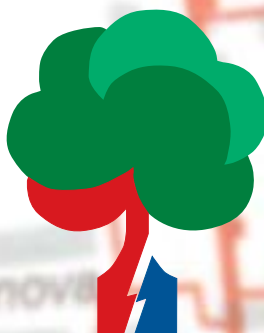


# HEP TOPLINARSTVO

## CENTRALNI TOPLINSKI SUSTAV ZAGREBA

### Sadržaj:

<b>Opskrba potrošnom toplom vodom iz Centralnog toplinskog sustava u Zagrebu .....</b>	<b>117</b>
<b>Održavanje Centralnog toplinskog sustava u Zagrebu .....</b>	<b>118</b>
<b>Održavanje važnih komponenti Centralnog toplinskog sustava .....</b>	<b>120</b>
<b>Frekvencijski upravljane crpke - doprinos štednji energije .....</b>	<b>123</b>
<b>Mjerila toplinske energije - bitan činilac povjerenja između isporučitelja i kupca .....</b>	<b>126</b>
<b>Tarifni sustav - zbir svih troškova .....</b>	<b>128</b>
<b>Potpisan Sporazum o utemeljenju Laboratorija za umjeravanje brojila toplinske energije .....</b>	<b>129</b>



O važnosti Centralnog toplinskog sustava koji Zagreb opskrbljuje toplinskom energijom za grijanje i pripremu potrošne tople vode možda najbolje govore brojni pokazatelji: na njega je priključeno oko 1000 stambenih i poslovnih zgrada, odnosno time je osigurana toplina za gotovo 300 000 stanovnika hrvatske metropole. Uz to, tu je više od 200 km distributivne vrelovodne mreže i oko 2000 toplinskih stanica u zgradama širom Zagreba. Imati tako velik i složen sustav te stalno održavati njegovu pogonsku sigurnost (jer uostalom, nitko ne bi poželio usred hladnog zimskog dana ostati bez grijanja ili pri jutarnjem tuširanju bez tople vode) nipošto se ne može smatrati jednostavnim zadatkom. Tek jedan mali dio problema s kojima se susreću stručnjaci HEP - Toplinarstva u svojem svakodnevnom radu pokušali smo prikazati u nekoliko sljedećih članaka ovog priloga. Jedan od tih najčešćih problema jest održavanje cjelokupnog sustava i pojedinih njegovih dijelova. Uz to, kako se u posljednje vrijeme sve više pozornosti posvećuje smanjenju potrošnje energije, primjena najsuvremenijih rješenja kao što su frekvencijski upravljane crpke u toplinskim podstanicama zgrada polako postaje nužnost. Jedna od mjera za smanjenje potrošnje je i primjena sustava naplate točno prema potrošenoj energiji u što se u posljednje vrijeme također ulažu značajni naponi. I konačno, nakon što su svi ti problemi riješeni, pojavljuje se problem tarifnog sustava, odnosno kako sve te usluge i te velike napore naplatiti. Na taj se problem osvrnuo direktor HEP - Toplinarstvo d.o.o, Branimir POLJAK, dipl. ing. Za kraj slijedi i kraća reportaža o nečemu što bi trebalo predstavljati budućnost toplinarstva u Zagrebu, ali i cijeloj Hrvatskoj - o potpisivanju Sporazuma o suradnji na utemeljenju budućeg Nacionalnog laboratorija (centra) za ispitivanje i umjeravanje brojila toplinske energije na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.



#### HEP Wärmeversorgungsabteilung - Zentrales Heizsystem von Zagreb

Die Bedeutung des Zentralen Heizsystems, das Zagreb mit Wärmeenergie für Heizung und Aufbereitung des warmen Gebrauchswassers versorgt, kann am besten durch numerische Anzeiger veranschaulicht werden: an das System sind rund 1000 Wohn- und Geschäftsgebäuden angeschlossen, womit Wärme für fast 300.000 Einwohner der kroatischen Hauptstadt sichergestellt wird. Es besteht dabei aus 200 km der Heißwasserleitungen und rund 2000 Wärmeverteilungsstationen überall in Zagreb. Ein so grosses und komplexes System zu haben und seine Betriebsbereitschaft ständig aufrechtzuerhalten (denn wer würde gerne ohne Heizung an einem kalten Wintertag oder ohne Warmwasser für die Morgendusche bleiben), kann keinesfalls als eine einfache Aufgabe betrachtet werden. In den folgenden Absätzen dieses Beitrags haben wir versucht, nur einen kleinen Teil der Probleme, auf welche die Fachleute von HEP Wärmeversorgungsabteilung beim täglichen Einsatz stoßen, zu präsentieren. Ein von den schwierigsten Problemen ist die Instandhaltung des gesamten Systems und seiner einzelnen Bestandteile. Da in der letzten Zeit immer mehr Aufmerksamkeit der Senkung des Energieverbrauchs gewidmet wird, wird die Anwendung der neuesten Lösungen wie z.B. der frequenzgesteuerten Pumpen in Wärmeverteilungsunterstationen der Gebäude allmählich notwendig. Eine von den Maßnahmen zur Senkung des Verbrauchs ist außerdem die Anwendung des Systems der Berechnung nach tatsächlich verbrauchter Energiemenge, wonach in der letzten Zeit auch viel gestrebt wird. Und schließlich, nachdem alle diesen Probleme gelöst wurden, erscheint das Problem des Tarifsystems, bzw. die Frage, wie alle diesen Dienstleistungen und Bemühungen berechnet werden können. Dieses Problem wurde vom Herrn Branimir Poljak, dem Leiter der HEP Wärmeverteilungsabteilung besprochen. Der Beitrag endet mit einer kurzen Reportage über etwas, was die Zukunft der Wärmeverteilung sowohl in Zagreb als auch im ganzen Kroatien darstellen sollte - über Unterzeichnung der Vereinbarung über Zusammenarbeit bei der Gründung des künftigen Staatslabors (-zentrums) für Prüfung und Eichung der Kalorimeter auf der Hochschule für Maschinen- und Schiffsbau der Universität von Zagreb.

#### HEP Heat Supply Sector - Central Heating System of Zagreb

The importance of the Central Heating System that supplies Zagreb with thermal energy for heating and hot service water treatment may best be illustrated by numerical indicators: it supplies about 1,000 residential and business buildings or rather provides heat for almost 300,000 inhabitants of the Zagreb capital. It consists of more than 200 km of hot water piping and about 2000 heat distribution stations in buildings all over Zagreb. Having such a large and complex system and maintaining permanently its operating reliability (because who would like to remain without heating on a cold winter day or without warm water for a morning shower) cannot be considered a simple task. In the following sections of this paper we tried to present only a small segment of difficulties encountered by experts of the HEP Heat Supply Sector in their daily activities. One of the most serious problems is maintenance of the entire system and its individual parts. Besides, since more and more attention has been paid recently to the reduction of energy consumption, the application of state-of-art solutions, such as frequency controlled pumps in heat distribution substations is slowly becoming a necessity. One of the measures for the reduction of consumption is also the application of the system of charging based on energy actually spent. A lot of effort have gone into this recently. And finally, after all of these problems have been solved, there arises the problem of the tariff system or rather the question how all of these services and great efforts could be charged. This problem was addressed by Mr. Branimir Poljak, Manager of the HEP Heat Supply Sector. The paper ends with a report on something that should represent the future of the heat supply both in Zagreb and in the entire Croatia - the signing of the agreement on Co-operation in the Establishment of the Future National Laboratory (Centre) for Calorimeter Testing and Calibration at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture in Zagreb.

# OPSKRBA POTROŠNOM TOPLOM VODOM IZ CENTRALNOG TOPLINSKOG SUSTAVA U ZAGREBU

*Centralni toplinski sustav u Zagrebu se sastoji od dviju toplana - Termoelektrane-toplane na Žitnjaku i Elektrane-toplane u Zagorskoj ulici te distributivne vrelovodne mreže duljine oko 200 km. U pogonu je tijekom cijele godine. Na taj način podmiruje potrebe svojih potrošača za energijom za grijanje u zimskom razdoblju i za potrošnom toplom vodom svih 365 dana u godini.*

Povezivanjem istočne distributivne mreže (TE-TO) sa zapadnom distributivnom mrežom (EL-TO) omogućena je opskrba toplinskom energijom u ljetnom razdoblju kada se koristi za PTV samo iz jedne od toplana. Na taj su način novoizgrađena kogeneracijska postrojenja i u ljetnom razdoblju dovedena u optimalno područje rada.

U ljetnom režimu rada vrelovodi su na značajno nižoj temperaturi (65 - 70 °C) pa su zbog toga gubici u prijenosu manji. Istodobno se, zbog stalnog držanja cjevovoda pod povišenom temperaturom, vrelovodi bolje čuvaju od korozije s vanjske strane jer nema kondenzacije.

Da nema ljetnog pogona toplana, alternativno rješenje za PTV bi bili električni grijači što bi bilo nepovoljno i skupo rješenje. Istodobno, utrošena toplinska energija zgrade koja je izmjerena na kalorimetru u toplinskoj stanici ima istu cijenu u zimskom i ljetnom razdoblju te nema razlike je li utrošena na grijanje ili na pripremu PTV-a.

U Zagrebu CTS pokriva oko 1000 stambenih zgrada s oko 2000 toplinskih stanica. Toplinske mreže kao pogon CTS-a upravljaju i održavaju distribucijsku mrežu i toplinske stanice. Potrošna topla voda se priprema u toplinskim stanicama preko izmjenjivača topline ili spremničkih zagrijača (bojlera) s izmjenjivačima vrela voda - potrošna topla voda. Kao što je spomenuto, u svakoj toplinskoj stanici je ugrađen kalorimetar kao mjerilo ukupne utrošene toplinske energije u zgradi.

Sustav raspodjele troškova za toplinsku energiju po stanicama je različit i ovisi o starosti zgrade.

