

UPRAVLJANJE DALJINSKIH ENERGETSKIH SISTEMOV

DISTRICT HEATING SYSTEM MANAGEMENT

Tomaž Benedik, Jože Torkar, Suvad Bajrić*, Bojan Zajšek*, Iztok Žun**

EL-TEC Mulej, d. o. o., Bled

*JP Energetika Ljubljana, d. o. o.

** Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

POVZETEK

Prispevek predstavlja učinke in koristi, ki jih lahko dosežemo z uvedbo sistema za upravljanje daljinskih energetskih sistemov. Predstavljene so rešitve, ki v podjetju za oskrbo s toploto omogočajo dostop do potrebnih informacij vsem službam, hkrati pa zagotavljajo celovit pregled nad delovanjem daljinskega energetskega sistema.

Sistem za upravljanje daljinskih energetskih sistemov sprejema podatke v realnem času iz SCADA-sistema. Te podatke je mogoče kombinirati s podatki iz vremenske napovedi, predvsem o zunanji temperaturi in hitrosti vetra. To omogoča napovedovanje prihodnje rabe – tudi v obdobjih spremenljivih vremenskih razmer. S povezavo z GIS-bazo pa dobivamo v sistem za upravljanje daljinskih energetskih sistemov najnovejše podatke o stanju omrežja in odjemalcih.

Predstavljeni so projekt izvedbe sistema za upravljanje daljinskih energetskih sistemov v sedanji sistem JP Energetika Ljubljana, d. o. o., predvideni učinki in organizacijski ukrepi.

Ključne besede: daljinsko ogrevanje, upravljanje sistemov, gospodarna distribucija toplote, toplotne izgube

ABSTRACT

This paper presents effects and benefits that can be achieved thorough implementation of district heating system management. It presents solutions that help every department in district heating company to get the information needed and at the same time provide improved network overview and operation.

District heating system management gathers real time data from SCADA system. It is possible to combine this with weather forecast data, especially outdoor temperature and wind speed. This allows prediction of future consumption – even during periods of changeable weather conditions. Connection with GIS database helps district heating system management to be always fed with current state of network and consumers.

The paper presents implementation of district heating system management into existing system of JP Energetika Ljubljana, d. o. o., expected effects and organizing measures.

Key words: district heating, system management, economical heat distribution, heat loss

1 UVOD

Pri upravljanju daljinskih energetskih sistemov se srečujemo z izzivom, kako v realnem času do informacij o obratovalnih značilnostih, stanju omrežja in odjemu strank, da se lahko hitro odzovemo na spremembe teh dejavnikov.

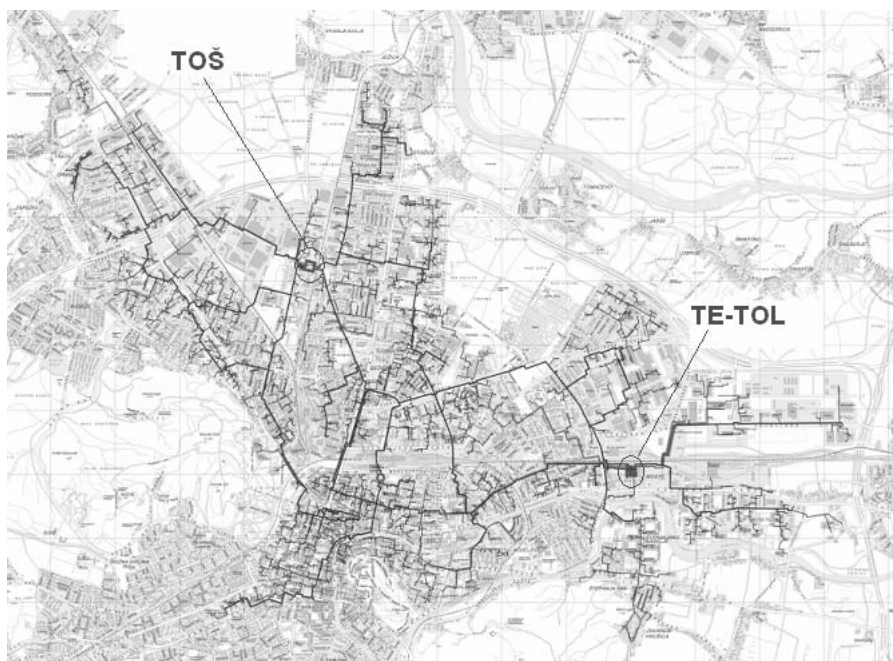
Drug velik izziv je zmanjšati energijske izgube pri dobavi energije v omrežje. Večina podjetij za oskrbo s toploto upravlja distribucijsko omrežje glede na trenutno zunanjo temperaturo, kljub nihanju odjema in spremenljivim vremenskim razmeram.

