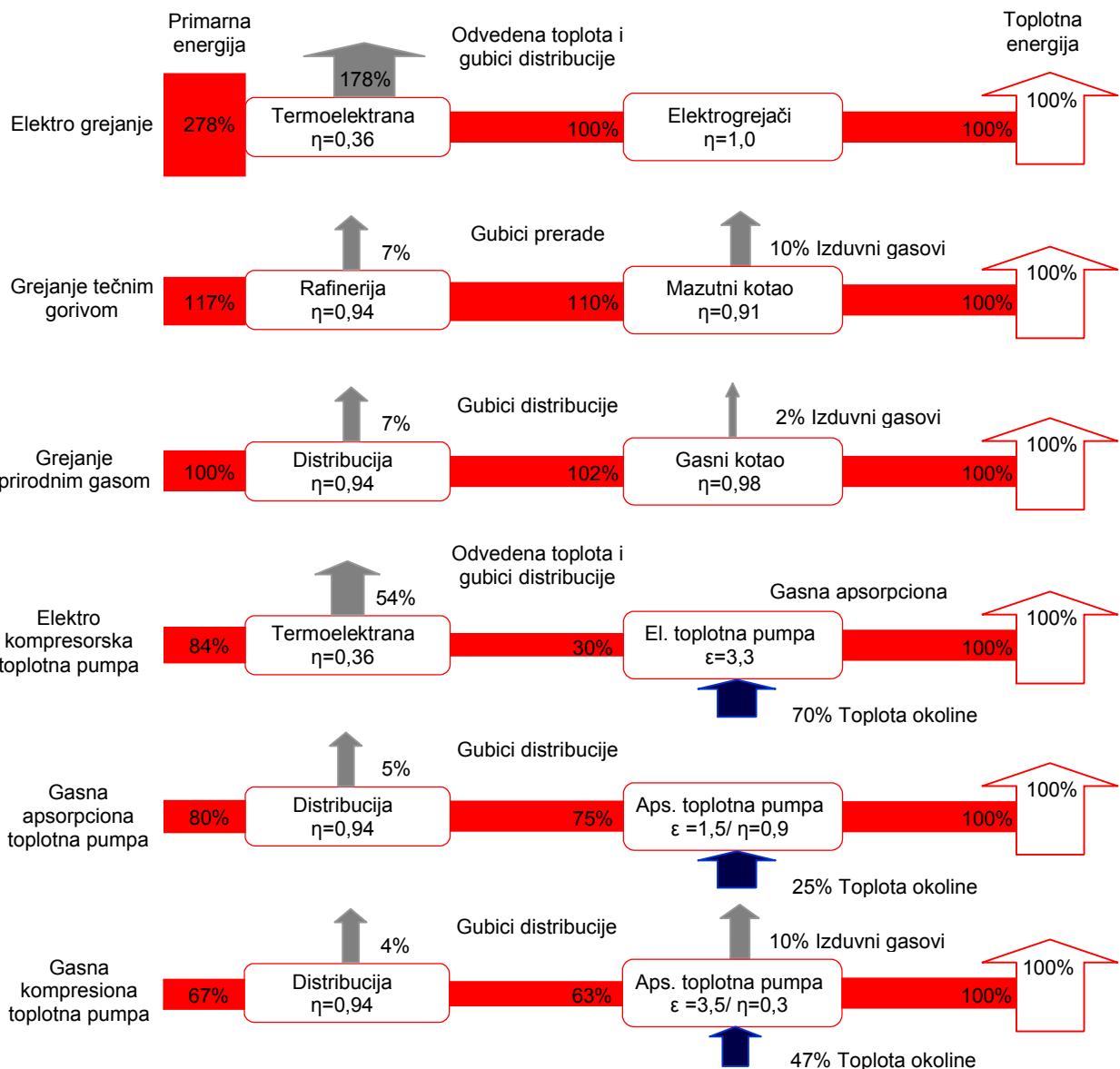
$$\zeta_h = Q_1 / Q_G \quad \begin{array}{l} \text{LiBr} = 0,6 \div 1,0 \\ \text{NH}_3 = 0,5 \div 0,7 \end{array}$$

Za topotnu pumpu:

$$\zeta_G = (Q_A + Q_K) / Q_G \quad \begin{array}{l} \text{LiBr} = 1,6 \div 1,8 \\ \text{NH}_3 = 1,4 \div 1,7 \end{array}$$

4.3. Koeficijent iskorišćenja primarne energije

Zbog izuzetnog značaja upoređenja različitih postrojenja uvodi se koeficijent iskorišćenja primarne energije. Razlog za to nalazi se u činjenici da su apsorpcioni uređaji potrošači primarne energije goriva, dok su električni uređaji (rashladni uređaji i toplotne pumpe) potrošači energije koja je dobijena nakon primarne transformacije energije goriva u električnu energiju. U samom električnom uređaju obavlja se sekundarna transformacija energije, električne energije u toplotni, ili rashladni kapacitet. Ovakav lanac transformacije energije uzrokuje umanjenje stepena korisnosti uređaja kao posledicu množenja stepenom korisnosti primarne transformacije.



Slika 4. Uporedna potrošnja primarnog goriva u različitim uređajima za grejanje

5. APSORPCIONI RASHLADNI UREĐAJI/TOPLOTNE PUMPE

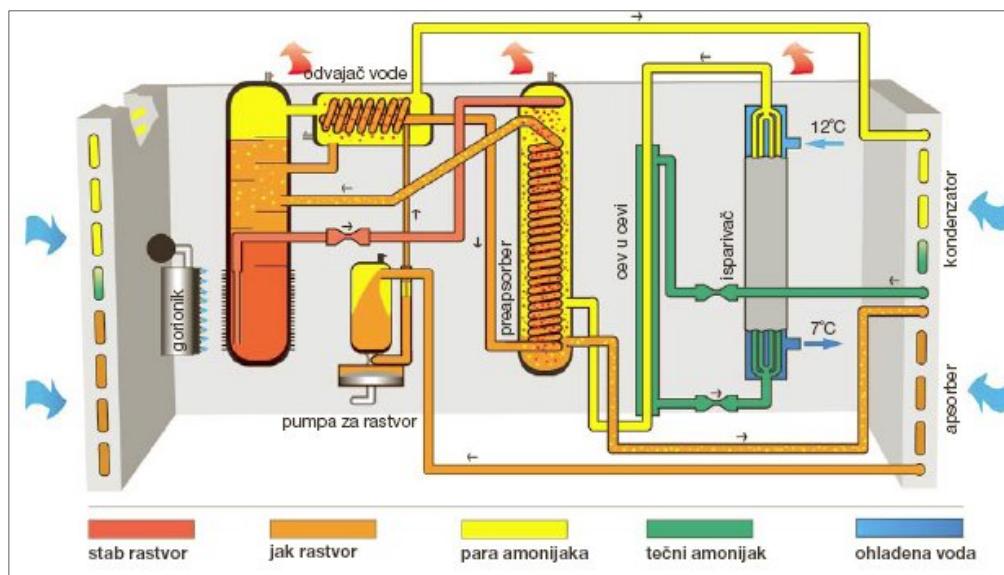
5.1 Tehnički opis ciklusa*

Apsorpcioni rashladni uređaji kao pogonsko gorivo mogu koristiti prirodni gas, ili pak mogu biti pogonjeni vodenom parom/vrelom vodom čije je dobijanje određeno poznatim tehnološkim postupkom. Poseban slučaj upotrebe ovih medijuma je korišćenje vodene pare, ili vrele vode pripremljene u solarnim kolektorima. Ovakav ciklus dodatno pojačava pozitivne aspekte upotrebe ove tehnologije.