1. Sve nove zgrade imaju ugrađene kalorimetre po stanicama koji mjere utrošenu energiju za grijanje. Razlika između ukupne utrošene energije zgrade izmjerene na kalorimetru u toplinskoj stanici i zbroja utrošene energije za grijanje izmjerene po kalorimetrima u stanicama otpada na energiju za pripremu PTV. Ta se razlika raspodjeljuje po stanicama prema njihovim površinama.
2. Za stare zgrade, koje nemaju kalorimetre po stanicama, ukupna izmjerena potrošena energija zgrade izmjerena na kalorimetru u toplinskoj stanici se dijeli po stanicama prema njihovim površinama.
3. Stare zgrade, koje su ugradile elektronske razdjelnike topline po radiatorima kao pomoćno mjerilo utrošene energije, sada

60% utrošene energije izmjerene na kalorimetru raspodjeljuju po stanicama prema elektronskim razdjelnicima, a 40% se kao dio zajedničke potrošnje za pripremu PTV-a i za druga zajednička trošila (npr. za radijatore u stubištu i zajedničkim hodnicima) i dalje dijeli prema površini stanova.

U trećem modelu raspodjele utrošene energije pomoću elektronskih razdjelnika topline treba naglasiti da odnos 60% prema razdjelnicima i 40% prema površini stana nije konstantan, već dogovoren i promjenjiv ovisno o kvaliteti fizike stambene zgrade i proračunu za udio PTV-a. Analiza provedena u Toplinskim mrežama je potvrdila pretpostavku da novije zgrade s boljim izolacijskim svojstvima zidova i prozora troše manje energije na grijanje, a više na pripremu PTV-a. Kako elektronski razdjelnici registriraju toplinu radijatora predanu u prostoriju, a zbog manje potrošene energije za grijanje u odnosu na energiju za pripremu PTV-a, njihov udio u odnosu na PTV će se smanjivati. Preporuka je iz zemalja EU da ti odnosi variraju od 70% : 30% do 50% : 50%.

## **Problemi s cjevovodom za cirkulaciju i recirkulaciju PTV-a**

U starijim stambenim zgradama nerijetko se pojavljuju problemi na sustavu za PTV kao što su:

- niska temperatura PTV-a na krajevima mreže
- treba ispustiti veću količinu hladne vode da bi procirkulirala topla voda
- cijevi korodiraju i voda je smeđe boje zbog korozije
- taloženje kamenca ili drugih naslaga u cijevima i smanjivanje protoka.

U svijetu je sve češći problem pojava bakterije legionele u sustavu za PTV.

Do tih problema najčešće dolazi zbog pogrešnog dimenzioniranja cjevovoda ili loše odabranih materijala. Činjenica je da nedostaju dobre preporuke projektantima za to područje.

Zbog toga je Danski odbor za norme oformio skupinu stručnjaka koji bi na osnovi prikupljenih iskustava trebali izraditi praktične upute kao pomoć projektantima za dimenzioniranje takvih sustava, ali i za upotrebu novih materijala, počevši od nehrđajućih pa do cijevi od različitih umjetnih materijala.

Zagreb ima poseban problem s visokom tvrdoćom koja doseže i do 30 ° njemačkih. Zbog tako visoke tvrdoće manje je problema s korozijom cijevi, ali se zato pojavljuje problem taloženja kamenca. Kamenac koji se taloži u izmjenjivačima ili spremničkim zagrijačima za pripremu PTV-a razmjerno se lako uklanja kemijskim čišćenjem.

Da bi se smanjilo taloženje kamenca, temperatura PTV-a treba biti 40 - 45 °C. Nikako ne bi smjela prijeći 50 °C jer je tada taloženje kamenca intenzivno: Međutim, radi sprječavanja razvoja legionela periodično treba kratkotrajno povećati temperaturu na 65 °C.

Da se ne bi ispuštale velike količine hladne vode do pojave tople, svi veći cijevni sustavi za PTV imaju cijev za recirkulaciju. U pravilu ne bi trebalo čekati više od 10 s od otvaranja slavine do pojave tople vode. Međutim, da bi se izbjegao nepotreban recirkulacijski protok, može se u recirkulacijsku petlju ugraditi termostatski ventil. On će reducirati recirkulacijski protok na minimum, recirkulacijska će cijev biti manjeg promjera, a crpka

za recirkulaciju manja. Važno je pri tome osigurati da temperatura u recirkulaciji ne padne za više od 5 °C.

Sve stare zgrade imaju velike sustave za PTV. Nije rijedak slučaj da 2, 3 ili 4 zgrade imaju jednu središnju pripremu PTV-a s cirkulacijskim i recirkulacijskim cjevovodima. Novija izgradnja obvezno ide na manje sustave i manje cjevovode.

Konačno, kao najviši stupanj udobnosti, tvrtka Danfoss je razvila višenamjenski kombinirani ventil koji s malim pločastim izmjenjivačima čini mini toplinsku stanicu za svaki stan.

Mini toplinska stanica u stanu zgrade koja je priključena na CTS omogućava korisniku stana potpunu neovisnost sustava grijanja i PTV-a kao kod etažnih plinskih grijanja, ali bez dimnjaka, što je ekološki apsolutno čisto, bez otvorenog plamena, produkata izgaranja i opasnosti od eksplozije. Pri tome nije potrebna recirkulacija PTV-a, a od mjesta pripreme PTV-a do izljevno mjesta kratka je udaljenost. Također su niži troškovi instalacije za PTV i mali toplinski gubici na cijevima.

Tu novu tehnologiju na sustavu vrelovodnog grijanja HEP - Toplinarstvo počinje primjenjivati od 2004. godine.

**Jurica BRNAS, dipl. ing.**

# ODRŽAVANJE CENTRALNOG TOPLINSKOG SUSTAVA U ZAGREBU

*Nastojeći u posljednjih nekoliko godina što više racionalizirati, a u isto vrijeme i modernizirati distribuciju toplinske energije, HEP - Toplinarstvo je koncentriralo aktivnosti na modernizaciji sustava i poboljšanju kvalitete CTS-a Zagreba. Važnost poboljšanja sustava posebno dolazi do izražaja ako se zna da CTS osigurava toplinsku energiju za gotovo 300 000 stanovnika te da je starost pojedinih dionica vrelovoda gotovo 40 godina. U članku je prikazan kratak pregled radnji koje su usmjerene na ekonomizaciju i optimalizaciju CTS-a Zagreba.*

Aktivnosti su u HEP - Toplinarstvu podijeljene u četiri dijela:

1. projektna specifikacija
2. implementacija
3. funkcionalnost
4. održavanje.

## PROJEKTNJA SPECIFIKACIJA

### Softverski program SUPO

Na temelju iskustava došlo se do spoznaje da je odabir pojedinih komponenti sustava kod zamjene dotrajale opreme prije često bio nasumičan, tj. bez potrebne provjere karakteristika pojedinih elemenata sustava. Kako bi se ta negativnost izbjegla, HEP - Toplinarstvo je uvelo računalni sustav SUPO koji omogućava bolji pregled ugrađene opreme na mreži i time značajno olakšava, tj. omogućava lakši odabir zamjenskog elementa kod korektivnog održavanja. Na taj se način izbjegava neadekvatna i nekompetentna ugradnja opreme, a neizravno se omogućava lakša nabava komponenti mreže i to točno traženih svojstava.

## Kontrola kvalitete opreme kod preuzimanja

Pri preuzimanju robe se također, osim kontrole količine, provodi i stroga kontrola kvalitete opreme te njezina usklađenost s popratnom dokumentacijom. Naime, time se već na početku izbjegava preuzimanje neispravne i neodgovarajuće opreme, a samim time i onemogućava kasnija ugradnja neadekvatne i neispravne opreme u vrelovodni, odnosno parovodni sustav.

## Kontrola projektne dokumentacije

Nastojeći da se već na početku izbjegn timer problemi, veća pozornost se posvećuje projektnoj dokumentaciji tako da se već u početku definiraju sve karakteristike pojedinog elementa vrelovoda što kasnije rezultira točnijom nabavom opreme, a neizravno i lakšom ulaznom kontrolom pristigle opreme.

## IMPLEMENTACIJA

### Školovanje ljudi

Kako bi se izbjegle greške pri montaži opreme, rukovatelji pojedinom opremom pohađaju seminare za rukovanje tom opremom. Od montažera se također zahtijeva polaganje ispita

kojima postaju atestirani za obavljanje montaže pojedinih elemenata vrelovoda. To se osobito odnosi na radnike koji rade na montaži predizoliranih cijevi jer je opće poznato da je, osim zavarivanja, montaža spojnica kritičan moment kod montaže predizoliranih cijevi. Zbog toga na montaži spojnica mogu raditi samo montažeri atestirani od ovlaštenog isporučitelja predizolirane opreme. Stroj za punjenje spojnica također mora biti atestiran.

### Izrada uputa o rukovanju i montaži

Iskustvo je pokazalo da su defekti koji se javljaju na CTS-u često rezultat nepravilnog rukovanja i montaže. Zbog toga su u suradnji s konzultantskom tvrtkom napravljene upute koje detaljno obuhvaćaju sve segmente ugradnje opreme u skladu s uputama isporučitelja opreme. Za pojedine elemente sustava (predizolirana oprema) razrađene su upute počevši od izrade narudžbe, kontrole kod preuzimanja (ulazne kontrole), skladištenja te montaže na terenu s posebnim naglaskom na montažu spojnica. Pokazalo se da te upute značajno olakšavaju posao ljudima koji su izravno i neizravno uključeni u proces ugradnje opreme.

### FUNKCIONALNOST Optimizacija sustava

HEP - Toplinarstvo je prepoznalo važnost optimalizacije CTS-a. U tom pogledu je prije nekoliko godina napravljen je softverski program 'Lambda' za izračunavanje padova tlaka na mreži što je rezultiralo boljim odabirom profila s obzirom na položaj pojedinih dionica na mreži. Također se ugradnjom suvremene regulacijske opreme, crpki s frekvencijskom regulacijom, regulatora diferencijalnog tlaka i pločastih izmjenjivača podigla kvaliteta isporuke toplinske energije.

### Planiranje rekonstrukcija

Pri odabiru predviđene dionice za zamjenu uzima se više faktora.

1. Broj kvarova po km dionice.

Na temelju svjetskog iskustva te praćenja kvarova može se utvrditi očekivani broj kvarova u korelaciji s godinama starosti, tj. što je cjevovod stariji, to je broj popravaka veći (il. 1).

