

ISTRAŽIVANJE

STANJA I MOGUĆNOSTI ZA UNAPREĐENJE TOPLOTNO-DISTRIBUTIVNOG SISTEMA GRADA KRAGUJEVCA

Razvoj toplotno-distributivnog sistema grada Kragujevca (TDS-K) sledio je urbanističko, populaciono i privredno napredovanje grada i danas predstavlja, zajedno sa svojim toplotnim izvorишtem, jedan od najvrednijih komunalnih infrastrukturnih sistema u Srbiji.

Pošto je dinamika razvoja grada, istorijski gledano, bila neujednačena, u današnjoj strukturi TDS-K uočljive su tehničko-tehnološke neujednačenosti koje limitiraju dalji razvoj, a ne retko, predstavljaju i smetnju visoko kvalitetnom snabdevanju svih potrošača. Zbog toga su Upravni odbor i poslovodni tim „Energetike“, d.o.o., preduzeća koje brine o razvoju i održavanju TDS-K, oslanjajući se na snažnu podršku uprave grada Kragujevca, započeli pre dve godine, zajedno sa Regionalnim evrocentrom za energetska efikasnost Mašinskog fakulteta i preduzećem „Geopremer“ iz Kragujevca, opsežan projekat čiji je cilj da se obezbedi:

- precizna elektronska GIS mapa kompletног TDS-K;
- elektronska baza podataka o svim pogonskim podstrukturama, cevovodima, cevним armaturama i toplotnim podstanicama;
- pouzdan softver za simulaciju ponašanja TDS-K u različitim režimima eksplatacije, koji se može koristiti i za uvođenje proaktivnog sistema tekućeg i investicionog održavanja, kao i za stvaranje kvalitetnih osnova za dalje širenje i povećanje broja konzumenata usluga „Energetika“ d.o.o.;
- kreiranje internet portala za brzu internu i eksternu komunikaciju sa dispečerskim centrom TDS-K i

INVESTIGATION OF CONDITIONS AND POSSIBILITIES FOR IMPROVEMENT OF THERMAL-DISTRIBUTION SYSTEM OF THE CITY OF KRAGUJEVAC

Development of thermal-distribution system of the city of Kragujevac (TDS-K) followed closely the urban, population and economic progress of the city and today represents, together with its heat source, one of the most valuable municipal infrastructure system in Serbia.

Given the dynamics of the city development, from the historical point of view, has been unequal, in today's structure of TDS-K have been marked technical and technological unevenness, which limits the further development, and often represents a barrier to high-quality supply of consumers. Therefore, the Board of Directors of the "Energetika", Ltd., company that cares about the development and maintenance of TDS-K, relying on the strong support of the administration of the city of Kragujevac, together with the Regional Euro Energy Efficiency Center of the Faculty of Mechanical Engineering and enterprise "Geopremer" from Kragujevac has been started two years ago, a comprehensive project whose aim is to provide:

- precise electronic GIS map of the entire TDS-K;
- electronic database of all driving substructure, pipeline and valves and power substations;
- reliable software for the simulation of behavior TDS-K in different modes of exploitation, which can be used for introduction of proactive current and investment maintenance, as well as for creation of reliable basis for further

- definisanje sistema organizacionih i tehničko-tehnoloških mera za povećanje energetske efikasnosti TDS-K i smanjivanje troškova u proizvodnji i distribuciji toplotne energije.

U ovom radu je ukratko prikazan deo do sada ostvarenih rezultata na napred opisanim poslovima.

KLJUČNE REČI: toplotno-distributivni sistem; istraživanje; Kragujevac

MILUN BABIĆ, DAVOR KONČALOVIĆ, Mašinski fakultet, Kragujevac, NIKOLA PETROVIĆ, BOBAN MILOSAVLJEVIĆ, "Energetika", d.o.o., Kragujevac, DOBRICA MILOVANOVIĆ, DUŠAN GORDIĆ, NEBOJŠA JOVIČIĆ, DUBRAVKA JELIĆ, VANJA ŠUŠTERŠIĆ, MILAN DESPOTOVIĆ, Mašinski fakultet, Kragujevac, i BRANKO PAVLOVIĆ, "Energetika", d.o.o., Kragujevac

- expansion and increase of the number of service customers of "Energetika" Ltd.;
- creation of a web portal for rapid internal and external communication with the dispatching center, TDS-K, and
- definition of organizational and technical-technological measures for increase of TDS-K energy efficiency and reducing of thermal energy production and distribution costs.

Some results of previously cited works obtained so far have been briefly presented in this paper.

KEY WORDS: thermal-distribution system; investigation; the city of Kragujevac

1. Uvodne napomene

U okviru TDS-K, kojim gazduje preduzeće „Energetika“, proizvode se svi oblici energije za potrebe pogona industrijskog kompleksa na arealu bivše Grupe „Zastava“, i za proizvodnju i snabdevanje domaćinstava i javnih установа u Kragujevcu toplotnom energijom. Preduzeće ima status društva sa ograničenom odgovornošću, a planira se da, u skladu sa vlasničkom transformacijom „Zastave,“ bude transformisano u javno komunalno preduzeće koje će biti prevashodno zaduženo za snabdevanje toplotom gradske komunalne infrastrukture i za kogenerativnu proizvodnju električne energije.

Trenutno, energane TDS-K ne proizvode električnu energiju, ali obezbeđuju u celosti potrebnu paru i toplu vodu za fabrike i za najveći deo potreba daljinskog grejanja grada. Treba pomenuti da „Energetika“ raspolaže i dvema parno-turbinskim jedinicama koje su van pogona duže od 10 godina, uglavnom zbog nedovoljnog održavanja i niske cene električne energije. Energane TDS-K su nekada isporučivale 1/3 proizvedene toplotne energije sistemu daljinskog grejanja, a 2/3 industriji. Sada, kada „Zastava“ radi smanjenim kapacitetom, 2/3 proizvedene toplotne energije energana isporučuje sistemu daljinskog grejanja, a 1/3 industrijskim potrošačima.

U nastavku će biti izneti ostali relevantni podaci o korisnicima i načinu funkcionisanja TDS-K.

Na TDS-K je priključeno 14 500 potrošača, a isporučena toplota se naplaćuje prema stambenoj površini potrošača. Postoji 2000 toplotnih podstanica od kojih je 1000 locirano u velikim zgradama, bolnicama i školama, a ostale su u privatnim kućama ili manjim stambenim zgradama.

