

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**PRENOS PODATKOV PRI AVTOMATIZACIJI V
PODJETJU RIŽANSKI VODOVOD KOPER**

MAGISTRSKO DELO

Zoran Aleksić

Mentor: dr. Maja Bračič Lotrič

Nova Gorica, 2011

ZAHVALA

Za koristne informacije pri nastajanju magistrskega dela in za testiranje komunikacijske opreme se zahvaljujem sodelavcem v javnem podjetju Rižanski vodovod Koper, d. o. o. Še posebno se zahvaljujem mentorici dr. Maji Bračič Lotrič za spodbudo, nasvete in pregled celotnega dela.

NASLOV

Prenos podatkov pri avtomatizaciji v podjetju Rižanski vodovod Koper

POVZETEK

Vodooskrbni sistem sestavlja množica vodohranov, cevovodov, vodomerov, ventilov in drugih elementov, ki so porazdeljeni po celotnem sistemu in med seboj precej oddaljeni. Rižanski vodovod Koper danes deluje delno avtomatizirano z možnostjo daljinskega upravljanja prek dveh enakovrednih nadzornih sistemov. Ker sistem ni popolnoma avtomatiziran, določene manipulacije po navodilih operaterja v nadzornem centru še vedno izvajajo področni monterji in vzdrževalci. V magistrskem delu obravnavamo avtomatizacijo vodooskrbnega sistema Izola. Opredelili smo zahteve za novo tehnologijo in predlagali ukrepe za izvedbo popolnega avtomatskega delovanja objektov.

Posebno pozornost namenjamo problemu prenosa podatkov. Z naraščanjem števila objektov in potrebe po prenosu vedno večje količine podatkov naraščajo stroški prenosa podatkov in komunikacije med objekti. Zato smo izdelali stroškovno in količinsko analizo prenosa podatkov pri daljinskem nadzoru objektov, daljinskem nadzoru katodne zaščite cevovodov in daljinskem odčitavanju vodomerov v podjetju Rižanski vodovod Koper, d. o. o. Proučili smo možnosti združevanja prenosa podatkov iz različnih virov po enotnih komunikacijskih kanalih ter predlagali posodobitev in avtomatizacijo vodooskrbnega sistema Izola. Z novim načinom vzorčenja meritev in novimi grafičnimi uporabniškimi vmesniki smo izboljšali prikaz in uporabo podatkov za učinkovitejše delovanje vodooskrbnega sistema slovenske Istre.

KLJUČNE BESEDE

vodooskrbni sistem, avtomatizacija, prenos podatkov, komunikacija, komunikacijski protokol, programabilni logični krmilnik, vzorčenje

TITLE

Data transfer in /Rizanski vodovod Koper/ company's process of automation

ABSTRACT

The water-supply system consists of a set of storage water tanks, pipelines, water meters, valves and other elements that are spread throughout the whole area covered by the water-supply system. Rižanski vodovod Koper nowadays operates partially automatically with the possibility of remote control through two equivalent control systems. Certain manipulations on the system are still performed manually according to the instructions provided by operator in the control center. The master thesis describes the state of automation of the water-supply system Izola, identifies the requirements for a new technology and proposes necessary measures for implementing a fully automated operation of the water-supply facilities.

Special attention is given to the problem of data transfer. Increasing number of facilities and increasing amount of data to be transferred cause increase of the costs of data transfer and communication between water-supply facilities. As a first step, data amounts and costs of data transfer in remote facility control, remote control of cathodic protection of pipelines and remote water meter reading in the Rižanski vodovod Koper company are analyzed. The possibilities of merging the data transfer from various sources through uniform communication channels and their impact on the total cost of communication are studied. Further, guidelines for modernization and automation of the water-supply system Izola are given. Within the modernization, a new way of data sampling is proposed as well as improved graphical user interfaces. In this way, a clearer and more adequate data presentation is achieved and their utilization in functioning of the water supply system in Slovenian Istria is more efficient.

KEY WORDS

water-supply system, automation, data transfer, communication, communication protocol, programmable logic controller, sampling

SEZNAM KRATIC

ASCII – (American Standard Code for Information Interchange), ameriški standardni nabor znakov za izmenjavo informacij

CNS – centralni nadzorni sistem

ČRP - črpališče

EDGE – (Enhanced Data rates for Global Evolution) GSM za hitrejše komunikacije, ki ga omogoča sistem GPRS

GPRS – (General Packet Radio Service) mobilna podatkovna storitev v okviru standarda GSM

GSM – (Global System for Mobile communications) svetovni standard za mobilne komunikacije

GUI – (Graphic User Interface) grafični uporabniški vmesnik

HACCP – (Hazard Analysis Critical Control Points) preventivni sistem, ki omogoča identifikacijo oziroma prepoznavanje, oceno, ukrepanje in nadzor nad morebitno prisotnimi dejavniki tveganja v živilih (pitni vodi), ki lahko ogrožajo zdravje ljudi, po določilih zakona o zdravstveni ustreznosti živil, snovi in izdelkov

IEEE – (Institute of Electrical and Electronic Engineers) inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike

ISDN – (Integrated Services over Digital Network) integrirane storitve po digitalnem omrežju

ISO – (International Organization for Standardization) Mednarodna organizacija za standardizacijo

LAN – (Local Area Network) lokalno omrežje

NC – nadzorni center

OSI – (Open System Interconnection) odprti komunikacijski model

PC – (Personal Computer) osebni računalnik

PLC – (Programmable Logic Control) računalnik krmilne ravni

RS 232 – (Recommended Standard) priporočeni standard

RS 485 – (Recommended Standard) priporočeni standard

SCADA – (Supervisory Control And Data Acquisition) sistem za nadzor proizvodnih procesov

SMS – (Short Message Service) storitev za pošiljanje in prejemanje kratkih sporočil

TCP/IP – (Transport Control Protocol/Internet Protocol) protokol za krmiljenje/internetni protokol

UMTS – (Universal Mobile Telecommunications System) univerzalni mobilni telekomunikacijski sistem – ena ključnih tehnologij in sestavni del tretje generacije (3G) mobilnih sistemov GSM

VH - vodohran

WAN – (Wide Area Network) prostrana računalniška omrežja

KAZALO

1. UVOD	1
1.1. O problemu	2
1.2. Namen in cilji magistrskega dela.....	3
1.3. Metode za doseganje ciljev magistrskega dela.....	3
1.4. Pregled vsebine	4
2. KOMUNIKACIJE IN KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI	6
2.1. Komunikacijski protokoli in standardi	7
2.2. Referenčni model ISO/OSI.....	8
2.3. Standarda RS 232 in RS 485.....	11
2.4. Področna vodila	12
2.4.1. MODBUS.....	13
2.5. TCP/IP	14
2.6. Brezžične mobilne komunikacije.....	15
3. PRENOS PODATKOV V RIŽANSKEM VODOVODU KOPER.....	18
3.1. Poraba vode.....	20
3.2. Komunikacijsko omrežje	23
3.3. Daljinski nadzor objektov	24
3.3.1. Daljinski nadzor objektov s starim CNS.....	25
3.3.2. Daljinski nadzor objektov z novim CNS	25
3.3.3. Daljinski nadzor katodne zaščite cevovodov	27

3.3.4. Sistem daljinskega odčitavanja vodomero	28
3.4. Prenos podatkov	29
3.4.1. Analiza stroškov prenosa podatkov	32
4. VODOOSKRBNI SISTEM IZOLA	38
4.1. Opis sistema	38
4.1.1. Vodooskrbni podsistem Bolnišnica	39
4.1.2. Vodooskrbni podsistem Pivol	40
4.1.3. Vodooskrbni podsistem San Simon	41
4.2. Tehnološka shema	43
4.3. Izhodišča za posodobitev sistema	47
5. AVTOMATIZACIJA SISTEMA IZOLA	50
5.1. Strojna oprema	51
5.2. Krmilna tehnologija	52
5.2.1. Izbira krmilnika in kriteriji	52
5.2.2. Grafični uporabniški vmesnik	53
5.3. Komunikacije	57
5.3.1. Testiranje komunikacije prek GPRS	58
5.3.2. Izbira paketa GPRS za prenos podatkov	59
5.3.3. Prenos podatkov iz naprav katodne zaščite	60
5.3.4. Prenos podatkov iz sistemskih objektov	60

5.3.5. Združitev prenosa podatkov katodne zaščite, sistemskih objektov in daljinskega odčitavanja vodomerovalov	62
5.4. Krmilni algoritem	64
5.5. Arhitektura krmilnega sistema.....	66
5.6. Ocena naložbe.....	68
6. POSODOBITEV SPREMLJANJA MERITEV	70
6.1. Vzorčenje z nastavlljivo frekvenco.....	72
6.2. Vzorčenje meritev hidroformnih postaj	74
6.3. Vzorčenje meritev nivoja v vodohranih.....	80
6.4. Prenos podatkov pri kombiniranem vzorčenju	82
7. SKLEP	84
8. VIRI	87

KAZALO SLIK

Slika 1: Poenostavljen prikaz dvosmerne komunikacije.....	6
Slika 2: Referenčni model ISO/OSI (Halsall, 2001).....	9
Slika 3: Model Modbus OSI (Modbus protocol, 2011)	13
Slika 4: Model UMTS OSI (OSI model in UMTS, 2011).....	16
Slika 5: Vodooskrba Obale (Rižanski vodovod Koper, 2011).....	19
Slika 6: Diagram vodne bilance (1971–2009) (Krbavčič (ur), 2010).....	21
Slika 7: Vodne količine 2009 (Rižanski vodovod Koper, 2010)	22
Slika 8: Nivoji komunikacijskega omrežja	23
Slika 9: Zaslonski prikaz CNS (Rižanski vodovod Koper, 2010)	26
Slika 10: Čitalnik brezkontaktnih magnetnih kartic DTR 20 (Špica, 2010).....	27
Slika 11: Nadzorni program Wintrans (Rižanski vodovod Koper, 2010).....	28
Slika 12: Vodomeri v večstanovanjskih objektih.....	28
Slika 13: Jašek z radijskim modulom.....	29
Slika 14: Prenos podatkov na Rižanskem vodovodu Koper	31
Slika 15: Stroški prenosa podatkov za telemetrijo in sistem SCADA	35
Slika 16: Povprečni letni stroški prenosa podatkov na objekt za leti 2009 in 2010 ..	36
Slika 17: Vodooskrbni sistem Izola	39
Slika 18: Zaslonski prikaz vodooskrbnega podsistema Bolnišnica Izola (Rižanski vodovod Koper, 2010)	40
Slika 19: Vodooskrbni sistem Izola, prikaz v starem CNS (Rižanski vodovod Koper, 2011)	42