2. Cijena održavanja po km trase.

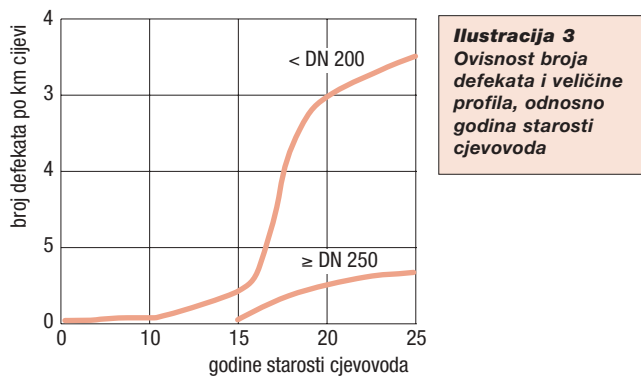
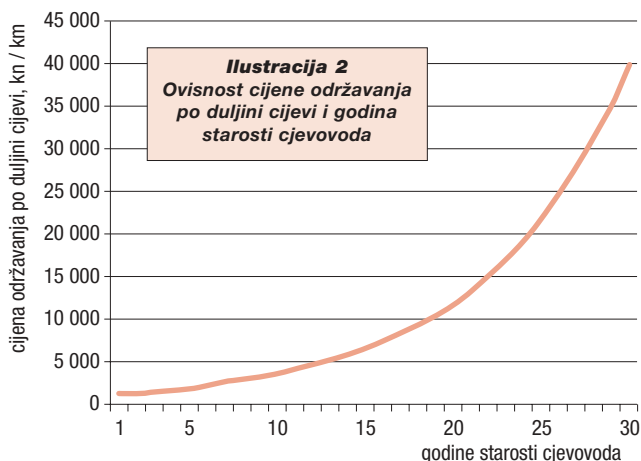
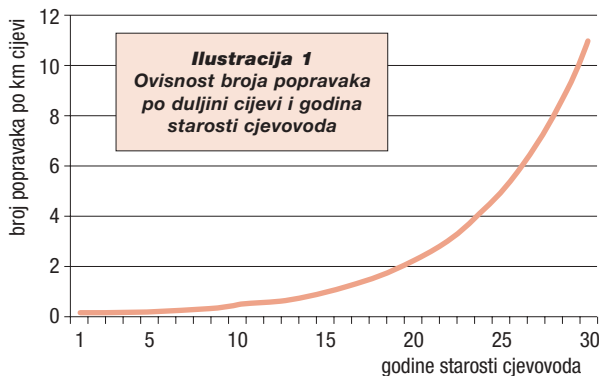
Iskustvo također govori da se s godinama starosti sustava povećava cijena održavanja, što se može iskazati i dijagramski (il. 2).

3. Vanjski utjecaji koji utječu na stanje sustava.

Osim što se statistički može utvrditi očekivani broj defekata s obzirom na godine starosti, na taj broj utječu i razni utjecaji na koje HEP - Toplinarstvo ne može izravno utjecati. Pod time se misli na loše izvedene rubnjake prometnica koji su jedan od glavnih uzročnika propuštanja cjevovoda. Naime, budući da cijedenje oborinskih voda s prometnica nije kvalitetno riješeno, dolazi do cijedenja u kanale vrelovoda i vanjske korozije cjevovoda. Zbog toga HEP - Toplinarstvo intenzivno radi na zamjeni važnijih cjevovoda ispod prometnica ugradnjom predizoliranih cijevi u zaštitnim kolonama čime dodatno osigurava važnije vrelovodne dionice. Također se izbjegava predimenzioniranost cjevovoda jer se u prošlosti pokazalo da je to jedan od glavnih uzročnika kisikove korozije u unutrašnjosti cijevi.

4. Korelacija gubitaka i dimenzije cjevovoda.

Utvrđeno je da je povrat sredstava pri zamjeni puno brži kod manjih profila nego kod većih. Naime, manji profili su izloženiji vanjskoj koroziji, kraći im je vijek trajanja te imaju razmjerno velik gubitak energije u usporedbi s velikim profilima (il. 3).



### ODRŽAVANJE

Održavanje postojećeg sustava je izravno ovisno o spomenutim aktivnostima što ih HEP - Toplinarstvo obavlja na CTS-u Zagreba. Kako bi produžili vijek trajanja opreme, a i zahvaljujući novouvedenom softverskom paketu SUPO, djelatnici obavljaju dnevne i periodičke preglede elemenata sustava. Za kontrolu stanja podzemnih cjevovoda također se izvode kontrolni pregledi termovizijskom kamerom. Naime, sve važnije vrelovodne instalacije snimljene su termovizijskom kamerom te se ti podaci koriste kao 'reperi' kod usporedbe s novim snimljenim stanjem te utvrđivanjem eventualnog defekta.

### ZAKLJUČAK

Na temelju spomenutoga se može zaključiti da se osnovne postavke svakog kvalitetnog održavanja sustava mogu svesti na četiri osnovne točke:

1. izbor materijala i komponenti
2. održavanje
3. školovanje
4. kontrola i praćenje sustava.

Samo redovitim pridržavanjem tih načela postići će se još ekonomičnija isporuka toplinske energije s manjim brojem defekata što izravno vodi prema zadovoljnijim potrošačima. HEP - Toplinarstvo je ta načela uzelo kao imperativ te svakodnevno radi na poboljšanju navedenih aktivnosti u cilju poboljšanja i ekonomičnosti poslovanja.

#### Literatura:

1. ... 'Maintenance of district heating pipeline systems', 'News from DBDH 4/2002'
2. ... 'Rehabilitation of Heating System - Institutional Handbook for Combined Heat and Power Production with District Heating'

Robert VUK, dipl. ing.

# ODRŽAVANJE VAŽNIH KOMPONENTI CENTRALNOG TOPLINSKOG SUSTAVA

*Svatko tko je ikada imao automobil zna da je njegovo održavanje nužno u cilju zadržavanja njegovih tehničkih značajki na specificiranim parametrima. Jasno je da ulje za podmazivanje mora biti redovito mijenjano zajedno s pripadajućim filtrima, a pojedinci čak redovito peru svoje automobile kako bi zadržali njihov vanjski sjaj i izgled na početnoj razini. Upravo se ista činjenica može izreći i za održavanje komponenti centralnog toplinskog sustava. U cilju zadržavanja (projektiranih) tehničkih značajki sustava i minimiziranja slučajeva u kojima potrošači ne dobivaju razinu i kvalitetu usluge koju očekuju, vrlo je važno preventivno održavanje sustava. Moguće je i čekanje da pojedine komponente zakažu u svojem radu i funkciji te da se tada provede njihov popravak ili zamjena, ali neugodnosti s potrošačima koje iz toga proizlaze mogu biti značajno veće, a promatrano u duljem razdoblju i troškovi. Puno je jednostavnije i jeftinije prilagoditi se uvjetima eksploatacije i preventivno zamijeniti pojedine komponente prema unaprijed definiranom rasporedu.*

Osnovni zahtjev bi bio pronaći onu razinu preventivnog održavanja koja zadovoljava i ispunjava niz osnovnih pogonskih parametara i u isto vrijeme minimizira ukupni trošak održavanja i/ili zamjene pojedinih komponenti CTS-a. Za pojedine dijelove i opremu iznos i količina preventivnog održavanja ovisi, ponajviše ili isključivo, o njegovoj starosti (starenje materijala, npr. brtvenih), dok je kod neke opreme najvažniji podatak broj radnih sati (npr. cirkulacijska crpka).

Vrlo je teško i komplicirano postaviti generalna pravila za pojedinu opremu i uređaje koji se koriste u CTS-u jer samo njihovo održavanje bitno ovisi o mjestu gdje su ugrađeni i projektiranim parametrima koja definiraju pojedinu komponentu. Za vrelovodne cijevi prvi parametar je projektna temperatura i tlak u sustavu, ali je isto tako važan, ako ne i važniji parametar kemijska priprema i kvaliteta pogonske vode koja uvelike utječe na vijek trajanja čeličnih cijevi. Drugim riječima, u projektiranoj je fazi potrebno osigurati dobar odabir komponenti i opreme koja će se ugrađivati kako bi se osigurala njihova trajnost. Pravilna upotreba opreme u sustavu nije garancija za njezinu trajnost u svim uvjetima i projektiranim parametrima.

#### VRELOVODNA MREŽA

Centralni toplinski sustav Zagreba je toplinarski, odnosno sustav daljinskog grijanja sa sljedećim projektnim parametrima:

- $p_{\max} = 16$  bar
- $t_{\max} = 150$  °C.

Sustav se sastoji od vrelovodne mreže koja spaja izvor (dvije zagrebačke toplane: TE-TO i EL-TO) i toplinske stanice krajnjih potrošača - stambenih i poslovnih zgrada. Sustav se ukupno sastoji od oko 200 km vrelovodnih cijevi koje opskrbljuju toplinskom energijom ukupno 2000 toplinskih stanica krajnjih korisnika. Ukupna ugovorena snaga svih potrošača na oba toplinska izvora iznosi oko 800 MW.

Zahtjevi koji se postavljaju na kemijsku kvalitetu pogonske tehnološke vode koja služi kao medij za prijenos toplinske energije od izvora do krajnjeg korisnika su sljedeći:

- dopušteni raspon pH-vrijednosti: 9 - 10
- maksimalni dopušteni sadržaj  $O_2$ : 20  $\mu\text{g/l}$
- maksimalna dopuštena tvrdoća: 0,1 ° njem.
- maksimalna dopuštena vodljivost: 25  $\mu\text{S/cm}$ .

HEP - Toplinarstvo sve te kemijske parametre pogonske vode, ali i energetske parametre (temperatura i tlak polaza i povrata, protok vode u sustavu) na pragovima toplana kontinuirano prati i kontrolira pomoću posebnih softverskih i hardverskih rješenja industrijsko-procesnog sustava SIMATIC S7. S tim je kontrolnim sustavom moguće u svakom trenutku poznavati kvalitetu pogonske vode, odnosno njezinu tehnološko-kemijsku i energetska komponentu.

