

DINAMIČNO OPTIMIRANJE OBRATOVANJA VROČEVODNIH SISTEMOV

DYNAMIC OPTIMIZATION OF THE FUNCTIONING OF THE DISTRICT HEATING SYSTEMS

Jože Torkar, Andrej Jakl*, Darko Goričanec**, Alan Perc***, Marjan Robič****

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

*ASD&S, Maribor

**Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor

***Javno podjetje Toplotna oskrba, Maribor

****JEKO-IN d.o.o., Jesenice

Povzetek:

V prispevku je predstavljen sodoben pristop k racionalnem načrtovanju in izgradnji, ter optimalnem obratovanju in vzdrževanju daljinskih energetskega sistemov.

Opisani sistem je modularen. Programski modul za načrtovanje omogoča optimalno načrtovanje cevni mrež, sistem za daljinski nadzor in vodenje (SCADA) omogoča učinkovito upravljanje in vzdrževanje izvršilnih elementov v sistemu ter zajem podatkov, tehniški informacijski sistem (TEHIS) omogoča vnos vseh potrebnih geoinformacijskih, tehniških in poslovnih podatkov, razširjeni sistem za hidravlično analizo cevni mrež (HACM) pa v realnem času analizira stanje energetskega sistema. V fazi testiranja so optimizacijski programski moduli, ki vnaprej določajo optimalne režime obratovanja izvršilnih elementov in preko SCADA modula optimirajo režime obratovanja upravljanega sistema.

Ključne besede: sistem za hidravlično analizo cevni mrež, HACM, tehniški informacijski sistem, TEHIS, GIS, daljinski nadzor in vodenje, SCADA, optimizacija in racionalizacija obratovanja vročevodnih sistemov.

Summary:

This article introduces a modern approach to rational planning and building, as well as optimal functioning and maintenance of remote energy supplying systems.

The system here described is a module system. The planning module enables the optimal design of the pipe networks, the Supervisory Control and Data Acquisition system (SCADA) makes it possible to effectively govern and maintain the executive elements of the system along with the data collecting. The Technical- Information System (TEHIS) enables the user to put in all needed geoinformation together with technical and business data, whereas the extended System for Hydraulic Analysis of the Pipe Networks (HACM) analyses

the state of the energy supplying system in real time. Optimization modules that determine in advance the optimal regimes of the functioning of the executive elements and make the functioning of the controlling system more effective, using SCADA module, are in the testing phase.

Key words: System for Hydraulic Analysis of the Pipe Networks, HACM, Technical-Informatical system, TEHIS, GIS, remote control and operation, SCADA, optimization and rationalization of the functioning of the district heating systems.

1. UVOD

Hidravlični izračuni pri dimenzioniranju omrežja **daljinskega ogrevanja** imajo dolgo tradicijo. S hitrim razvojem računalniške tehnologije so postala programska orodja za izvajanje **hidravličnih** izračunov vedno bolj učinkovita. V približno istem času se je začel razvoj **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemov za nadzor in upravljanje procesov v sistemih **daljinskega ogrevanja**. Ta tehnološki razvoj v kombinaciji z vse večjim poudarkom na optimizaciji energetskih naprav ustvarja primerno tehnološko podlago in nakazuje potrebo distributerjev toplote po integraciji sistemov za **hidravlično analizo v SCADA** sisteme.

Istočasno je kakovost razpoložljivih podatkov o cevnih omrežjih, odjemalcih, geometrijskih značilnostih, itd. precej velika. Pogosto podatki niso zbrani v primerni obliki, niso uporabljeni na pravem mestu in ob pravem času. To pomeni, da mnogo zbranih podatkov ne predstavlja koristnih informacij za upravljanje procesa. Z združevanjem podatkov zbranih iz različnih virov in kasneje primerno razdelitvijo le-teh v podjetju lahko podatke spremenimo v koristne informacije in s tem dosežemo želeni cilj.

Moderni in tehnološko izpopolnjeni programi za simulacijo delovanja sistemov **daljinskega ogrevanja** nudijo nove, napredne rešitve za integracijo modelov za **hidravlične analize** cevnih mrež v sisteme za **daljinski nadzor** in upravljanje sistemov (**SCADA**) ter poslovni sistem podjetja. Nekaj primerov obstoječih poslovnih sistemov: TEHIS (TEHniški Informacijski Sistem), **GIS** (Geographical Information System), CIS (Customer Information System), MIS (Management Information System) in ERP (Enterprise Resource Planning). Integracija sistemov olajša zbiranje podatkov, omogoča spremljanje delovanja sistema **daljinskega ogrevanja** v realnem času ter pospeši procese odločanja. Nadalje omogoča celovitejši nadzor in upravljanje s cevnimi omrežji in procesi v sistemu **daljinskega ogrevanja**, nudi vse možnosti za optimizacijo sistema **daljinskega ogrevanja** in doseganje ekonomskih prihrankov ter s tem povečanje konkurenčnosti ponudnikov storitev.