Številni so izvedli pomembne naložbe v SCADA-sisteme, ki omogočajo delni nadzor nad omrežjem, vendar pa ne omogočajo proaktivne simulacije vplivov sprememb na razmere v distribucijskem omrežju.

Večina podjetij za oskrbo s toploto nameni proizvodnim virom približno 20 % naložb. Preostalih 80 % naložb porabijo v distribucijskem omrežju. Pri tem jih večina nima podrobnega pregleda nad distribucijo in razporeditvijo energije, ko ta zapusti proizvodne vire.

V prispevku želimo prikazati primer uvedbe sistema za upravljanje v daljinskem energetskem sistemu mesta Ljubljana, ki ga upravlja Javno podjetje Energetika Ljubljana, d. o. o. (JPE).

2 OPIS SISTEMA DALJINSKEGA OGREVANJA MESTA LJUBLJANA



Slika 1: Prikaz vročevodnega omrežja mesta Ljubljana in struktura proizvodnih virov

Sistem daljinskega ogrevanja Ljubljane obsega 230 km omrežja in približno 3 300 toplotnih postaj. S 1 200 MW priključne toplotne moči je daleč največji sistem v Sloveniji. Letna proizvodnja toplotne energije znaša nekaj več kot 1 200 GWh, prodaja pa 1 100 GWh toplote ali 5,9 GWh/km na leto. Zaradi velike gostote prodaje toplote na dolžinsko enoto omrežja se sistem daljinskega ogrevanja uvršča v sam vrh tovrstnih sistemov v Evropi. Sistem je zasnovan tako, da se čim večji delež (več kot 92 %) vse toplote proizvede v cenejši sočasni proizvodnji toplote in električne energije v termoelektrarni toplarni Moste (TE-TOL) z uporabo premoga in biomase. Preostali del toplote se proizvede iz zemeljskega plina ali mazuta v toplarni Šiška (TOŠ) z vršnimi kotli. Slika 1 prikazuje vročevodno omrežje Ljubljane in strukturo proizvodnih virov.

3 UMESTITEV RP TERMIS V TEHNIČNO-INFORMACIJSKI SISTEM JPE

Računalniški program TERMIS je del tehničnega informacijskega sistema JPE. Na podlagi procesnih in nekaterih drugih podatkov uporabniku omogoča simulacijo stanja v omrežju, predvsem izračun tlakov, temperatur in pretokov na vseh ključnih točkah v sistemu. Tako lahko operater preveri pravilnost načrta obratovanja [1].

TERMIS prek urejevalnika podatkov iz SCADA-sistema dobiva ključne informacije, ki so potrebne za delovanje programa (slika 2):