Slika 20: Vodooskrbni podsistem Valeta, prikaz v starem CNS (Rižanski vodovod Koper, 2011)	43
Slika 21: Tehnološka shema vodooskrbnega sistema Izola – obstoječe stanje.....	44
Slika 22: Obstoječe komunikacije vodooskrbnega sistema Izola	46
Slika 23: Krmilnik XC 200 (XC 200, 2010).....	53
Slika 24: Zaslonski prikaz vodooskrbnega podsistema Pivol	54
Slika 25: Krivulje odpiranja in zapiranja ventilov na enotnem dotoku	56
Slika 26: Shematski prikaz testnega omrežja.....	58
Slika 27: Dodelava naprav katodne zaščite.....	62
Slika 28: Del krmilnega algoritma VH Pivol II	65
Slika 29: Shematski prikaz povezav krmilja vodooskrbnega podsistema Pivol	66
Slika 30: Shematski prikaz krmilja vodooskrbnega sistema Izola.....	67
Slika 31: Prikaz treh nivojev (Rižanski vodovod Koper, 2011)	71
Slika 32: Funkcijski blok za vzorčenje meritev	72
Slika 33: Glava delovne tabele za arhiviranje meritev.....	73
Slika 34: Podatki vzorčenj v delovni tabeli.....	74
Slika 35: Uporabniški vmesnik za hidroforno postajo Polje Izola.....	75
Slika 36: Tlak v potrošniškem cevovodu hidroforne postaje Sveti Jakob z vzorčevalno periodo 5 minut.....	76
Slika 37: Tlak v potrošniškem cevovodu z različnimi frekvencami vzorčenja	76
Slika 38: Frekvenčna analiza tlaka v potrošniškem cevovodu	77

Slika 39: Rezultat vzorčenja z drsečim povprečjem in različno frekvenco vzorčenja	78
Slika 40: Tlak v potrošniškem cevovodu (vzorčevalna perioda 5 minut in 15 sekund)	79
Slika 41: Tlak v potrošniškem cevovodu z drsečim povprečjem in vzorčevalno periodo 5 sekund	79

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Letni stroški prenosa podatkov za leto 2009 (Rižanski vodovod Koper, 2010)	34
Preglednica 2: Letni stroški prenosa podatkov za leto 2010 (Rižanski vodovod Koper, 2010)	34
Preglednica 3: Letni stroški prenosa podatkov po posodobitvi objektov	36
Preglednica 4: Cenik prenosa podatkov GPRS (Mobitel, oktober 2010)	59
Preglednica 5: Cenik podatkovnega klica GSM (Mobitel, oktober 2010).....	59
Preglednica 6: Predvideni stroški prenosa podatkov za sistem SCADA	60
Preglednica 7: Stroški prenosa podatkov daljinskega upravljanja objektov s komunikacijo GPRS	61
Preglednica 8: Strošek naložbe za posodobitev vodooskrbnega sistema Izola.....	69
Preglednica 9: Strošek naložbe za posodobitev krmilne in komunikacijske opreme	69
Preglednica 10: Spremembe nivojev vodohranov v [m/s] v odvisnosti od prostornine in maksimalnega iztoka.....	81
Preglednica 11: Rezultati testiranja prenosa podatkov s kombiniranim vzorčenjem (vzorčevalna perioda: nivo – 10 min, tlak v potrošniškem cevovodu – 5 s).....	82
Preglednica 12: Rezultati testiranja prenosa podatkov z dosedanjim načinom vzorčenja (vzorčevalna perioda 5 min).....	83
Preglednica 13: Količine prenesenih podatkov	83

1. UVOD

Slovenija je z vodo relativno bogata dežela, vodovodi, ki nas oskrbujejo z njo, pa v glavnem dajejo zadostne količine zdrave pitne vode. Ko si jo iz pipe natočimo v kozarec in se s hladno, svežo vodo odžejamo, moramo vedeti, da take dragocenosti nimajo povsod po svetu. Kako dragocena je voda, vemo šele takrat, ko je nimamo. Tudi pri nas viri zdrave pitne vode niso neizčrpani. Šele če je zmanjka ali če se njena kakovost poslabša, se zavemo, kaj pomeni.

Vprašanje kakovostne oskrbe s pitno vodo in zaščita vodnih virov se iz dneva v dan prebija v ospredje tako medijev kot tudi politike. Če se je v preteklosti zdelo, da je opozarjanje na probleme zaščite vode predvsem domena različnih strok, pa to danes postaja tudi problem širše javnosti.

Za minimalne fiziološke potrebe mora imeti človek od 1,5 l do 3 l vode na dan, seveda odvisno od letnega časa. Pri načrtovanju preskrbe s pitno vodo iz vodovoda je treba za vsako osebo zagotoviti približno 150 l vode na dan. Čim večje je mesto oziroma kraj, večja je poraba vode. Dnevna poraba vode na osebo lahko doseže tudi od 250 do 300 litrov ali celo še več.

Zajeta voda iz vodnih virov po navadi ni pitna in jo je zato treba ustrezno prečistiti in po vodooskrbnem sistemu prečiščeno dovesti do uporabnikovih pip.

Vodooskrbni sistem sestavlja množica vodohranov, cevovodov, merilnikov pretoka, merilnikov tlaka, regulacijskih ventilov, črpalnih agregatov in še mnogo drugih elementov. Ti elementi niso v enem objektu, temveč na celotnem vodooskrbnem sistemu, ki ga lahko razdelimo na vodohrane, črpališča, odcepne jaške in vodovodno omrežje.

Zdravstvena ustreznost in kakovost pitne vode je v veliki meri odvisna od zadrževanja vode v vodovodnem sistemu, od pravočasnega ukrepanja ob okvarah in od ustreznega spremljanja kakovosti pitne vode. Dnevno izmenjavo vode v vodohranih lahko dosežemo samo z usklajenim avtomatskim delovanjem celotnega vodooskrbnega sistema.

Z avtomatizacijo in daljinskim nadzorom vodooskrbnih sistemov zagotavljamo varno in kakovostno vodooskrbo, poveča se funkcionalnost sistema in posledično znižajo obratovalni stroški. Z avtomatskim delovanjem sistema in zmanjšanjem vodnih izgub je tudi cena vode za uporabnika nižja.

Reguliranje pretokov v oddaljenih vodohranih in krmiljenje črpalk v oddaljenih črpališčih je mogoče izvesti samo z ustrezno krmilno tehnologijo in ustreznimi komunikacijami med objekti. Za uspešno avtomatizacijo so pomembni tako pravilna izbira tehnologije kot tudi ustrezni in kakovostni algoritmi.

1.1. O problemu

Javno podjetje Rižanski vodovod Koper, d. o. o., zajema, prečiščuje in dobavlja vodo ter zagotavlja nemoteno vodooskrbo prebivalcev slovenske Istre. Zaradi raztresenosti naselij in hribovitega terena je vodooskrbni sistem kompleksen.

Nadzor sistema poteka v delovnem času v nadzornem centru na sedežu podjetja, izven delovnega časa pa v nadzornem centru v vodarni Rižana v zaselku Cepki. Vodooskrbni sistem deluje avtomatsko z možnostjo daljinskega upravljanja z dvema enakovrednima nadzornima sistemoma. Centralni nadzorni sistem (v nadaljevanju CNS) na sedežu podjetja upravlja služba nadzora in distribucije vode, CNS v vodarni Rižana pa operaterji vodarne, ki spada v službo priprave dela v podjetju.

V poletnih mesecih, ko je izdatnost reke Rižane minimalna, je vodooskrba slovenske Istre zagotovljena z vodnimi količinami iz sosednjih vodovodov: Kraškega vodovoda Sežana in Istrskega vodovoda Buzet, s katerima ima podjetje Rižanski vodovod Koper sklenjeno pogodbo o nakupu/dobavi pitne vode.

Glede na razpoložljive vodne količine sosednjih vodovodov operaterji ustrezno usmerjajo vodo v vodohrane. Vsi trije vodni viri (Rižana, Klariči in Gradole) so na različnih nadmorskih višinah, zato je treba ob vsaki spremembi napajanja odpirati ali zapirati ventile, saj so pretoki ob različnih vhodnih tlakih različni. Ker sistem ni popolnoma avtomatiziran, manipulacije na terenu izvajajo področni monterji in vzdrževalci po navodilih operaterja v nadzornem centru.

Problematika se kaže tudi v neustreznem vzorčenju podatkov in tehnoloških veličin kot so pretoki, nivoji, tlaki, tokovi črpalk in poraba električne energije. Ker je vodooskrbni sistem, ki je v izolski občini, večinoma še vedno povezan s starim CNS, je kakršna koli obdelava podatkov ali analiza delovanja skoraj nemogoča. V 80. letih prejšnjega stoletja, ko je bil stari CNS postavljen, takratna tehnologija in oprema ni omogočala avtomatskega vodenja tako kompleksnega sistema. Onemogočeno je tudi reguliranje tlaka v magistralnih cevovodih, saj objekti nimajo vzpostavljene medsebojne komunikacije. Ob istočasnem zaprtju vseh ventilov nastajajo vodni udari, posledica tega pa je lom cevovoda.

1.2. Namen in cilji magistrskega dela

Glavni cilj te magistrske naloge je predlagati rešitve za avtomatizacijo vodooskrbnega sistema v občini Izola in izbrati ustrezno opremo, ki bo omogočala cenejšo in zanesljivejšo komunikacijo med objekti in centralnim nadzornim sistemom, hkrati pa bo uporabniku bolj prijazna. Predlagane posodobitve obsegajo:

- zasnovano tehnologije s ciljem popolnoma obvladovati sistem,
- izvedbo prevezav, preusmerjanj smeri pretokov in uravnavanje tlakov v cevovodih brez prisotnosti območnih monterjev v objektih,
- predlog povsem nove rešitve upravljanja sistema,
- izdelavo uporabniku prijaznejših uporabniških vmesnikov,
- poenostavljeno in izboljšano preglednost stanja sistema.

1.3. Metode za doseganje ciljev magistrskega dela

Na osnovi stroškov in količine prenosa podatkov analiziramo obstoječe stanje in na podlagi ugotovitev predlagamo izvedbo avtomatizacije vodooskrbnega sistema v občini Izola. Po izdelanemu posnetku obstoječega stanja opredelimo zahteve za novo tehnologijo, izberemo alternativne rešitve za komunikacijo med objekti ter v okviru internih standardov predlagamo ustrezno strojno opremo in krmilno tehnologijo. V sklopu avtomatizacije črpališča San Simon predlagamo izvedbo združitve prenosa podatkov iz naprav katodne zaščite, naprav v samem črpališču in naprav v oddaljenih objektih. Vsi podatki se bodo iz črpališča po eni sami komunikacijski poti prenašali v centralni nadzorni sistem.

1.4. Pregled vsebine

V drugem poglavju opišemo komunikacije med dvema enotama ter komunikacije med eno in več enotami. Na kratko povzamemo pomembnost komunikacijskih protokolov, opišemo referenčni model ISO/OSI s sedemplastno strukturo modela, ki je razdeljena v dve skupini. Predstavimo komunikacijske medije in komunikacijske standarde, področno vodilo Modbus in protokol TCP/IP. Velik poudarek namenimo brezžičnim mobilnim komunikacijam, zlasti tistim, ki bodo uporabljene pri avtomatizaciji vodooskrbnega sistema Izola.