### Cjevovodi

Za vrelovodnu mrežu CTS-a postoji niz utjecaja i ograničavajućih čimbenika koji izravno mogu utjecati i utječu na njezin vijek trajanja. Ti se utjecaji u osnovi mogu podijeliti u tri osnovne skupine:

- tehničko rješenje izvedbe vrelovoda
- vanjski atmosfersko-okolišni utjecaji
- unutarnji utjecaji pogonske vode.

Većina vrelovoda CTS-a Zagreba je izvedena s čeličnim cijevima u betonskom kanalu koje su izolirane slojem mineralne vune i bitumenskog papira. Takav način polaganja vrelovoda je jako osjetljiv na vanjske utjecaje iz okolice kroz koju vrelovod prolazi kao što su oborinske vode, moguća propuštanja vodo-vodnih cijevi i ostali utjecaji koji izravno mogu izazvati ubranu koroziju i propadanje cijevi. Vanjska zaštita cijevi u obliku mineralne vune i bitumenskog papira nije dovoljna za zaštitu od prodora vanjske vode i vlage prema cijevi. Posebno su kritični prijelazi vrelovodnih trasa ispod prometnica i tramvajskih pruga gdje su cijevi izravno izložene prodoru oborinskih voda uz rubnike ceste i lutajućim strujama od tramvajskih žica koje mogu izazvati njihovo ubranu propadanje i koroziju.

Od prije nekoliko godina se pri zamjeni pojedinih dionica starih vrelovoda i gradnji novih koristi tehnologija predizoliranih cijevi koje se sastoje od čelične cijevi, poliuretanske pjene koja je toplinski izolator i vanjske cijevi od PEHD-a koja je zaštitni omotač od svih vrsta vanjskih utjecaja kao što su vlaga, oborinske vode i sl. (il. 4). Ako se takav sustav pravilno projektira i izvede prema zahtjevima proizvođača cijevi i fazonskih komada, deklarirani vijek trajanja iznosi i do 50 godina te, što je još važnije, ne zahtijeva nikakvo održavanje. U predizolirane cjevovode se ugrađuju sustavi za detekciju vlage u PUR izolacijskoj pjenu pomoću kojih je moguće točno odrediti mjesto eventualnog propuštanja čelične cijevi ili prodora oborinskih voda zbog oštećenja vanjskog omotača od PEHD-a.

**Ilustracija 4**  
Zamjena klasičnih čeličnih cijevi predizoliranim



### Zaporna i odcijepna armatura

Na vrelovodnom sustavu Zagreba nalazi se velik broj zaporne armature čija je namjena zatvaranje pojedinih vrelovodnih magistralnih cjevovoda ili pojedinih odcjepa vrelovodne mreže po naseljima i priključaka pojedinih zgrada koje su na njega priključene (il. 5). Većina navedene armature su cilindrične slavine (tzv. pipci) proizvođača GECOS ili Regulator Brežice. Slavine same po sebi imaju osnovnu funkciju u održavanju vrelovoda kod zatvaranja pojedinih dionica zbog zamjene ili sanacija puknuća, ali se pri tome većinom vrlo rijetko ili gotovo nikada ne koriste. Zbog toga su svi takvi ventili obavezno podložni preventivnom održavanju koje se provodi na sljedeći način.



1. Jednom u dvije godine nakon ogrjevne sezone obavlja se remont prijenosnika i to:

- skidanje poklopca
- čišćenje i odmašćivanje postojećih masti s pužnog kola i zupčanika osovine sredstvom za odmašćivanje
- vizualni pregled ispravnosti ležajeva osovine te njihova zamjena ako je potrebno
- premazivanje cijele unutrašnjosti antikorozivnim sredstvom
- podmazivanje tarnih i rotirajućih kontaktnih površina prijenosnika specijalnom masti otpornom na visoke temperature (ležajevi, pužno kolo, zupčanik, osovina cilindra slavine)

2. Jednom godišnje provodi se podmazivanje brtvenih površina cilindra slavine specijalnim mastima otpornim na visoke temperature i koje ujedno imaju i brtvena i podmazivajuća svojstva. Količina masti koja se kroz mazalice mora utisnuti u slavinu je strogo definirana od proizvođača kako bi se osiguralo zadovoljavajuće podmazivanje i brtvljenje tarnih površina, a s druge strane spriječilo da višak masti dospije u vrelovodnu demineraliziranu vodu i time smanji učinkovitost i učin izmjenjivača topline i/ili cirkulacijskih crpki ili izazove pretjerano začepljivanje hvatača nečistoća.

### TOPLINSKE STANICE

#### Izmjenjivači topline

Izmjenjivači topline su instalirani u toplinskim stanicama i svrha im je prijenos topline između primarnog i sekundarnog kruga grijanja te zagrijavanje potrošne tople vode. Prema načinu održavanja se dijele na dvije navedene skupine s obzirom na njihovu namjenu:

1. izmjenjivači topline na centralnom grijanju
- jednom godišnje se izmjenjivač ispiru od mogućih naslaga nečistoća i mulja koji su se nakupili u njegovom donjem dijelu

- jednom u dva mjeseca provjerava se čistoća hvatača nečistoća na primarnoj i sekundarnoj strani (posebno kod pločastih izmjenjivača)
  - provjerava se nepropusnost između primarnog i sekundarnog kruga
  - ako se utvrdi propuštanje izmjenjivača, provodi se njegova zamjena ili popravak, ovisno o vrsti i težini kvara
  - ako je potrebno, provodi se popravak toplinske izolacije
2. izmjenjivači topline za pripremu PTV-a (il. 6)
- jednom u dva mjeseca provjerava se čistoća hvatača nečistoća na primarnoj i sekundarnoj strani (posebno kod pločastih izmjenjivača)
  - provjerava se nepropusnost između primarnog i sekundarnog kruga
  - ako se utvrdi propuštanje izmjenjivača, provodi se njegova zamjena ili popravak, ovisno o vrsti i težini kvara
  - ako je potrebno, provodi se popravak toplinske izolacije
  - svakih 4 - 6 godina obavlja se preventivno čišćenje izmjenjivača od naslaga  $\text{CaCO}_3$  (kalcijev karbonat - kamenac) na sekundarnoj strani kako bi se očuvala protočnost izmjenjivača i projektirani toplinski učin.



**Ilustracija 6**  
Izmjenjivači topline za pripremu PTV-a

### Cirkulacijske crpke

Cirkulacijske crpke se nalaze u toplinskim stanicama i njihova primarna namjena je osiguranje cirkulacije pogonske vode u sekundarnom krugu grijanja po stanovima korisnika i cirkulacija PTV-a po vertikalama stambenog objekta (il. 7). Prema svojoj konstrukciji se dijele na dvije osnovne vrste: crpke s vodenim i zračnim hlađenjem. Prednost crpki s vodenim hlađenjem je u tihoj i bešumnom radu te dobrim hidrauličkim karakteristikama, a prednost crpki sa zračnim hlađenjem je u jednostavnom servisu i zamjeni pojedinih dijelova (brtve, hidraulička kola, statori i rotor elektromotora). Prema navedenim karakteristikama crpke sa zračnim hlađenjem (tzv. in-line) većinom rade na cirkulaciji PTV-a jer su neosjetljive na utjecaj  $\text{CaCO}_3$  u svojem radu, dok crpke sa zračnim hlađenjem su većinom instalirane na centralnom grijanju zbog svojeg već spomenutog tihog i mirnog rada te dobrih hidrauličkih karakteristika.

Ključni parametri za ispravan rad crpke su, općenito, temperature električnog dijela zbog kojih svaka crpka ima instaliran termički osigurač protiv pregrijavanja.

Normalno preventivno održavanje crpki se sastoji od sljedećih koraka:

- općenita provjera svih crpki u toplinskoj stanici s gledišta vizualnog izgleda crpke i zvuka njezinog rada, provodi se jednom mjesečno
- dva puta godišnje zamjenjuje se redoslijed rada radne i pričuvne crpke i ona koja je bila u pričuvi stavlja se u pogon, dok se crpka koja je bila u pogonu isključuje
- jednom mjesečno se provjerava bimetalna automatika za uključivanje crpke u pogon i time se provjerava da u slučaju nestanka električne energije i njezinog povratka, crpka automatski ponovno dolazi u pogonsko stanje bez potrebe za manualnim uključivanjem
- svake pete godine provodi se provjera hidrauličkih karakteristika crpke
- crpke koje su instalirane na cirkulaciji PTV-a se jednom u dvije godine preventivno kemijski čiste od mogućih naslaga  $\text{CaCO}_3$  i odmah vraćaju u eksploataciju.



**Ilustracija 7**  
Cirkulacijska crpka grijanja na kompakt-uređaju

### Automatska regulacija

Automatska regulacija je ključna oprema koja osigurava točnu količinu energije koja je potrebna da se prostorije u stambenoj zgradi zagrijavaju na traženu temperaturu. Drugim riječima, ona regulira količinu energije koja će se predati objektu u ovisnosti o vanjskoj temperaturi (tzv. klizna regulacija).

Sama centralna jedinica ne traži nikakvo posebno preventivno održavanje, već se jednom godišnje detaljno provjerava ispravnost njezinog rada simuliranjem radnih točaka na samom objektu te provjerom praćenja nametnutog stanja. Ako se u radu kroz reklamacije korisnika pokazuju nestabilnosti i eventualno pogrešno reguliranje polazne temperature vode sekundara s obzirom na vanjsku temperaturu, automatska regulacija se demontira s objekta i na ispitnom stolu u servisu se provjerava ispravnost njezinog rada te eventualno popravljiva i vraća u radne uvjete na objektu.

### Regulacijski ventili i elektromotorni pogoni

Regulacijski ventil kruga automatske regulacije grijanja je izvršni element u svakoj toplinskoj stanici kojim se kontrolira automatska regulacija i regulira stvarna potrebna energija za grijanje i pripremu PTV-a (il. 8). Njegov ispravan rad je ključan za kvalitetu grijanja svakog objekta u cjelini, a eventualne greške u radu neizostavno iziskuju nedovoljno grijanje ili pregrijavanje objekta, a time i učestale reklamacije korisnika.