U nastavku su prikazani apsorpcioni rashladni uređaji i toplotne pumpe koje koriste prirodni gas kao primarni energet. Potrošnja električne energije svedena je na minimum i ograničena na pogon hidraulčne pumpe za smešu, ventilatora kondenzatora i ventilatora komore za sagorevanje.

U odnosu na radni medijum razlikujemo dve najzastupljenije smeše: amonijak-voda i litijum-bromid-voda. Vezano za ovu podelu i termodinamička svojstva radnih medijuma, par amonijak-voda obavlja ciklus u oblasti nadpritiska, dok par litijum-bromid-voda obavlja ciklus u oblasti vakuma. Litijum-bromid uređaji najčešće imaju vodom hlađeni kondenzator, dok amonijačni mogu imati i kondenzator hlađen vazduhom.

U nastavku je opisan rashladni uređaj na osnovi amonijak-voda. Rashladno sredstvo je smeša amonijak-voda, pri čemu je voda apsorpcijski, a amonijak rashladni fluid. Shematski prikaz apsorpcijskog rashladnog ciklusa prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Shematski prikaz apsorpcionog rashladnog ciklusa $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$

Sagorevanjem prirodnog ili tečnog naftnog gasa u gorioniku, u generatoru se zagreva smeša amonijaka i vode do tačke isparavanja amonijačne pare, sa jakom koncentracijom amonijaka, koja se na taj način odvaja od tečne smeše vode sa vrlo slabom koncentracijom amonijaka (tzv. slab rastvor). Pregrejana amonijačna para visokog pritiska prolazi kroz separator (odvajač vode), gde se iz nje izdvaja ostatak kapljica vode. Para se zatim uvodi u vazdušno hlađeni kondenzator gde se najpre hlađi, a zatim kondenuje predavajući toplotu okolini.

* Za detaljniji termodinamički opis ciklusa konsultovati literaturu [1]

Kondenzovani, tečni amonijak prolazi kroz prvi prigušni ventil i nakon izvršene redukcije pritiska ulazi u izmenjivač toplote čija je uloga poboljšanje toplotnog koeficijenta uređaja smanjenjem količine toplote dovedene u generatoru. Unutrašnjom razmenom toplote između vlažne pare rashladnog fluida koji izlazi iz kondenzatora i suve pare rashladnog fluida koja izlazi iz isparivača obavlja se regenerativno zagrevanje. Tečni amonijak iz izmenjivača prigušuje se zatim u drugom prigušnom ventilu do konačne temperature isparavanja od -3°C. Vlažna para amonijaka oduzima toplotu vodi koja se hlađi i vraća u instalaciju (ventilator-konvektor, klima-komora i sl.), i pritom isparava. Hladna amonijačna para niskog pritiska koja izlazi iz isparivača prolazi najpre kroz pomenuti izmenjivač toplote tipa "cev u cevi", gde se delimično pregrevati.

Dalje, amonijačna para uvodi se u apsorber gde se meša sa slabom smešom koja dolazi iz generatora i kojoj je prethodno smanjen pritisak reducir ventilom. U apsorberu počinje proces apsorpcije amonijačne pare u tečnoj, slaboj smeši vode sa vrlo malom koncentracijom amonijaka. Apsorpcija je proces koji oslobađa topotu, pa je smešu potrebno dodatno hladiti kako bi se sav amonijak apsorbovao u vodi. Hlađenje je ostvareno vazduhom. Kada je proces apsorpcije završen dobija se tečna smeša sa visokom koncentracijom amonijaka (jak rastvor) koja se uz pomoć membranske pumpe (pogonjene hidrauličnom uljnom pumpom) dovodi na visoki pritisak, dodatno predgreva prolaskom kroz separator i vraća u generator.

Membranska pumpa podiže pritisak tečnom rastvoru što umanjuje potreban mehanički rad u odnosu na sabijanje stišljive pare u klasičnom kompresoru.

Rashladni krug je hermetičan (sve komponente su zavarene), a jedini pokretni element uređaja je jednostavna membranska pumpa. Apsorpcioni ciklus NH₃-H₂O opremljen je aksijalnim ventilatorom za hlađenje kondenzatora i apsorbera okolnim vazduhom, smanjujući pritom instalacijske probleme kod vodom hlađenih uređaja kojima je neophodan rashladni toranj.

Zagrevanje vode za potrebe grejanja zimi, odnosno pripreme potrošne tople vode (PTV) tokom cele godine ostvaruje se kod apsorpcionih uređaja dogradnjom visokokorisnog kotla sa gasnim gorionikom u isto kućište.

Gasni apsorpcioni uređaji na osnovi amonijak-voda sa vazduhom hlađenim kondenzatorom pojavljuju se u dva osnovna izvođenja:

- Uređaj za hlađenje, sa rashladnim kapacitetom osnovne jedinice od 17,5kW i modularnim jedinicama u rasponu od 35 do 87,5kW, (zadovoljava hlađenje prostora oko 200m²).
- Uređaj za hlađenje i grejanje (toplotna pumpa), sa rashladnim kapacitetom osnovne jedinice od 17,5kW i modularnim jedinicama u rasponu od 35 do 70kW, odnosno sa toplotnim kapacitetom osnovne jedinice od 32,5kW i modularnim jedinicama od 32,5 do 130 kW.

Izvođenje apsorpcionih uređaja sastavljanjem dva i više osnovnih modela daje veliku fleksibilnost regulacije rashladne snage, uvek prilagođene potrebi instalacije za hladnom/toplom vodom. Modularnost regulacije kapaciteta kao i nepostojanje potrebe za prostorom kotlarnice, sigurnosne su i ekonomski prednosti primene kompaktnih apsorpcionih uređaja za grejanje i klimatizaciju.



Slika 6. Prikaz apsorpcionog uređaja kompanije *Robur*-osnovna jedinica



Slika 7. Prikaz apsorpcionog uređaja kompanije *Robur*-modularna jedinica

5.2. Apsorpcione toplotne pumpe

U istorijskom razvoju, često se događa da proizvod razvijan za tačno određenu namenu bude uspešno iskorišćen i za drugu, različitu od one za koju je prvobitno bio projektovan i proizveden. Takav je slučaj i sa gasnim apsorpcionim rashladnim uređajima kod kojih je primarni značaj dobila toplota oslobođena u kondenzatoru koja se uspešnom koristi u oblastima grejanja i klimatizacije.