V tretjem poglavju opišemo podjetje Rižanski vodovod Koper, d. o. o. Predstavimo vodooskrbni sistem in splošne podatke o vodooskrbi slovenske Istre ter daljinski nadzor objektov z dvema nadzornima sistemoma. Na kratko opišemo daljinski nadzor katodne zaščite cevovodov in sistem daljinskega odčitavanja vodomero. Predstavimo nivoje komunikacijskega omrežja in pojasnimo, katere podatke je treba prenašati iz oddaljenih objektov v CNS na sedežu podjetja. Predstavimo arhitekturo obstoječega komunikacijskega omrežja in stroškovno analizo prenosa podatkov med objekti in CNS.

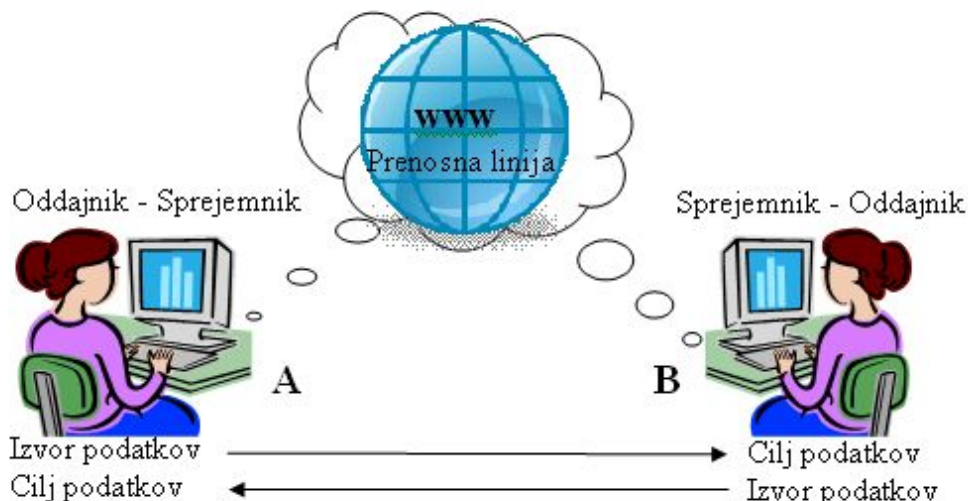
V četrtem poglavju opišemo problematiko vodooskrbnega sistema Izola in izdelamo tehnološko shemo obstoječega stanja sistema. Predstavimo komunikacije med objekti in dvema CNS ter izhodišča za posodobitev sistema.

V petem poglavju predstavimo smernice za izvedbo avtomatizacije vodooskrbnega sistema Izola. Opišemo strojno opremo, krmilno tehnologijo in uporabniške vmesnike. Predstavimo izsledke testiranj komunikacije z GPRS ter količinsko analizo prenosa podatkov iz naprav katodne zaščite in iz sistemskih objektov. To bo osnova za izračun mesečnih in letnih stroškov prenosa podatkov z uporabo alternativnih komunikacij. Predstavimo združitev prenosa podatkov iz naprav katodne zaščite, sistemskih objektov in daljinskega odčitavanja vodomero. Opišemo krmilni algoritem in arhitekturo krmilnega sistema enega vodooskrbnega podsistema ter poiščemo alternativne rešitve za komunikacijo med objekti in CNS. Po shematskem prikazu krmilja vodooskrbnega sistema Izola predstavimo približno oceno vrednosti naložbe avtomatizacije obravnavanega sistema in oceno stroškov prehoda na nov način komunikacije.

V šestem poglavju povzamemo pomembnost ustreznega spremljanja tehnoloških parametrov vodooskrbnega sistema. Poiščemo možnosti za posodobitev spremljanja meritev in opišemo prednosti posodobljenega vzorčenja. Prikažemo tudi rezultate analize prenosa podatkov med objekti in CNS z različnimi načini vzorčenja zveznih meritev. V zaključku povzamemo potek izdelave in rezultate magistrske naloge.

2. KOMUNIKACIJE IN KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI

Zahteve pri podatkovnih komunikacijah segajo od preprostih komunikacij med dvema enotama do komunikacij med mnogimi komunikacijskimi podsistemi po komunikacijski mreži. Za lažje razumevanje komunikacij med napravami si lahko predstavljamo komunikacijo med dvema oseba, ki si dopisujeta po enem od socialnih omrežij, kot je vsem znano socialno omrežje Facebook (slika 1). Tudi tukaj gre za komunikacijo med napravami, seveda s posredovanjem človeka. Oseba A prek oddajnika (osebnega računalnika) in prenosne linije (internetnega omrežja) pošilja sporočilo osebi B, ki sporočilo prek prenosne linije in sprejemnika (osebnega računalnika) tudi prejme.



Slika 1: Poenostavljen prikaz dvosmerne komunikacije

Izvorni sistem po navadi ne generira izvornih podatkov v obliki, primerni za prenos po prenosnem kanalu, oziroma ustreznega fizičnega medija – prenosne linije. Ta naloga je prepuščena oddajniku (računalnik z ustrežno programsko opremo), ki prek strojne opreme (modema ali mrežne kartice) pretvori podatke v fizični signal, primeren za določen fizični medij (prenosno linijo). Sprejemnik (računalnik z ustrežno strojno in programsko opremo) sprejme signal in ga preoblikuje v obliko, primerno za ciljni sistem. Ciljni sistem procesira podatke, da bi pridobil originalno informacijo. Komunikacija lahko poteka tudi v nasprotni smeri. Tako je oseba B

izvor podatkov, oseba A pa cilj podatkov. Govorimo o dvosmerni komunikaciji. Torej tudi preprost komunikacijski sistem sestavlja več podsistemov.

Največji izziv pri načrtovanju komunikacijskega sistema je izbira medija za prenos podatkov oziroma prenosne linije. Danes najpogosteje uporabljeni mediji so lokalne mreže (LAN) in internet (WAN), optične, radijske, mobilne (GSM, GPRS in UMTS) ter žične komunikacije. Vsak od njih ima svoje prednosti in slabosti. Zato je pri načrtovanju komunikacijskega sistema treba analizirati različne tehnične zahteve (dostopnost, hitrost itn.) ter vidike naložbenih in obratovalnih stroškov. Tako je lahko uporaba internetne komunikacije zaradi splošne razširjenosti in dostopnosti z naložbenega vidika veliko ugodnejša kot na primer vzpostavitev lastnega komunikacijskega sistema, zasnovanega na žični ali brezžični komunikaciji. Po drugi strani pa lahko stroški obratovanja internetne komunikacije precej presežejo stroške vzdrževanja lastnega komunikacijskega sistema. Posledično izbira načina prenosa podatkov zahteva podrobno ekonomsko analizo naložbenih stroškov in stroškov prenosa podatkov v nekem časovnem obdobju, na podlagi katere izberemo enega ali več komunikacijskih medijev. Tu je treba še poudariti, da je temelj profesionalnosti in zasebnosti še vedno lastno komunikacijsko omrežje, čeprav vse bolj teži k integrirani javni komunikaciji (Jungič in drugi, 2009).

2.1. Komunikacijski protokoli in standardi

Za prenos podatkov oziroma informacij med komunikacijskimi enotami moramo imeti izbran nabor pravil, ki omogočajo sporazumevanje med končnimi napravami in elementi omrežja, ki prenašajo podatke med njimi. Izbran nabor pravil si za lažje razumevanje lahko predstavljamo kot jezik, ki ga govorita dve osebi, ki želita med seboj komunicirati. Če obe osebi poznata pravila na primer slovenskega jezika, se bosta brez težav sporazumevali. Če pa ena oseba pozna samo pravila na primer angleškega jezika, druga pa samo pravila slovenskega jezika, se osebi ne bosta mogli sporazumevati. Enako kot z osebami v omenjenem primeru je z omrežnimi napravami, ki želijo med sabo komunicirati. V tehniki imenujemo definiran nabor pravil komunikacije protokol.

Komunikacijski protokol ali standard je množica pravil, ki se uporabljajo pri izmenjavi podatkov. Z razvojem elektrotehnike, telekomunikacij in informacijskih tehnologij se je razvilo veliko število komunikacijskih protokolov. Veliko število komunikacijskih protokolov je posledica potreb po prenašanju različnih vrst podatkov na različne načine (potreba po varnem ali manj varnem prenosu podatkov, potreba po prenosu podatkov v realnem času ali v odloženem času, potreba po prenosu podatkov brez napak oziroma s toleriranjem manjših napak). Ni si težko predstavljati, da so podatki in njihovo število med na primer temperaturnim senzorjem in elektronskim prikazovalnikom ter med dvema osebnima računalnikoma, ki si izmenjujeta podatke pri igranju mrežne igrice, popolnoma različni tako po vsebini kot po količini in načinu (Halsall, 2001).

Vrsta in količina podatkov ter zahtevana hitrost prenosa podatkov med napravami so osnova za izdelavo komunikacijske mreže. Že pred samo postavitvijo mreže je treba izbrati komunikacijski protokol.

2.2. Referenčni model ISO/OSI

Namen standardnega modela OSI je zagotoviti osnovo za koordinacijo razvoja standardov, namenjenih povezovanju sistemov. Okolje OSI obsega omrežno okolje in uporabniško usmerjene protokole ter standarde, ki omogočajo odprto komunikacijo.

Referenčni model ISO/OSI definira sedemplastno strukturo (slika 2), ki je razdeljena v dve skupini. Plasti od pet do sedem štejemo med uporabniško orientirane plasti, ki omogočajo uporabniku ustrezen dostop do omrežja in njegovo uporabo. Plasti od ena do štiri štejemo med omrežno orientirane plasti, ki skrbijo za prenos podatkov z ene na drugo lokacijo. Komunikacija med partnerjema poteka tako, da lahko določena plast komunicira samo z enako plastjo pri drugem komunikacijskem partnerju. Na nižjih nivojih gre za transparentno povezavo, kar pomeni, da povezava med nivoji obstaja, dejansko pa jo uporabniki ne opazijo. V višjih plasteh pa gre za virtualno povezavo. Uporabnik vidi povezavo, ki dejansko ne obstaja (Čučej, 1998).

V nadaljevanju sledi opis modela, pridobljen iz učbenika z naslovom Multimedijske komunikacije avtorja Freda Halsalla (Halsall, 2001).

Plast 7	Aplikacijska plast	Uporabniško orientirane plasti
Plast 6	Predstavitvena plast	
Plast 5	Plast seje	
Plast 4	Transportna plast	Omrežno orientirane plasti
Plast 3	Mrežna plast	
Plast 2	Plast povezave	
Plast 1	Fizična plast	

Slika 2: Referenčni model ISO/OSI (Halsall, 2001).