Normalno preventivno održavanje regulacijskih ventila i njima pripadajućih elektromotornih pogona se sastoji od sljedećih koraka:

- općenita provjera ventila i pogona jednom mjesečno na curenje i propuštanje te druge okom vidljive moguće neispravnosti
- jednom godišnje se provodi detaljna provjera ispravnosti rada ventila namećanjem pogonskih uvjeta provjere prati li ventil zadane parametre
- vizualna provjera zupčaste letve i pokretnih dijelova motornog pogona se provodi jednom u dvije godine kako bi se provjerilo stanje istrošenosti i unaprijed predvidjele eventualne greške u radu koje mogu iz toga proistjeći.

#### ZAKLJUČAK

Preventivno održavanje svakog sustava, pa i centralnog toplinskog sustava, iziskuje detaljno planiranje i kvalitetnu logistiku koja u svakom trenutku mora osiguravati dovoljan broj nadoknadnih dijelova i druge opreme kako bi se svakom potrošaču mogla osigurati potrebna i dovoljna količina toplinske energije za njegove potrebe. Svaki zastoj u radu bilo kojeg dijela sustava dovodi do problema u opskrbi manjeg ili većeg broja potrošača te takvi prekidi višestruko štete isporučitelju usluge i s jedne strane dovode do negativnog javnog mišljenja prema radu CTS-a, nepovjerenju samih potrošača u budućim kontaktima, a s druge strane svaki prekid u isporuci toplinske energije znači da ona u određenom razdoblju neće biti isporučena određenom broju potrošača čime također nastaje neizravna materijalna šteta u vidu manjih prihoda.



**Ilustracija 8**  
Regulacijski ventili regulacije grijanja i temperature PTV-a

**Vjekoslav ŠKOVRLJ, dipl. ing.**

## FREKVENCIJSKI UPRAVLJANE CRPKE - DOPRINOS ŠTEDNJI ENERGIJE

*Mogućnost značajne uštede električne energije leži u regulaciji brzine vrtnje crpki u skladu s potrebnim protokom medija u sustavu grijanja. U članku je dana teoretska podloga za opremu koja se pri tome koristi te prikazano iskustvo i rezultati dobiveni od dvije danske toplane koje su u svojim postrojenjima primijenile frekvencijski regulirane crpke.*

Nadproporcionalno porasli troškovi energije tijekom posljednjih nekoliko godina doveli su do toga da korisnik postrojenja može od svojeg sustava očekivati bitno manje pogonske troškove uz zahtjeve za ugodnošću koji ostaju isti (čak i povećani). Spoznaja o velikom opterećenju okoliša kod svih vrsta pretvorbe energije dovela je do toga da se uštedi energije posvećuje sve veća pozornost. Tehnički razvoj kod regulacije cirkulacijskih crpki za sustave grijanja nudi jamstvo najboljeg mogućeg očuvanja energije i okoliša.

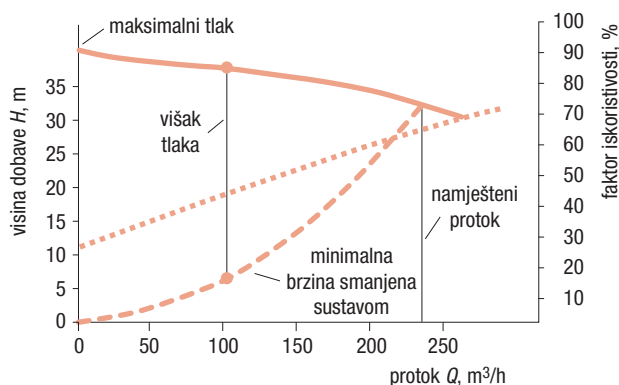
#### Načelo upravljanja

Smanjenje potrošnje električne energije postiže se smanjivanjem brzine vrtnje crpki koja je funkcija protoka kroz sustav.

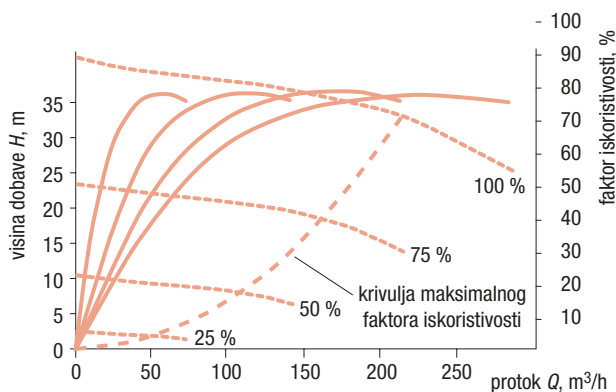
U mnogo slučajeva upotrebe crpki, npr. u krugovima grijanja ili hlađenja, postavlja se primarni zahtjev za protokom, a tlak je samo sredstvo kojim se postiže određeni protok. Najjednostavniji način kontrole protoka kod djelomičnog opterećenja je upotreba prigušnog ventila. Na žalost, karakteristika centrifugalne crpke kod konstantne brzine vrtnje je ta da tlak raste kada protok pada. Sustav s druge strane traži porast tlaka kada protok raste (il. 9).

Ta proturječna karakteristika rezultira značajnim gubicima energije kod djelomičnog opterećenja jer se većina nastalog tlaka prigušuje.

S porastom nastojanja za uštedu energije u proteklom desetljeću pojavile su se različite vrste kontrole, prije svega



**Ilustracija 9**  
Karakteristična krivulja centrifugalne crpke



**Ilustracija 10**  
Radne karakteristike centrifugalnih crpki kod različitih brzina

kontrola brzine vrtnje crpki koja je omogućena razvojem pouzdanih frekvencijskih pretvarača. Uobičajena praksa bila je koristiti kontrolu brzine crpki da bi se održao tlak na crpki ili na nekom mjestu konstantnim. Rezultat toga je značajna ušteda energije, ali nije nužno i optimalno rješenje u svim slučajevima.

Na il. 10 su prikazane radne karakteristike crpki kod različitih brzina vrtnje. Ako crpka radi s brzinom koja je proporcionalna protoku, trokut brzina u crpki ostaje približno jednak kod svih protoka. To znači da će faktor korisnosti biti konstantan uzduž te radne crte. Kako je porast tlaka na crpki proporcionalan brzini vrtnje, ta radna crta će biti parabola.

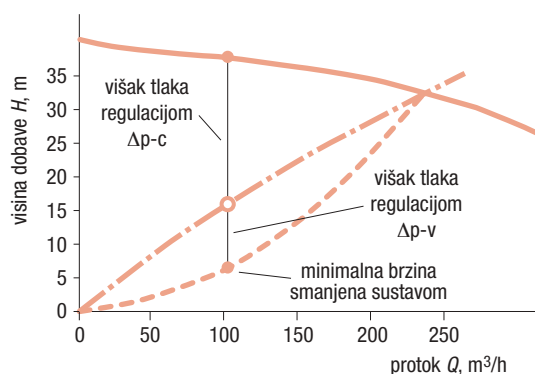
Idealno, crpka koja radi s brzinom koja je proporcionalna protoku mogla bi slijediti karakteristiku sustava iz točke u točku kod svih protoka postići najmanju moguću potrošnju energije jer nema nikakvih gubitaka prigušenja, a crpka radi s maksimalnim učinkom u svim točkama. Ipak, ako crpka radi na vrhu karakteristike sustava, radna točka nije jednoznačno određena pa nije moguća kontrola protoka ventilima jer kod laganog porasta otpora dolazi do pada protoka na nulu, dok bi mali pad otpora rezultirao pobjegom protoka.

S praktičnog je gledišta bolje koristiti radnu krivulju crpke koja leži ponešto iznad karakteristike sustava kako bi se postigao stabilan sustav u kojem se protok još može kontrolirati ventilima, ali gdje radna krivulja crpke leži dovoljno blizu zahtjevima sustava kako bi se postigle najveće moguće uštede energije (il. 11).

Od 2000. godine u CTS-u Zagreba započela je ugradnja razdjeljivača toplinske energije, a time i ugradnja termostatskih ventila na radijatore. Pojačanom primjenom termostatskih ventila centralnog grijanja protok vode u sustavu grijanja drastično se promijenio. Ta je promjena u sustavu zahtijevala uvođenje cirkulacijskih crpki s kontinuiranom regulacijom.

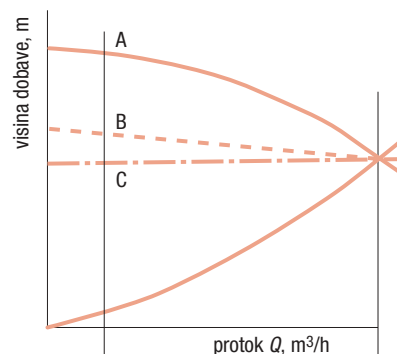
Sada se diferencijalni tlak na crpkama u mreži održava pomoću prestrujnih ventila. Kako je ranije spomenuto, kod smanjenog protoka raste tlak koji stvara neregulirana cirkulacijska crpka, a to je bilo nepoželjno. To pokazuje puna crta A na il. 12. Zbog toga se pomoću prestrujnog ventila između polaznog i povratnog toka od crpke i na dalje zahtjevao veliki protok. Time se tlak crpke držao ispod granice koja je kritična za razvoj buke. Na il. 12 je prikazano smanjivanje visine dobave zbog utjecaja cirkulacije vode za grijanje na kratkom putu kao isprekidana crta B. Stalno isti tlak se ipak ne postiže budući da tlak dobave djeluje protiv konstante opruge u prestrujnom ventilu. Uz to, crpka stalno radi pod punim opterećenjem. Isprekidana crta B na il. 12 jasno pokazuje povećano uzimanje električne snage u odnosu na crpku bez ikakvog zahvata (crta A).

Danas dostupne cirkulacijske crpke s kontinuiranom regulacijom koje se ugrađuju u CTS-u imaju mogućnost izbora regulacije.

