

**UPORABA INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE V SISTEMU  
CELOVITEGA ENERGETSKEGA UPRAVLJANJA**

*USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN END-TO-END ENERGY  
MANAGEMENT SYSTEM*

Milan Jungič, Jože Torkar, Blaža Perpar, Marjan Brelih, Tadej Jelušič,  
Matej Fröhlich Novkovič  
EL-TEC Mulej, d. o. o., Bled

POVZETEK

Prispevek predstavlja tehnologijo, izzive, primere in učinke, ki jih lahko dosežemo z uporabo sodobne informacijske tehnologije v sistemih za celovito energetske upravljanje, spremljanje in optimizacijo proizvodnje, distribucije ter porabe energentov in pitne vode. Z informacijskim programskim orodjem, razvitim v podjetju El-tec Mulej, d. o. o., Bled, se v centru za energetske upravljanje zbirajo podatki o porabi energentov in ključni procesni podatki. Podatki se prenašajo z različnih merilnih mest in elementov v procesih prek različnih komunikacij (radijske, internetne, prek GSM-naprav) in standardnih industrijskih protokolov, kot so LonWorks, M-Bus, Modbus in TCP/IP. Enotni podatkovni vmesnik skrbi za zbiranje podatkov in polnjenje glavne baze podatkov z meritvami na minutni, dnevni, tedenski in mesečni ravni. Programsko orodje omogoča izdelavo analiz delovanja teh sistemov in posledično analize učinkov izvedenih ukrepov, katerih cilja sta zmanjšanje rabe energije in povečanje kakovosti oskrbe. Poleg tega sta nalogi obravnavanega orodja opozarjanje na morebitne nelogične podatke in s tem zagotavljanje kakovosti podatkov ter priprava podatkov za potrebe inženirskih informacijskih orodij, ki omogočajo celovito in učinkovito vodenje energetskega sistema.

Ključne besede: energetske sistemi, daljinsko ogrevanje, vodovodni sistemi, gospodarna proizvodnja in distribucija toplote, prenos podatkov, analize, učinkovito vodenje, IT

*ABSTRACT*

*This paper presents technology, challenges, aspects and effects of using modern IT in management and optimization processes for production, distribution and consumption of energy and drinking water. With IT tool, developed in El-tec Mulej, d. o. o., Bled, we collect information about energy, drinking water usage and key process data. Data transfer is done using standard communications (radio, internet, GSM) and standard industrial communication protocols like LonWorks, M-Bus, Modbus and TCP/IP. Unified data interface software is used to collect data via different communication interfaces and to fill the main database with these measurements on minute, daily, weekly and monthly interval. Our software enables us to make comprehensive analysis of operated systems, which further enables us to analyze effects of taken measures, with the goal to rationalize energy consumption and improve distribution quality. Also, our software is constantly watching over the processes data, looking for anomalies, to assure the quality of collected data for further use in engineering software tools.*

*Keywords: energy distribution systems, district heating, water distribution systems, economical heat production and distribution, data transfer, analysis, efficient management, IT*

## 1 UVOD

Celovito energetska upravljanje objektov je proces, ki ga upravljavec nenehno izvaja s ciljem, optimizirati rabo energije in vode. Zajema analizo rabe in oskrbe z energijo in vodo, opredelitev šibkih točk, določitev ciljev glede rabe vode in energije ter izvedbo ekonomsko upravičenih ukrepov (naložb), ki omogočajo doseganje teh ciljev. Upravljanje v ožjem pomenu pa zajema načrtovano in vodeno obratovanje naprav ali energetskih sistemov, njihovo redno vzdrževanje, spremljanje doseganja zastavljenih ciljev in posredovanje ob njihovem nedoseganju.