2. RAZVOJ SISTEMA ZA DINAMIČNO OPTIMIRANJE OBRATOVANJA VROČEVODNIH SISTEMOV

Danes vodenje sistemov **daljinskih ogrevanj** običajno temelji na filozofiji »spremljaj in reagiraj«. Šele, ko gre nekaj narobe in stranka sporoči težavo, vzdrževalno osebje začne na terenu raziskovati vzroke problema. Vzdrževalna struktura zaradi tega pogosto ni učinkovita, saj se v sistemu **daljinskega ogrevanja** lahko pojavlja preveč med seboj povezanih dogodkov, ki vplivajo na njegovo delovanje.

Sistem za dinamično optimiranje obratovanja vročevodnih sistemov ni le programski paket, ki ga uporabljamo le občasno, torej le takrat, ko potrebujemo neko informacijo o delovanju vročevodnega sistema. Podatki iz vročevodnega sistema se osvežujejo v realnem času, vedno so zagotovljene ažurne informacije o obratovanju sistema. Zato je model za upravljanje tudi bolj uravnotežen. Takšen sistem za nadzor, upravljanje in optimiranje je učinkovito orodje v rokah vodstva podjetja. Omogoča mu učinkovito upravljanje in nadzor vročevodnega sistema, kot tudi pravočasno servisiranje in učinkovito vzdrževanje elementov sistema.

Programski paket lahko uporabljamo tudi za operativno načrtovanje in analize izgradnje novega, oz. rekonstrukcijo ali širitev obstoječega omrežja. Tu lahko dosežemo velike

prihranke z izbiro najprimernejše rešitve in izločitvijo ekonomsko slabih rešitev še preden se le-te izvedejo.

Zaradi uvedbe obračunavanja energije po dejanskem odjemu ter izvajanjem drugih ukrepov za učinkovito rabo energije se je potreba po proizvodnji toplote v mnogih sistemih **daljinskega ogrevanja** v srednji in vzhodni Evropi precej zmanjšala. S **hidravličnimi analizami** lahko ugotovimo tlačne in pretočne razmere v cevnem omrežju, z nastavitvami pretokov na ključnih mestih omrežja pa dosežemo optimalno delovanje omrežnih črpalk. V določenih primerih, v kolikor še nimamo vgrajenih frekvenčnih regulatorjev motorjev črpalk, je rezultat tudi izločitev posameznih omrežnih črpalk iz obratovanja. S takšnimi ukrepi dosežemo znatne ekonomske učinke zaradi zmanjšanja toplotnih izgub in manjših stroškov električne energije. In ne le to. Z izvajanjem nadzora sekundarnih sistemov pri odjemalcih toplote lahko vnaprej določimo potrebno toploto moč proizvodnih virov. Prav tako lahko v primeru širitve obstoječih kapacitet s priključevanjem novih uporabnikov tudi ugotovimo, ali so posegi v vročevodno omrežje oz. povečanje proizvodnih kapacitet sploh potrebni. Pogosto se izkaže, da ti posegi niso potrebni in s tem prihranimo znatna sredstva za nepotrebne investicije v širitev kapacitet vročevodnega omrežja. Praksa nakazuje, da so bile določene investicije v preteklosti nepotrebne, načrtovanje cevnih omrežij pa bistveno težje in povrhu manj učinkovito.

3. RAZVOJNE SMERNICE OPTIMIZACIJSKEGA SISTEMA ELTEC MULEJ

Pri razvoju sistema za dinamično optimiranje vročevodnih omrežij smo združili znanje in dolgoletne izkušnje podjetij EL-TEC Mulej Bled, ASD&S Maribor, Univerze v Mariboru, JEKO-IN Jesenice in TOM Maribor. Osnovni cilji uvedbe sistema so povečanje učinkovitosti, izboljšanje kakovosti uslug in doseganje čim nižjih obratovalnih stroškov proizvajalcem in distributerjem toplote. Uvedba sistema za dinamično optimiranje vročevodnih sistemov bo prinašala dobaviteljem toplote naslednje prednosti:

- Obratovalni prihranki se dosegajo z optimizacijskim programskim modulom za črpalke in modulom za napovedovanje toplotnih potreb. Optimizacijski modul za črpalke določa optimalne obratovalne točke črpalk vsakih nekaj minut in deluje na principu čim nižjih stroškov. Modul za napovedovanje toplotnih potreb na podlagi podatkov iz krmilnikov toplotnih postaj in vremenskih pogojev 2-5 ur vnaprej določa toplotne potrebe vročevodnega omrežja. Na podlagi teh informacij lahko pravočasno in optimalno zmanjšamo ali povečamo proizvodnjo toplote.
- Sistem opravlja meritve pretoka, tlakov in temperatur na ključnih mestih vročevodnega sistema in po potrebi opozori upravitelja, kadar delovanje sistema odstopa od predvidenih mej. Ker sistem tudi vnaprej napoveduje stanje v vročevodnem sistemu, so lahko nekatera opozorila sporočena več ur prej, kot dejansko nastopijo. Tako lahko vzdrževalna služba dobavitelja toplote s pomočjo tega sistema doseže bistveno zanesljivejše obratovanje sistema in znatne prihranke z reševanjem vzrokov za napoved alarma še preden ti postanejo resen problem ali motnja v obratovanju.
- Z boljšim načrtovanjem in optimizacijo sanacijskih ukrepov za doseganje ekonomičnejšega obratovanja vročevodnega omrežja se lahko dosežejo tudi znatni investicijski prihranki. Tu je zlasti pomembna pravilna določitev črpališč, vršnih kotlovnih in ključnih mest v vročevodnem omrežju, kjer bi bila upravičena vgradnja regulatorjev pretoka in tlaka.

Sistem ponuja uporabnikom še naslednje možnosti:

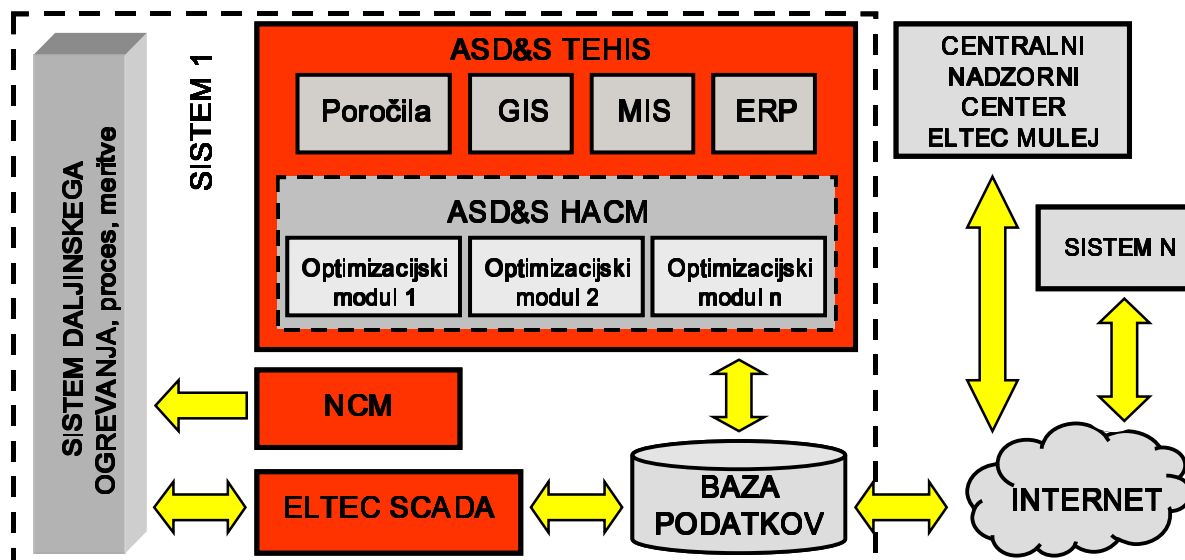
- Ponuja selektivno dostopnost do vseh zbranih podatkov vsem v podjetju, kar je prvi pogoj doseganja dobrih poslovnih rezultatov.
- Sistem pretvarja dobljene podatke in rezultate izračunov optimizacijskih programskih modulov v uporabne informacije, ki se lahko koristno uporabijo za ekonomičnejše vodenje obratovanja vročevodnega sistema, načrtovanje, vzdrževanje in učinkovito servisiranje strank. Tekoče bodo dostopne informacije, za pripravo katerih bi sicer potrebovali dneve ali tedne.
- Če je to zaželeno, lahko porazdelitev podatkov po podjetju, zabriše prejšnje, pogosto toge, organizacijske meje.
- S postopnim uvajanjem novega modularnega sistema, vzporedno k že obstoječim sistemom v podjetjih, je lahko zamenjava tehnologije opravljena sočasno ob tekočem načinu upravljanja vročevodnega sistema. Tak pristop je zelo pomemben zaradi tega, da se izognemo zadržkom vodstva podjetij zaradi tveganja ob uvajanju novih, modernejših tehnologij in delovnih postopkov.
- Z izvajanjem analiz koristi doseženih z uvedbo novega sistema ter s primerjavo z možnostmi, ki jih je nudil prejšnji sistem in organizacijska struktura se pridobijo nove informacije, ki so izredno pomembne za doseganje še boljših poslovnih rezultatov obenem pa tudi omogočajo pravilno usmerjanje razvojnih aktivnosti.