Gasne apsorpcione toplotne pumpe (Gas Fired Absorption Heat Pump - GAHP) spadaju u kategoriju uređaja koji koriste obnovljive izvore energije, jer se za proizvodnju toplote i rashladne energije osim energije prirodnog gasa kao goriva koristi i deo toplotne energije iz okoline.

Gasnim apsorpcionim vazdušnim toplotnim pumpama moguće je grejati i hladiti prostor u širokom spektru spoljašnjih temperatura od -20°C do +50°C.

Apsorpcione toplotne pumpe mogu:

- Alternativno (naizmenično) proizvoditi toplotnu energiju zimi i rashladnu energiju leti, unutar jednog uređaja s jednim plamenikom na prirodni gas ili tečni naftni gas.
- Simultano (istovremeno) proizvoditi toplotnu i rashladnu energiju za industrijske procese ili klimatizovane objekte koji u isto vreme zahtevaju grejanje i hlađenje.

U poglavlju 6. detaljno je predstavljena izvedena apsorpciona toplotna pumpa kompanije *Robur*.

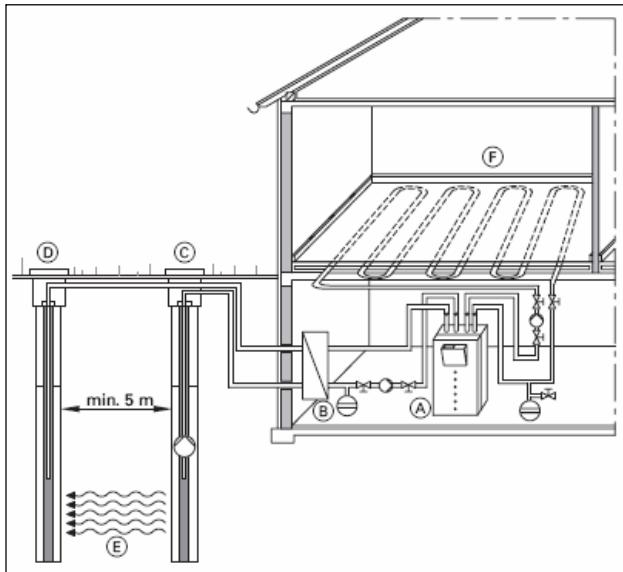
5.2.1 Izvori toplote

Za korišćenje toplote okoline, na raspolaganju su toplotne zemlje, vode i okolnog vazduha. Svi oni zajednički su rezervoari sunčeve energije, tako da se preko tih izvora toplote indirektno koristi solarna energija. Za praktično korišćenje ovih izvora toplote potrebno je uzeti u obzir: dovoljnu raspoloživost, što je moguće veću mogućnost pohranjivanja, što je moguće veću razliku temperature, dovoljna regeneracija, povoljno iskorišćavanje, jednostavno održavanje.

Toplota se od zemlje može oduzeti preko zemljyanog kolektora, sastavljenog od plastičnih cevi horizontalno postavljenih na širokoj površini u zemlji. Plastične cevi se postavljaju u zemlju na dubinu od 1,2 do 1,5m. Cevi se na svojim krajevima ulivaju u sabirnike polaznog i povratnog voda, koji bi trebalo da budu postavljeni iznad nivoa cevi, da bi se sadržaj mogao odzračiti. Rasol se crpi cirkulacionom pumpom kroz plastične cevi, koji pritom oduzima toplotu od zemlje. Koliko toplote se oduzima od zemlje zavisi od različitih faktora. Kao izvor toplote je posebno pogodno glinasto zemljишte natopljeno vodom, a manje peščano zemljишte. Srednja godišnja vrednost toplote koja se može oduzeti od 1m² zemlje je 10 do 35W. Problem kod zemljanih kolektora je u tome što često za njihovu ugradnju nema dovoljno mesta, što je slučaj u mestima sa većom gustinom stanovništva. Zbog ovoga se danas sve više koriste vertikalno postavljene zemljane sonde, koje dostižu dubine 50, pa čak i 150m. Najčešće se postavljaju četiri cevi paralelno (duple U-cevi). Preduslov za ugradnju sondi je poznavanje sastava zemljишta i postojanje tekućih podzemnih voda. Kod normalnih hidrogeoloških uslova se pomoću ove sonde može dobiti 50W/m dužine sonde.

Voda predstavlja veoma pogodan izvor toplote za toplotne pumpe. Bunarska voda je naročito pogodna zbog svoje relativno visoke i gotovo konstantne temperature (oko 10°C u hladnijim i oko 15°C u toplim oblastima). Posebna pažnja mora da se obrati na kvalitet vode, eventualno stvaranje kamenca, kao i na korozioni efekat. Jedan od načina da se ublaži negativan efekat

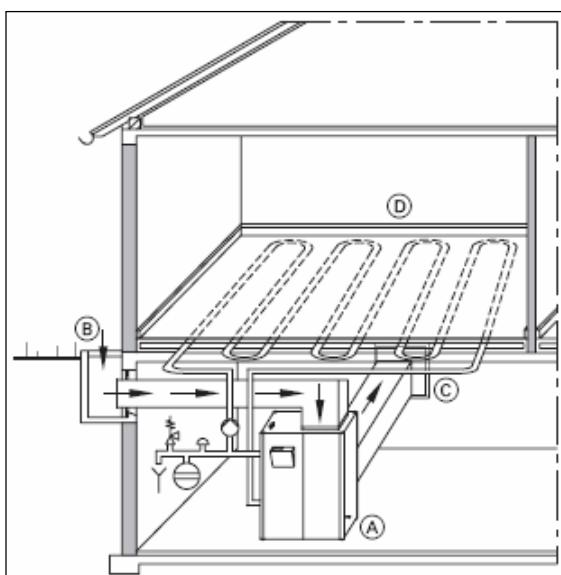
ovih pojava na rashladnu instalaciju je uvođenje dodatnog razmenjivača topline, čime se izbegava direktni kontakt bunarske vode i isparivača. Korišćenje jezerske, morske ili rečne vode takođe je moguće, ali uz obaveznu zaštitu isparivača od korozije i zamrzavanja.



Slika 8. Usisni i ponirajući bunar za iskorišćenje vode kao izvora topline

Voda struji kroz isparivač. Najniža izlazna temperatura u snopu cevi je $+ 4^{\circ}\text{C}$, u pločastim isparivačima i otvorenim sudovima $+ 2^{\circ}\text{C}$, u pločastim isparivačima i tekućim vodama 0°C . Pri još nižim temperaturama postoji akutna opasnost od zamrzavanja. Površinska voda (reke, jezera) može u hladnim zimskim danima dovesti do zamrzavanja isparivača, a time i isključenja toplotne pumpe preko sigurnosnog uređaja. Temperatura podzemne vode kreće se često preko cele godine oko $+10^{\circ}\text{C}$, pa je veoma pogodna, ali je potreban usisni i ponirajući bunar. Potrebno je ispitati najnižu zimsku temperaturu vode. Zahteva se tačno ispitivanje kretanja temperature i količine preko dana i svih godišnjih doba.

Vazduh je široko rasprostranjen i kao toplotni izvor i kao toplotni ponor toplotne pumpe.