Plast 1 – Fizična plast (angl. Physical Layer) je aktualni medij, ki prenaša bitni tok. Povezuje komunikacijske naprave in mreže. Prenša »enice« in »ničle« (visoke in nizke napetosti, tokove ali svetlobne pulze). Po navadi se biti prenašajo serijsko (serijska komunikacija). Prenosni mediji so lahko:

- prepletene bakrene parice (prepleteni bakreni žici, vodnika),
- optična vlakna,
- koaksialni kabli,
- zrak,
- zemlja.

Po zgornjih medijih se običajno prenaša elektromagnetno ali optično valovanje. K fizični plasti spadajo tudi oddajniki, sprejemniki, oddajne in sprejemne antene, sateliti, konektorji itn. Pri oddaji fizična plast sprejme bitni tok (okvir) od plasti 2 in ga pošlje po prenosnem mediju. Pri tem ne spremeni formata okvirja.

Plast 2 – Plast povezave (angl. Data Link Layer):

- izvaja kontrolo napak;
- izvaja kontrolo toka podatkov;
- sinhronizira sprejemnik na prihajajoči bitni tok;
- dekodira bitni tok.

Ta plast zazna napake pri sprejemniku, vendar jih po navadi ne odpravlja. Nadzor napak je odvisen od uporabljenega sistema. Večina sistemov uporablja vnovično pošiljanje podatkov, nekateri mobilni radijski sistemi pa poskušajo napake popraviti.

Kontrola toka podatkov poskrbi, da se podatki ne pošiljajo hitreje, kot jih sprejemnik lahko sprejme ali shrani, sicer so kapacitete pomnilnikov v sprejemni podatkovni povezovalni plasti prekoračene. Prepočasno pošiljanje ne omogoča največje mogoče učinkovitosti sistema.

Pri oddajniku podatkovno-povezovalna plast sprejme podatke od plasti 3. V polje glave na začetku okvirja podatkov doda nekaj značilnih podatkov za to plast, informacije za korekcijo napak pa da v polje na koncu podatkovnega okvirja. To dodano informacijo imenujemo protokolna podatkovna enota (angl. protocol data unit). Nato se okvir preda fizični plasti.

Za vsak protokol obstaja maksimalna in minimalna velikost okvirja. Nekateri okvirni protokoli imajo stalno dolžino okvirja, drugi spremenljivo. Za prenos vseh podatkov je po navadi potrebnih več okvirjev.

Ko podatkovno-povezovalna plast na sprejemni strani sprejme podatke od fizične plasti, pregleda informacije za kontrolo napak in tok podatkov, ki jih je poslal oddajni podatkovno-povezovalni nivo. Informacija v protokolni podatkovni enoti se odstrani in ostanek (paket) se preda plasti 3. Omenimo, da imajo protokoli lokalnih mrež samo plast 1 in plast 2. Podatkovno-povezovalna plast je razdeljena na dve podplasti:

- kontrolo dostopa do medija (angl. MAC - Media access control),
- logične kontrole povezave (angl. LLC - Logical link control).

Plast 3 – Mrežna plast (angl. network layer) prenaša sporočila znotraj istega omrežja ali prek več omrežij, ki so povezana s komunikacijskimi vozlišči. Išče najkrajše povezave in skrbi, da ne prihaja do ozkih grl ali zastojev v prometu. V primeru zastojev preusmerja promet na obhodne poti. Obstajajo trije koraki usmerjanja:

- vzpostavitev zveze,
- vzdrževanje zveze,
- prekinitev zveze.

Plast 4 – Transportna plast v oddajnem vozlišču razdeli podatke iz plasti 5 v manjše enote, imenovane paketi. Ta proces imenujemo segmentacija ali

razdruževanje. Pri sprejemanju transportna plast spet združi podatke v ustreznem redu in jih preda plasti 5. Ta proces imenujemo združevanje (angl. reassembly). V nekaterih protokolih transportna plast izvaja kontrolo med končnima točkama in obnovo. Specificira stopnjo zahtevane zaščite in sprejemljivo pogostost napak, pogrškov in zakasnitev. Prav tako skrbi za prenos podatkov.

Plast 5 – Plast seje vsebuje funkcije za določitev načina organizacije in sinhronizacije dialoga, funkcije za začetek, izvedbo in konec komunikacije. Določa točke za sinhronizacijo pri prenosu dolgih sporočil.

Plast 6 – Predstavitvena plast pretvori podatke iz plasti 5 v obliko, ki je razumljiva uporabniku. Podatki iz plasti 5 so biti. Plast 6 pretvori bitni tok v kodirane podatke ASCII, enostavno besedilo, video, avdio ali v podatke, kot je zahtevano.

Plast 7 – Aplikacijska plast je zaposlena s tem, kako se povezava uporablja. Vsebuje funkcije, ki so kot vmesnik med lokalnimi računalniškimi programi in procesi. To so storitve, ki jih komunikacijski sistem ponuja uporabniku. Nekatere aplikacije so na primer:

- elektronska pošta,
- internetne funkcije,
- prenos podatkovnih datotek,
- prenos digitaliziranega zvoka,
- prenos videa.

2.3. Standarda RS 232 in RS 485

RS 232 je najbolj znan standard, ki omogoča dvosmerni prenos podatkov po liniji in s tem komunikacijo med dvema napravama (angl. point to point). Izvorni standard določa maksimalno dolžino kabla 15 m. To določilo je bilo pozneje zamenjano z maksimalno obremenitveno kapacitivnostjo 2500 pF. Tako maksimalno dolžino kabla določa kapacitivnost kabla na enoto dolžine. RS 232 je namenjen hitrostim signaliziranja od 0 do 20 kbps, vendar lahko z dobrim načrtovanjem dosežemo večje razdalje in stopnje oziroma hitrosti podatkov. Komuniciramo lahko z napravami, ki so zelo blizu. Pri večjih razdaljah je smiselno uporabiti kakovostnejše kable z manjšo kapacitivnostjo ali naprave z drugimi komunikacijskimi protokoli. Sama izvedba

komunikacije je tudi cenovno ugodna, saj se podatki prenašajo po dveh signalnih linijah. Prvotno je bil standard uporabljen za povezavo modemov z osebni računalniki in drugimi napravami, danes ga pogosto srečujemo pri povezavi različnih naprav s programabilnimi krmilniki. Hitrosti prenosa podatkov so lahko različne glede na priključeno napravo. Najpogosteje uporabljene hitrosti prenosa podatkov so 4800, 9600 in 19200 bps (Čučej in drugi, 2006).

Protokol **RS 485** omogoča komunikacijo z do največ 32 oddajno-sprejemnimi napravami (točka v več točk). Je primeren za uporabo v industrijskem okolju z veliko električnimi motnjami. Zanesljivo komuniciranje z napravami dosežemo pri dolžini vodnikov do 1200 m. Največja hitrost prenosa podatkov je 10 Mbps, vendar pa z dolžino vodnikov pada. Pri maksimalni dolžini vodnikov dosežemo hitrosti prenosa podatkov do 90 kbps. Na koncu vodnikov moramo zanko zaključiti z uporom 120 Ω , ki je po navadi priložen napravi (Čučej in drugi, 2006).

2.4. Področna vodila

Industrijske mreže imajo največkrat obliko vodila ali pa je vodilo osnova za način povezovanja. Mreže takšnega tipa pogosto imenujemo procesna področna vodila (angl. fieldbus). Med taka vodila lahko uvrstimo več mrežnih arhitektur in tehnologij. Topologije omrežij so lahko:

- topologija skupnega vodila,
- drevesna topologija,
- zvezdna topologija in
- topologija obroča.

Najpogosteje uporabljena področna vodila so:

- Modbus,
- AS-Interface,
- CAN,
- Interbus,
- LonWorks,
- PROFIBUS,
- BITBUS,

- Compo Net,
- Safety BUS p,
- SERCOS interface.

Med industrijskimi protokoli bomo v nalogi obravnavali samo protokol Modbus, saj je že preizkušen in se uporablja v do zdaj vgrajenih napravah. Predelava aplikativnih programov krmilnikov bi z uporabo drugih protokolov zahtevala preveč dodelav. Ker gre za posodobitev tudi obstoječega sistema, bomo komunikacije med objekti prilagodili že delujočim programom, ki delujejo na strežnikih in podatke iz oddaljenih objektov prenašajo prek protokola Modbus.

2.4.1. MODBUS

Komunikacijski protokol Modbus je bil posebej razvit za potrebe komuniciranja s PLC, ki ga je leta 1979 objavilo podjetje Modicon. Zasnovan je na serijski komunikaciji med nadrejenimi in podrejenimi napravami.

Plasti OSI ref. modela	MODBUS - serijski	MODBUS TCP
7 Aplikacijska plast	MODBUS aplikacijski protokol Klient/Strežnik	MODBUS TCP
6 Predstavitevna plast	Ni v uporabi	Ni v uporabi
5 Plast seje	Ni v uporabi	Ni v uporabi
4 Transportna plast	Ni v uporabi	TCP
3 Mrežna plast	Ni v uporabi	IP
2 Plast povezave	MODBUS serijski protokol	IEEE 802.3/IEEE 802.2 Ethernet
1 Fizična plast	EIA/TIA-485/232	10/100 Base T

Slika 3: Model Modbus OSI (Modbus protocol, 2011)

V mrežo lahko povežemo do 247 podrejenih naprav. Vsaka naprava mora imeti svoj naslov Modbus. Protokol je zasnovan tako, da se podrejene naprave odzovejo na zahtevo nadrejene naprave (Modbus protocol, 2011).

Večina protokolov uporablja samo nekaj plasti modela OSI. Pri serijski komunikaciji Modbus med podrejenimi in nadrejenimi napravami so v uporabi fizična plast, plast povezave in aplikativna plast (slika 3). Fizična plast pomeni prenos bitov po komunikacijskem mediju, plast povezave je v našem primeru serijska komunikacija RS 232 ali 485, aplikativna plast pa pomeni komunikacijo Modbus med nadrejenimi in podrejenimi napravami. Če poteka komunikacija med napravami po ethernetnem omrežju, sta v uporabi še dve plasti modela Modbus OSI. Ti plasti sta mrežna in transportna plast.

2.5. TCP/IP

TCP (angl. Transmission Control Protocol) je protokol za nadzor prenosa, IP (angl. Internet Protocol) pa internetni protokol. Največ omrežnega prometa poteka po protokolu TCP. Sporočila prek protokola TCP se zaradi vzpostavljene povezave med odjemalcem in servisom prenašajo zanesljivo v obe smeri, so brez napak, podvojevanja in v pravem vrstnem redu.

Vsak računalnik, ki podpira TCP, ima transportni osebek TCP, ki upravlja tokove TCP in vmesnik do sloja IP. Osebek TCP sprejema uporabniške tokove podatkov od krajevnih procesov, jih razdeli v dele, krajše od 64 kB in pošlje vsak kos kot en datagram IP. Vsak poslani paket ima svojo številko in ga prejemnik potrdi. Če je odsek za pošiljanje večji od največje prenosne enote (MTU – Maximum Transmission Unit), se ta razbije na dele (fragmente), ki so dovolj majhni za pošiljanje in so tudi oštevilčeni. Na sprejemni strani pa se odsek obnovi iz prispelih delov. Za lokalna omrežja po standardu IEEE 802.3 (ethernetna omrežja) je največja prenosna enota enaka 1.500 kB.