Sistem za dinamično optimiranje obratovanja vročevodnih omrežij je lahko nameščen kot samostojen sistem ali pa deluje na strežniški način. Dostop do strežnika je mogoč preko interneta. Manjši dobavitelji toplote lahko tako dostopajo do optimizacijskih modulov tudi sami na daljavo ali pa jim večja podjetja ponudijo nadzor, upravljanje in vzdrževanje sistema za optimizacijo. Na ta način večja podjetja lahko ponudijo 24 urno vodenje in servis vročevodnih sistemov ter njihovo optimiranje v realnem času.

4. SISTEM ZA DINAMIČNO OPTIMIRANJE OBRATOVANJA VROČEVODNIH SISTEMOV ELTEC MULEJ

Programski paket ELTEC MULEJ dobaviteljem toplote olajša upravljanje z vročevodnim sistemom, nudi jim nove možnosti za izboljšanje učinkovitosti obratovanja in s tem tudi povečanja konkurenčnosti na trgu. Programski paket je sestavljen modularno in ga v podjetje lahko uvajamo postopoma. Ogrodje sistema sestavljajo trije glavni moduli:

1. NCM Modul za optimalno načrtovanje cevnih mrež.
2. ELTEC **SCADA** Sistem za **daljinski nadzor** in upravljanje toplotnih postaj in distribucijskega omrežja.
3. ASD&S TEHIS Tehniški informacijski sistem, ki omogoča vnos in obdelavo potrebnih geoinformacijskih, tehniških in poslovnih podatkov.



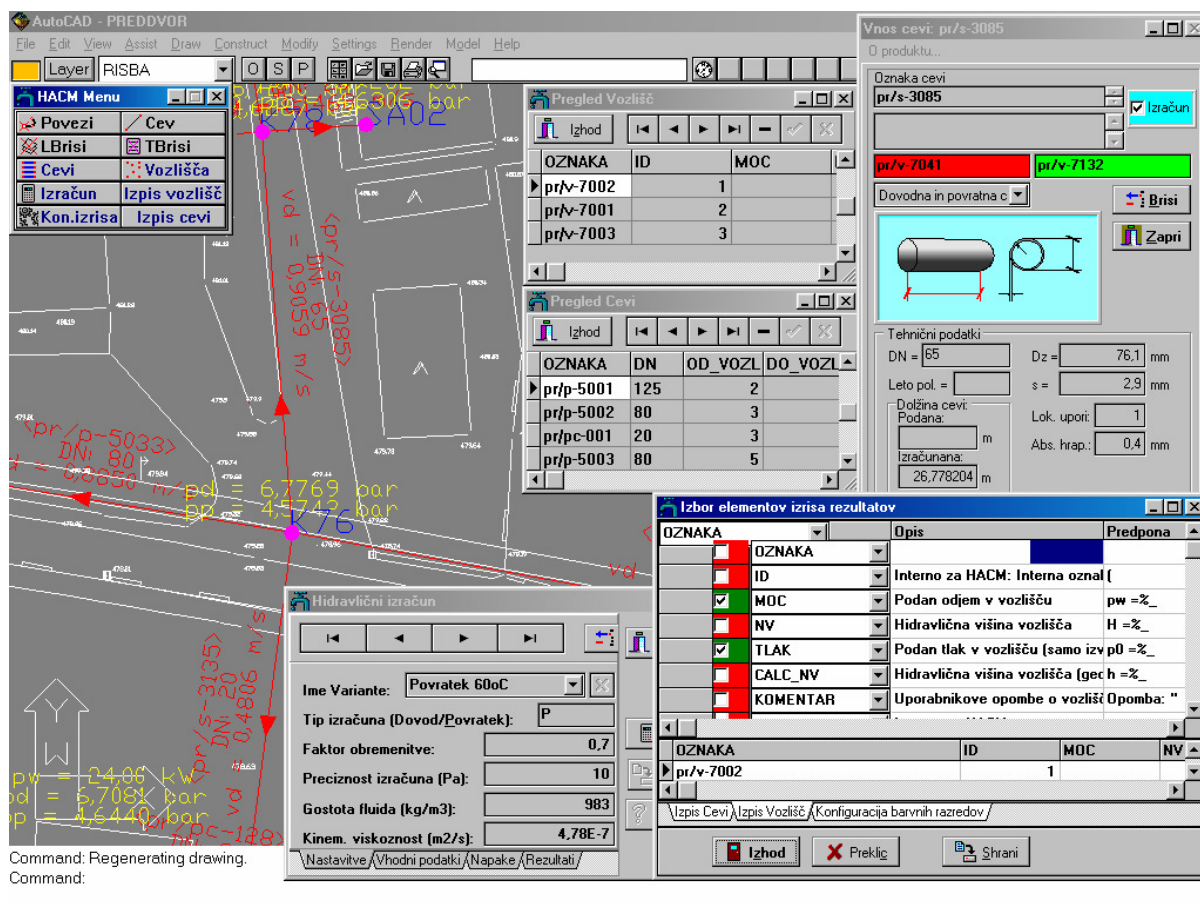
Slika 1: Shema sistema za dinamično optimiranje obratovanja vročevodnih sistemov