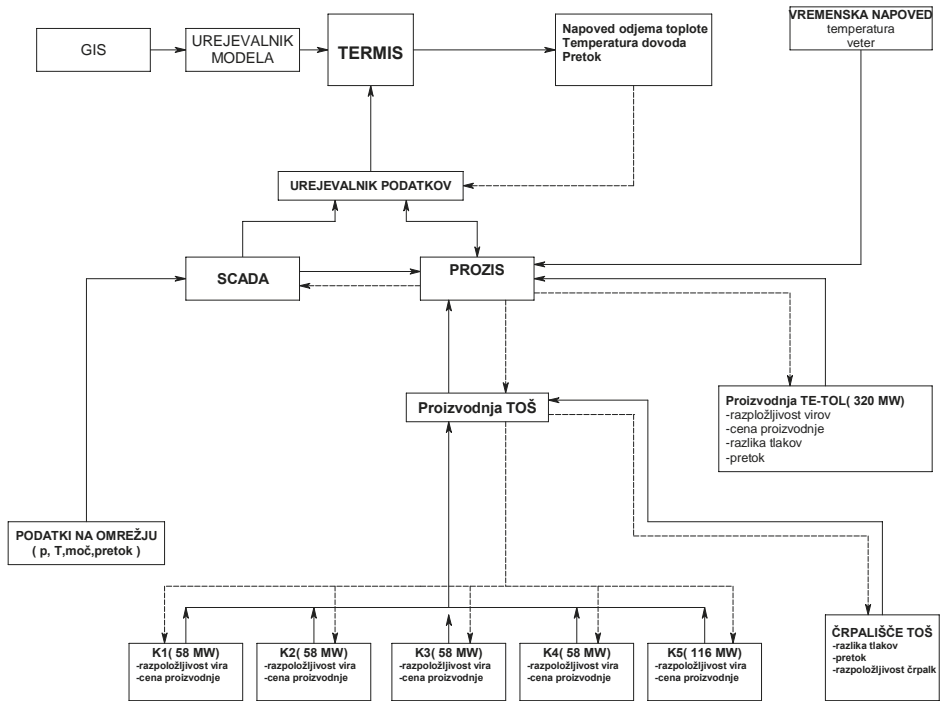
- stanje na vročevodnem omrežju (temperatura, tlak, pretok);
- razmere na proizvodnih virih (temperatura, tlak, pretok, moč, razpoložljivost);
- vremenska napoved (temperatura, hitrost vetra).

Na podlagi navedenih vstopnih podatkov TERMIS predlaga obratovanje v prihodnjih urah. Kako daleč naprej se izračunavajo ta stanja, je odvisno od potreb na omrežju. Izkustveno pravilo je, da je treba za vodenje omrežja izvesti simulacijo za čas, ki je 1,5-kratnik transportnega časa do najbolj oddaljene točke na omrežju.

Po opravljeni simulaciji dobimo:

- napoved odjema toplote na osnovi zunanje temperature in hitrosti vetra;
- napoved temperature dovoda na virih glede na najmanjše potrebe kritičnega odjemalca;
- pretočne in tlačne razmere na virih.

Vročevodno omrežje se nenehno spreminja, zato je treba najmanj dvakrat na leto osvežiti model. Model se gradi in obnavlja prek urejevalnika modelov, na katerem je omogočeno tudi izvajanje različnih poenostavitvev.



- GIS - geografski informacijski sistem
 PROZIS - proizvodni informacijski sistem
 SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition
 TOŠ - Toplarna Šiška

Slika 2: Prikaz delovanja programa TERMIS v JPE [1]

4 ORGANIZACIJSKA STRUKTURA

TERMIS v podjetju uspešno uporabljajo v razvojnem oddelku. V njem se ukvarjajo predvsem s statičnimi analizami, ki zajemajo načrtovanje sistema, izdelavo hidravličnih in termičnih analiz, določitev robnih pogojev za distribucijo energije in optimalne konfiguracije črpališč, ugotavljanje kritičnih točk v sistemu in dimenzioniranje toplovodne mreže.

Dinamično spremljanje značilnosti sistema se uporablja kot osnova vodenja in nadzora nad omrežjem v realnem času, ki se v fazi uvajanja programa TERMIS ročno izvaja v oddelku Procesno vodenje, ki je del službe Center za vodenje.

Sodelovanje med oddelki je dovolj prožno, saj stalna povezava skrbi za takojšen prenos podatkov.

5 NAMEN UVEDBE PROGRAMA TERMIS

Namen uvedbe programa TERMIS je izgradnja termohidravličnega modela vročevodnega omrežja, s katerim bi dosegli zastavljene cilje [1]:

Zmanjšanje toplotnih izgub

Toplotne izgube so posledica prehoda toplote iz vroče vode v okolico, ki jih je mogoče zmanjšati, ne pa v celoti odpraviti. Zmanjšamo jih lahko s povečanjem debeline izolacije ali optimizacijo obratovanja. Povečanje debeline izolacije celotnega omrežja ni izvedljivo (ekonomsko in organizacijsko), zato je zmanjšanje toplotnih izgub dosegljivo zlasti z optimizacijo dovodne temperature vode. Zaradi velikosti omrežja je transportni čas do najbolj oddaljenih delov omrežja tudi do šest ur. To pomeni, da mora operater pravilno predvideti temperaturo dovoda in pri tem upoštevati odzivni čas. Ker pred uvedbo programa TERMIS nismo imeli ustreznega orodja, je bila nastavitev te temperature popolnoma odvisna od izkušenj posameznega operaterja. Zaradi zagotavljanja zanesljivosti oskrbe je bila temperatura dovoda velikokrat previsoka, kar je pomenilo večje toplotne izgube zaradi večje temperaturne razlike med temperaturo vode in okolico cevi [1].