Internetni sloj ne zagotavlja pravilnega prenosa datagramov. Za to skrbi TCP. Ker je TCP povezovalni protokol, se najprej vzpostavi povezava med odjemalcem in strežnikom. Pri povezavi je določen odjemalčev naslov IP in vrata ter strežnikov naslov IP in vrata, na katerih posluša servis strežnika. Glava paketa TCP vsebuje izvorni naslov IP in vrata, ciljni naslov IP in vrata, zaporedno številko paketa, številko potrditve in kontrolne zastavice (Halsall, 2001).

2.6. Brezžične mobilne komunikacije

Zgodnja evropska analogna radijska omrežja so bila nekakšna mešanica tehnologij in protokolov, ki so se od države do države razlikovali. Povezljivost omrežij in uporaba enotnih naprav je bila skoraj nemogoča. Zato je leta 1982 evropska institucija za pošto in telekomunikacije (CEPT), z namenom vzpostaviti vseevropski mobilni telekomunikacijski sistem, oblikovala skupino t. i. Groupe Spécial Mobile (GSM). Pristojnosti skupine GSM so bile leta 1989 prenesene na drugo evropsko organizacijo (ETSI) in leta 1990 so bile objavljene prve specifikacije GSM. Prvo omrežje GSM je leta 1991 zagnal finski operater Radiolinja. Uporaba tehnologije GSM se je nato hitro razširila in v dveh letih pridobila okoli milijon naročnikov v 48 državah.

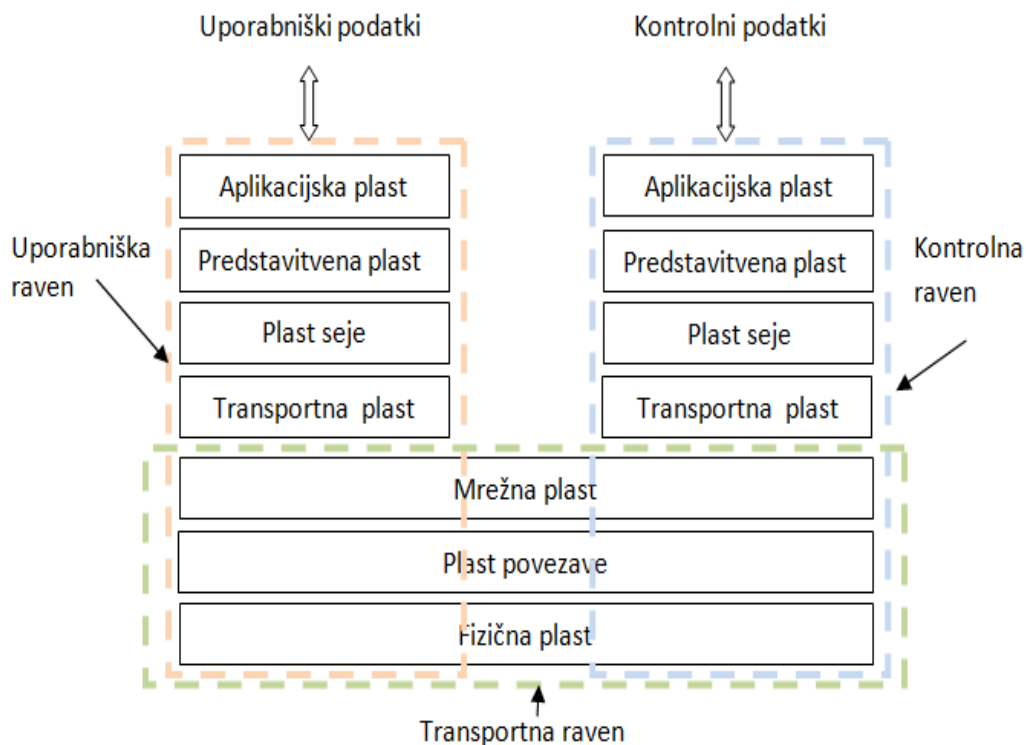
Omrežje GSM je v osnovni izvedbi omogočalo prenose podatkovnega signala do hitrosti 9600 b/s. Spada v drugo generacijo (2G) mobilne telefonije (1G – analogna telefonija). Višje prenosne hitrosti žičnih omrežij so vplivale na posodobitev omrežja GSM. Med drugo in tretjo generacijo digitalnih brezžičnih komunikacij je bila z uvedbo storitve GPRS izvedena nadgradnja omrežja GSM.

Leta 2000 so prvič predstavili storitev GPRS, ki teoretično dopušča hitrosti prenosa podatkov 128 kb/s, dejansko izmerjene dosežene hitrosti prenosa pa so malo nad 40 kb/s. Velika prednost se kaže pri obračunavanju storitev. Ponudniki storitev prek GPRS zaračunavajo samo količino prenesenih podatkov, ne pa trajanja zveze. Odjemalec/uporabnik je dejansko vedno povezan z omrežjem, vendar dokler ne prenaša podatkov, se mu nič ne zaračuna. Povezava GPRS je za uporabo pripravljena v nekaj sekundah. Za višje prenosne hitrosti je primerna tehnologija EDGE.

EDGE je nadgradnja celotnega omrežja GSM, ki ga omogoča storitev GPRS in pomeni prehod v tretjo generacijo mobilnih omrežij. Uporablja se za aplikacije, ki zahtevajo večje hitrosti prenosa podatkov. Tehnologija EDGE zagotavlja osnovne hitrosti do 236,8 kb/s in pokriva 99,66 % prebivalstva Slovenije. Podpirajo jo skoraj vsi mobiteli in podatkovne naprave, ki so v prodaji od leta 2005. Hitrost prenosa z uporabo EDGE je dvakrat hitrejša od hitrosti prenosa z uporabo dveh linij ISDN.

Hitrost prenosa prek ISDN je $2 \cdot 64 \text{ kb/s}$ oziroma je do petkrat hitrejša od klasičnega analognega modema. Hitrost prenosa prek analognega modema je do 56 kb/s .

Evolucijska nadgradnja omrežij druge generacije je uvedba novega omrežja UMTS. Omrežji 2G in 3G delujeta vzporedno in omogočata prehode med sistemoma UMTS in GSM oziroma UMTS in GPRS. Mobilne tehnologije 3G ponujajo poleg storitev 2G še hiter dostop do interneta in veliko število podatkovnih storitev, kot so avdio, video, in drugih multimedijskih storitev (GSM, 2010).



Slika 4: Model UMTS OSI (OSI model in UMTS, 2011)

V UMTS je OSI referenčni model tridimenzionalne oblike (slika 4). Te dimenzije imenujemo področja. Tri najnižje plasti sestavljajo entiteto transportnega področja, katere naloga je formirati ustrezen medij za prenos signalov, prejetih od višjih plasti. Uporabniški podatki in podatki za kontrolo omrežja so ločeni. Glavni razlog za to je razlika v času prenosa.

Omrežni nosilec UMTS si lahko predstavljamo kot prožno bitno cev, po kateri se prenašajo različne informacije. V omrežjih 2G so bile prenosne karakteristike točno določene za določeno obliko prometa. Omrežni nosilec UMTS prehaja omrežje prek

nekaterih referenčnih točk, ki so opredeljene kot kontrolne signalne ravni. Ko se določen nosilec uporablja za prenos, se kontrola prometa v nosilcu izvaja s signalizacijami uporabniške ravni.

Transportna raven določa način vzpostavljanja fizične povezave med mobilnim terminalom in omrežjem. Ker je mreža sestavljena iz ločenih enot, omejenih z odprtimi vmesniki, je tudi transportna raven prilagojena tem vmesnikom (OSI model in UMTS, 2011).

3. PRENOS PODATKOV V RIŽANSKEM VODOVODU KOPER

Javno podjetje Rižanski vodovod Koper, d. o. o., zagotavlja vodooskrbo obalnim občinam Koper, Izola in Piran. Poglavitna naloga organizacije je nenehno izboljševanje kakovosti pitne vode, iskanje novih vodnih virov za zagotavljanje zadostne količine vode in skrb za celotno vodovodno omrežje na obalnem območju. V podjetju je vpeljan sistem vodenja kakovosti po standardu ISO 9001–2000 (Rižanski vodovod Koper, 2010).

Prav tako je vzpostavljeno vodenje preventivnega sistema HACCP (angl. Hazard Analysis Critical Control Points), ki omogoča identifikacijo oziroma prepoznavanje, oceno, ukrepanje in nadzor nad morebitnimi dejavniki tveganja v živilih (pitni vodi), ki lahko ogrožajo zdravje ljudi, po določilih Zakona o zdravstveni ustreznosti živil, snovi in izdelkov (Uradni list RS, št. 52/2000, 42/2002, 47/2004).

Vodooskrbni sistem je kompleksen, saj je poleg oskrbovanja iz treh vodnih virov oskrba prebivalcev izvedena pretežno prek višinskih vodovodov. Zaradi hribovitega terena je v sistem vgrajenih sorazmerno veliko število črpališč, katerih črpalne agregate krmilijo sistemi avtomatskega vodenja iz oddaljenih vodohranov. Za ustrezno in varno vodooskrbo zlasti v sušnem obdobju ima poglavitno nalogo komunikacija med razpršenimi objekti. Ta poteka po različnih komunikacijskih medijih, ki pa so v večini zastareli in dotrajani.

Vodni viri:

- vodni vir Rižana z zmogljivostjo odjema do 240 l/s. Vir je bil zgrajen leta 1935, leta 1987 pa je bil dograjen s črpališčem Tonaži in črpališčem Podračje (slika 5, omrežje zeleno obarvano);
- vodni vir Gradole v hrvaški Istri s pravico odjema do 200 l/s. Vir, ki ga upravlja Istrski vodovod Buzet, je bil zgrajen leta 1970 (slika 5, omrežje rdeče obarvano).
- vodni vir Klariči z zmogljivostjo odjema do 135 l/s (povezava Rodik–Rižana je bila zgrajena leta 1993). Vir je v upravljanju Kraškega vodovoda Sežana (slika 5, omrežje modro obarvano).



Slika 5: Vodooskrba Obale (Rižanski vodovod Koper, 2011)

Območje oskrbovanja:

- Mestna občina Koper – na javno vodovodno omrežje je priključenih 95 od skupno 105 naselij, od tega je približno 350 prebivalcev brez priključka na javno vodovodno omrežje;
- Občina Izola – na javno vodovodno omrežje je priključenih vseh 8 naselij, od tega je približno 50 prebivalcev brez priključka na javno vodovodno omrežje;
- Občina Piran – na javno vodovodno omrežje priključenih vseh 11 naselij, od tega približno 30 prebivalcev brez priključka na javno vodovodno omrežje.