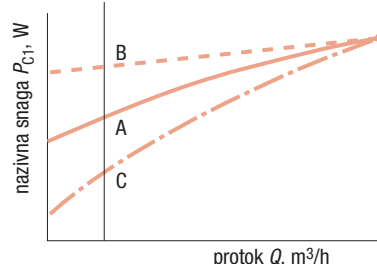


**Ilustracija 11**  
Karakteristika crpke s  $\Delta p-v$  regulacijom

a) visina dobave prema količini protoka

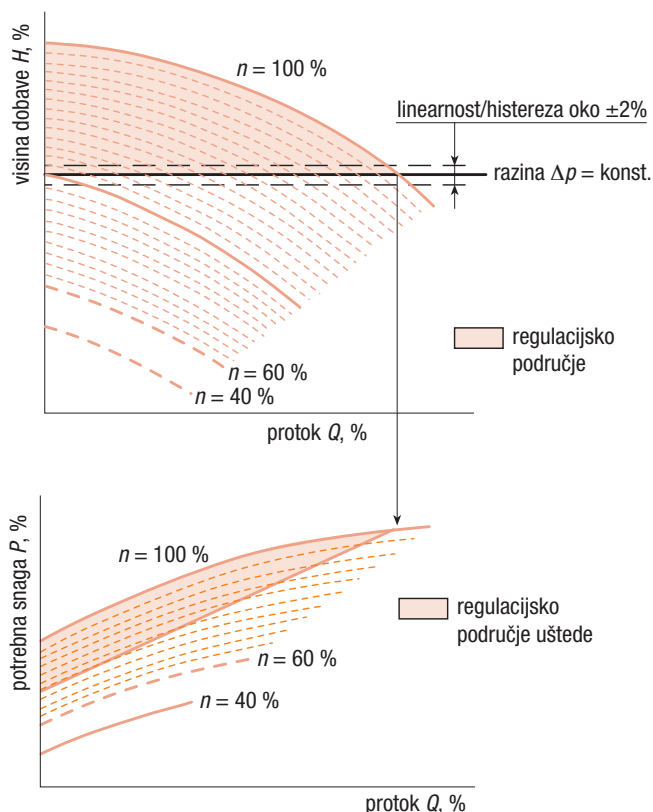


b) uzimanje električne snage prema količini protoka

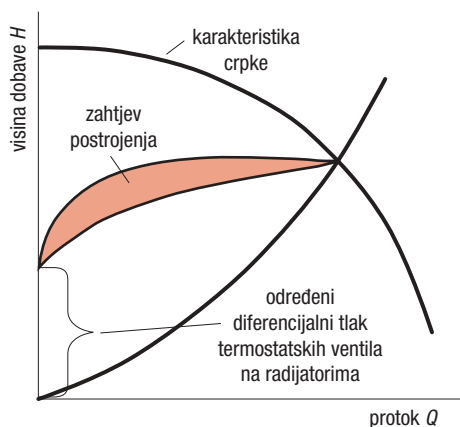


- A ——— - neregulirana cirkulacijska crpka
- B - - - - - crpka i prestrujni ventil
- C - · - · - · - kontinuirano regulirana crpka

**Ilustracija 12**  
Karakteristične krivulje crpki



**Ilustracija 13**  
Dijagram regulacijske funkcije 'diferencijalni tlak konstantan'



**Ilustracija 14**  
Dijagram regulacijske funkcije 'diferencijalni tlak varijabilan'

1. Regulacijska funkcija 'diferencijalni tlak konstantan' ( $\Delta p$ -c).  
Zadani diferencijalni tlak koji se treba namjestiti na regulatoru održava se konstantnim u cijelom području dobave (il. 13). Ako se protok prigušenjem hidrauličkih regulacijskih organa (npr. termostatskih ventila) smanjuje, snaga crpke se smanjivanjem broja okretaja prilagođava stvarnoj potrebi postrojenja. Regulacija djeluje tako da se struja koja je poslana u motor crpke svojom frekvencijom kontinuirano snižava od 50 Hz ( $n = 100\%$ ) na 30 Hz ( $n = 60\%$ ), odnosno 20 Hz ( $n = 40\%$ ). Paralelno s promjenom broja okretaja dolazi do smanjenja uzimanja snage do ispod 50% nazivne snage (il. 13).

2. Regulacijska funkcija 'diferencijalni tlak varijabilan' ( $\Delta p$ -v).

Regulacijska funkcija  $\Delta p$ -c kojom se diferencijalni tlak cirkulacijske crpke drži konstantnim u cijelom regulacijskom području dobra je i provjerena. Ona se zbog pogonsko-ekonomskih razloga primjenjuje u oko 90% slučajeva regulacije. Kod velikih crpki sa suhim rotorom se regulacijom pomoću pretvarača frekvencije može još više približiti hidrauličkim zahtjevima postrojenja (il. 14). Prigušenje termostatskih ventila dovodi do manjeg protoka i manje brzine protoka u cijevima, a time i do manjih gubitaka zbog trenja o cijevi. Teoretski, ako se prati parabola mreže cijevi, otpor cijevi je 0 kod  $Q = 0$ . Ali, uvijek se mora podržavati dimenzionirani diferencijalni tlak termostatskih ventila, tzv. autoritet ventila. Tako dolazi do polja u obliku luka, koje pada od  $Q_{max}$  do  $Q_{min}$ . Ako nije u obliku luka, regulacijska se krivulja može oblikovati tako da pada linearno (il. 14). Nulta visina dobave se namješta na vrijednosti između 99 i 40% dimenzionirane visine. Jedna računarska jedinica regulacijskog sustava prilagođava zadanu vrijednost diferencijalnog tlaka propisanoj krivulji diferencijalnog tlaka pomoću stalnog uspoređivanja zadane/stvarne varijabilne krivulje diferencijalnog tlaka. Smanjeni broj okretaja je tada ponešto iznad  $n = 60\%$  kod  $H = 40\%$  (jer  $0,6^2 = 0,36$ ). Regulacijsko područje, a time i opseg uštede se time značajno povećavaju. Takva  $\Delta p$ -v regulacija se ne može primijeniti svugdje. Prvo, time se može regulirati ponajprije samo pojedinačna crpka. Drugo, točka sniženja se računski može samo približno odrediti. Reguliranje od obučenog osoblja tijekom prve dvije sezone grijanja dovodi do empirijskog optimiranja.

### Granice primjene

Treba naglasiti da regulacijsko ponašanje crpki sa suhim rotorom treba prilagoditi tehnički stvarnom stanju. Kada se motor hladi pomoću ventilatora koji je montiran na osovinu motora i koji vodi zrak iz prostorije preko rebara za hlađenje, smanjenjem broja okretaja crpke koja se regulira kontinuirano (ovisno o ogrjevno-tehničkoj potrebi), smanjuje se i broj okretaja ventilatora.

Zbog toga iskustvene vrijednosti govore da se smije dopustiti da broj okretaja motora (a time i protok crpke) varira u granicama od 100 do 60% (u iznimnim slučajevima do 40%). Manji broj okretaja šteti motoru.

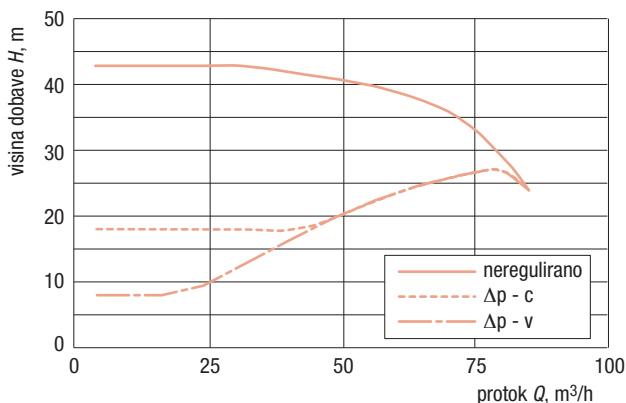
Na dalje, treba imati u vidu da se visina dobave crpke prema protoku odnosi kvadratno. Kod smanjenja broja okretaja na polovicu, tlak pada na četvrtinu određene vrijednosti. To može dovesti do kvarova ili do kolapsa u distribuciji vode.

Koliko energije se može uštedjeti kroz određeno razdoblje upotrebom frekvencijski upravljanih crpki ovisi trajanju rada crpki pod djelomičnim opterećenjem. To se uobičajeno prikazuje krivuljama trajanja koje prikazuju akumulirano vrijeme kod bilo kojeg protoka. Krivulje trajanja su osnova za utvrđivanje mogućih ušteda energije. Upotrebom krivulja protok-snaga različitih modela rada, krivulje trajanja protoka mogu se zamijeniti krivuljama trajanja snage iz kojih se može utvrditi godišnja potrošnja energije za različite načine rada kao površina ispod krivulje.

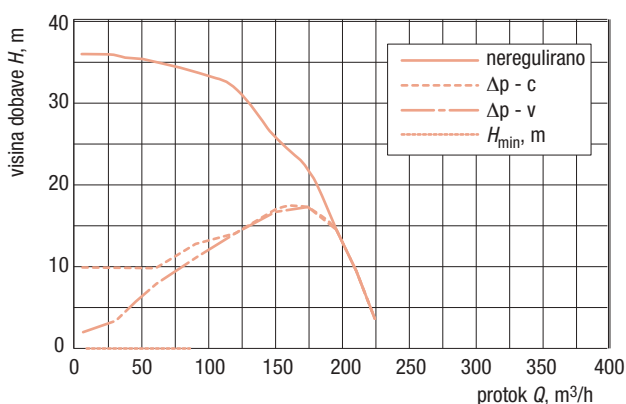
Praksa je pokazala da se uvođenjem crpki s kontinuiranom regulacijom i regulacijskom funkcijom  $\Delta p$ -c postiže ušteda energije do 50% u odnosu na neregulirane crpke. Regulacijska funkcija  $\Delta p$ -v smanjuje te troškove za daljnjih 25 - 30%.

Iskustva koja su stečena u dvije danske toplane pokazala su rezultate prikazane na il. 15 i 16 te u tablicama 1 i 2.

Imajući u vidu navedene karakteristike obje regulacijske funkcije Toplinske mreže u CTS-u ugrađuju crpke koje su regulirane prema regulacijskoj funkciji  $\Delta p$ -c. Uštede u energiji su oko 50% i ne postoji opasnost da zbog pojave nestabilne regulacije dođe do većih poremećaja opskrbe vodom dijelova sustava.