Kakovost in zanesljivost oskrbe s toplotno energijo

Velikega pomena je poznavanje trenutnega stanja na omrežju, saj lahko tako dovolj zgodaj odkrijemo napake na omrežju in ustrezno ukrepamo. Poznavanje trenutnih razmer prav tako zagotavlja kakovostno oskrbo odjemalcev, saj imamo v vsakem trenutku na voljo informacijo o osnovnih parametrih (temperature, tlak, pretok).

Zagotavljanje konkurenčnih cen

Z zmanjšanjem toplotnih izgub, optimalnim vodenjem proizvodnje in zgodnjim opozarjanjem na napake lahko znižamo stroške obratovanja, kar bi pomenilo ohranjanje konkurenčnih cen daljinskega ogrevanja.

Optimalno načrtovanje

Pri širitvi je treba omrežje optimalno dimenzionirati. Prav tako je treba izvesti številne simulacije obratovanja pri načrtovanju prihodnjih širitvev omrežja, kot so: postavitve novih proizvodnih virov, črpališč, akumulatorjev toplote ... Brez sistema TERMIS to praktično ni mogoče.

Zmanjšanje emisij CO₂

Z zmanjšanjem izgub se zmanjša tudi poraba fosilnih goriv in s tem tudi emisije CO₂. Zmanjšanje emisij je v skladu s programom razvoja Energetike Ljubljana do leta 2010.

Povišanje stopnje nadzora nad obratovanjem

Z uvedbo programa TERMIS se bistveno zviša stopnja možnosti analiz in nadzora nad obratovanjem, poleg tega se pravočasno uvajajo preventivni in kurativni ukrepi.

Povišanje stopnje znanja

Z uvedbo programa TERMIS se bistveno zviša stopnja znanja zaposlenih o daljinski energetski oskrbi.

6 FAZE PROJEKTA

Statično modeliranje

Za izgradnjo modela vročevodnega omrežja so potrebni podatki o lastnostih posameznih objektov oz. elementov omrežja, kot so cevi, porabniki (toplotne postaje), proizvodni viri, črpališča in regulacijski ventili.

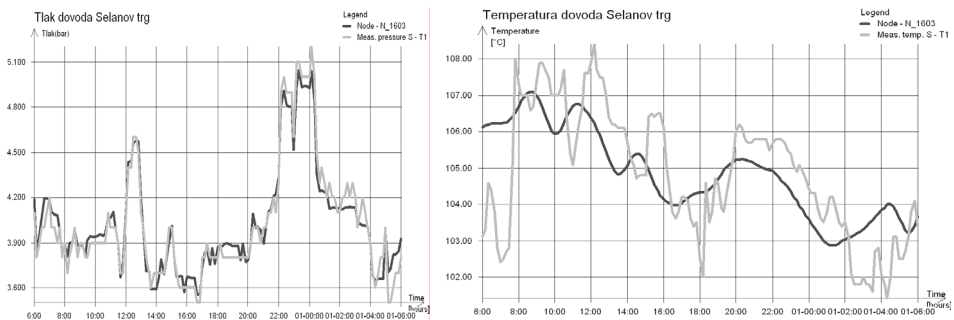
Topologija omrežja je evidentirana v sistemu GIS, v katerem so vsi potrebni geografski podatki z atributi, podatki o priključni moči in tipu toplotnih postaj pa so evidentirani v posebni aplikaciji za kontrolo števecv (BREZA).

Obe bazi podatkov je bilo treba povezati tako, da so vsi ključni podatki združeni v isti preglednici. Tako pripravljene podatki so bili uvoženi v modul Urejevalnik modelov, v katerem je bil zgrajen model vročevodnega omrežja, ta pa je bil nato prenesen v modul za termohidravlično modeliranje [2].