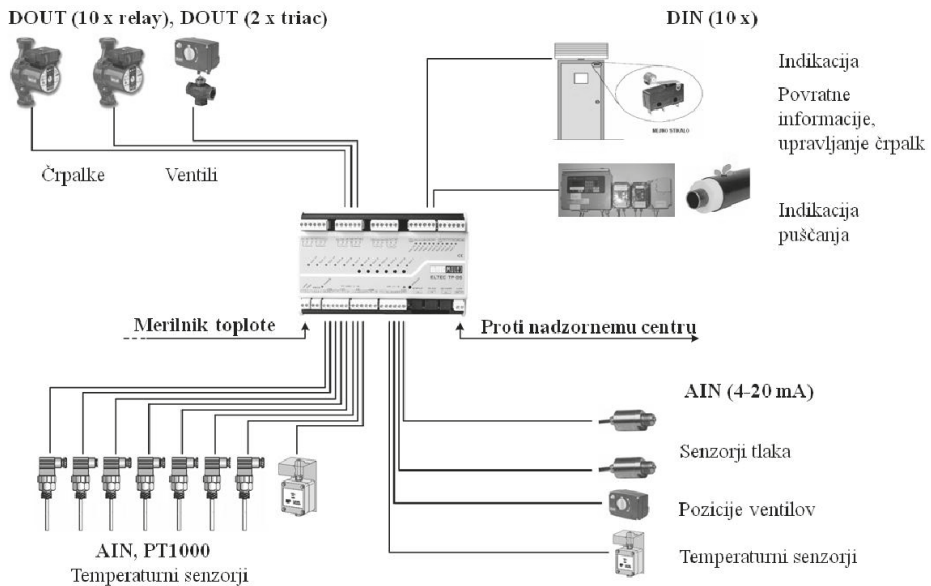
Za izvajanje procesa potrebuje upravljavec znanje in izkušnje. Sodobna informacijska tehnologija pripomore k večji tehnični in stroškovni učinkovitosti. V prispevku prikazujemo učinke, ki jih lahko dosežemo z uporabo sodobnih informacijskih tehnologij pri izvajanju celovitega energetskega upravljanja.

## 2 UPRAVLJANJE IN ZAJEM MERITEV

Pravilno načrtovanje upravljanja procesov in zajemanja meritev je eden od pomembnih dejavnikov procesa. S pravilnim načrtovanjem lokalnega upravljanja in senzorike lahko že veliko pripomoremo k zagotavljanju optimalnega doseganja parametrov obratovanja naprav oziroma energetskih sistemov. Zajem pravih meritev nam omogoča, da z orodji za celovito energetska upravljanje parametre obratovanja še izdatno izboljšamo, hkrati pa nadziramo učinkovitost delovanja sistemov in doseganje zahtevanih kazalnikov procesne učinkovitosti. Za upravljanje potrebujemo poleg meritev porabe energentov tudi meritve nekaterih ključnih veličin. Te meritve zajemamo z uporabo ustreznih vhodov na lokalni krmilni opremi (preglednica 1, slika 1).

Preglednica 1: Primeri uporabe različnih vhodov za zajem meritev na krmilni oz. regulacijski opremi

Digitalni vhodi (DIN):	Upravljanje krmilnih členov, prikaz delovanja krmilnih členov, okvare krmilnih členov, puščanj v cevovodih, vstopov v prostor, štetje impulzov (kumulativni pretok, raba energije ...)
Analogni vhodi (AIN):	Meritve tlaka, temperature, trenutnega pretoka ...
Vhodi PT 1000 in PT 100:	Meritve temperatur
Komunikacijska vrata M-Bus:	Zajem podatkov s števcem toplotne energije, pretočnih merilnikov, vodomerov ...



Slika 1: Zajem meritev in indikacij z elektronskim regulatorjem ELTEC TP-05

Za zajem teh meritev mora krmilna oz. regulacijska oprema zagotavljati primerno število ustreznih digitalnih in analognih vhodov (4-20 mA) ter komunikacijska vrata M-Bus, ki omogočajo priklop zadostnega števila merilnikov v skladu s standardom M-Bus EN60870.