Prema raspoloživim podacima, prosečna instalirana snaga u privatnim kućama iznosi 23,35 kW. Maksimalna instalirana snaga u istoj kategoriji iznosi 45 kW, dok je minimalna instalirana snaga 10,1 kW. Prosečna snaga instaliranih razmenjivača toplote je 35,62 kW, a kreće se u rasponu od 15 kW pa do 250 kW.

U objektima sa više stanova (zgrade, javni objekti), prosečna instalirana snaga iznosi 612,1 kW. Maksimalna instalirana snaga u ovim objektima je 915 kW, a minimalna 254,2 kW, dok je snaga prosečnog razmenjivača oko 809 kW, pri čemu se snage razmenjivača kreću u rasponu od 300 do 1300 kW.

Istraživanja su pokazala da je instalirana snaga razmenjivača toplote za oko 30% veća od realnih potreba korisni-

ka toplotne energije. Usklađivanje instaliranih kapaciteta na strani potrošnje sa realnim potrebama konzumenata do sada vršeno je regulacionim ventilima, među kojima su 10% do 15% tzv. kosi regulacioni ventili.

Radi upotpunjavanja kompletne slike, navešćemo još nekoliko interesantnih podataka. Tako, recimo, ukupna instalirana snaga u svih 19 postojećih kotlovnih jedinica iznosi 356,9 MW, dok je ukupna instalirana snaga svih potrošača 456,8 MW. Najveća zabeležena proizvodnje toplote, na -18°C, iznosi 116 MW. Ukupna dužina cevi koje čine distributivnu mrežu TDS-K iznosi 126 km (uključujući i cevi parovoda). Toplotni gubici su procenjeni na 12%, a gubici vode iznose oko 144 000 m³/godišnje. Podstanice se, uglavnom, sastoje od razmenjivača toplote, odmuljivača i dva ventila. Ugrađeni razmenjivači su pretežno cevni suprotosmerni (oko 61%), dok je pločastih oko 39%. Napominjemo da su u svim novim podstanicama instalirani pločasti razmenjivači i da se pomenuti odnos stalno menjaju u njihovu korist. Istočemo da su razmenjivači toplote, generalno gledano, u dobrom stanju i za sada nije potrebna njihova masovna zamena, što značajno snižava ukupne potencijalne troškove rehabilitacije sistema daljinskog grejanja.

U podstanicama smo se suočili sa činjenicom da je iz njihovog sastava uklonjena sva merna oprema da bi se, kako to korisnici obrazlažu, smanjivanjem lokalnih otpora obezbedili veći protoci grejnog fluida, a time i bolje grejanje objekata.

Nepostojanje dugoročne strategije širenja mreže, kao i isključivo iskustveno planiranje dovelo je do neadekvatno dimenzionisanih TDS-K, izborom pumpi koje dugoročno nisu ispunjavale zahteve konzuma, nepovezivanja pojedinih tačaka mreže najkraćim mogućim putem i sl. Uz ove pojave, uočili smo još neke probleme čiji su koreni drugačije prirode. TDS-K je star preko 20 godina. Cevovodi su, izuzev nekoliko novijih deonica, dotrajali; izolacija je u vrlo lošem stanju, a pojedine, uglavnom kraće, deonice potpuno su neizolovane. Oko 90% svih cevovoda je u kanalima, izolacija ovih cevovoda je, zbog vode ili vlage u kanalima, u vrlo lošem stanju. Stariji predizolovani cevovodi nisu se takođe pokazali kao dobro i dugotrajno rešenje. Nedostatak katodne zaštite na pojedinim mestima sa većom koncentracijom strujnih i telefonskih kablova vrlo negativno utiče na vek cevovoda, te se on smanjuje na samo 5 godina.

Konstatovali smo da je tokom celog eksploatacionog veka TDS-K važilo pravilo da se cevovodi menjaju kad dođe do havarija, a tek se u novije vreme zamene vrše preventivno

i planski. Ventili na pojedinim vodovima su, takođe, dotrajali. Vrlo često su u takvom stanju da se ne mogu zatvoriti, kad je to, iz bilo kog razloga, potrebno. Godišnje se u TDS-K dogodi, u proseku, oko 500 neplaniranih intervencija zbog curenja. Od tog broja, 19 intervencija je havarijskog karaktera, koje izazivaju prestanak snabdevanja energijom znatnog broja korisnika. Stopa kvarova po kilometru mreže iznosi 8,4, što je visoka učestalost ako se ima u vidu da ovaj procenat u istočnoj Evropi iznosi između 1 i 2, a u modernim sistemima daljinskog grejanja on iznosi svega 0,1.

Konstatovali smo da su korozija, loš materijal i starost cevi u TDS-K glavni razlozi tako velikog broja tehničkih otkaza. Takođe, utvrdili smo da je sistem regulacije OFF-ON koji se primenjuje u TDS-K i na strani proizvodnje i na strani potrošnje, veoma neefikasan i davno napušten u modernim sistemima daljinskog grejanja. Ovakav način rada dovodi do dodatnih termičkih naprezanja i „pučanja“ starijih cevi. Naša istraživanja su ukazala da se zamena starih i dotrajalih cevi predizolovanim cevima nameće kao prvo, logično, rešenje i kao neophodna mera za poboljšanje energetske i ekonom-ske efikasnosti funkcionisanja TDS-K.