**Ilustracija 15**  
Karakteristične krivulje postojećih crpki u toplani Tullebolle u Danskoj



**Ilustracija 16**  
Karakteristične krivulje postojećih crpki u toplani Aeroskobing u Danskoj

**Tablica 1**  
Osnovne značajke postojećih crpki u toplani Tullebolle u Danskoj

protok	219 425 m <sup>3</sup> godišnje	
učin crpke	11 kW	
broj okretaja	2900 okr. /min	
potrošnja struje	bez kontrole	60 657 kW h godišnje
	Δp-c	28 168 kW h godišnje
	Δp-v	21 642 kW h godišnje
ušteda	20 - 25 %	

**Tablica 2**  
Osnovne značajke postojećih crpki u toplani Aeroskobing u Danskoj

protok	283 906 m <sup>3</sup> godišnje	
učin crpke	18,5 kW	
broj okretaja	1450 okr. /min	
potrošnja struje	bez kontrole	74 443 kW h godišnje
	Δp-c	19 771 kW h godišnje
	Δp-v	12 077 kW h godišnje
ušteda	35 - 40 %	

Literatura:

1. K. WALTER: 'Elektronički regulirane cirkulacijske crpke', Gipa Zagreb
2. H. M. ANDERSEN: 'Učinkovito upravljanje cirkulacijskim crpkama', News from DBDH 4/2002

Vjekoslav ŠKOVRLJ, dipl. ing.

# MJERILA TOPLINSKE ENERGIJE - BITAN ČINILAC POVJERENJA IZMEĐU ISPORUČITELJA I KUPCA

Mjerila toplinske energije ne koriste se samo za utvrđivanje količine energije koju je kupac potrošio. Ona su također i vrlo važan činilac za stvaranje povjerenja između isporučitelja i kupca toplinske energije te nezaobilazan činilac za učinkovito raspolaganje energijom.

Opskrba Zagreba toplinskom energijom iz toplana ima dugu tradiciju. Prvi vrelovod za opskrbu (tadašnje) tvornice Rade Končar izgrađen je 1954. godine. Prva moderna postrojenja za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije izgrađena su na lokaciji Žitnjak 1962. godine. Parametri toplivodnog sustava su:  $p = 9$  bar,  $t = 120/70$  °C. Od 1985. godine se iz centralnog toplinskog sustava za zagrijavanje stanova i potrošne tople vode opskrbljuje 1050 stambenih zgrada što iznosi oko 30% ukupne toplinske energije Zagreba.

Sustav mjerenja i obračuna toplinske energije u Zagrebu se razvijao u tri faze:

1. mjesečno po svakom stanu s korekcijom na kraju godine
2. po svakom stanu na 12 jednakih mjesečnih rata kroz godinu s korekcijom u skladu s izmjerenom količinom potrošene energije u godini
3. prema mjerenju s mjesečnim računima za izmjerenu energiju.

Pozitivan učinak mjerenja na uštedu toplinske energije vidljiv je i sljedećih podataka. Potrošnja je 1980. godine iznosila 1980 vršnih sati, 1985. godine 1910 vršnih sati i 1993. godine 1412 vršnih sati. Godine 1992, Odlukom o opskrbi toplinskom energijom Grada Zagreba, obračun prema mjesečnim odčitavanjima potrošnje postaje obavezan. Ista Odluka značajno pooštrava i druge zahtjeve za racionalno raspolaganje energijom. Uvodi se kategorija nametnute potrošnje temeljem čega se isporučitelj toplinske energije kažnjava za neažurno uklanjanje kvara regulatora grijanja koji može biti uzrok povećane potrošnje toplinske energije na štetu potrošača.

Mjerenju toplinske energije pridaje se poseban značaj. Obračun toplinske energije za potrošača kod kojeg je mjerilo neispravno, jedan mjesec ide na štetu isporučitelja tako da se iznos energije obračunat prema zadanoj formuli umanjuje za 15%, a za svaki daljnji mjesec obračunava se samo 65% izračunate količine energije.

U skladu s tom Odlukom, HEP - Toplinarstvo je pri održavanju toplinskih stanica posebnu pozornost posvetilo mjerenju toplinske energije i održavanju mjerila.

### Stanje danas

Danas je u Zagrebu u pogonu oko 2000 mjerila toplinske energije od čega je oko 1800 ugrađeno u toplinskim stanicama s više stanova te u toplinskim stanicama poslovnih prostora. Ostala mjerila instalirana su u pojedinačnim stanovima i obiteljskim kućama. Potkraj 2001. godine, temeljem Zakona o komunalnom gospodarstvu, Grad Zagreb donosi Odluku o priključivanju na komunalnu infrastrukturu kojom se utvrđuje obveza da svaki pojedinačni potrošač koji se priključuje na komunalnu infrastrukturu ima zasebno mjerenje i regulaciju grijanja. Imajući u vidu tu Odluku, u buduću se može očekivati mnogo brži rast broja mjerila u sustavu.

Ugradnju mjerila u pravilu izvode radnici HEP - Toplinarstva. Na taj se način izbjegavaju moguće pogreške pri ugradnji ili oštećenja mjerila.

Pojavom ultrazvučnih mjerila HEP - Toplinarstvo od samog početka u sustav uvodi njih umjesto konvencionalnih, mehaničkih mjerila. Izbor mjerila takvog tipa pokazao se dobrim.

### Održavanje

Sva mjerila koja se ugrađuju moraju imati odobrenje tipa koje izdaje Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo te moraju biti ovjerena. Konvencionalna mjerila ovjeravaju se svake 3 godine, dok to razdoblje za UZ mjerila iznosi 5 godina.

Servis i umjeravanje konvencionalnih mjerila za HEP - Toplinarstvo obavljaju druge tvrtke u Hrvatskoj, dok umjeravanje i servis UZ mjerila obavljaju inozemne tvrtke jer u Hrvatskoj nema mjernog stola za takva mjerila toplinske energije.

U 2004. godini je planirana nabava mjernog stola uz koji bi se osnovao servis za mjerila toplinske energije čime bi HEP - Toplinarstvo samo obavljalo servis mjerila kod ponovnog ovjeravanja ili popravka.

Ispitivanja UZ mjerila nakon što su u pogonu bila 5 godina pokazala su da je održavanje značajno jeftinije, a dugotrajna točnost veća nego kod mehaničkih mjerila. Ponovno ovjeravanje pokazalo je da 95 % UZ mjerila za produljenje ovjere ne treba nikakav popravak, nego samo čišćenje i manje kalibriranje. Stanje na tržištu mjerila toplinske energije ukazuje na to da će mehanička mjerila kroz nekoliko godina potpuno ustupiti mjesto UZ mjerilima.

### Odčitavanje

Sva UZ mjerila koja se ugrađuju u CTS-u Zagreba napajaju se iz baterija čime se izbjegava mogućnost da netko namjerno

ili nenamjerno isključi njihovo napajanje strujom, što je slučaj kod mjerila spojenih na mrežu 220 V. Mjerila imaju mogućnost komunikacije M-BUS i optičko sučelje. Daljnji korak unaprjeđenja nadzora mjerila i odčitavanja jest odčitavanje mjerila putem prijenosnih uređaja s mogućnošću komunikacije putem optičkog sučelja. Na taj se način izbjegava mogućnost krivog odčitavanja ili krivog unosa podataka. Trenutačno se radi na izradi softvera za tu svrhu, a primjena će započeti tijekom 2004. godine, kada se planira zamjena većine klasičnih mehaničkih ultrazvučnim mjerilima.

Do 2006. godine sva mjerila bit će s mogućnošću komunikacije čime se otvara put daljnjeg unaprjeđenja, a to je daljnjsko odčitavanje iz jednog centra.

Za sada se podaci o odčitavanju mjerila prikupljaju pomoću prijenosnih uređaja za odčitavanje i automatski prebacuju u glavno računalo na daljnu obradu u odjel za informatiku.

Pri odčitavanju mjerila u svakoj toplinskoj stanici radnik koji odčitava mjerila ostavlja listić s podacima odčitavanja ispisan na pisaču prijenosnog uređaja. Tako svaki potrošač može imati uvid u stanje mjerila i količinu energije koja ide u obračun. Na zahtjev potrošača omogućava im se obilazak toplinske stanice i pregled mjerila u prisutnosti radnika HEP-a.

Mjerila za svaki stan koja se ugrađuju od 2001. godine nalaze se pokraj ulaza u stan u posebnom ormariću s prozorićem kroz koji potrošač može odčitati stanje mjerila.

Potrošač može izraziti sumnju u točnost mjerila, bez obzira na to što je ono propisno ovjereno. U tom se slučaju mjerilo šalje na ispitivanje u ovlaštenu ustanovu. Ako rezultat ispitivanja pokaže da je mjerilo u dopuštenim granicama pogreške, troškove demontaže mjerila i ispitivanja snosi potrošač. U suprotnom, trošak snosi HEP - Toplinarstvo, uz obvezu ispravka računa u skladu s iskazanom pogreškom.

### Zaključak

HEP - Toplinarstvo potpuno je svjesno činjenice da je mjerilo toplinske energije točka na kojoj se susreću isporučitelj energije iz CTS-a i potrošač te energije. To je i razlog da se u modernizaciju mjerenja ulažu značajna sredstva. Bolja i modernija mjerila na najmanju moguću mjeru svode sporove s potrošačima, ali i troškove održavanja i odčitavanja mjerila. Potrošač mora biti upoznat s radom mjerila i postupkom održavanja ispravnosti u pogonu. Potrošač mora imati povjerenje u taj postupak te vjerovati da je energija iskazana na mjerilu stvarno utrošena. Razlog tome je i činjenica da ispravnost mjerila ovjerava neovisna institucija, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo ili ustanova koju je on potvrdio.