Slika 9. Korišćenje vazduha kao izvora topline

Vazduh je pogodan kao izvor toplote, jer je u neograničenim količinama i jednostavan za primenu. Kao isparivači i kondenzatori koriste se orebreni izmenjivači toplote sa prinudnim strujanjem vazduha, pri čemu je površina isparivača koji se nalazi napolju i koji oduzima toplotu spoljašnjem vazduhu 50-100% veća od površine kondenzatora sa koje se predaje toplota neophodna za grejanje. Uobičajena razlika temperatura spoljašnjeg vazduha i temperature isparavanja rashladnog fluida kreće se u granicama od 6-14 °C. Najveći problem sa vazduhom kao topotnim izvorom je što sa padom spoljašnje temperature vazduha, kada rastu potrebe za grejanjem, opada grejni učinak topotne pumpe. Zbog toga je veoma važno pravilno dimenzionisanje unutrašnjeg izmenjivača toplote kako bi se izbegao nepotrebno veliki rashladni učinak u letnjem režimu rada (kada isparivač i kondenzator zamene uloge). Problemi se takođe javljaju kada je temperatura površine spoljašnjeg razmenjivača toplote manja od 0°C. U tom slučaju dolazi do zamrzavanja vlage iz vazduha na toj površini, što posle izvesnog vremene, usled povećanja topotnog otpora, može da ugrozi razmenu toplote. Zbog toga je neophodno predvideti periodično otapanje ovih razmenjivača toplote ili električnim putem ili topotnom parom rashladnog fluida (sa prelaskom na ciklus hlađenja topotnom pumpom). Od konstrukcione izrade zavisi koliko su navedeni periodi česti. Za to postoji nekoliko mogućnosti:

- Vremenski relej (nepovoljan)
- Merenje temperaturne razlike između vazduha i isparivača
- Merenje pritiska u isparivaču
- Merenje otpora vazduha u isparivaču

Količine vazduha koje su potrebne dosta su velike, pa zato isparivač svežeg vazduha treba postaviti napolje (paziti na stvaranje šumova), ili predvideti velike vazdušne kanale. Spoljnji vazduh je najhladniji baš onda kada postoji maksimalni zahtev za topotom, dakle, može se najmanje iskoristi. Izlazni vazduh je često konstantne temperature pa je podesniji. Ispitivanje količine i toka temperature preko dana i godišnjih doba ipak je potrebno. Izmenjivači toplote u topotnim pumpama su uvek veći nego kod rashladnih ili klimatizacionih uređaja iste snage. Njihov uticaj na cenu, dimenzije i težinu uređaja treba uzeti u obzir. Zbog toga je potrebno povećati razmenu toplote u izmenjivačima što je moguće više.

5.2.2 Prirodni gas kao pogonsko gorivo

Zemni ili prirodni gas je osnovno gasovito gorivo. Nastao je iz taloga mikroorganizama izloženih visokim pritiscima i delovanju bakterija bez prisustva kiseonika. Prirodni gas se može dobiti iz gasnih i naftnih ležišta, koja se nalaze na većim dubinama, odakle se pod pritiskom transportuju do sabirnih stanica. Glavni sastojak prirodnog gasa je metan (SN4), sa zapreminske sadržajem do 98%, a osim metana prisutni su i etan (S2N6), propan (S3N8), butan (S4N10) i nesagorivi gasovi azot (N2) i ugljen-dioksid (SO2). Donja topotna moć isnosi 33000 – 37000 kJ/m3.

U nepoželjne komponente prirodnog gasa spadaju ugljen-monoksid, azot, sumpor-vodonik i ostale komponente koje svojim sadržajem smanjuju topotnu moć ili imaju drugi štetan uticaj. Ugljen-dioksid se može sjediniti sa vodom, prisutnom u prirodnom gasu i u kontaktu sa njom formira ugljeničnu kiselinu, koja koroziono deluje na cevovod, dok sumporvodonik sa vodom može da stvari sumporastu kiselinu, koja je vrlo agresivna. U nepoželjne komponente spada i voda, jer ispod temperature tačke rose može prevesti u tečnu fazu, koja sa ugljovodoninicima stvara kristale hidrata, koji smanjuju kapacitet cevovoda. Zbog ovaga distributeri moraju da definišu sastav gasa.

Osnovne prednosti prirodnog gasa u odnosu na ostala goriva su:

- Visoka topotna moć
- Visok stepen korisnosti uređaja za sagorevanje
- Nizak sadržaj balasta
- Zanemarljiv sadržaj sumpora
- Smanjenje zagađenja okoline
- Mogućnost potpune automatizacije korišćenja
- Jednostavan transport
- Ne zahteva potreban prostor za skladištenje

Zbog svega navedenog, danas je prirodni gas jedno od osnovnih goriva koje se koristi u industriji, energetici i širokoj potrošnji – od najvećih potrošača, kao što su toplane i termoelektrane, sve do najmanjih - domaćinstva. Prema podacima Ministarstva rудarstva i energetike, proizvodnja prirodnog gasa u Srbiji bez Kosova i Metohije u 2003. godini iznosila je 341 miliona m³, a uveženo je 1884 miliona m³. Da bi se olakšao njegov transport, zemni gas se dubokim hlađenjem može prevesti u tečni gas. Njegova specifična zapremina iznosi samo 0,17% od specifične zapremine u gasnom stanju.

Veštački gas može se dobiti raznim procesima. Industrijski gas se dobija u koksnim pećima, visokim pećima pri destilaciji mrkog ili kamenog uglja i drugim procesima. Generatorski (gradski) gas se dobija iz postrojenja gasnih generatora. U ovim postrojenjima se u generatorskim pećima čvrsto gorivo (mrki ugalj, drvo, drveni ugalj-ćumur) transformiše u gasovito i dalje čisti od štetnih sastojaka. Kameni ugalj, pretvara se u gas zagrevanjem na oko 900-1100°S, bez prisustva vazduha. Generatorski gas se može dobiti i cepanjem ugljovodonika u termičko – katalitičkoj reakciji – pirolizi. Topotna moć iznosi oko 10 MJ/m³. Osnovni sastojci su vodonik (N₂), ugljen-monoksid (SO), metan (SN4) i teški ugljovodonici, kao i nesagorivi azot (N₂), mineralne materije (pepeo) i vlaga. Prema sadržaju vodonika, generatorski gas se može podeliti na tri grupe: vazdušni gas, voden gas i mešani gas. Nekada se gasoviti gas primenjivao samo u industriji, dok se danas u industriji koristi samo u onim zemljama koje ne raspolažu prirodnim gasom. U gasifikaciji gradova, generatorski gas i danas igra važnu ulogu. Danas se koriste i zamenski gas, koji se dobijaju iz mrkog i kamenog uglja, rafinerijski gas, koji se dobija kao nusprodukt prerade sirove nafte, tečni naftni gasovi – propan i butan, koji se dobijaju u rafinerijama kao nusprodukt proizvodnje visokokvalitetnih benzina ili preradom zemnog gasa. Tečni naftni gasovi se dosta primenjuju u domaćinstvima, a ime su dobili po tome što se pri veoma niskim pritiscima kondenzuju. Imaju veoma visoku topotnu moć i to propan (S3N8) 93,21 MJ/m³, a butan (S4N10) 123,81 MJ/m³. Transportuju se kao tečnosti, dok se u gasovito stanje pretvaraju neposredno pre sagorevanja.