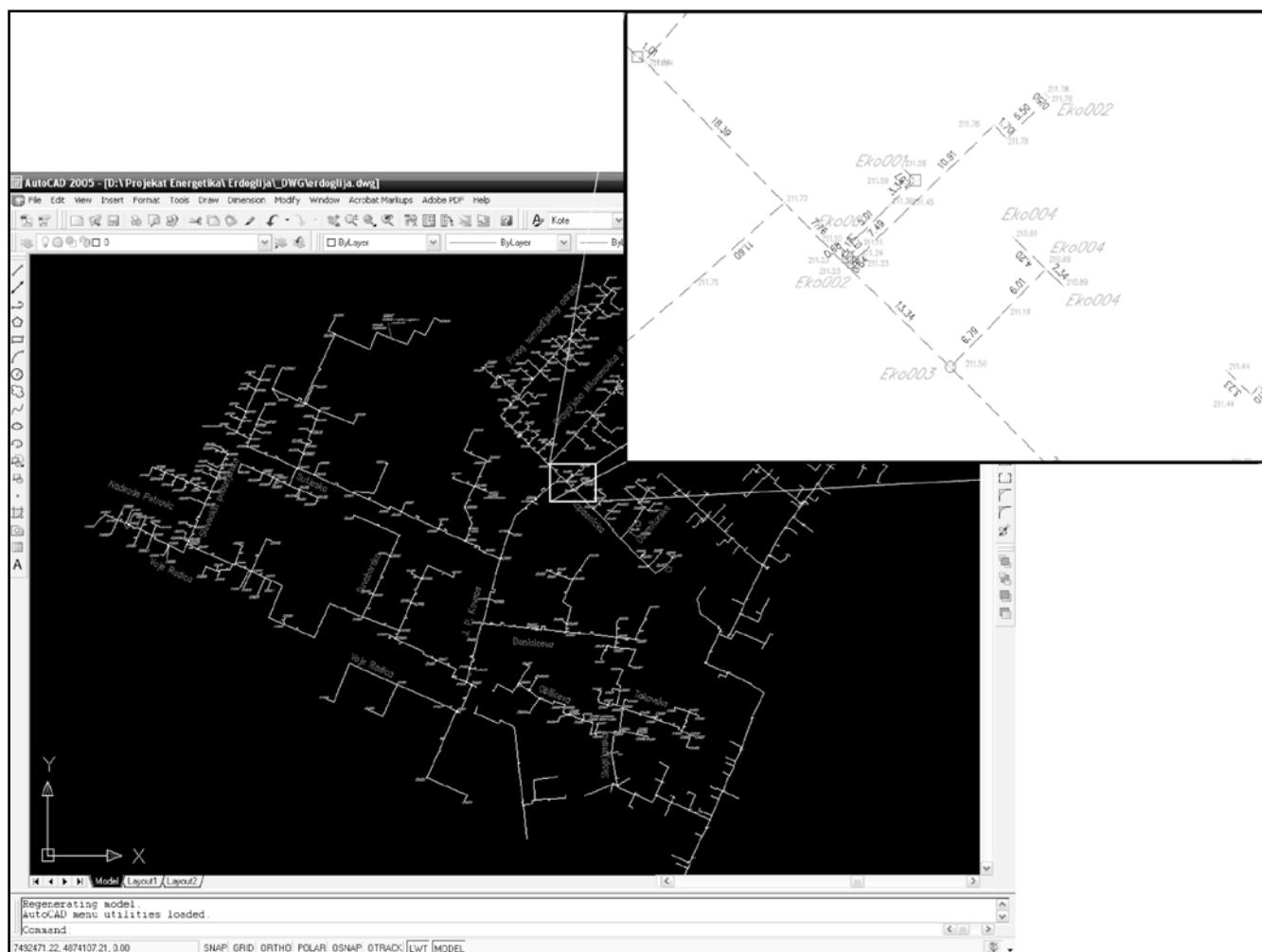
U toku istraživanja smo uočili da su jedan od veoma važnih uzroka lošeg funkcionisanja TDS-K potrošači toplotnje energije i njihov odnos prema hardverskim komponentama ovog sistema. Utvrđili smo da su mnogi korisnici prepravili svoje razmenjivačke podstanice i da ispuštaju grejni fluid u kanalizaciju, ne bi li na taj način lokalno povećali protok i nivo dovedene toplove u svoje objekte. Takođe smo registrovali da su u podstanicama nezanemarljivog broja korisnika

protivzakonito ugrađene cirkulacione pumpe na primarnom cevovodu, što izaziva i vanprojektnu preraspodelu protoka prema ostalim korisnicima. Iako je propisima strogo zabranjeno, neretko smo konstatovali da su, iz sličnih razloga, korisnici poskiđali zaštitne plombe sa regulacionih ventila u svojim podstanicama. Generalno gledano TDS-K nije savsim dobro uravnotežen, tako da se korisnici koji se nalaze u blizini kotlarnica i magistralnih cevovoda – pregrrevaju, dok korisnici koji se nalaze na perifernim delovima sistema ne dobijaju odgovarajuće količine toplove.

Problemi sa cirkulacijom na perifernim delovima TDS-K do sada su rešavani na razne načine. Najčešće je balansiranje mreže vršeno prigušivanjem ventila, ili postavljanjem blendi, a u nekim slučajevima i postavljanjem dodatnih pumpi na primarni toplovod. Ove izmene su, uglavnom, rešavale probleme kod jednog potrošača, ili grupe potrošača, ali su ne retko izazivale probleme kod drugih potrošača.

Kao i u većini srpskih TDS, ni u TDS-K nema preciznih merenja ni na strani proizvodnje, ni na strani potrošnje. U TDS-K postoji pouzdano merenje vezano za potrošnju energeta, ali takvog merenja nema na izlazima iz kotlovnih jedinica, pa je praćenje indikatora energetske efikasnosti izvorišta toplosti teško, i svaki put zahteva posebne pripreme. Ni na strani potrošača nema gotovo nikakvih merenja, pa je nemoguće utvrditi i indikatore energetske efikasnosti kompletнnog TDS-K.

Nakon što je sagledalo sve napred navedene nalaze, rukovodstvo „Energetike“ je, zajedno sa Regionalnim evrocentrom za energetsku efikasnost koji posluje u okviru



Slika 1. Elektronska mapa dela TDS-K u AutoCAD-u

Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, preduzelo niz organizacionih i tehničko-tehnoloških koraka čiji je osnovni cilj da se u budućnosti obezbedi:

- kvalitetno, energetski i ekonomski efikasno funkcionalije i dalji uspešan razvoj TDS-K i
- uspešna priprema TDS-K i „Energetike“ za poslovanje na deregulisanom tržištu energije, koje je postalo obavezujuće za sve energetske firme u Srbiji nakon donošenja Zakona o energetici.

U tu svrhu, izrađeni su detaljan plan i program aktivnosti, koji treba da dovedu do:

1. sveobuhvatne analize trenutne situacije u TDS-K i
2. utvrđivanja mera koje treba da doprinesu rešavanju napred istaknutih i drugih problema koji budu uočeni u toku analize iz tačke 1.

Odgovori koje „Energetika“ očekuje od zajedničkog istraživačkog tima treba da osvetle:

- prostorni izgled TDS-K, njegovu tačnu elektronsku mapu i precizne dimenzije cevovoda i svih važnijih kota koje definišu taj sistem;
- stvarne kapacitete toplovnih podstanica koje se nalaze kod krajnjih potrošača toplone energije;
- proveru da li postojeći kapaciteti toplovodne razvodne mreže zadovoljavaju kapacitete toplovnih podstanica i propisane toplone potrebe krajnjih potrošača;
- stvarne toplone snage svih objekata koji se nalaze u TDS-K;
- strukturu TC-2 i stvarne kapacitete postojećih pumpi i pripadajuće opreme;
- hidrauličke i toplone režime rada i piezometarske dijagrame unutar TDS-K;
- kritična mesta TDS-K (mesta na kojima se ne ostvaruje potreban kvalitet grejanja) i
- predloge rešenja za sve postojeće probleme.