Opravljeni so bili prvi statični izračuni. Njihovi rezultati so nam razkrili napake v sistemu GIS, in ustrezne službe (oddelek Kataster) so jih že odpravile.

Umerjanje

S časom se lastnosti cevi v daljinskih energetskih sistemih spreminjajo zaradi korozije in staranja izolacije. Zato je pri gradnji termohidravličnega modela nujno umerjanje na podlagi meritev [2]. Ročno umerjanje modela je zaradi velikosti vročevodnega sistema precej zamudno in praktično nemogoče [1].



Slika 3: Rezultati umerjanja hidravličnih in termičnih parametrov

TERMIS ima poseben modul za umerjanje vročevodnega omrežja, ki je relativno preprost za uporabo. Osnovna ideja umerjanja je tako prilagajanje parametrov cevi, da dobimo merjeno vrednost.

TERMIS izračunava padec tlaka po enačbi [3]:

$$\Delta p = (K_1 + K_2 D) \rho \left(2 \frac{L_f V |V|}{D} + g(Z_d - Z_u) \right)$$

Δp	padec tlaka (Pa)	v	hitrost tekočine (m/s)
ρ	gostota (kg/m^3)	g	gravitacijski pospešek
L	dolžina cevi (m)	z_d	spodnji položaj cevi
f	faktor upora cevi (-)	z_u	zgornji položaj cevi
D	notranji premer cevi (m)	K_1	kalibracijski faktor 1
K_2	kalibracijski faktor 2 (m^{-1})		

Vidimo, da z umerjevalnimi faktorji vplivamo na faktor trenja v cevi, pretok, premer cevi in geografsko lego cevi (vozlišča).

Pri umerjanju termičnih parametrov se prilagaja koeficient toplotne prevodnosti cevi.

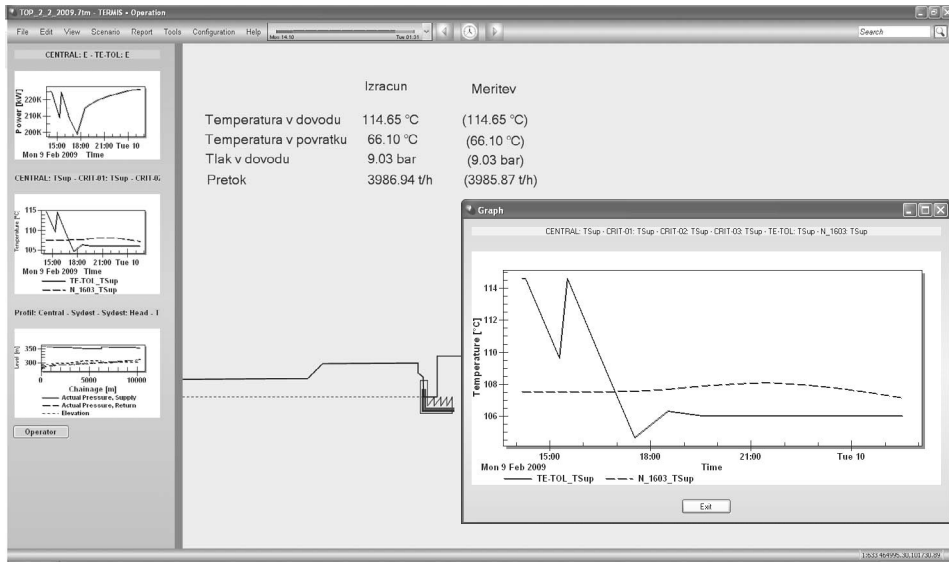
Na sliki 3 so predstavljeni rezultati umerjanja na eni od merilnih točk. Na levi sliki je prikazano ujemanje izračunane in merjenje vrednosti tlaka, na desni pa ujemanje izračunane in merjenje vrednosti dovodne temperature v 24 urah. Kot vidimo, so ujemanja dokaj velika, s tem da je treba pri temperaturi dovoda upoštevati transportni čas od vira do te točke.