Magistralni cevovod čine elementi i armatura cevovoda, koji su potrebni za transportovanje gase na većim rastojanjima. Kroz magistralni cevovod struji gas pod visokim pritiskom, koji se ponaša kao stišljiv fluid. Pošto je magistralni cevovod najčešće položen u zemlju, čija je temperatura približno konstantna, strujanje gase je izotermsko, a temperatura gase je približno jednaka temperaturi zemlje. Magistralni cevovodi obično završavaju na mestu gde se nalazi merno-regulaciona stanica, odakle se nastavlja gradski gasovod srednjeg pritiska (1-12 bar).

6. PROJEKAT

Termotehnička instalacija u Laboratoriji za Termotehniku, Mašinski fakultet

6.1 Reverzibilna apsorpciona toplotna pumpa **Robur GAHP-AR**



Slika 10. Robur GAHP-AR

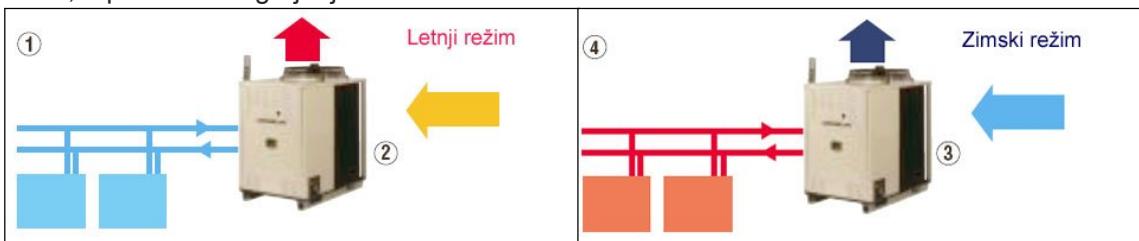
Opšte karakteristike

Apsorpciona reverzibilna toplotna pumpa GAHP-AR na prirodni gas/TNG je uređaj za proizvodnju hladne vode do 3°C ili tople vode do 60°C. Ista jedinica omogućuje hlađenje i grejanje promenom apsorpcionog ciklusa koristeći spolašnji vazduh kao toplotni izvor ili ponor toplotne energije zavisno od režima rada – grejanja ili hlađenja. Iskorišćenje jedinice pri nominalnim uslovima rada u režimu grejanja je oko 140%. Kao opšti pokazatelj u klimatski umerenim zonama (sa zimskim termičkim opterećenjem objekta koje je dvostruko veće od letnjeg) energetska ušteda kod zimskog korištenja kompenzuje potrošnju gasa za letnju klimatizaciju. Primena GAHP-AR jedinica preporučuje se kod:

- Instalacija grejanja i hlađenja u industrijskim, komercijalnim i stambenim zgradama.
- Instalacija gde se želi jedan centralizovani izvor proizvodnje toplotne ili rashladne energije, bez povećavanja utroška električne energije.
- Potrošača sa velikom potrošnjom goriva i/ili u instalacijama sa neprekidnim radom, gde je potreba za toplotnom energijom velika, a traži se i letnje hlađenje - klimatizacija (tržni centri, hoteli i ostalo.)
- Potrošača koji moraju održati potrošnju električne energije na minimumu i posebno je ne povećavati za vreme vršnog opterećenja elektroenergetskog sistema leti.

Princip rada

Posebna karakteristika GAHP-AR jedinice je da u skladu sa postavljenim načinom rada može proizvoditi hladnu vodu za hlađenje, ili pak zahvaljujući unutrašnjoj promeni termodinamičkog ciklusa, toplu vodu za grejanje.



Slika 11. Prikaz režima rada

Letnji režim. Jedinica GAHP-AR radi kao rashladni uređaj, preuzimanjem toplote iz klimatizovanog prostora 1 i odavanjem iste spoljašnjem vazduhu putem apsorbera i vazdušnog kondenzatora 2 . Minimalna temperatura polazne vode do 3°C.

Zimski rad. Jedinica GAHP-AR iskorišćava apsorpcioni ciklus za rekuperaciju toplote iz spoljašnjeg vazduha 3 koja pridodata topoti proizvedenoj sagorevanjem gasa biva prebačena u kondenzator/apsorber uređaja, te nakon toga putem cevovoda u prostor koji se zagreva 4, garantovajući efikasnost procesa do 150%. I u slučaju ugradnje u posebno hladnim klimatskim zonama sa -20°C, GAHP-AR jedinica još uvek garantuje efikasnost energetske transformacije od 100%, pa postiže veće vrednosti od bilo kojeg kondenzacijskog kotla. Koriste se u svim sistemima gde je potrebna topla voda do 60°C, na primer kod panelnog grejanja.

Razlozi za izbor

Visoko iskorišćenje

Posebno tokom rada u režimu grejanja kada je pri nominalnim uslovima moguće postići i do 140% iskorišćenja u odnosu na energiju oslobođenu sagorevanjem goriva, zahvaljujući preuzetoj toplotnoj energiji iz spoljašnjeg vazduha.

Jedan uređaj

Samo jedan uređaj na prirodni gas ili TNG za grejanje ili hlađenje bez potrebe za dodatnom instalacijom pri prelazu sa režima rada rashladnog uređaja na režim grejača vode.

Umanjeni troškovi električne energije

Jedinice GAHP-AR rade sa prirodnim gasom ili TNG-om i koriste manje od 1kW električne energije za proizvodnju 17kW rashladne energije leti i preko 35 kW toplotne energije zimi.

Ušteda na unutrašnjem prostoru

Gasni apsorpcioni rashladni uređaji i toplotne pumpe namenjeni su isključivo za ugradnju na otvorenom prostoru. Posebni prostor za rashladno postrojenje i kotarnicu unutar objekta nije potreban, što pojednostavljuje instalaciju i smanjuje investicione troškove.

Stabilan rad i pri ekstremnim spoljašnjim temperaturama

Ove jedinice mogu raditi i u ekstremnim klimatskim uslovima. Jedinice GAHP-AR i kod spoljašnje temperature od -20°C garantuju energetsko iskorišćenje od 100%, dok leti mogu proizvoditi hladnu vodu kod spoljašnjih temperatura do 45°C.