Primer regulatorja z ustreznim številom vhodov/izhodov za vodenje in zajem meritev na toplotni postaji, v kotlovnici ali jaških sistema daljinskega ogrevanja je elektronski regulator ELTEC TP-05:

- 10 digitalnih vhodov, en impulzni (24 V enosmerne napetosti);
- 10 relejskih digitalnih izhodov;
- 2 triac digitalna izhoda za potrebe pretočne priprave sanitarne tople vode;
- 5 analognih vhodov 0-20 mA (ali 0-10V);
- 8 analognih vhodov tipa PT1000 za temperaturne senzorje;
- komunikacijska vrata M-Bus, ki omogočajo priklop največ petih naprav M-bus po standardu EN60870, ter
- SD/MMC-vhod za spominsko kartico z možnostjo lokalnega arhiviranja na izbranem intervalu ter shranjevanja in obnavljanja nastavitvev.

Za potrebe posredovanja podatkov v nadzorni center oz. SCADA-sistem mora biti krmilnik oz. regulator opremljen z ustreznimi komunikacijskimi vrati, ki omogočajo priklop naprave na komunikacijski medij za izmenjavo podatkov s sistemom daljinskega nadzora in upravljanja.

### 3 KOMUNIKACIJE

#### 3.1 Komunikacijski mediji

Komunikacija in prenos podatkov med različnimi ravnmi sistema za celovito energetske upravljanje je živčevje sistema, ki omogoča prenos zaznanih stanj posameznega procesa do t. i. možganov sistema, torej sistema za celovito energetske upravljanje, spremljanje in optimizacijo procesov, ter povratno vplivanje na delovanje procesov glede na zaznane in predvidevano stanje.

Največji izziv pri načrtovanju komunikacijskega sistema je izbira medija za prenos podatkov. Danes najpogosteje uporabljeni mediji so lokalne mreže (LAN) in internet (WAN), optične, radijske, mobilne (GSM, GPRS in UMTS) ter žične komunikacije, ki pa imajo svoje prednosti in slabosti. Zato je treba pri načrtovanju komunikacijskega sistema analizirati različne tehnične zahteve (dostopnost, hitrost ...) ter vidike naložbenih in obratovalnih stroškov. Tako je lahko uporaba internetne komunikacije zaradi splošne razširjenosti in dostopnosti z naložbenega vidika veliko ugodnejša kot npr. izgradnja lastnega komunikacijskega sistema, zasnovanega na žični ali radijski komunikaciji, po drugi strani pa lahko stroški obratovanja (mesečna najemnina) internetne komunikacije precej presežejo stroške vzdrževanja lastnega komunikacijskega sistema. Posledično izbira načina prenosa podatkov zahteva detajlno ekonomsko analizo naložbenih stroškov in stroškov prenosa podatkov v nekem časovnem obdobju (LCCA), na podlagi katere izberemo enega ali več komunikacijskih medijev, ki jih bomo v našem sistemu uporabljali.

Tu je treba še poudariti, da je temelj profesionalnosti in zasebnosti še vedno lastno komunikacijsko omrežje, čeprav se vse bolj teži k integrirani javni komunikaciji.

#### 3.2 Komunikacijski protokoli

Poleg izbire komunikacijskega medija je za projektante komunikacijskih sistemov pomemben izziv tudi pravilna izbira protokolov na različnih ravneh komunikacijskega sistema. V preglednici 2 so prikazane nekatere možnosti komunikacij pri uporabi protokolov LonWorks, Modbus in TCP/IP.

V podjetju El-tec Mulej, d. o. o., Bled se najpogosteje odločamo za uporabo tehnologije LonWorks in protokola LonTalk. Zadnji ima pred podobnimi komunikacijami kar nekaj značilnih prednosti. Omogoča priključitev neomejenega števila naprav LonWorks, upravljanje in širjenje mreže pa je močno olajšano z inženirskim orodjem LonMaker. Priklop novega elementa v mrežo daljinskega nadzora traja le nekaj minut, saj je treba na novopriključeni napravi le pritisniti tipko Service PIN, in naprava v mrežo pošlje signal, na podlagi katerega ga programsko orodje LonMaker samodejno nastavi in doda v mrežo. Tehnologija LonWorks omogoča prehod protokola LonTalk prek vseh najbolj razširjenih komunikacijskih medijev, med drugim prek interneta (WAN), lokalnih mrež (LAN), UMTS-, optičnih, radijskih in žičnih povezav, ter komunikacijo prek napajalnega voda (LonWorks-over-Powerline).