Simulacija obratovanja vročevodnega omrežja s programom RP TERMIS

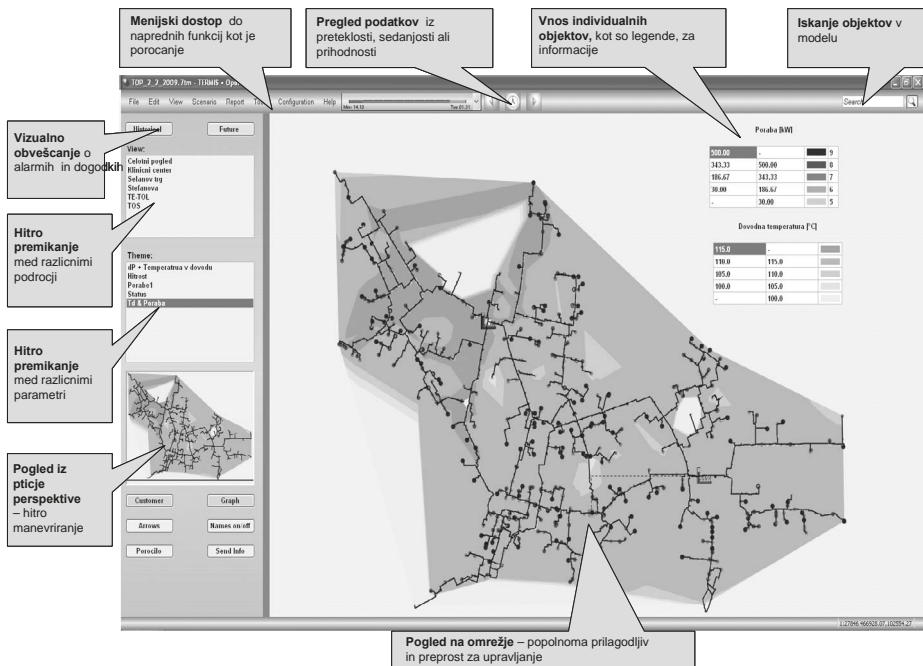
Tako pripravljene in umerjene modele smo na podlagi programa TERMIS prenesli v modula za obratovanje v realnem času in izvajanje optimizacij. V njih se vsi robni pogoji, ki so potrebni za izvedbo simulacije, nadomestijo s trenutnimi vrednostmi iz sistema. Poleg tega je mogoče model razdeliti na posamezne cone, pri čemer moramo imeti podatek o tem, koliko pretoka gre v posamezno cono.

Vsi podatki, potrebni za simulacijo v realnem času, se prenašajo iz SCADA-sistema, podatki o vremenski napovedi pa iz posebnega vmesnika MePIS. Pri tem se preverja starost ključnih podatkov. Pri prekoračitvi nastavljenih vrednosti se pošlje alarm: elektronska pošta ali SMS-sporočilo. Trenutno se omenjeni moduli preskušajo na podlagi časovnih skal sistema JPE. Da bi lahko sledili hitrim spremembam v sistemu, je treba model poenostaviti in tako skrajšati računski čas. Še zmeraj pa je treba ohraniti temeljne značilnosti distribucijskega sistema.

Na sliki 4 sta predstavljeni modula za obratovanje v realnem času in izvajanje optimizacij, na katerih se vidijo trenutne razmere na proizvodnem viru, dan pa je tudi primer napovedi temperature v dovodu na posameznih točkah.



Slika 4: Prikaz trenutnih razmer na proizvodnem viru in primer optimizacije



Slika 5: Pogled na uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik je prilagojen tako, da kar najbolj ustreza individualnim potrebam operaterjev, kot je prikazano na sliki 5. S klikom na katerikoli objekt v omrežju lahko operater preveri podatke, kot sta tlak ali temperatura na neki lokaciji, in tako lahko takoj odgovori na povpraševanje stranke. Nastavljeni so tudi alarmi za nekatere parametre [3].

TERMIS je osnova za doseganje popolnega pregleda nad omrežjem in ponuja številne dodatne funkcije in module, ki pomagajo do nadaljnjih prihrankov pri obratovalnih in naložbenih stroških [4].

V prvi fazi sta bila poleg statičnih modulov uvedena tudi modula delovanje v realnem času in temperaturna optimizacija, v naslednjih letih pa se predvideva še uvedba modula za optimiziranje črpalk in proizvodnje.