Niska emisija izduvnih gasova i korišćenje prirodnog rashladnog medijuma - NH3

Kontinuitet grejanja i za vreme trajanja ciklusa odleđivanja (defrosting)

Za vreme zimskog ciklusa odleđivanja izmenjivačke baterije jedinice GAHP-AR nastavljaju davati toplotu prostorijama u iznosu oko 50% nominalnog toplotnog učinka bez povećavanja potrošnje toplotne ili električne energije. Nasuprot tome, električne toplotne pumpe odleđivanje rešavaju promenom smera termodinamičkog ciklusa, uzimajući na taj način toplotu iz prostorije za odleđivanje spoljašnje izmenjivačke baterije (jedinica za vreme odleđivanja postaje rashladni uređaj). Jedinice GAHP-AR zbog posebnog svojstva apsorpcionog kruga voda-amonijak, nemaju potrebe za promenom ciklusa, već koriste samo jedan deo toplote kondenzatora/apsorbera za odleđivanje, nastavljajući dovođenje toplote prostoriji.

Tehničke karakteristike

Spoljašnja temperatura (suvi/vlažni termometar)	°C	7/6
Polazna temperatura vode	°C	50
Toplotni kapacitet	kW	35,3
Stepen iskorišćenja gasa pri grejanju		1,40
Protok vode ($\Delta T=10$ °C)	m ³ /h	3,0

Tabela 2. Nominalni učinak u režimu grejanja

Spoljašnja temperatura	°C	35
Polazna temperatura vode	°C	7
Toplotni kapacitet	kW	16,9
Stepen iskorišćenja gasa pri grejanju		0,67
Protok vode ($\Delta T=10$ °C)	m ³ /h	2,9

Tabela 3. Nominalni učinak u režimu hlađenja

Konstruktivne karakteristike

- Rashladni krug izrađen od čelika sa niskim sadržajem ugljenika koji je zaštićen antioksidativnim premazom
- Gasni gorionik sa prekomorom za mešanje opremljen automatom za paljenje i regulatorom plamena
 - Vazdušni izmenjivač toplote izrađen od čeličnih cevi s orebrenjem od aluminijuma
 - Cevni izmenjivač vode od nerđajućeg titan čelika spolja izolovan polistirenom
 - Koncentrator amonijaka za optimalizaciju količine rashladnog medija u isparivaču kod promene uslova rada
 - Ventil za inverziju ciklusa na rashladnom krugu (korišćenjem jedinice u modu grejanja ili hlađenja)
 - Automatski ventil za odleđivanje (defrosting) kontrolisan mikroprocesorom koji omogućuje odleđivanje spoljašnjeg izmenjivača
 - Mikroprocesorski kontrolisani ventilator za hlađenje kondenzatora/apsorbera sa varijabilnim brojem obrtaja za regulaciju količine vazduha(letnji režim)

Kontrolni i sigurnosni uređaji

- Regulator protoka vode, reguliše protok vode kroz hidrauličnu instalaciju
- Granični termostat generatora, sa ručnim resetom, koji ima funkciju zaštite generatora procesa od pregrevanja
- Diferencijalni presostat dimnih gasova u krugu sagorevanja za kontrolu ispravnog rada gorionika
- Termostat temperature dimnih gasova sa automatskim resetom u radno stanje radi zaštite jedinice od prekomernog pregrevanja
- Sigurnosni ventil zatvorenog kruga rashladnog sredstva
- Sigurnosni jednosmerni ventil između visokog i niskog pritiska
- Centralni kontroler plamena i ionizacije
- Funkcija protivsmrzavanja radi izbegavanja zaleđivanja vode u instalaciji

- Dvostruki gasni elektromagnetski ventil

Upravljački mikroprocesorski sastav

Upravljački sastav realizovan je elektronskom mikroprocesorskom pločom koja omogućuje postavljanje i regulisanje svih radnih i kontrolnih parametara jedinice. Sastav je opremljen sofisticiranom samodijagnozom. Ploča prikazuje temperaturu vode instalacije na displeju kodiranim brojevima, za različite uslove rada među kojima su na primer:

- Nedostatak ili nedovoljni protok vode kroz instalaciju
- Previsoka vrednost postavljene temperature vode
- Previsoka spoljašnja temperatura
- Onečišćenje izmenjivača topline sa vazdušne strane

Direktno digitalno upravljanje sa prikazom (DDC):

Digitalni regulator za potpuno upravljanje GAHP-AR sastavom za grejanje i hlađenja. Neke od funkcija:

- Upravljanje do 16 modula spojenih na zajednički hidraulični krug
- Vremensko programiranje rada
- Kontrola polazne ili povratne temperature vode
- Modularno (kaskadno) upravljanje više jedinica prema opterećenju
- Mogućnost upravljanja radom sastava putem SCADA sistema
- Zvučni i slikovni alarm za svaku pojedinačnu jedinicu
- Stalan prikaz trenutnih parametara sastava
- Mogućnost upravljanja na temelju spoljašnje temperature

6.2 Voden sistem sa ventilator-konvektorima (fan-coils)

Osnovna karakteristika ovog sistema je da se razmena topline između centrale i izmenjivačkih tela vrši isključivo pomoću vodene cevne mreže, i da centralna obrada vazduha nije predviđena. Sistem je baziran na korišćenju ventilator-konvektora (fan-coils) koji su postavljeni u samoj klimatizovanoj prostoriji.



Slika 12. Izvedeno termotehničko postrojenje

Ventilator konvektori su po mnogo čemu specifični aparati za obradu vazduha. Osnovni elementi su im ventilator i razmenjivač topline koji se nalaze u kućištu prilagođenom da se uklopi u enterijer prostorije. Celokupna obrada vazduha vrši se u samom aparatu i svodi se na

njegovo filtriranje, zagrevanje odnosno hlađenje i sušenje. Vazduh koji se obrađuje, usisava se iz same prostorije i nosi sve zagađivače tipične za građevinske objekte. Posebnu pažnju u eksploataciji treba usmeriti na filtre koji se često moraju čistiti i zamjenjivati, da se prljavština ne bi taložila između rebara razmenjivača toplove, i da se ne bi smanjivao efekat prenosa toplice, odnosno stvarali uslovi za razvijanje bakterija.

Hlađenjem se vazduh obično i suši, pa dolazi do izdvajanja vlage i potrebe za oticanjem vode. Zato postoji priključak za poseban cevovod koji vodi u kanalizaciju.

Izvedena cevna mreža je dvocevna, sa prebacivanjem.

Prednosti primene ventilator-konvektora u sklopu ovakvih sistema su pre svega u nepostojanju kanalske vazdušne mreže, niskoj ceni gradnje u vrlo razuđenim zgradama kao i u objektima koji se naknadno klimatizuju.

U sklopu demonstracionog postojenja nalaze se cevni registri i elementi panelnog sistema-podni i zidni sistem.

6.3 Sistem upravljanja baziran na DDC-u i softveru SCADA

Automatsko regulisanje grejnih, klimatizacionih i drugih sistema u zgradama je osnova održavanja uslova topotine u njima, kvaliteta unutrašnjeg vazduha, ali i bezopasnog funkcionisanja pri pojavi nepredviđenih okolnosti. Korisnici pritom, mogu sami podešavati željene parametre uz racionalnu potrošnju energije. Procenjuje se da su neopravdani gubici energije u zgradama bez regulacije, ili sa loše izvedenom regulacijom 25 do 50% od neophodno potrebne za grejanje i hlađenje.