2. Utvrđivanje prostornog izgleda TDS-K

Geodetski snimak najvećeg dela distributivne mreže je postojao u arhivi „Energetike“ u analognom obliku (na papiru). Međutim, postojeće mape nisu ažurirane na pravi način, tj. geometriji nisu izlazili na teren prilikom svake promene cevovoda u TDS-K. Bez obzira na nedostatke, ove mape su imale dovoljan nivo tačnosti za potrebe sanacija mreže i lociranje toplovnih podstаницa na terenu. Iako je postojala mogućnost skeniranja, a zatim „prebacivanja“ mape u digitalni oblik i njihovu vektorizaciju, procenili smo je da je bolje rešenje ponovo snimanje celokupne mreže. Skeniranje i vektorizacija nose sa sobom gubitak tačnosti, što bi, zajedno sa nedovoljnom tačnošću početnog materijala, moglo dovesti do rezultata diskutabilne upotrebljivosti. Takođe, smatrali smo se da bi detaljno snimanje TDS-K bilo od velike koristi ne samo za „Energetiku“, već i za uspostavljanje Geografskog informacionog sistema grada Kragujevca (GIS-K) koji je u formiranju.

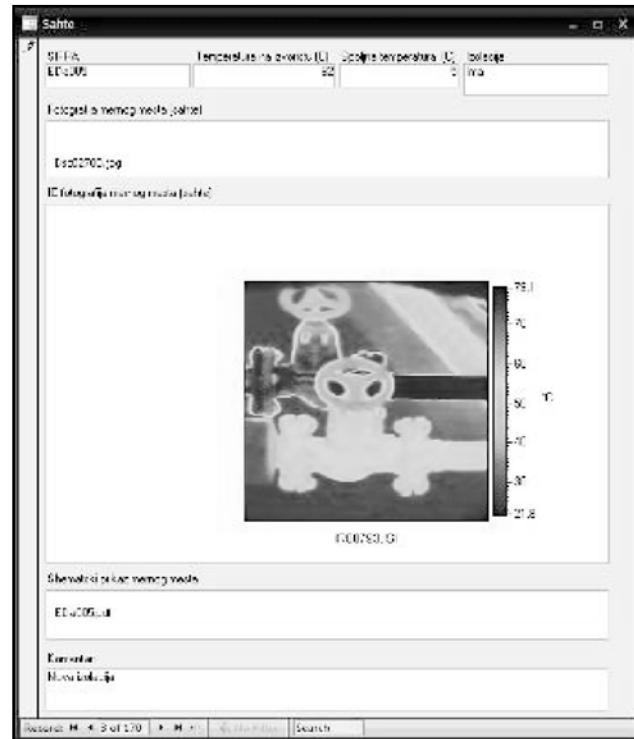
Posao snimanja mreže poveren je preduzeću „Geopremer“ iz Kragujevca koje se bavi pružanjem geodetskih usluga, a snimanje kompletne mreže je izvršeno pomoću GPS-a (Global Positioning System), sa prostornom tačnošću koja je ranga ± 20 mm u horizontalnoj ravni i ± 50 mm u vertikalnoj ravni. Trase podzemnih vodova su locirane pomoću tragača, a trase vodova koji nisu na otvorenom (zbog nemogućnosti kontakta sa satelitom) u elektronsku mapu su unesene pomoću klasičnih geometarskih uređaja. Na taj način je snimljena kompletna toplovodna mreža i u potpunosti je utvrđena njena geometrija.

Svaka trasa TDS-K određivana je tačkama na kojima se toplovod grana, ili tačkama u kojima toplovod menja pravac. Te tačke su definisane sa po tri koordinate, a ako je u pitanju objekat (npr. šahta), pored koordinata, označavan je

i simbol, kota terena, kota cevovoda i ostali relevantni podaci. Kao konačan rezultat snimanja dobijen je AutoCAD dokument sa precizno definisanim trasama svih toplovnih podstаницa (slika 1).

3. Razvoj elektronske baze podataka TDS-K

Po završetku geodetskog snimanja, započeto je sa terenskim prikupljanjem dopunskih podataka, koji su se odnosili na: dimenzije cevovoda, stanje izolacije, ventile, kompenzatore i druge elemente koji su važni za hidrauličko i termodynamičko simuliranje rada TDS-K. Na ovom stepenu razvoja projekta oformljena je elektronska baza podataka, u koju su uneti ovi i mnogi drugi podaci prikupljeni na terenu. Prečnici cevovoda su određivani na osnovu stanja u šahtama, pošto su to jedina mesta na kojima se cevovod može izmeriti bez visokih troškova.



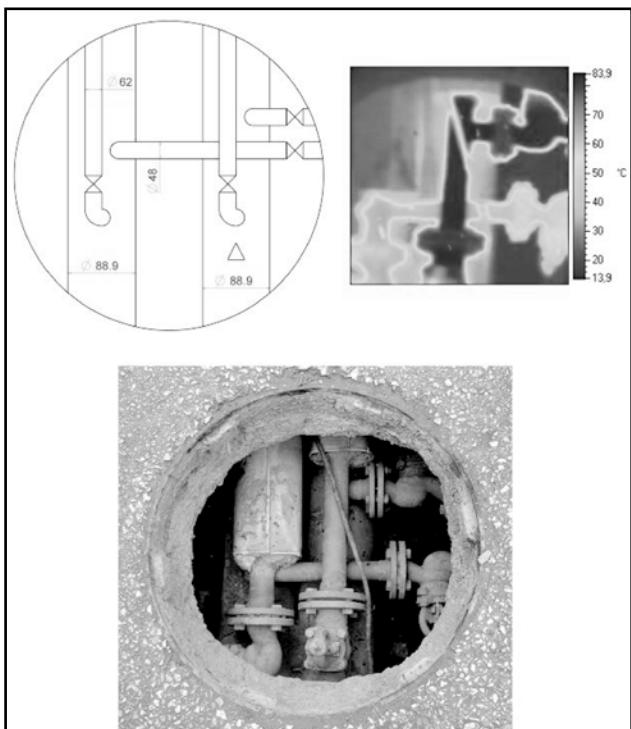
Slika 2. Elektronski karton mernog mesta – šahta

Digitalna baza podataka oformljena u MS Access-u i podeđljena je na dva dela. Jedan deo baze sadrži podatke o toplovodu, a prema mernom mestu je nazvan „karton šahte“. Drugi deo se vezuje za potrošača i nosi radni naziv „karton podstанице“. Radi ilustracije, na sl. 2 je prikazan elektronski karton šahte, a na slici 4 karton podstанице.