7 SKLEPNE UGOTOVITVE

Uvedba sistema TERMIS je tehnično in organizacijsko zahteven projekt. Že na začetku izvajanja smo se srečali z nepredvidenimi situacijami.

Temelj za uvedbo sistema za upravljanje daljinskih energetskih sistemov je dobro urejen GIS, na podlagi katerega se izdelajo statični model, meritve na omrežju za potrebe umerjanja in poznejšega vodenja sistema v realnem času ter SCADA-sistem, prek katerega zajemamo trenutne vrednosti posameznih parametrov.

V našem primeru smo s termohidravličnimi analizami v programu TERMIS zaznali nepravilnosti, ki so se pojavljale v sistemu GIS in ki jih je ustrezna služba nato odpravila. Pomembno je, da se umerjanje modela, v katerem je poudarek na dovodni temperaturi in tlačni razliki na najbolj oddaljenem ali kritičnem delu mreže, izvede med velikimi obremenitvami (pozimi) in majhnimi obremenitvami (poleti), da se v modelu pokažejo sezonske spremembe. To pa pomeni, da se umerjanje izvaja vsaj eno celo sezono. Pri tem smo opazili tudi nekatera odstopanja in nelogične podatke iz meritev, ki jih zato nismo upoštevali v postavitvi modela.

Vsi moduli so bili uvedeni do konca oktobra 2008, od takrat pa se delovanje sistema spremlja ob različnih sistemih delovanja omrežja in konfiguriranja različnih parametrov. Trenutno se sistem uporablja v oddelku Razvoj za načrtovanje, dimenzioniranje in preverjanje novih priključitev. V nadzornem centru se sistem polni z robnimi pogoji in izvaja optimizacijo temperature v dovodu. Operaterji počasi znižujejo temperaturo v dovodu proti predlaganim vrednostim, saj ne želijo, da bi se sistem podhladil. Pričakujemo, da bo po eni sezoni obratovanja zaupanje v sistem tolikšno, da bodo vsi operaterji upoštevali njegove predloge.

Pričakovani rezultati uvedbe sistema TERMIS so predvsem zmanjšanje toplotnih izgub za 8–12 %, kar pomeni 1,3–1,5 % rabe primarne energije.

Za zagotovitev zanesljivega obratovanja sistema so potrebni redne kontrole merilnih mest

(tlak, pretok, temperatura) in delovanja odjemnih mest (temperaturna razlika), tipizacija odjemalcev, sledenje spremembam v sistemu GIS, izgradnja novih strateških merilnih mest za še natančnejše vodenje sistema daljinskega ogrevanja in ne nazadnje usposabljanje za delo s sistemom. Vse to od zaposlenih na začetku zahteva precej dejavnosti, ki pa v nadaljevanju prinesejo prednosti za različne službe v distribucijskem podjetju. Nadzorni center je pridobil orodje, ki izkušnim operaterjem omogoča natančnejše vodenje parametrov distribucije in proizvodnje energije, mlajšim neizkušnim operaterjem pa hiter pregled nad sistemom in mnogo hitreje uvajanje. Distribucija pridobi pregled nad trenutnim stanjem na omrežju tudi tam, kjer ni meritev, razvoj pa je dobil orodje, s katerim je mogoče hitro in preprosto izvajati različne analize. Učinki prihrankov energije zaradi znižanja temperature dovoda se bodo pokazali v naslednjih sezonah, ko bo sistem v celoti zaživel.

8 LITERATURA

- [1] Bajrić, S. Programsko orodje za tehnično ekonomsko optimizacijo vročevodnega omrežja, Dokument identifikacije investicijskega projekta št. DIIP 07/01, JPE. Januar 2007.
- [2] Žun, I., Perpar, M., Polutnik, E., Rek, Z., Pečar, M., Bajrić, S. Izdelava fizikalnega modela za določanje toplotnih izgub na vročevodnem omrežju sistema daljinskega ogrevanja v Ljubljani; Fakulteta za strojništvo Ljubljana, LFDT. Oktober 2006.
- [3] Ougaard, P. in drugi, Termis Operation Help Manual; Seven Technologies A/S, www.7t.dk. Januar 2009.
- [4] Iversen, S., Ougaard, P., Loppenthien, J. K. Dynamic Temperature Optimization Providing Instant Result; EuroHeat&Power English edition; Vol. 3, II/2006.