Z nadzorom in upravljanjem v realnem času se doseže veliko boljše razumevanje obnašanja cevne mreže. Predstavljeni sistem je samoadaptiven. Deluje tako, da preko **SCADA** modula zajema podatke in opravlja meritve v vročevodnem sistemu in jih preko podatkovne baze posreduje tehniškemu informacijskemu sistemu (TEHIS). Dobavitelj toplote uporablja TEHIS kot »okno« za vstop v različne aplikacije podjetja vgrajene v sistem, hkrati pa lahko tudi posreduje vhodne informacije ostalim, za sam sistem zunanjim aplikacijam v podjetju, ki tako niso nujno tudi neposredno povezane v sam sklop sistema. V sebi združuje programske module za razširjeno **hidravlično analizo** cevnih mrež (**HACM**), sklope geoinformacijskega sistema (**GIS**), modul za izdelavo poročil in analize obratovanja, optimizacijske module, modul za vzdrževanje projektne in druge potrebne dokumentacije, modul za spremljanje podatkov o odjemalcih, modul za obveščanje odjemlcev (tudi preko interneta), itd. Razširjeni **HACM** modul predvideva in izračunava dogajanja v sistemu vnaprej, optimizacijski moduli pa na osnovi izračunanih optimalnih pogojev obratovanja elementov sistema preko **SCADA** modula povratno vplivajo na učinkovitost vodenja procesa.

Če vsemu temu dodamo še učinkovito alarmiranje in selektivno poročanje o dogodkih odgovornim v podjetju, dobimo močno, uporabniško prijazno orodje, ki olajša upravljanje vročevodnega omrežja, pospeši odpravljanje napak in s tem spodbuja zadovoljstvo strank ter omogoča, da so poslovni cilji podjetja doseženi.

4.1. Programski modul za načrtovanje cevni mrež, NCM

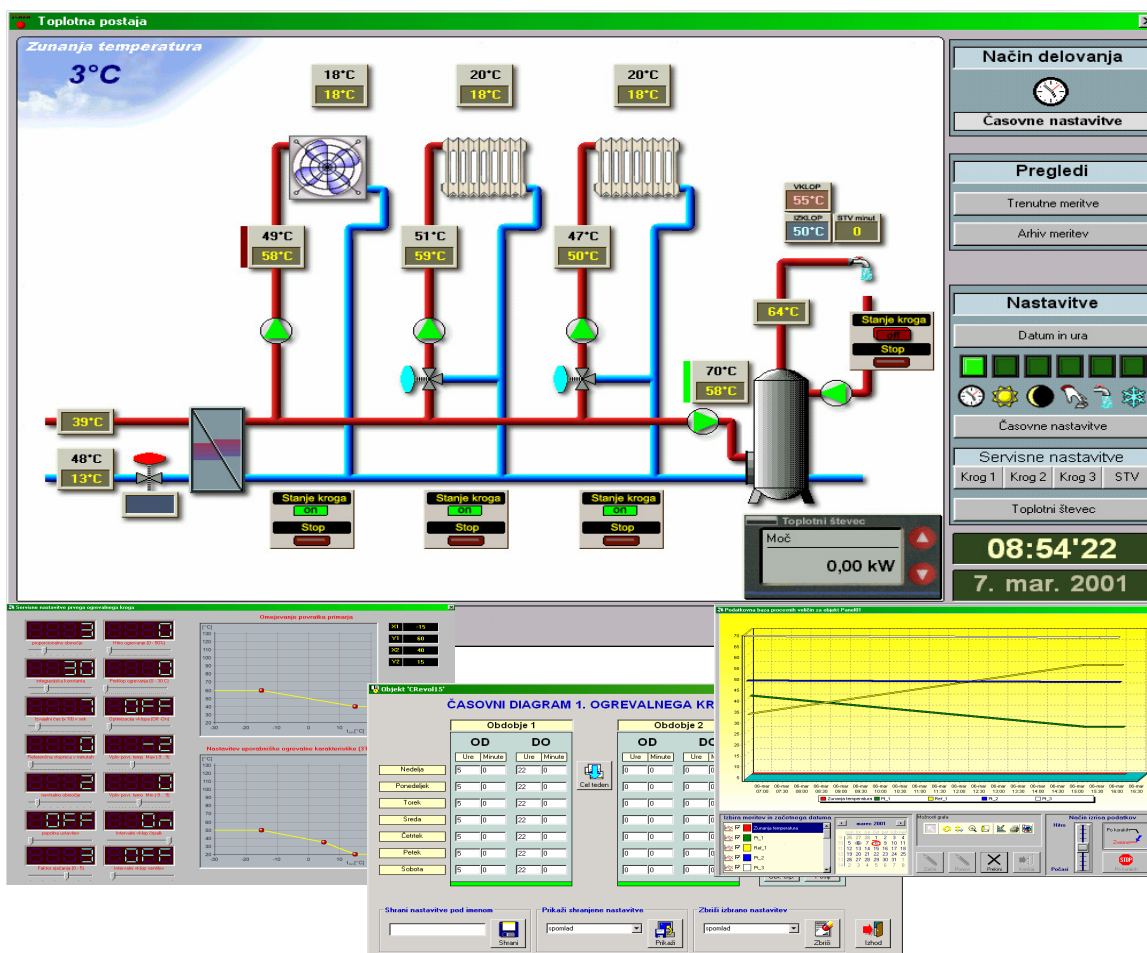
V. Strokovno posvetovanje Slovenskega društva za daljinsko energetiko,
 Daljinsko ogrevanje, hlajenje in oskrba s plinom v luči energetskega zakona
 Portorož, 11. – 12. marec 2002