Skupno je na območju vodooskrbnega sistema še približno 430 prebivalcev brez vodovodnega priključka, kar pomeni, da je 99,5 % prebivalcev v obalni regiji priključenih na javni vodovodni sistem.

Število porabnikov:

- izven turistične sezone – okoli 85.000 porabnikov,
- v turistični sezoni – več kot 120.000 porabnikov.

Objekti vodovodnega sistema:

V številkah sestavljajo sistem oskrbe naslednji vodovodni objekti in naprave:

- 1 vodarna za prečiščevanje vode v Cepkih,
- 92 vodohranov prostornine nad 60 m³ ter 135 razbremenilnikov manjših kapacitet od 2 m³ do 20 m³, skupna kapaciteta 53.998 m³,
- 29 črpališč z nameščenimi 78 črpalnimi agregati, skupne moči 3914 KW,
- 60 naprav za reduciranje tlaka na omrežju,
- 2069 hidrantov za zagotavljanje požarne varnosti,
- skupno več kot 2000 objektov v sistemu (jaškov, blatnikov, zračnikov, propustov, kinet itn.).

Vodovodno omrežje:

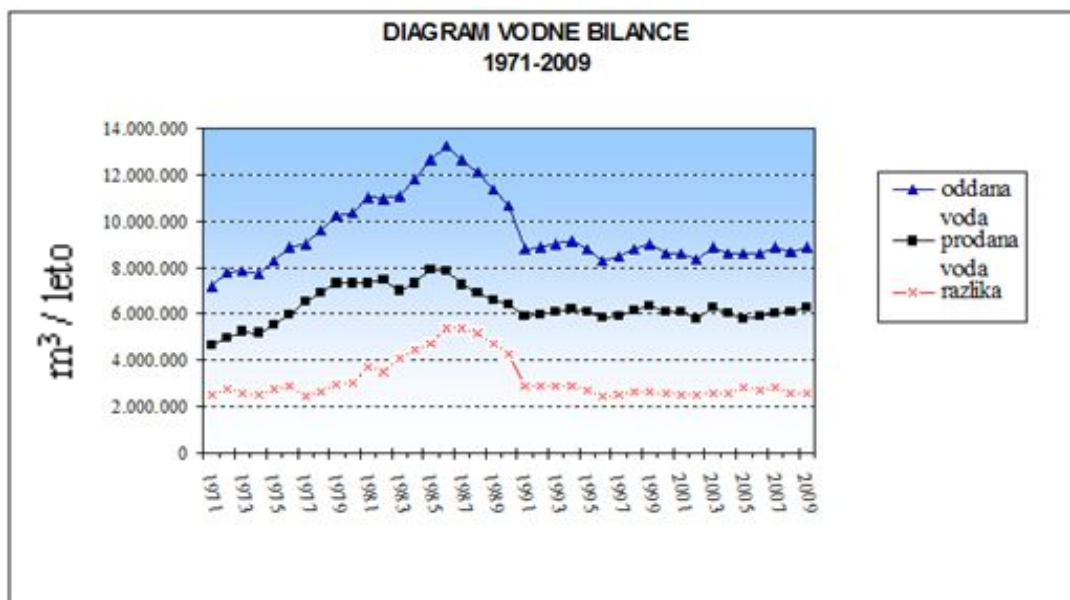
V Rižanskem vodovodu Koper upravljajo z več kot 96-kilometrskim vodovodnim omrežjem s premerom cevovodov od Ø 25 mm do Ø 1400 mm. Omrežje je sestavljeno iz različnih cevovodnih materialov.

3.1. Poraba vode

Rižanski vodovod Koper spremlja porabo in prodajo vode že od 50. let prejšnjega stoletja naprej, ko je prodaja vode znašala približno 900.000 m³ na leto. Prvi dve desetletji delovanja je rast porabe vode zmerno, a stalno naraščala. V tem času se je začela industrializacija Obale, pojavili so se prvi večji porabniki, kot sta podjetji Luka Koper in Tomos. Poraba vode pri individualnih porabnikih se je povečevala v skladu z rastjo njihovega življenjskega standarda. Tako je leta 1970 poraba presegla 4.000.000 m³ vode. V 70. letih prejšnjega stoletja je poraba pitne vode skokovito narasla. Zaradi gradnje velikih stanovanjskih sosesk ob večjih obalnih mestih in turističnih objektov se je prodaja vode v nekaj letih podvojila in presegla 7.000.000 m³. V tistem obdobju so začeli pospešeno graditi višinske sisteme

obalnega zaledja, porabniki pa so se začeli množično priključevati na javno vodovodno omrežje.

Posebna prelomnica pri porabi vode se je zgodila v drugi polovici 80. let, ko je poraba in prodaja vode precej padla (slika 6). Na to je vplivalo več dejavnikov, kot sta visoka cena vode na Obali in začetek gospodarske recesije. V zadnjih 15 letih se poraba vode ne spreminja kaj dosti in znaša okrog 6.000.000 m³ na leto. Poraba vode se poveča samo v poletnih mesecih, ko se zaradi turizma in sušnega obdobja skoraj podvoji (Krbavčič (ur), 2010).

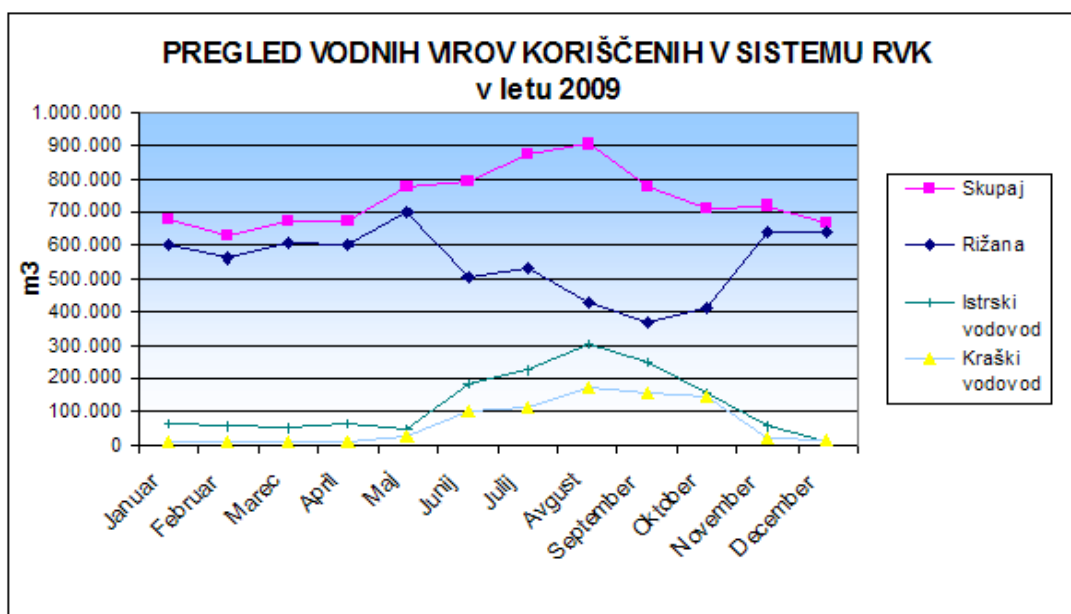


Slika 6: Diagram vodne bilance (1971–2009) (Krbavčič (ur), 2010)

Modra krivulja na sliki 6 prikazuje letne količine pitne vode, oddane v vodovodni sistem. Oddana voda je prečiščena pitna voda iz vodarne Rižana, voda iz sistema Kraškega vodovoda Sežana in voda iz sistema Istrskega vodovoda Buzet, ki je oddana v vodovodni sistem z namenom prodaje končnim porabnikom. Črna krivulja na sliki 6 pomeni prodano vodo, ki je bila oddana v vodovodni sistem. Rdeča krivulja na sliki 6 prikazuje razliko vodnih količin med oddano in prodano vodo. Te količine pomenijo vodne izgube, ki so posledica puščanj cevovodov in neplačil porabnikov za porabljeno pitno vodo. Sem spada tudi voda porabljena za pranje vodohranov in cevovodov.

Rižanski vodovod se sooča predvsem s težavami pri oskrbi v poletnih mesecih, ko je poraba vode največja, izdatnost vodnega vira Rižane pa minimalna in ne zadostuje za zagotavljanje nemotene vodooskrbe (slika 7). Manjkajoče količine vode se sicer uvažajo iz sosednjih vodovodnih sistemov Kraškega vodovoda Sežana in Istrskega vodovoda Buzet, vendar so te količine dobavljene vode nezanesljive, saj se sosednja vodovoda v času povečane porabe na svojih sistemih soočata s podobnimi težavami.

V času povečane porabe je vodna bilanca negativna in vodohrani izpraznjeni, kar se kaže v prekinitvah dobave vode pri porabnikih (Rižanski vodovod Koper, 2010).



Slika 7: Vodne količine 2009 (Rižanski vodovod Koper, 2010)

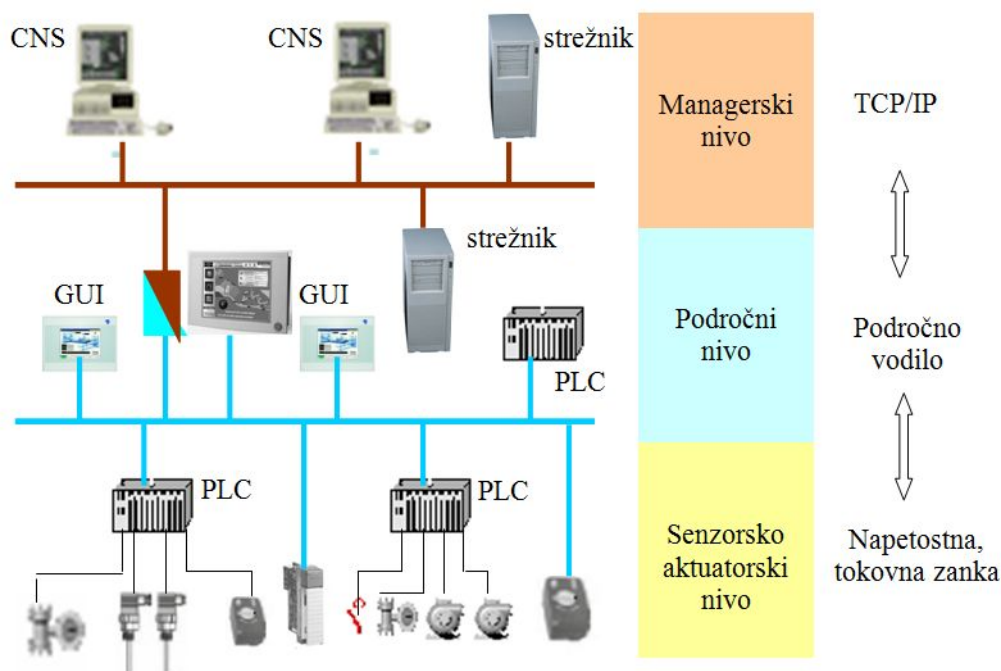
Vodne količine v letu 2009:

- proizvedena voda iz lastnih virov: 6.601.983 m³ vode,
- prevzeta voda iz zajetja Gradole: 1.473.223 m³ (iz sistema Istrski vodovod Buzet),
- prevzeta voda iz zajetja Klariči: 811.074 m³ (iz sistema Kraški vodovod Sežana),
- skupaj oddana voda v sistem: 8.886.280 m³,
- prodana voda uporabnikom: 6.282.790 m³.