Preglednica 2: Mogoči načini prenosa podatkov pri protokolih LonWorks, Modbus in TCP/IP

LonTalk (LonWorks):	Modbus (RS232)	TCP/IP komunikacija
Žična komunikacija (twisted pair), ethernet (LAN) komunikacija, internet (WAN) komunikacija, radijska TCP/IP komunikacija, optična komunikacija, komunikacija prek napajalnega voda (LonWorks-over-Powerline)	Serijska komunikacija, Serijska/ethernet komunikacija,, GPRS-komunikacija, radijska TCP/IP-komunikacija	LAN/WAN, radijska TCP/IP-komunikacija, xDSL-komunikacija, kabelski (KKS) internet, optična komunikacija

## 4 SISTEM DALJINSKEGA NADZORA IN UPRAVLJANJA TER PODATKOVNE BAZE

### 4.1 Sistem daljinskega nadzora in upravljanja

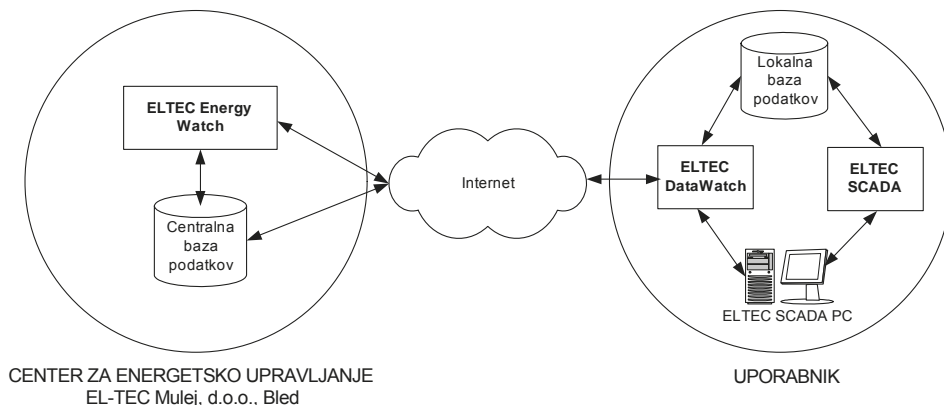
Sistemi daljinskega nadzora in upravljanja že v osnovi omogočajo nadzor nad procesom in njegovo vodenje na daljavo. Med glavne prednosti SCADA-sistemov spadajo:

- opozarjanje na nepravilnosti v obratovanju (dvig kakovosti storitve, znižanje stroškov servisnih posegov);
- arhiviranje podatkov v baze podatkov (zajem meritev in parametrov delovanja za potrebe nadrejenih sistemov, poznavanje delovanja sistema, reševanje reklamacij);
- neposredno (on-line) izvajanje krmilnih ukrepov (na podlagi zadanih parametrov nadrejenih sistemov, optimizacija delovanja, znižanje stroškov obratovanja in vzdrževanja).

Zajeta številna stanja in meritve oz. parametri o delovanju celotnega sistema se prek ene ali več komunikacijskih tehnologij prenašajo v SCADA-sistem, ki nam omogoča neposredni pregled nad delovanjem sistema, po potrebi takojšnja izvedbo ukrepov, hkrati pa prek podatkovne baze pregled nad dogajanjem v preteklem obdobju. Ti podatki se v izbranem intervalu shranjujejo v bazo, v kateri so hkrati tudi na voljo za nadaljnjo obdelavo in prenos v nadrejene sisteme. SCADA-sistem mora biti zasnovan tako, da omogoča tudi samodejni povratni vpliv na procese nekega sistema na osnovi ukrepov, predvidenih na podlagi orodij, ki nam omogočajo celovito energetske upravljanje, spremljanje in optimizacijo procesov.