Slika 2: Primer vnosa podatkov o cevni mreži, potrebnih za izračun pretočno-tlačnih razmer omrežja

Programski modul NCM je namenjen projektantom oz. investitorjem v sisteme **daljinskih ogrevanj**. Namenjen je za pravilno načrtovanje poteka in dimenzioniranje vročevodnih omrežij. Z modulom lahko izvajamo statične **hidravlične analize** cevne mreže, ugotavljamo tlačne in pretočne razmere v cevni mreži, ugotavljamo meje obstoječih proizvodnih kapacitet,...

4.2. Modul za daljinski nadzor in upravljanje sistemov, ELTEC SCADA



Slika 3: Primer nadzora in upravljanja s toplotnimi postajami preko ELTEC **SCADA** modula

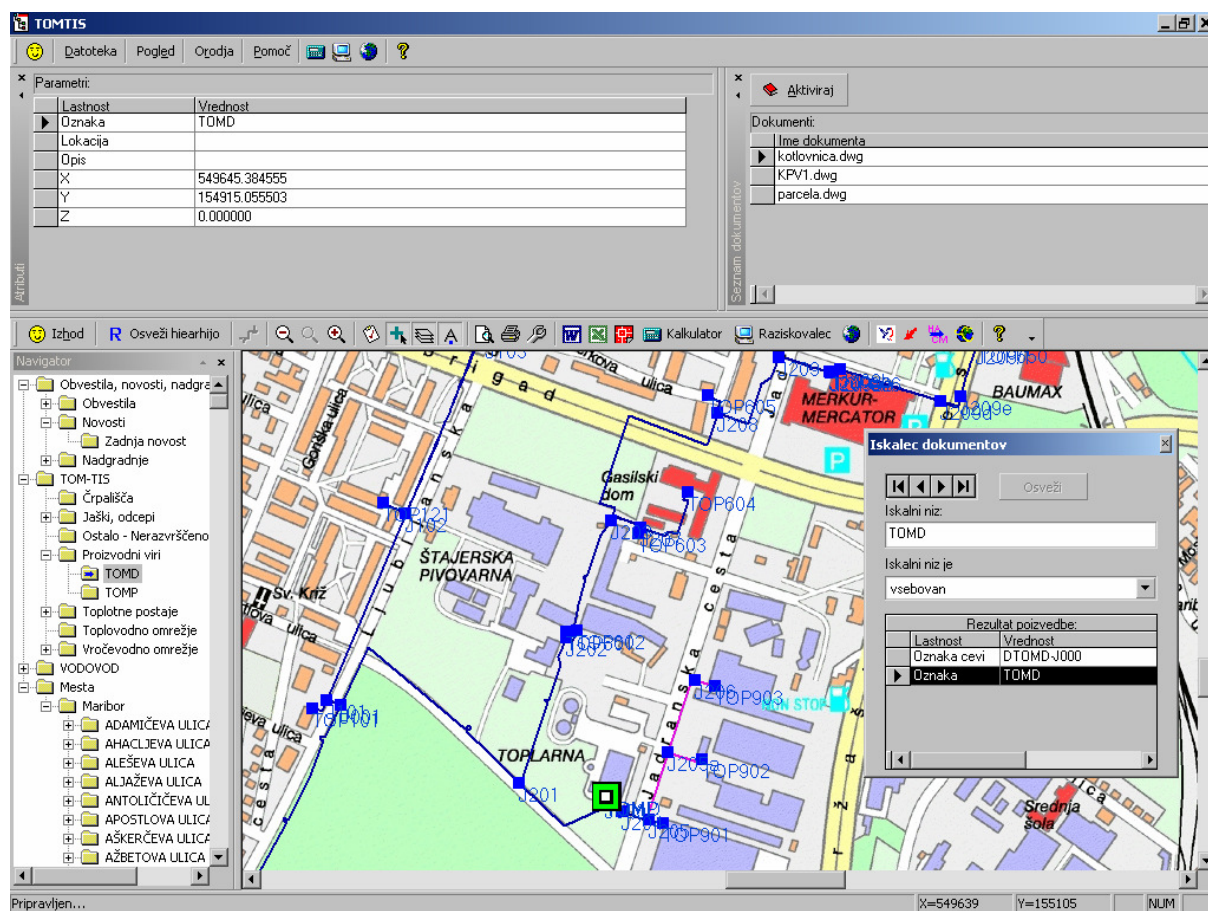
Modul za **daljinski nadzor** in upravljanje vročevodnih sistemov ELTEC **SCADA** omogoča:

- pridobivanje informacij za vodenje procesa (meritve temperatur, stanja regulacijskih ventilov, obtočnih črpalk, trenutna, maksimalna in minimalna moč, trenutni, maksimalni in minimalni pretok, meritve tlakov, ...),
- omejevanje dobave toplote v okviru zakupljene priključne moči objekta ali zaradi izravnave konic,
- integracijo ločenih sistemov za upravljanje obtočnih črpalk,
- spremljanje toplotnih izgub na vročevodni trasi,
- sprotno pošiljanje podatkov o okvarah in nepravilnem delovanju elementov v toplotnih postajah in vročevodnem omrežju v obliki alarmnih sporočil v center vodenja,
- **daljinsko** programiranje elektronskih regulatorjev iz centra vodenja,
- možnost tehnične pomoči vsem nadzornim centrom iz razvojnega centra in kratek odzivni čas,
- celovito servisno storitev vseh komponent sistema na eni telefonski številki.

Podatke dobljene iz procesa preko **SCADA** modula nato preko baze podatkov posredujemo tehniškem informacijskemu sistemu.

4.3. Tehniški informacijski sistem, ASD&S TEHIS

Dobavitelj toplote uporablja TEHIS kot »okno« za vstop v različne aplikacije integrirane v sistem, hkrati pa modul posreduje vhodne informacije tudi ostalim uporabniškim aplikacijam v podjetju, ki so lahko v sam sistem integrirane ali pa tudi ne.



Slika 4: Prikaz »okna« za vstop v modul ASD&S TEHIS

Sistemu lahko dodajamo različne optimizacijske module, kot so optimiranje delovanja obtočnih črpalk, predvidevanje pojavljanja toplotnih konic v sistemu, vključevanje vršnih kotlovnice v sistem in druge. S pomočjo teh modulov lahko bistveno izboljšamo učinkovitost vodenja vročevodnega omrežja. Dobavitelji toplote lahko dosegajo ekonomske prihranke v veliki meri s tem, da preprosto prepustijo programskemu paketu izvajanje simulacij dogajanja v cevem sistemu za štiri ali več ur vnaprej in na osnovi analize teh simulacij ter primerjave s trenutnimi merilnimi podatki določanje povratnih korekcijskih navodil za **SCADA** modul. Na primer: morda ne bo potrebno zaganjati kotla za pokrivanje zagonskih konic, ker se lahko namesto tega izkoristi akumulirano toplotno kapaciteto omrežja **daljinskega ogrevanja**, pri nekaterih večjih odjemalcih pa se morda lahko izkoristi funkcijo referenčne stopnice. Slednje je časovno obdobje, v katerem se temperatura dovoda zvišuje počasi, da se s tem prepreči preobremenitev. Koničnim

obremenitvam se izognemo tako, da pred koncem obdobja redukcije počasi zvišujemo referenčno temperaturo v dovodu. Na podoben način lahko zmanjšamo število sočasno delujočih kotlov v kotlarni, če so za to izpolnjeni vsi potrebni pogoji. V primeru kakršnihkoli nepravilnosti v sistemu **daljinskega ogrevanja** alarmi opozorijo operaterja na potrebo po odpravi napake ter ga oskrbijo z vsemi potrebnimi informacijami za hitro posredovanje (npr.: nedoseganje referenčne temperature, odstopanje tlaka v sistemu od dovoljenega, motnje v delovanju obtočnih črpalk, ...).