Upravljanje termotehničkim sistemom izvedeno je na bazi direktne digitalne kontrole tako da računar preuzima sve akcije konvencionalnog regulisanja, uključujući upravljanje, prikupljanje podataka i blokadu sistema.

Regulacija postignuta na ovaj način omogućuje programiranje regulacionih parametara kao i njihovu izmenu u svakom trenutku, a da pri tome nije potrebna nikakva promena u konfiguraciji sistema. Sistem integriše savremenii SCADA softver za optimalno vođenje, uštedu energije i niz drugih funkcija.

SCADA rešenje za termotehnčki sistem:

- Prikaz merenja i stanja u sistemu (parametri temperatura, pritisak)
- Podešavanje parametara regulacije
- Trend-dijagram relevantnih merenja
- Mogućnost izbora ručnog ili automatskog režima rada
- U manuelnom režimu - upravljanje ventilom i pumpama
- Prikaz alarmnih stanja
- Preglednost sistema – najrelevantniji podaci na jednoj slici
- Informisanost korisnika unapređena
- Liste alarma, događaja, grafici – tekući i arhivski
- Izveštaji u Excel-u; Excel radna sveska dinamički povezana sa bazom podataka SCADA sistema
- Jednostavno i sigurno upravljanje–uključenje/isključenje topotine pumpe, regulacija protočne pumpe i otvaranje/zatvaranje regulacionih ventila
- Mogućnost proširenja sistema u budućnosti

Osobine predviđenog SCADA sistema:

- Univerzalni sistem za vizualizaciju, nadzor i upravljanje
- Interfejs na srpskom jeziku
- Windows i/ili Linux platforma
- Jednostavna integracija u postojeće IT okruženje
- Klijent/server arhitektura
- Objektno-orientisani datapoint model
- Neograničeni broj datapointa
- Direktni drajveri i OPC
- Online projektovanje i inženjering
- Internet/intranet integracija
- WAP, SMS, e-mail, fax ili glasovne poruke

7. TEHNOEKONOMSKI POKAZATELJI

7.1.Tehno-ekonomska analiza izbora opreme za grejanje i klimatizaciju

- Za robnu kuću dat je predlog projektnog rešenja instalacije centralnog grejanja i klimatizacije
- Analizirana rešenja ne predstavljaju izradu projekta u celosti, već je akcenat stavljen na pojedine mogućnosti izbora različitih izvora toplotne, odnosno rashladne energije
- Mogući energeti: prirodni gas i električna energija
- U razmatranje je uzet objekat povrsine 8000 m²
- Razmatrana rešenja predstavljena su kroz tehno-ekonomsku analizu
- Potreban toplotni kapacitet Q_g=995 kW
- Potreban rashladni kapacitet Q_h=570 kW.

Tehno-ekonomskom analizom obuhvaćene su sledeće varijante:

- 1) Gasne apsorpcione toplotne pumpe i Gasni apsorpcioni čileri sa kotlovima/grejačima
- 2) Gasna kotlarnica i električni čiler

Varijanta 1. Gasne apsorpcione toplotne pumpe i Gasni apsorpcioni čileri sa kotlovima/grejačima proizvođača **Robur**

Prilikom odabiranja i usvajanja potrebnog broja jedinica sledili smo sledeće principe:

- Toplotnim pumpama koje rade u temperaturnom režimu 40/50 °C pokrivaju se transmisioni toplotni gubici toplovodnim grejanjem putem fan-coil aparata.
- Gasnim apsorpcionim čilerima pokriva se preostalo rashladno opterećenje istog temperaturnog režima (7/12 °C) kao kod toplotnih pumpi, dok se grejačima pokrivaju ventilacioni toplotni gubici tokom grejne sezone centralnom pripremom vazduha u klima komorama (temperaturni režim 75/65 °C).

Karakteristike gasnih apsorpcionih toplotnih pumpi

Proizvođač: **Robur**, model GAHP-AR

Toplotna snaga (pri T _{sp} =7 °C)	35,3	kW
Toplotna snaga (pri T _{sp} =-18 °C)	26,5	kW
Rashladna snaga (pri T _{sp} =35 °C)	16,9	kW
Protok vode ($\Delta T=10$ °C)	3	m ³ /h
Nazivno toplotno opterećenje	25,7	kW
Potrošnja prirodnog gasa	2,72	m ³ /h
Nominalna električna snaga	0,9	kW

Instalisani kapacitet toplotnih pumpi

Broj toplotnih pumpi	18	
Električni prikljucak	16,2	kW
Gasni priključak	48,96	m ³ /h
Ukupni rashladni kapacitet (pri T _{sp} =35 °C)	304,2	kW
Ukupni toplotni kapacitet (pri T _{sp} =7 °C)	635,4	kW
Ukupni toplotni kapacitet (pri T _{sp} =7 °C)	562,5	kW
Ukupni toplotni kapacitet (pri T _{sp} =-18°C)	477	kW

Instalisan kapacitet apsorpcionih cilera sa kotlovima

Proizvođač: **Robur**, model RTYF 240-476/2/4

KLIMATIZACIJA		
Rashladna snaga	70,88	kW
Potrosnja gase	10,6	m ³ /h
Nominalna elektricna snaga	3,28	kW
Nivo buke	61/53	dB
GREJANJE		
Korisna toplotna snaga	130	kW
Potrosnja gase	14,72	m ³ /h
Nominalna elektricna snaga	0,24	kW
Potreban broj jedinica	4	-
Ukupno potrebna elektricna snaga cilera	13,12	kW
Ukupno potrebni gasni prikljucak za kotlove	58,88	m ³ /h
Ukupno instalisan rashladni kapacitet	283,52	kW
Ukupno instalisan toplotni kapacitet	520	kW

Ukupno instalisani kapaciteti

Rashladna snaga	587,72	kW
Grejna snaga	997	kW
Potreban električni priključak (hlađenje)	29,32	kW
Potreban gasni priključak (grejanje)	107,84	m ³ /h

Investiciona ulaganja

Toplotne pumpe	194 400	evra
Gasni apsorpcioni čileri/grejači	180 000	evra
Jedinična cena električnog priključka	250	evra/kW
Ukupno za električni priključak	7330	evra
Ukupno Varijanta 1.	381 730	evra

Režim grejanja

Efikasnost toplotnih pumpi u sezoni grejanja

Temperatura vazduha [°C]	Procentualni udeo dana u zimskom periodu [%]	Stepen korisnosti sistema
7	60	1,40
2	34	1,28
-7	3	1,03
-15	3	0,98

- Prosečni stepen korisnosti sistema grejanja (kombinacija gasnih apsorpcionih toplotnih pumpi i gasnih kotlova) je **1,34**
- Stepen korisnosti standardnog gasnog toplovodnog kotla **pri punom opterećenju 0,92**
- Stepen korisnosti standardnog gasnog toplovodnog kotla **pri delimičnom opterećenju od 40% 0,83**
- Prosečni stepen korisnosti sistema grejanja gasnim toplovodnim kotlovima je **0,87**

Toplotne pumpe bi svojim kapacitetima pokrivale ukupne toplotne gubitke u sistemu do 0°C, posle čega bi se uključivali u rad i gasni kotlovi visoke efikasnosti. Ovo premošćenje se ostvaruje dvokrakim regulacionim ventilima na polaznom i povratnom vodu sa pratećom automatikom i time bi se postiglo razdvajanja mreže toplovodnog grejanja (fan-coil jedinicama) od mreže sistema vazdušnog grejanja (kanalski razvod vazduha).