Orodje ELTEC DataWatch na podlagi podatkov iz podatkovne baze SCADA-sistema omogoča uporabniku, vzdrževalcu ali upravljavcu vpogled v ključni procesni podatek o delovanju sistema daljinskega nadzora in upravljanja in komunikacijskega sistema ( $KPP_{DNU}$ ) ter zaznavo anomalij v podatkovni bazi SCADA-sistema (slika 2). ELTEC DataWatch vse podatke z oddaljenih lokacij, potrebne za celovito energetske upravljanje, prek interneta posreduje v oddaljeno SQL-bazo podatkov programa ELTEC EnergyWatch. Zgodovina podatkov se shranjuje, da si lahko kadarkoli ogledamo, kako je neki sistem deloval v danem trenutku. Prenos podatkov iz programa ELTEC DataWatch v program za

celovito energetske upravljanje ELTEC EnergyWatch (in obratno) poteka prek interneta. Interval prenosa podatkov je periodičen in je poljubno nastavljen glede na potrebe spremljanja.



Slika 2: Obveščanja uporabnika in sporočanja  $KPP_{DNU}$  v center za energetske upravljanje

Ključni procesni podatek o delovanju sistema daljinskega nadzora in upravljanja ter komunikacijskega sistema je razmerje med uporabniki z delujočim sistemom daljinskega nadzora in upravljanja ter uporabniki, ki so v sistem daljinskega nadzora in upravljanja vključeni in kjer bi sistem daljinskega nadzora in upravljanja moral delovati. V primeru prenizkega  $KPP_{DNU}$  je lahko ogrožena zanesljivost delovanja nekaterih orodij celovitega sistema energetskega upravljanja. Hkrati je ta kazalnik pomemben zaradi vzdrževalnih pogojev, pri katerih je odzivni čas v primeru napak odvisen ravno od tega kazalnika. Naloga orodja ELTEC DataWatch je zaznavanje teh anomalij in obveščanje odgovorne osebe ob njihovem pojavu.

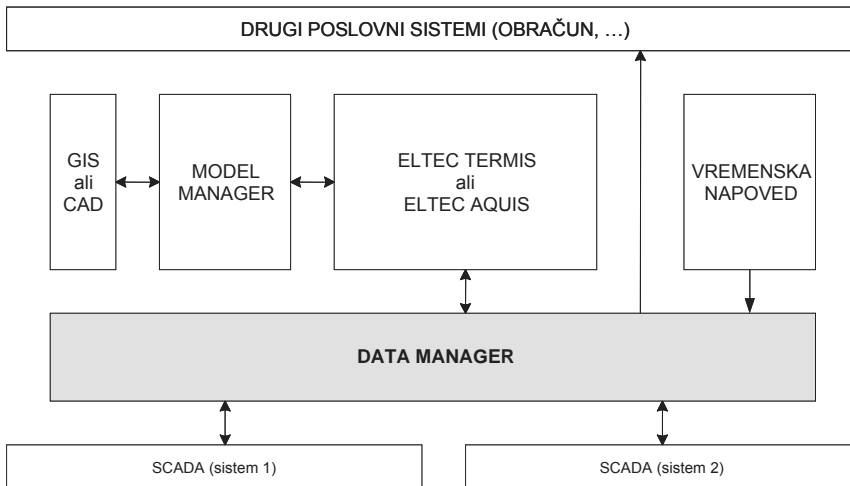
$$KPP_{DNU} = \frac{\text{Število uporabnikov z delujočim sistemom daljinskega nadzora}}{\text{Skupno število uporabnikov v sistemu daljinskega nadzora}}$$

#### 4.2 Podatkovne baze in izmenjava podatkov med bazami

V fazi vzpostavitve sistema daljinskega nadzora in upravljanja je bistvenega pomena pravilna izbira standarda podatkovnih baz, saj tako zagotovimo odprtost sistema za nadgradnjo s sistemi za učinkovito vodenje in celovito energetske upravljanje, hkrati pa tudi olajšamo prenos nekaterih meritev (npr. poraba energije) v druge poslovnoinformacijske sisteme upravljalcev (npr. obračun).