Svaki karton šahte ima šifru šahte i jednoznačno određuje njenu lokaciju na geodetskom snimku kompletног TDS-K. Naredna polja u kartonu su rezervisana za temperaturu fluida na izvorištu, spoljnju temperaturu, opis izolacije i komentar. Ovaj karton sadrži i fotografiju šahte, infracrveni snimak šahte kao i njen šematski prikaz urađen u digitalnom .pdf formatu (slika 3).

Paralelno sa prikupljanjem podataka vezanih za toplovode vršeno je prikupljanje podataka o toplovnim podstanicama koje se nalaze kod krajnjih potrošača toplone energije. Najvažniji cilj ovog dela projekta je utvrđivanje stvarnih kapaciteta toplovnih podstаница.

Slično kao kod kartona šahte, i ovde se prikupljeni podaci unose u elektronski karton podstанице. Karton podstанице, takođe, ima jedinstvenu šifru koja određuje lokaciju podstанице na snimku TDS-K.



Slika 3. Primer fotografije šahte koju u bazi podataka prati IC snimak i shematski prikaz šahte

Pored adrese, zapremine objekta i imena vlasnika, ovaj karton sadrži sve podatke relevantne za hidraulični i termo-dinamički proračun, kao i podatke za koje se smatra da će biti od koristi u budućim analizama.

Kao i kod kartona šahte, i ovaj karton sadrži fotografije, objekta u kojem se nalazi podstanica kao i same podstaniće (slike 5 i 6).

Od važnih podataka ovde izdvajamo: tip i vrstu razmenjivača toplote, njegovu snagu, tip kalorimetra i vodomera, tip pumpe na sekundaru i sl. Takođe su pobjrojane sve komponente koje utiču na pad pritiska u podstanici (ventili, ne-povratni ventili, kolena, proširenja i dr.). Kod razmenjivača toplote mere se i beleže, prilikom inspekcije podstanice, temperature na ulazu primarnog cevovoda u razmenjivač i na njegovom izlazu, kao i na ulazu u njegov sekundar i izlazu iz njega.

4. Softver za simulaciju ponašanja TDS-K u različitim radnim režimima

Nakon prikupljanja i sistematizacije podataka sa terena, nastavljeno je sa:

- hidrauličkim proračunima TDS-K, definisanjem njegovih hidrauličkih radnih režima i izradom piezometarskog dijagrama za kompletну toplovodnu razvodnu mrežu;
 - analizom postojećeg stanja i definisanjem kritičnih mesta (mesta na kojima se ne ostvaruje potreban kvalitet grejanja) i
 - definisanjem predloga rešenja za balansiranje mreže.

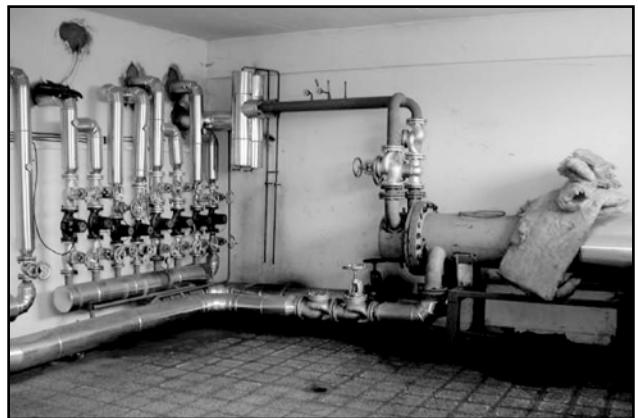
Oformljena elektronska baza podataka (slika 7), obogaćena podacima iz merenja padova pritiska u relevantnom broju, tzv. tipičnih topločnih podstanica, predstavlja ulaznu datoteku razvijenog simulacionog softvera za predikciju, i/ili praćenje ponašanja TDS-K u svim mogućim režimima rada, kako pri promeni produkcije toplove u izvoristu, tako i pri promeni konzuma, odnosno pri promeni konfiguracije i/ili prostornog širenja njegove razvodne mreže. Razvijeni sof-

SIFRA				PRETRAGA	
25		Broj:	Vlasnik	Zapremina objekta	Odaberi sitru 135
Ulica	Djure Pucara Starog	3	Ekonomski fakultet	0	Odaberi adresu Djure Pucara Starog
Instalirana snaga		Instalirani protok		Elementi u podstanici (kom)	
0		0,00000		Ravni zaporni ventil	3
Razmenjivac TRACO LPM-LSL1-78		Pumpa 1 IMP Ljubljana CTLA 802	Komada pumpe 1 Snaga pumpe 1	Skupljac necistoce	1
Razmenjivac snaga (kW) 1000		Pumpa 2 IMP Ljubljana GHR 803	Komada pumpe 2: Snaga pumpe 2:	Kugla ventil	0
Razmenjivac 2		Pumpa 3 IMP Ljubljana GHR 65	Komada pumpe 3: Snaga pumpe 3:	Kosi regulacioni ventil	0
Razmenjivac 2 snaga (kW) 0		Pumpa 4 SEVER OP50/200-1,1/4	Komada pumpe 4: Snaga pumpe 4:	Prosirenje	0
Kalorimetar tip KC100A		fotografija objekta Dscn0637.jpg	fotografija podstanice Dscn0633.jpg	Prosirenje 1 sonda	0
Kalorimetar proizvodjac ATM Zagreb		komentar oditora		Prosirenje 2 sonde	2
Kalorimetar ispravan <input type="checkbox"/>				Koleno 90	22
Vodomjer GRW100				U koleno	0
Spolna temperatura (C) temperatura fluida na ulazu u primar (C) temperatura fluida na izlazu iz primara (C) temperatura fluida na izlazu iz sekundara (C) temperatura fluida na ulazu u sekundar (C)		0 0 0 0 0	Obilaznica		0
			Stub za umirenje strujanja		2
			Suzenje		2
			Nepovratni ventil		1
			2xkoleno 45		1
			ostalo		2T
			Duzina cevovoda u podstanici ~m		0
			Nazivni prečnik prikljuka		108

Slika 4. Elektronski karton podstanice



a) Objekat



b) Podstanica u objektu

Slika 5. Primer fotografije objekta i pripadajuće podstanice



a) Objekat



b) Podstanica u objektu

Slika 6. Primer fotografije objekta i pripadajuće podstanice

tver daje, grafički i brojno, brze i pouzdane odgovore i na promenu karakteristika energetskih komponenti u TDS-K, pa se može koristiti kao dobar alat za planiranje optimalnih rekonstrukcionih i/ili razvojnih varijanti tog sistema.