Iz navedenog sledi ušteda u gorivu od:

$$\left(1 - \frac{0,87}{0,34}\right) \cdot 100\% = 35\% \quad \text{tokom grejne sezone}$$

Cene energenata

Cena gasa [eura/m ³]	0,233
Cena električne energije [eura/kW]	0,032
Maxi graf [eura/kW]	6,168

Grejanje

Broj radnih sati grejanja [h]	2,700
Potrošnja gasa [m ³]	97,739
Potrošnja električne energije [kWh]	43,740
Maksigraf [kW]	16,2

Klimatizacija

Broj radnih sati grejanja (7/12 °C)	1,500
Potrošnja gasa [m ³]	137,040
Potrošnja električne energije [kWh]	43,980
Maksigraf [kW]	29,32

UKUPNI TROŠKOVI GREJANJA I KLIMATIZACIJE: **71,277 €/god**

Varijanta 2. Gasna kotlarnica i električni čiler proizvođača ***Kalte klima***

Karakteristike električnih čilera

Rashladna snaga	612	kW
Apsorbovana električna snaga kompresora	235,5	kW
Električna snaga ventilatora	12,6	kW
Usvojeni broj čilera	2	kW
Ukupna instalisana električna snaga	248,1	kW

Investiciona ulaganja

Oprema za kotlarnicu	80 000	evra
Površina kotlarnice	50	m ²
Cena raspoloživog unutrašnjeg prostora	75 000	evra
Ukupno za gasnu kotlarnicu	155 000	evra
Cena električnih čilera (nisko bučna izvedba)	127 980	evra
Jedinična cena električnog prikljucka	250	evra
Ukupno za električni priključak	62 025	evra
UKUPNO	345 005	evra

Grejanje

Broj radnih sati grejanja	2,700
Potrošnja gasa [m ³]	150 000

Klimatizacija

Broj radnih sati (7-12 °C) [h]	1 500
Potrosnja električne energije [kWh]	372 150

UKUPNI TROŠKOVI GREJANJA I KLIMATIZACIJE: **74,385 €/god**

7.2. Predviđene uštede tokom narednog trogodišnjeg perioda

Podaci dobijeni na bazi 30% godišnjeg povišenja cena električne energije tokom narednog trogodišnjeg perioda:

Godina	Ušteda [evra/god]
2007.	8,471
2008.	15,443
2009.	24,507

7.3. Predviđene prednosti izbora Varijante 1

Gasne apsorpcione toplotne pumpe i Gasni apsorpcioni čileri sa kotlovima/grejačima odlikuju se sledeći prednostima:

- Nizak nivo buke
- Veća pogonska sigurnost sistema zbog većeg broja uređaja
- Gasnim apsorpcionim čilerima obezbeđen je rad pri niskim temperaturama, do -12 C
- Trend poskupljenja električne energije ide u prilog korišćenju gasa kao energenta
- Očekivani popust za gas tokom letnjih meseci
- Niski troškovi održavanja
- Konstantne rashladne i toplotne karakteristike tokom vremena
- Ne uništavaju ozonski omotač (rashladni medijum NH₃)
- Manja emisija CO₂ i NO_x u atmosferu

7.4. Zaključak

- Sa aspekta investicionih ulaganja **Varijanta 1** je nesto skuplja, dok je sa aspekta troškova eksploatacije u postojećim uslovima **Varijanta 1** svakako povoljnija.
- Trend poskupljenja E_{el} koji se очekuje u narednom periodu (u zemljama EU cena je i do 5 puta skuplja) favorizuje korisćenje gasa.
- Period povraćaja investicije **Varijante 1** u odnosu na **Varijantu 2** je: **2,52 godine**.

8. ZAKLJUČAK

Uprkos tome što gasni uređaji za hlađenje i grejanje nisu novost na tržištu, njihov razvoj i povećana primena poslednjih godina pokazuju da za ovakvu tehnologiju svakako ima interesa. Navedene prednosti u odnosu na električne kompresorske uređaje nadamo se, podstaknuće i veći broj investitora u našoj zemlji da pri planiranju i projektovanju sistema grejanja i klimatizacije ozbiljno razmisle o primeni nekonvencionalnih uređaja. Kod većih rashladnih kapaciteta razlika u ceni u odnosu na kompresorske uređaje naknadno se vraća kroz eksploataciju gasnih uređaja već kroz nekoliko godina.

U većini država kompanije za distribuciju gasa imaju interes za povećanje potrošnje gase u letnjim mesecima, dajući specijalne popuste korisnicima za klimatizaciju. U Italiji, hotelski objekti masovno su klimatizovani gasom i oslobođeni plaćanja poreza u ceni gase, dok u Francuskoj i Španiji, distributeri gase sponzorišu svaki ugrađeni apsorpcioni uređaj koji kao pogonsku energiju koristi prirodni gas. Neka ovi primeri bogatijih država budu jasan podsticaj i nama.

Takođe, primena gasnih toplotnih pumpi i rashladnih uređaja predstavlja veliki korak prema ispunjenju obaveza koje proizlaze iz Kyoto protokola i zaštite okoline, u visoko korisnoj i ekonomičnoj upotrebi energije. Uz to, predstavljaju i bitno poboljšanje za korisnike, projektante, izvođače i državna tela koja su u potrazi za rešenjima za zaštitu okoline, odnosno, ukratko za celokupnu društvenu zajednicu. Savremena tehnologija, koja koristi obnovljive izvore energije, može se koristiti već danas i to masovno. Ona omogućava dalji skok iskorišćenja uređaja za 30 do 40% u poređenju sa uobičajenim uređajima za grejanje koji su trenutno raspoloživi na tržištu. Promene u načinu projektovanja ili primene instalacije grejanja i hlađenja minimalne su. Štaviše, omogućava potpunu upotrebu instalacijskih rešenja koja su razvijena u proteklih 10 do 15 godina.

Predstavljeni izveštaj sinteza je različitih disciplina i naslova, i kao takav u određenim delovima neujednačenog sadržaja. Njegova jedina svrha je upoznavanje čitaoca sa svim prednostima savremenih tehnologija koje se primenjuju u oblastima grejanja, hlađenja i klimatizacije. Dodatne informacije mogu se dobiti korišćenjem navedene literature.

9. LITERATURA

1. Rashladni uređaji, Mile Markovski (2006)
2. Klimatizacija, Branislav Todorović (2005)
2. Plamen koji hlađi, Miljenko Baborsky, dipl.ing.maš. (2005)
3. Tehnoekonomkska analiza, Mr. Mitko Dzolev, dipl.ing.maš.
Nikola Dzolev, dipl.ing.maš.
4. Internet prezentacije i katalozi firme *Robur*