Baze podatkov programskim orodjem sistema za energetske upravljanje omogočajo hiter dostop do preteklih in ažurnih podatkov o delovanju sistemov. Različna programska orodja v obravnavanem sistemu uporabljajo svoje lokalne baze podatkov, za izmenjavo podatkov med posameznimi sistemi pa skrbita programska orodja ELTEC DataWatch in orodje

DataManager. Naloga obeh orodij je prenos in izmenjava podatkov bodisi med različnimi lokalnimi bazami podatkov (slika 3) bodisi med lokalnimi bazami podatkov s centralno bazo podatkov, da imajo različna orodja sistema za celovito energetske upravljanje, spremljanje in optimizacijo zagotovljene ažurne podatke in parametre o delovanju sistema, na podlagi katerih se lahko izvaja proces analize in odločanja.



Slika 3: Primer povezovanja baz z orodjem DataManager

Za delo s podatkovnimi bazami se uporablja standard SQL (strukturirani povpraševalni jezik, angl. structured query language), ki je najbolj razširjen in standardizirani povpraševalni jezik za delo z bazami podatkov. Z uporabo standarda SQL pri vseh podatkovnih bazah v sistemu je zagotovljena medsebojna podatkovna združljivost vseh soodvisnih orodij sistema.

## 5 CELOVITO ENERGETSKO UPRAVLJANJE

Z večjim številom objektov oziroma sistemov, ki jih upravlja podjetje El-tec Mulej, d. o. o., Bled, se je pojavil izziv preglednosti in s tem pravočasnega odkrivanja težav. Poleg prilagoditve organizacijske strukture (ustanovitev posebne enote za podporo in upravljanje) smo zato razvili programski paket ELTEC EnergyWatch, ki skupaj z drugimi programskimi paketi podjetja na enem mestu zagotavlja preprost pregled nad vsemi projekti, njihovimi parametri in učinkovitostjo delovanja.

Programski paket je ločen na dva dela: servisni in analitični. V servisnem delu je poudarek na centralnem spremljanju vseh alarmov za objekte oziroma sisteme, ki jih upravljamo. Omogoča lažje zaznavanje in analizo napak ter z vgrajeno bazo znanja podaja mogoče rešitve. Baza se stalno gradi; ko se pojavi nova rešitev, se vnese v bazo. Zajema:

- pregled delovanja strojne in elektroopreme;

- pregled delovanja programske opreme;
- koledar opravil (servisov, meritev, dimnikarskih pregledov ...);
- dnevnik opravljenih del na projektu (baza znanja, pogosto zastavljena vprašanja);
- kontaktne podatke (predstavniki naročnika, projektni vodja ...).

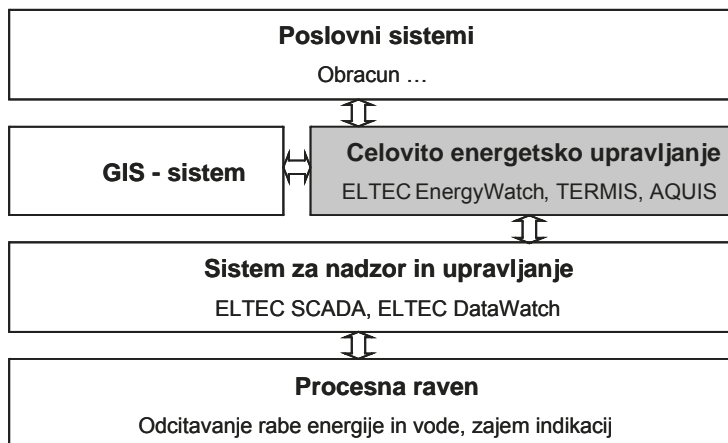
V analitičnem delu se preverjajo vsi parametri, zato ta del programa zagotavlja predvsem pomoč projektnim vodjem pri nadzoru in ugotavljanju uspešnosti projekta. Vključuje analitična orodja, s katerimi lahko analiziramo rabo energije in vode v nekem procesu. Glede na to, da se naše podjetje večinoma ukvarja z zagotavljanjem prihrankov, sta nadzor nad rabo energije in vode ter njena analiza v realnem času ključnega pomena. Program omogoča zaznavanje neobičajnega povečanja rabe od postavljenih (izračunanih) vrednosti in sproži alarm. Poleg tega samodejno pripravlja tedenska, mesečna in letna poročila v obliki, ki jo izbere upravljavec. Ta navadno zajemajo:

- nadzor nad pogodbenimi vrednostmi;
- izdelavo analiz (možnost samodejne priprave);
- samodejni popis števecv;
- bazo splošnih podatkov (vremenski podatki, cene goriv ...).

Omogočeno je pregledovanje podatkov v določenih časovnih intervalih. Glede na vrsto in pomembnost podatka je zagotovljeno sprožanje alarmov, ki se izbranim odgovornim osebam (npr. servisni službi, projektnemu vodji ali predstavniku naročnika) posredujejo elektronsko ali kot sporočilo na mobilni telefon.

Uporabniški vmesnik je prijazen in daje uporabniku preprost pregled nad dogajanjem, zato ga lahko uporabljajo različni uporabniki.

Primer uporabe opisanega programskega paketa v procesu celovitega energetskega upravljanja je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Struktura sistema za celovito energetske upravljanje, spremljanje in optimizacijo

## 6 SKLEPNE UGOTOVITVE

Cilj sodobnega energetskega upravljanja je nenehno optimiziranje rabe energije in vode v sistemu oziroma objektu. To prispeva k znižanju stroškov in zmanjšanju obremenitve okolja. Temelj za energetske upravljanje je sklop storitev, ki zajemajo optimalno izbiro in pravilno vgradnjo energetske opreme, vzdrževanje te opreme v celotnem življenjskem ciklusu in spremljanje učinkov. Nadgradnja vsega so upravljanje vseh energetske naprave v sistemu, stalni nadzor in ukrepanje ob zaznanih odstopanjih.

Uporaba sodobne informacijske tehnologije upravljavcu omogoča obvladovanje celotnega procesa v več sistemih hkrati tako, da je upravljanje učinkovitejše.

Upravljanje posameznega energetskega sistema oziroma objekta je najučinkovitejše, če zna upravljavec povezati vse potrebne dejavnike. To pomeni pravilno načrtovanje upravljanja in zajema meritev, komunikacijskih medijev in protokolov, daljinskega nadzora in upravljanja ter podatkovnih baz in njihovih medsebojnih povezav. Skladno s tem mora izbrati ustrezno opremo, ki omogoča delovanje skladno z načrtovanjem.

Pri izvajanju nadzora nad procesom in njegovega upravljanja pa je pomembno pravočasno ukrepanje ob odstopanjih. V ta namen na različnih stopnjah procesa uporabljamo programska paketa DataWatch in EnergyWatch. Izdelana sta na osnovi lastnih potreb in izkušenj, omogočata pa hitro zaznavanje nepravilnosti na vseh stopnjah procesa tistim, ki so za posamezno stopnjo odgovorni. To je še posebno pomembno pri večjem številu sistemov ali objektov, ki se upravljajo.

Vse naštetu omogoča doseganje največje tehnične učinkovitosti procesa upravljanja in s tem zadovoljstvo uporabnikov, hkrati pa tudi največjo stroškovno učinkovitost in s tem zadovoljstvo naročnika.

## 7 LITERATURA

- [1] Jungič, Milan , Torkar, Jože, Pospiš Perpar, Blaženka. Učinki uporabe sodobne regulacijske tehnike, konferenca daljinske energetike SDDE, 2005.