Podaci koje sadrži naša elektronska baza pružaju i druge mogućnosti, od kojih ovom prilikom ističemo mogućnost uvođenja tzv. proaktivnog održavanja TDS-K, ali i razne druge poslove kao što je, recimo, brza priprema tenderskih dokumentacija i sl.

Evo još nekoliko podataka o razvijenom softveru:

- realizovan je u programskom okruženju FORTRAN-EPA-NET,
- zahteva minimalno mogući broj ulaznih podataka,
- simulira promene protoka i pritisaka TDS-K u sprezi sa jednom ili više centralnih cirkulacionih pumpi, čije se radne karakteristike unoše kao ulazni podatak,
- pruža mogućnost da se simulira unošenje dodatnih cirkulacionih pumpi širom distribucione mreže (što je dosta česta praksa prilikom raznih uravnotežavanja sistema) i da se prati kakve reperkusije to unošenje ima na pojedine potrošače,
- pruža mogućnost da se utvrđuje kako novi potrošači i rekonstrukcije mreže utiću na raspodelu grejnog fluida u TDS-K,
- pruža mogućnost da se procenjuje na kojim lokacijama treba prigušiti ventile da bi se uz najmanje hidrauličke gu-

bitke uspostavila ravnotežna raspodela grejnog fluida po pojedinim potrošačima i sl.

Softver je više puta testiran i upoređivan sa drugim softverima koji se mogu sresti na tržištu, i napredniji je od onih za koje mi znamo po tome što omogućava simulaciju rada dodatnih cirkulacionih pumpi koje se mogu postavljati na proizvoljnim tačkama mreže. Upravo ovoj problematici smo posvetili posebnu pažnju, i u tom smislu stalno unapređujemo njegove mogućnosti.

Na nekoliko sledećih slika (slike 9a, 9b i 9c) prikazano je kako se koristi AutoCAD mapa TDS-K za pripremu i unos dela ulaznih podataka za naš softver.

U vreme pisanja ovog rada sprovodili smo hidraulički i termodinamički proračun nezavisnog dela TDS-K, koji se zove „Erdoglija“. Zbog toga smo u nastavku prikazali neke od rezultata tih simulacija (slike 10, 11 i 12).

U toku je priprema merenja padova pritisaka u dovoljnom broju tipskih (referentnih) topotnih podstanica i „baždarenje“ razvijenog softvera prema izmerenim vrednostima pritisaka, temperatura i protoka radnog fluida u TDS-K. U tu svrhu, koriste se: prenosivi ultrazvučni merač protoka, termometri i manometri. Krajnji proizvod treba da bude softver koji daje provereno tačne simulacije ponašanja TDS-K u različitim pogonskim, konfiguracionim i eksplatacionim uslovima. Planirano je i postavljenje rezultata istraživanja na web portal „Energetike“, radi internih i eksternih razloga

Slika 7. Tabelarni prikaz elektronske baze podataka

i, posebno, radi omogućavanja korisnicima usluga TDS-K da steknu realnu predstavu o stvarnom kvalitetu usluga koje dobijaju.

5. Prikaz mera za unapređivanje energetske efikasnosti TDS-K

U narednom tekstu biće iznet kratak osvrt na do sada planirane/preduzete mere radi povećanja energetske efikasnosti ukupnog TDS-K.

5.1. Zamena cevi

Istraživanjima je utvrđeno da oko 10% ukupne dužine cevovoda distributivne mreže TDS-K treba zameniti novim, predizolovanim cevima. Godišnja učestalost tehničkih otkaza na identifikovanim cevima je veća od 10 po kilometru mreže. S obzirom da su cevi koje su identifikovane za urgentnu zamenu u veoma lošem stanju, finansijska dobit zbog

curenja vode, čestih popravki i smanjenja topotnih gubaka je velika.

5.2. Parovod

Utvrđeno je da u postojećem parovodu dužine 3 kilometra, koji spaja energetsko izvorište i lokaciju „Zvezda“, nema povratak kondenzata, te da mu je izolacija loša, a da na pojedinim deonicama uopšte nema izolacije. Procenjuje se da su toplotni gubici zbog ovih nedostataka oko 80%. Kao optimalna mera za eliminaciju ovih gubitaka utvrđen je predlog da se na lokaciji „Zvezda“ instalira kotač koji bi osim pare proizvodio i toplotnu energiju za snabdevanje lokalne zajednice toplotnom energijom, jer ona, još uvek, ne koristi usluge TDS-K.

5.3. Rekonstrukcija (popravka) postrojenja za kogeneraciju

Kao što je navedeno u uvodnim napomenama, u glavnom energetskom izvoru TDS-K postoje dve parne turbine. U