# TARIFNI SUSTAV - ZBIR SVIH TROŠKOVA

*Tvrtke koje se u Hrvatskoj bave proizvodnjom, distribucijom i opskrbom potrošača toplinskom energijom nalaze se u vrlo teškoj poslovnoj situaciji. Suočene su s dramatičnom situacijom povećanja cijena goriva koje se formiraju prema međunarodnim tržišnim odnosima. U isto vrijeme su postrojenja većinom dotrajala, tehnološki uglavnom zastarjela te se moraju provesti velika investiranja za smanjenje toplinskih gubitaka i povećanje učinkovitosti rada sustava. Cijena toplinske energije je još pod snažnim socijalnim pritiskom i uglavnom ne pokriva sve troškove proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom.*

U sadašnjim uvjetima poslovanja nemoguće je poboljšati situaciju i dovesti toplinsku djelatnost Hrvatske u poziciju učinkovitog poslovanja. Za to je neophodno što prije uspostaviti normalne uvjete rada i poslovanja djelatnosti. Kao prvo, potrebno je definirati zakonske okvire poslovanja. Zakon o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom je u proceduri donošenja, upućen je u saborsku proceduru i očekuje se njegovo donošenje u prvom kvartalu 2004. godine. Po donošenju Zakona stvorit će se preduvjeti za donošenje jedinstvenog Tarifnog sustava za usluge energetske djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom u Hrvatskoj. Novi Tarifni sustav mora biti razvijen u tom smislu da cijena pokriva troškove poslovanja, ali mora također pokriti cijenu kapitala novih investicijskih kredita. Tarifa mora pokriti troškove poslovanja, ne samo za tekuću godinu, nego i za nekoliko godina unaprijed. Prihod od prodaje toplinske energije mora pokriti sve troškove u razdoblju blage zime, kada su zahtjevi za energijom manji, ali i sve troškove za vrijeme jakih zima i kada su zahtjevi za toplinskom energijom veliki, kao što je ranije rečeno, a trošak kapitala dugoročnih investicijskih programa također mora biti pokriven.

Preduvjet za novi Tarifni sustav je da se sva potrošnja toplinske energije kod potrošača mjeri. Kao što je poznato, u Hrvatskoj je danas na snazi zakonska obveza da se u svakom novoizgrađenom stanu mora ugraditi mjerilo topline, a u postojećim stanovima preporučuje se mjerenje potrošene toplinske energije nekom od metoda koje su tehnološki pokrivena normama EU.

## Struktura tarife

Tarifa se može sastojati od sljedećih elemenata:

1. cijena potrošene energije u kn / kW h
2. cijena maksimalne snage u kn / kW
3. fiksna godišnja cijena u kn / kW godišnje
4. mogućnost naplate potrošene tople vode u kn / m<sup>3</sup>.

Formiranje cijene koja bi pokrila nastale troškove iskazane spomenutim pozicijama treba se izvesti na osnovi proračuna (planski) koji je rađen, npr. za razdoblje od pet godina. Zbroj svih cijena za pozicije 1. - 4. mora pokriti stvoreni trošak na području djelovanja, tj. rada toplinarske tvrtke u razdoblju od pet godina.

Cijena potrošene energije se temelji na ukupnoj utrošenoj energiji koja se odčitava na mjerilu kod potrošača. Ona se sastoji od ukupnog troška proizvodnje, distribucije i gubitaka energije u prijenosu do potrošača.

Jasno je da će se poticanje potrošača na učinkovito korištenje toplinske energije kroz razne oblike promoviranja štednje u konačnici odraziti na ukupnu cijenu isporučene toplinske energije manjim iznosom za potrošača.

Cijena maksimalne snage je proporcija između potrošačeve maksimalno potrošene energije, cijene kapitala proizvodnih postrojenja i distribucijske mreže te cijene rada neposrednih radnika i administracije za cijelu tvrtku.

Fiksna godišnja cijena pokriva ostali trošak u proračunu i to prvenstveno za održavanje postrojenja. Poželjno je uvijek posebno iskazati taj trošak kako bi se mogao kontrolirati.

Cijena potrošene tople vode predstavlja cijenu hladne vode u kn / m<sup>3</sup> i cijenu utrošene energije u kn / kW h za mjerno zagrijavanje na standardnu temperaturu. Na žalost, danas u Hrvatskoj ne postoji takva mogućnost mjerenja. Danas potrošač plaća toplinsku energiju za zagrijavanje potrošne tople vode u kn / kW h jedinici toplinarske tvrtke, a količinu vode u kn / m<sup>3</sup> jedinici vodoopskrbne tvrtke.

Za budućnost treba razmisliti o unaprijeđenju mjerenja potrošene tople vode i odabrati onu varijantu koja će biti najprihvatljivija za potrošače.

Konačno, cijena izražena u kn / kW h, a proizašla iz Tarifnog sustava mora biti prihvaćena i odobrena u skladu sa zakonskom regulativom koja je na snazi u Hrvatskoj.

Poželjno je da Tarifni sustav bude podijeljen u više tarifnih skupina s obzirom na kategorije potrošača:

- kupci toplinske energije na parovodu
- kupci toplinske energije na vrelovodu.

Svaka kategorija potrošača svrstava se u tarifnu skupinu s obzirom na toplinsko opterećenje, instaliranu snagu i dinamiku isporuke.

Na spomenutim načelima je izrađen Tarifni sustav za usluge energetske djelatnosti proizvodnje distribucije i opskrbe toplinskom energijom i bit će jedinstven za cijelu Hrvatsku prema kategorijama potrošača i tarifnim skupinama.

Cijena toplinske energije formira se za svako distribucijsko područje prema proračunskom načelu te obuhvaća troškove koji nastaju pri radu energetske sustava pojedinog distribucijskog područja.

Tarifni sustav donosi Vlada RH na prijedlog energetske subjekata, a po pribavljenom mišljenju Ministarstva gospodarstva i Vijeća za regulaciju energetske djelatnosti.

Očekuje se da se novi Tarifni sustav donese nakon prihvaćanja Zakona o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom.

# POTPISAN SPORAZUM O UTEMELJENJU LABORATORIJA ZA UMJERAVANJE BROJILA TOPLINSKE ENERGIJE

U sklopu proslave Dana Fakulteta koja je održana 14. studenog ove godine, u Velikoj vijećnici Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu svečano je potpisan Sporazum o suradnji na utemeljenju budućeg Nacionalnog laboratorija (centra) za ispitivanje i umjeravanje brojila toplinske energije. U nazočnosti gosp. Stipe TOJČIĆA, zamjenika gradonačelnice Grada Zagreba, dr. sc. Jakše TOPIĆA, dipl. ing, ravnatelja Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo i Mate PAŽIĆA, dipl. ing, člana Uprave Hrvatske elektroprivrede d.d. te brojnih drugih uzvanika, predstavnika medija, djelatnika Fakulteta i drugih znatiželjnika, Sporazum su potpisali Branimir POLJAK, dipl. ing, direktor HEP - Toplinarstvo d.o.o, Mirko BARIŠIĆ, dipl. ing, direktor Siemens d.d. i prof. dr. sc. Tonko ČURKO, dipl. ing, dekan FSB-a.

Tim sporazumom nastavlja se ostvarivanje ugovora HEP - Toplinarstva i Siemens-a o suradnji na programu uvođenja i poboljšavanja tehnologija za mjerenje toplinske energije koja se isporučuje potrošačima, a koji je potpisan u rujnu ove godine. Riječ je o trogodišnjem projektu vrijednom 37 milijuna kuna u sklopu čega će se tijekom 2004. godine započeti s uvođenjem individualnog mjerenja potrošnje toplinske energije (tj. po svakom potrošaču - stambenom ili poslovnom prostoru zasebno). Na taj bi se način trebali uspostaviti odnosi između isporučitelja (HEP - Toplinarstva) i kupaca, odnosno potrošača toplinske energije kako je to uređeno u zemljama EU.

Pri tome svakako valja naglasiti činjenicu da se zahvaljujući novom laboratoriju umjeravanje i ispitivanje brojila više neće trebati izvoditi u inozemstvu. Uz to, hrvatske bi toplinarske tvrtke (od kojih je HEP - Toplinarstvo najveće) time trebale povećati pouzdanost i smanjiti troškove mjerenja isporučene toplinske energije. Istodobno se na samom Fakultetu time otvaraju nove mogućnosti za stručni i znanstveni rad njegovih djelatnika, ali i za obrazovanje studenata.



*Prije potpisivanja Sporazuma svi su uzvanici imali prigodu obići istočnu zgradu zagrebačkog FSB-a u kojoj će se nalaziti budući Laboratorij...*

*... a kroz prostorije ih je proveo prof. dr. sc. Davor ZVIZDIĆ, dipl. ing, voditelj Laboratorija za procesna mjerenja FSB-a*



*Sporazum su u Velikoj vijećnici FSB-a uz prigodnu svečanost potpisali: Mirko BARIŠIĆ, dipl. ing, prof. dr. sc. Tonko ČURKO, dipl. ing. i Branimir POLJAK, dipl. ing.*





Novi mjerni sustav HEP-Toplinarstva u stambeno-poslovnim objektima propisan Europskom normom 834

## Plaćajte samo ono što potrošite!

Kontrolom potrošnje toplinske energije do nižih računa



Kako bi vlasnici stambenih i poslovnih prostora sami kontrolirali potrošnju toplinske energije HEP-Toplinarstvo uvelo je **novi mjerni sustav** individualnoga mjerenja i odčitavanja.

Tim se sustavom omogućuju kontrola potrošnje i plaćanje stvarno utrošene energije te se postižu njezina štednja i racionalizacija.

Naime, trenutačno građani i poslovni potrošači plaćaju potrošnju za grijanje **od 6.00 do 22.00** sata bez obzira na potrebu korištenja energije u tom razdoblju.

Količina potrošene energije i iznos računa stoga su često **viši od stvarnih potreba!**

Ugradnjom mjernoga sustava te prigušivanjem ili potpunim zatvaranjem grijanja prema Vašim željama Vi regulirate količinu potrošnje, a time i visinu računa!

### Za sve informacije u HEP-Toplinarstvu:

**Robert Vuk**, dipl.ing., E-mail: robert.vuk@hep.hr

**Jurica Brnas**, dipl.ing., E-mail: jurica.brnas@hep.hr

Tel: 01/613-1981, 01/613-1692

Fax: 01/613-1686



**HEP-TOPLINARSTVO d.o.o.**  
ČLAN HEP GRUPE

[www.hep.hr](http://www.hep.hr)



**HEP - TOPLINARSTVO d.o.o.** - Pogon toplinske mreže; Pogon posebne toplane; Pogon Osijek  
10000 Zagreb, Miševečka 15a, tel: 01/600 95 55, faks: 01/613 19 78

ČLAN HEP GRUPE