3.2. Komunikacijsko omrežje

Industrijsko komunikacijsko omrežje lahko razdelimo na tri nivoje:

- senzorsko-aktuatorski nivo,
- področni nivo,
- managerski nivo.



Slika 8: Nivoji komunikacijskega omrežja

Senzorsko-aktuatorski nivo je najnižji nivo. Merilniki nivoja, tlaka, pretoka in razni aktuatorji, na primer frekvenčni regulatorji, mehki zagoni in elektromotorni pogoni ventilov, prek ustreznih komunikacijskih medijev komunicirajo z nadrejenim krmilnikom (slika 8). Ta komunikacija lahko poteka prek tokovne zanke 4 mA DC do 20 mA DC, prek napetostne zanke običajno od 0 V DC do 5 V DC ali od 0 V DC do 10 V DC ali prek področnih vodil. Napetostne zanke so bolj občutljive za magnetna polja, zato se v vodooskrbi ne uporabljajo. Večina merilnikov uporablja tokovno zanko.

Nadziranje in upravljanje aktuatorjev lahko poteka po področnem vodilu ali po bitih. V obravnavanem vodooskrbnem sistemu aktuatorji s krmilnikom komunicirajo prek serijske komunikacije, saj imajo novejši frekvenčni regulatorji že standardno

vgrajene module RS 485. Takšni frekvenčni regulatorji so predvideni tudi v črpališču San Simon.

Čitalniki brezkontaktnih magnetnih kartic prek treh vodnikov in komunikacijskega protokola RS 485 pošiljajo krmilniku podatke o številki prislonjene kartice.

Področni nivo zajema komunikacije med krmilniki in vhodno-izhodnimi enotami, uporabniškimi paneli in raznimi regulatorji. Uporabljeni prenosni mediji so prepletene parice, optična vlakna in ethernetni kabli. Uporabljeni komunikacijski protokoli so lahko TCP/IP, Modbus, ProfiBus, CAN-Bus, RS 485, RS 232 in še mnogi drugi protokoli. V Rižanskem vodovodu so najbolj pogosto uporabljeni komunikacijski protokoli TCP/IP, Modbus in RS 485.

Managerski nivo je najvišji nivo, katerega komunikacije v celoti potekajo prek protokola TCP/IP. Krmilniki komunicirajo z industrijskimi računalniki, ti pa komunicirajo s CNS. Vse nastavitve parametrov je mogoče izvesti na industrijskem panelnem računalniku ali prek CNS. Tako lahko operaterji iz nadzornega centra nastavijo nivoje za vklop ali izklop črpalk, delež odprtosti ventilov, vrednosti opozorilnih nivojev, način delovanja črpalk in še mnogo drugega.

3.3. Daljinski nadzor objektov

Kakovostna in zdravstveno ustrezna vodooskrba je mogoča le s stalnim spremljanjem in nastavljanjem tehnoloških parametrov. Voda v vodohranih se ne sme zadrževati dlje časa, saj se stoječi vodi kakovost poslabša. Za primer vzemimo kozarec pitne vode, ki ga pustimo na mizi. Ko smo vodo natočili, je ta osvežujoča in prijetna za pitje, čez nekaj ur voda v kozarcu ni ne osvežujoča in niti prijetna za pitje.

Optimalno delovanje vodooskrbnega sistema lahko dosežemo le s spremljanjem delovanja vseh elementov. Na Rižanskem vodovodu uporabljamo pet sistemov za daljinski nadzor objektov. Že sama beseda daljinski nadzor nam pove, da gre za nadziranje elementov, ki so na oddaljenih lokacijah. Ti sistemi so:

- Zagrelov CNS,
- Citectov CNS,
- sistem katodne zaščite cevovodov,

- sistem za daljinsko odčitavanje vodomero v večstanovanjskih objektih,
- sistem za odčitavanje vodomero v individualnih stanovanjskih hišah.

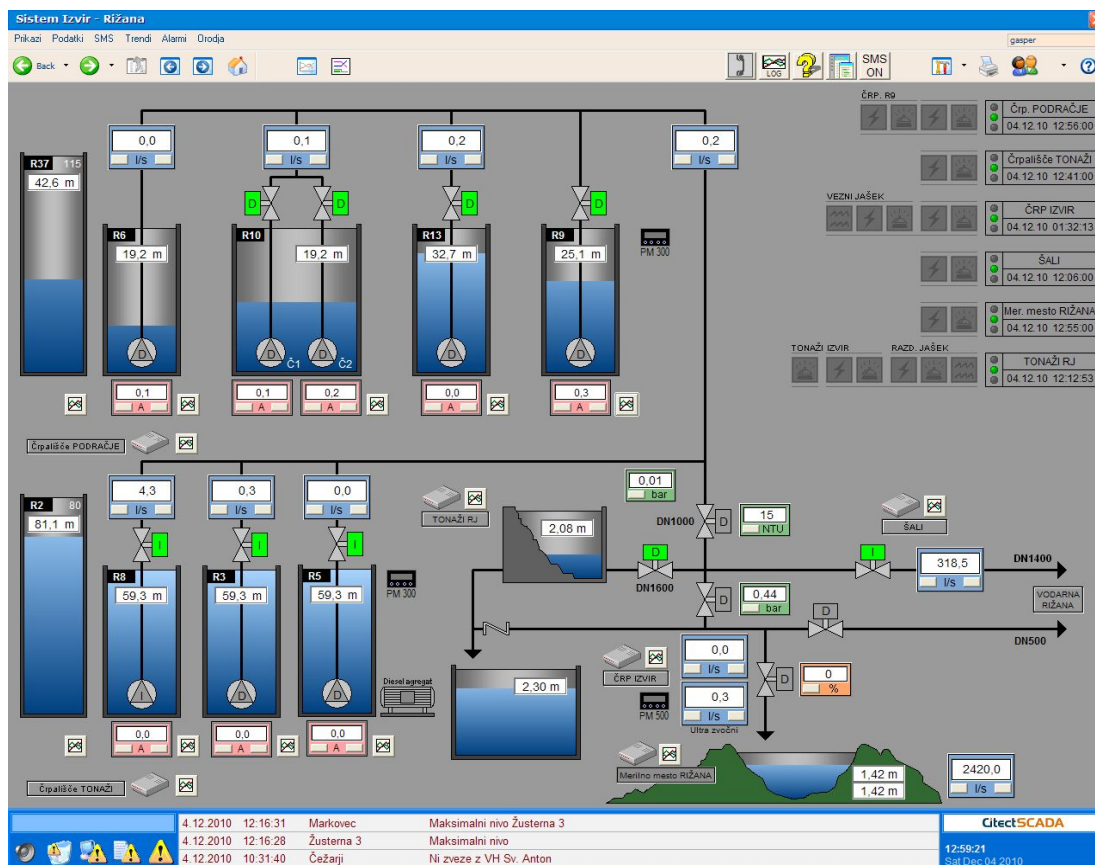
3.3.1. Daljinski nadzor objektov s starim CNS

CNS starejše generacije je zasnovan na osnovi Zagrelovega sistema SCADA, ki deluje v okolju DOS. V 80. letih prejšnjega stoletja, ko je bil sistem SCADA postavljen, sta bila daljinski nadzor in upravljanje objektov s tem sistemom zadovoljiva. Kljub zavirljivi starosti sistem še vedno deluje in omogoča vklapljanje in izklapljanje črpalk, odpiranje in zapiranje ventilov, nastavljanje mejnih vrednosti meritev, spremljanje vodnih količin, nivojev, tlakov, števila obratovalnih ur črpalk in stanja signalizacij. Ne omogoča tabelaričnega prikaza zveznih vrednosti, niti prikaza krivulj. S prihodom novih operacijskih sistemov in novejših računalnikov je postala obdelava podatkov s tem sistemom skoraj nemogoča. Podatkov ni mogoče izvoziti v novejše aplikacije. Zaslonski prikaz Zagrelovega sistema SCADA je prikazan na sliki 19.

3.3.2. Daljinski nadzor objektov z novim CNS

Leta 2000 so se v podjetju odločili postaviti CNS novejše generacije, ki bo omogočal prikaz krivulj, izvoz podatkov in uporabo novih komunikacijskih tehnologij. CNS je slonel na Intellutionovem sistemu SCADA iFix. Od leta 2000 do 2004 je bilo obnovljenih 23 objektov, ki so bili na CNS povezani prek krmilnikov Momentum.

V štirih letih obratovanja se je sistem SCADA izkazal za pomanjkljivega, zato smo se leta 2004 v Rižanskem vodovodu Koper odločili postaviti nov CNS, zasnovan na Citectovem sistemu SCADA 6.0 in najnovejših informacijskih tehnologijah, ki poleg nadziranja in upravljanja vodooskrbnega sistema omogoča prenos ter obdelavo podatkov iz dislociranih objektov, prikaz tehnoloških shem objektov in povezavo na različne podatkovne baze (slika 9).



Slika 9: Zaslonski prikaz CNS (Rižanski vodovod Koper, 2010)

Konec leta 2010 je na novem nadzornem sistemu Citect delovalo 47 objektov, 11 objektov pa je še vedno delovalo na starem Zagrelovem sistemu, ki ne omogoča obdelave podatkov. Ker v večini objektov niso vgrajeni ustrezni krmilniki, so ob izpadu komunikacije med objektom in CNS vsi podatki izgubljeni. V letu 2011 se dejavnosti posodobitve objektov nadaljujejo, zato bo število objektov na sistemu Citect vedno večje.

Poleg daljinskega nadzora in upravljanja objektov se iz nadzornega centra izvaja nadzor prisotnosti v objektih vodooskrbnega sistema. Ob vpeljavi in izgradnji novega CNS smo v podjetju uvedli akreditacijo vstopov v objekte z dodeljevanjem brezkontaktnih magnetnih kartic, ki jih uporabniki dobijo na sedežu družbe. Dograditev CNS je vključevala nove krmilnike, na katere smo prek ustrezne komunikacije prenašali številko kartice, ki jo je ob vstopu v objekt uporabnik prislonil na čitalnik brezkontaktnih magnetnih kartic tip DTR20, proizvajalca Špica (slika 10). Če je bila kartica znana, je bil vstop v objekt akreditiran, v nasprotnem primeru pa je sistem sprožil alarmno stanje.