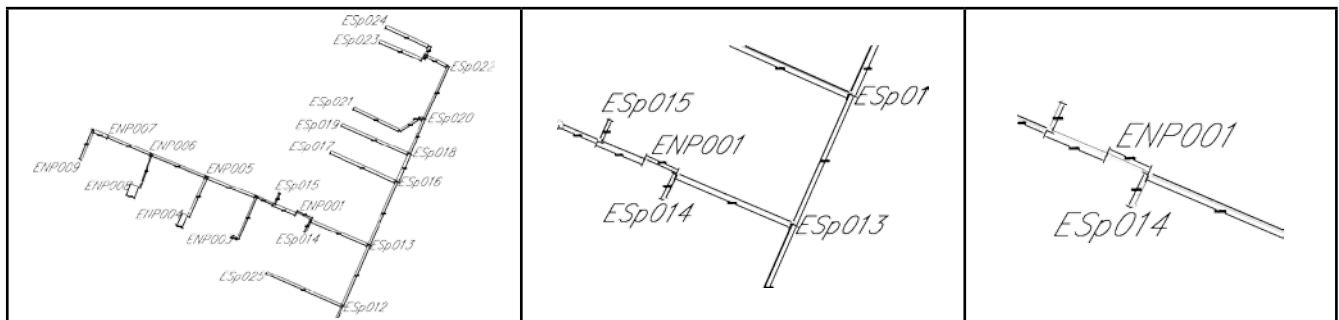
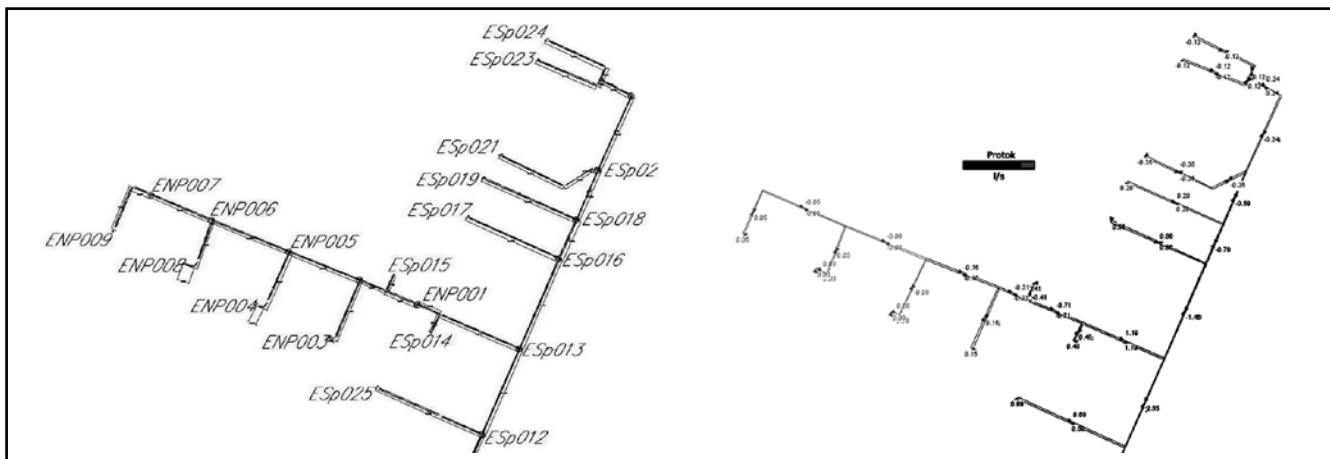


Fig. 2. (a) Segment TDS-R, (b) segment TDS-R onto CCR-CCR, (c) segment



Slika 10. Uporedni prikaz AutoCAD mape dela TDS-K pod sistema „Erdoglija“ i rezultata simulacije u tom delu pod sistema sa pravcima strujanja i protocima u L/s



Slika 11. Vizuelizacija rezultata simulacije hidrauličkog ponašanja celokupnog TDS-K pod sistema „Erdoglija“ u kome je pored centralne pumpne stanice u izvoruštu toplove locirana i jedna cirkulaciona pumpa u razvodnoj mreži

skladu sa nastojanjem da se podigne ukupan stepen energetske efikasnosti TDS-K neophodno je rekonstruisati postojeće postrojenje za kogeneraciju, što podrazumeva:

- rehabilitaciju i rekonstrukciju 2 parne turbine za proizvodnju električne energije kapaciteta 20 i 8 MW;
- rekonstrukciju podstanice sa razmenjivačem topline TC-2;
- uvođenje dodatne kontrole i opreme za upravljanje radom kotlova i
- postavljanje uređaja za merenje, analizu i kontrolu, kao što su, recimo, analizator dimnih gasova, kontrolori (meraći) energetske efikasnosti kotlova, kontrolori (meraći) emisija i protoka.

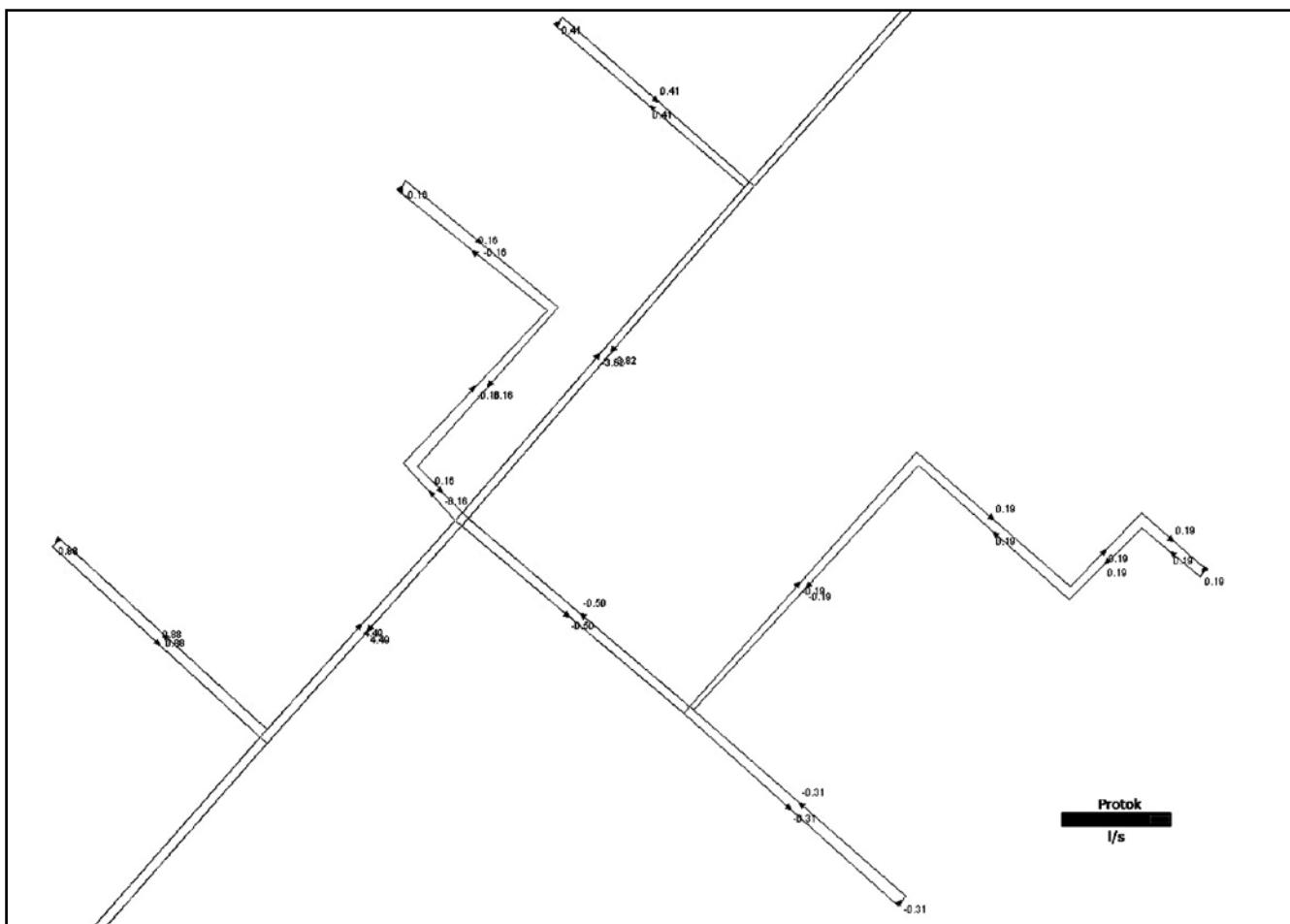
5.4. Osavremenjivanje toplovnih podstanica