Posredne prednosti sistema se izkažejo v primerih, kadar spremembe v distribucijskem sistemu ali dopolnitve sistema **daljinskega ogrevanja** niso bile posredovane operaterju (npr.: zamenjava vročevodnih odsekov, delovanje regulacijskih ventilov, dodajanje toplotnih postaj v cevno mrežo, ...). V primeru starejšega, v praksi bolj razširjenega, off-line modela se mora operater popolnoma zanesti na podatke, ki mu jih posredujejo druge enote v podjetju. Predstavljeni sistem pa ugotavlja odstopanja med simuliranim stanjem in dejanskimi trenutnimi podatki dobljenimi preko **SCADA** sistema ter operaterja opozori, kaj in kje mora preveriti, spremeniti ali dopolniti ali pa v avtomatskem načinu samodejno preko **SCADA** modula (v okviru varnostnih omejitev) povratno vpliva na sprotno izvajanje korekcij v obratovanju sistema, ter tako na nek način izvaja "ekonomsko regulacijo" sistema.

5. ZAKLJUČEK

V zadnjih nekaj letih je v zahodni in severni Evropi prisoten trend po združevanju proizvajalcev in distributerjev toplote. Zaradi vedno večjih zahtev tržišča po boljših in cenejših storitvah ter vedno strožjih predpisov, morajo biti dobavitelji toplote vedno bolj učinkoviti in prilagodljivi. Vedno bolj je tudi prisoten trend po privatizaciji tega sektorja. Posledično so prisotne težnje po združevanju podjetij in doseganju čim nižjih obratovalnih stroškov z osnovnim namenom, zadovoljitve svojih lastnikov v njihovi želji po ustreznem donosu na kapital ob hkratni zadovoljitvi potreb svojih strank in zahtev oblasti. Ta trend se počasi, vendar vztrajno seli tudi v Slovenijo.

Z naraščajočim številom združenj podjetij in večanjem produkcijskih kapacitet se povečuje tudi koncentracija znanja in izkušenj. Zelo verjetno je, da bodo podjetja opremljena s kompleksnimi in zmogljivimi programskimi orodji ter »oborožena« s primernimi kadri s pomočjo interneta ponudila svoje storitve in prevzela odgovornost za upravljanje z vročevodnimi omrežji tudi ostalim proizvajalcem in distributerjem toplote v svoji bližnji in daljni okolici.

6. LITERATURA

- [1] Krobe J., Goričanec D.: Analysis of Pipe Networks Including Pumps, Energy and Buildings, Lausanne 17, 1991, pp.141-145.
- [2] Goričanec D., Krobe J.: Pretočno-tlačna analiza procesnih omrežij v odvisnosti od stopnje odprtosti ventilov, Strojniški vestnik, Ljubljana, 33, 1987, 10-12, pp.179-180.
- [3] Krobe J., Goričanec D. and Garbai L.: Optimal Design of Processing Networks, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Budapest 23, 1995, 3, pp.161 -165.

- [4] Goričanec D., Krope J.: Hydraulics Analysis of Overhead Steam Transport, Proceedings of the Sixth Asian Congress of Fluid Mechanics, Singapore, May 22-26, 1995, pp.1352-1355.
- [5] Jakl A., Krašna M., Goričanec D., Krope J., Jakl F.: Experiences with design of technical information system components, Artificial intelligence and soft computing : proceedings of the IASTED International conference, August 9-12, 1999, Honolulu, Hawaii - USA. Anaheim; Calgary; Zürich: IASTED/ACTA Press, 1999, 21-25.
- [6] Krašna M.: Technical information systems development and new organizations, Proceedings. Vol. 2, Information systems development, World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, July 23-26, 2000, Orlando, Florida, 78-81.
- [7] Jakl A., Krašna M., Jakl F., Goričanec D.: Developing Information Systems - Technical Systems, Proceedings of the IASTED International Symposia Applied Informatics, Innsbruck, Austria, 2001, 631-636.
- [8] Torkar J., Robič M., Erklavec M., Jakl A.: Odprti sistemi avtomatizacije – Sistem ELTEC MULEJ, revija EGES, 1/2001, 76-79.
- [9] Torkar J., Robič M., Erklavec M.: Odprti sistemi avtomatizacije - LONWORKS, IV zbornik SDDE, Portorož, marec 2001, 155-164.
- [10] Robič M., Torkar J.: Sistem **daljinskega nadzora** in upravljanja toplotnih postaj, III zbornik SDDE, Portorož, marec 2000, 139-148.