Inspekcijom toplovnih podstanica utvrđeno je da postoji velika potreba za njihovim osavremenjivanjem, radi podizanja

opštег stepena energetske efikasnosti TDS-K. Investicije u sprovođenje te mere podrazumevaju instaliranje sistema za kontrolu temperature i kalorimetara u podstanicama snage od 600 do 1000 kW. Manje podstanice bi bile opremljene regulacionim ventilima i kalorimetrima. Korisnici bi, u toku sprovođenja ove mere dobili takođe mogućnost da investiraju u termostatske ventile i delioce na vertikalama u zgradama.

5.5. Zameni gorionika u kotlovskim postrojenjima

Kotlovi za proizvodnju toplovnene energije u podsistemu TDS-K koji nosi naziv „Kliničko-bolnički centar“, nalaze se na odvojenoj lokaciji, odnosno u okviru Kliničko-bolničkog centra. U toku istraživanja konstatovano je da njihova emisija NO_x prekoračuje propisane vrednosti. Zamenom gorionika u kotlovskom postrojenju moguće je svesti tu emisiju u



Slika 12. Vizuelizacija rezultata simulacije hidrauličkog ponašanja dela TDS-K pod sistema „Erdoglija“ u kome je pored centralne pumpne stanice u izvorištu toplove locirana i jedna cirkulaciona pumpa u razvodnoj mreži

propisane granice, ali i povećati energetsку efikasnost kotlova sa 85% na 90%.

5.6. Nabavka opreme za merenje, analizu i kontrolu rada kotlova i monitoring distributivne mreže

Za redovno praćenje i održavanje kvaliteta rada svih kotlova u TDS-K neophodno je stalno praćenje svih termodinamičkih procesa. U „Energetici“ nema potrebne opreme koja bi se koristila u tu svrhu. Zbog toga je neophodna nabavka:

- analizatora dimnih gasova,
- kontrolora energetske efikasnosti i emisija iz kotlova,
- merača protoka,
- IC kamere (za detektovanje curenja, inspekciju stajnja izolacije cevovoda i kotlova, proveru stanja ležajeva pumpi i sastavnih delova električnih transformatora),
- prenosivog merača protoka i
- nekoliko stacionarnih merača protoka koji bi bili postavljeni na mestima proizvodnje toplove.

Procenjeno je da bi investicije u nabavku definisanog spiska opreme povećale ukupnu efikasnost sagorevanja u kotlovima za oko 6%, oprema bi bila otplaćena za samo godinu dana, a ukupan stepen efikasnosti samo primenom ove mere porastao bi za oko 8%.

5.7. Finansijska analiza isplativosti ulaganja

U tabeli 1 date su vrednosti investicija za sprovođenje mere od 5.1 do 5.6. Sve predložene mere imaju stopu povraćaja (IRR) preko 20%, što znači da su visoko isplative.

Tabela 1. Pregled predloženih investicija i njihovih stopa povraćaja

Vrsta investicije	Ukupna vrednost investicije	Vrednost opreme	Vrednost materijala i radne snage	IRR
Zamena toplovoda	1 920 000	900 000	1 020 000,	22%
Rekonstrukcija podstanice „Zvezda“ i ugradnja novog kotla radi eliminacije postojećeg parovoda	1 449 000	1 086 750	362 250	29%
Kontrolni uređaji na svim kotlovima	600 000	160 000	440 000	36%
Frekventna kontrola pumpi	350 000	262 500	87 500	83%
Nadgledanje mreže daljinskog grejanja	320 000	320 000	–	–
Rekonstrukcija kogeneracionog postrojenja	3 545 000	2 375 150	1 169 000	30%
Zamena gorionika u kotlarnici „KBC“	147 541	98 361	49 180	37%
UKUPNO	8 331 541	5 202 761	1 218 180	

Literatura

[1] *** Analiza dosadašnjeg i projekcija budućeg razvoja d.o.o. "Energetika" Kragujevac – studija u okviru projekta unapređenje energetske efikasnosti i tehničko-tehno-

loških karakteristika sistema za proizvodnju i distribuciju toplote grada Kragujevca.

[2] *** Studija analize uticaja proizvodnje toplotne energije na životnu sredinu na projektu „Unapređenje energetske efikasnosti i tehničko-tehnoloških karakteristika sistema za proizvodnju i distribuciju toplote grada Kragujevca“.

[3] *** Preliminarni energetski bilans u preduzeću "Energetika" d.o.o. – matična lokacija.

[4] *** Elaborat o prethodno sprovedenim aktivnostima na drugoj godini projekta unapređenja energetske efikasnosti i tehničko-tehnoloških karakteristika sistema za proizvodnju i distribuciju toplote grada Kragujevca.

[5] *** Studija Razvoj baza podataka sa pregledom razvoja elektronskih karata u okviru projekta unapređenja ener-

getske efikasnosti i tehničko-tehnoloških karakteristika sistema za proizvodnju i distribuciju toplote grada Kragujevca.

[6] *** Studija Definisanje i predlog mera za poboljšanje energetskog bilansa "Energetika", d.o.o. u okviru projekta unapređenje energetske efikasnosti i tehničko-tehnoloških karakteristika sistema za proizvodnju i distribuciju toplote grada Kragujevca.

[7] *** O naučno-istraživačkim aktivnostima za povećanje energetske efikasnosti sistema za distribuciju toplote u Kragujevcu, Energetika 2007, Zlatibor.

kgh