Slika 10: Čitalnik brezkontaktnih magnetnih kartic DTR 20 (Špica, 2010)

Tovrsten nadzor vstopa v objekte je bil prvotno vpeljan samo v tistih objektih, kjer so bili vgrajeni stari Zagrelovi krmilniki. Tam se je vgradilo nove Moellerjeve krmilnike tipa XC200.

Do prehoda na zadnjo generacijo CNS so bili na 23 objektih, kjer so bili vgrajeni krmilniki Momentum, za potrebe nadzora vstopa dodatno vgrajeni Moellerjevi krmilniki tip XC100.

3.3.3. Daljinski nadzor katodne zaščite cevovodov

Poleg dveh CNS, s katerima upravljajo in nadzirajo vodooskrbni sistem, na Rižanskem vodovodu uporabljamo še sistem daljinskega nadzora delovanja katodne zaščite cevovodov in sistem za daljinsko odčitavanje vodomero. Pri daljinskem nadzoru naprav katodne zaščite spremljamo parametre, kot so potencial med cevovodom in zemljo, izhodni tok in napetost naprave. Vzorčenje se izvaja vsakih šest ur, kar je lepo razvidno na sliki 11. Programska oprema Wintrans nam poleg podatkov, prenesenih iz naprav, ponudi tudi nekaj izračunanih podatkov. Tak primer je recimo razlika med velikostjo vklopnega in izklopnega toka. Ti podatki se hranijo v Accesovi bazi podatkov, do njih pa dostopamo prek programskega orodja Wintrans (slika 11).

Date	Typ	Pot. On	Pot. Off	Pot. AC	Vtg. On	Vtg. Off	Current On	Current Off	Current Diff	Micro On	Micro Off	Micro Diff.
03.12.10 02:00		-1,57	-1,68	0,4	5,15	4,63	0,74 A	0,59 A	0,15 A			
02.12.10 20:00		-4,24	-4,28	0,2	7,90	7,96	314,75	318,50	-3,750			
02.12.10 14:00		-2,24	-2,08	0,3	5,37	5,15	478,75	489,25	-10,50			
02.12.10 08:00		-2,56	-2,57	0,2	5,67	5,69	422,75	421,25	1,500			
02.12.10 02:00		-1,67	-1,67	0,4	5,49	5,47	0,81 A	0,80 A	0,01 A			
01.12.10 20:00		-1,84	-1,84	0,7	8,19	8,24	1,58 A	1,61 A	-0,03 A			
01.12.10 14:00		-1,67	-1,67	0,4	5,98	6,05	0,93 A	0,95 A	-0,02 A			
01.12.10 08:00		-1,60	-1,59	0,4	5,57	5,59	0,83 A	0,84 A	-0,01 A			
01.12.10 02:00		-3,38	-3,34	0,2	6,85	6,77	392,00	396,75	-4,750			
30.11.10 20:00		-1,61	-1,59	0,3	5,04	4,96	0,67 A	0,68 A	-0,02 A			
30.11.10 14:00		-3,80	-3,78	0,2	7,54	7,52	362,50	363,25	-0,750			
30.11.10 08:00		-1,62	-1,63	0,3	5,00	5,06	0,65 A	0,62 A	0,03 A			
30.11.10 02:00		-9,05	-9,06	0,1	14,88	14,89	86,25	84,75	1,500			

Slika 11: Nadzorni program Wintrans (Rižanski vodovod Koper, 2010)

3.3.4. Sistem daljinskega odčitavanja vodomero

K popolnemu nadzoru vodooskrbnega sistema pripomorejo tudi podatki o oddanih vodnih količinah. Daljinsko odčitavanje vodomero je izvedeno na dva načina. V večstanovanjskih objektih so vodomeri locirani v skupnem prostoru (slika 12).



Slika 12: Vodomeri v večstanovanjskih objektih

Koncentrator zbira oddane količine vseh vodomero in jih posreduje službi ki spremlja porabo vode. Ta jih z ustrezno programsko opremo obdeluje, nadzira in na osnovi mesečnih količin pripravi položnice za porabljeno vodo.

V naseljih z velikim številom individualnih hiš se podatki iz radijskih modulov, ki so vgrajeni na vodomeru, zbirajo z ročnimi terminali. Odčitovalec hodi po obhodni poti, in ko je v bližini vodomera s prenosnim terminalom, pokliče radijski modul, ki je v vodomernem jašku (slika 13). S pozivom modula se sproži prenos podatkov iz modula v prenosni terminal. Ti podatki se po končanem obhodu v podjetju prenesejo v računalnik za obdelavo vodarine.



Slika 13: Jašek z radijskim modulom

3.4. Prenos podatkov

Individualna obdelava podatkov posameznega objekta je nesmiselna. Zato je treba podatke iz različnih oddaljenih objektov zbrati na ustreznih lokacijah, kjer jih s pravilno rabo lahko koristno uporabimo in posredujemo različnim službam. Tako lahko na primer spremljamo pretoke na celotnem vodooskrbnem sistemu in na podlagi razlike med oddano in prodano vodo določimo puščanje cevovodov na določenem odseku.

Prav tako je za dnevno izmenjavo vode v vodohrani potrebna pravilna nastavitve višine vode, ki jo iz nadzornega centra nastavimo glede na odčitane količine oddane vode. Višina vode v vodohrani se regulira z odpiranjem in zapiranjem regulacijskih ventilov na dotoku v vodohrane ali z vklapljanjem in izklapljanjem črpalk, ki potiskajo vodo v vodohrane.

Vodohrani in črpališča so med seboj oddaljeni, zato je treba ukaz za vklop črpalk prek različnih komunikacijskih medijev prenesti iz vodohrana v črpališče. Če se pojavi napaka pri črpalnem agregatu ali katerem koli drugem elementu, je treba podatek o vrsti napake iz črpališča prenesti v nadzorni center. Prav tako se pri lomu cevovoda pojavijo povečani pretoki, ki narekujejo zaprtje cevovoda. Zaporni elementi so v oddaljenih objektih, ki pa po navadi niso opremljeni z daljinskim nadzorom. Podatek o povečanem pretoku pošlje CNS v sporočilu SMS območnemu vzdrževalcu, ki zapre ventil v objektu.

Največkrat se okvare pojavijo v dela prostem času, zato mora biti vodooskrbni sistem zgrajen tako, da z ustreznim avtomatskim delovanjem glede na vrsto okvare izvede operacije, s katerimi odpravi ali zmanjša motnje v primeru okvar.

Pravilno delovanje vodooskrbnega sistema je mogoče samo z nenehnim spremljanjem stanja vodooskrbnih elementov in tehnoloških parametrov samega sistema. Iz nadzornega centra se podatki glede na vrsto in namen posredujejo službam, ki jih za svoje delovanje potrebujejo. Služba vzdrževanja spremlja:

- napake črpalnih agregatov, regulacijskih ventilov, merilnikov pretoka, tlaka, nivoja,
- obratovalne ure črpalnih agregatov,
- tokovne obremenitve elektromotorjev,
- potenciale na jeklenih vodovodnih ceveh.

Služba, ki se ukvarja z vodnimi izgubami, spremlja podatke:

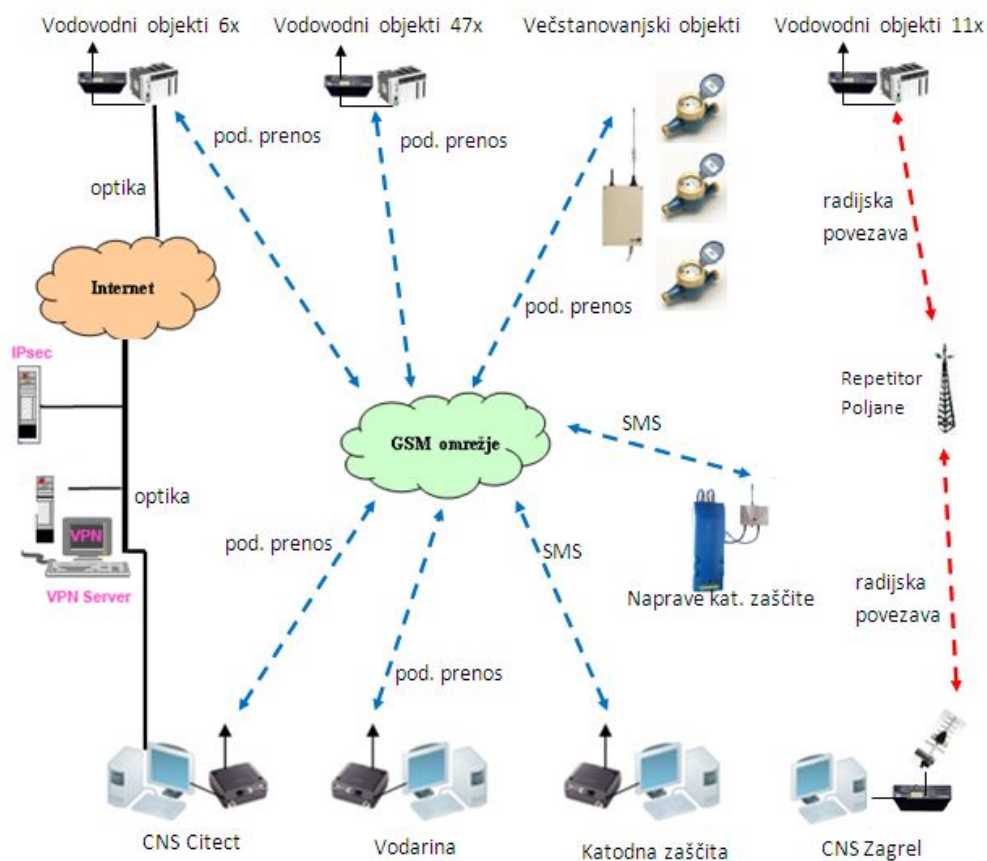
- o tlakih in pretokih na posameznih odsekih cevovodov,
- o porabi vode na posameznih področjih in
- o številu okvar na cevovodih.

Služba distribucije poleg podatkov, ki jih posreduje drugim službam, spremlja še podatke:

- o prejetih in oddanih vodnih količinah,
- o porabi električne energije glede na količino prečrpane in prečiščene vode,
- o stroških prenosa podatkov z oddaljenih lokacij v nadzorni center,
- o številu vklopov črpalk,

- o višini vode v vodohranih in pretokih na sistemu,
- o signalizacijah minimalnega in maksimalnega nivoja vodohranov,
- o prisotnosti v objektih.

Zaradi oddaljenosti objektov je treba prek komunikacijskih kanalov podatke iz objektov prenesti v podatkovne zbirke na sedežu podjetja. Komunikacija med dvema CNS in oddaljenimi objekti poteka prek repetitorja Poljane (slika 14).



Slika 14: Prenos podatkov na Rižanskem vodovodu Koper

Ta je nameščen na Šmarskem hribu in je z njega mogoča optična vidljivost skoraj vseh vodovodnih objektov. Objekti in oba CNS sprejemajo in oddajajo podatke prek radijskih postaj proizvajalca Motorola tip GM 350. Nobena postaja ne komunicira z drugo postajo neposredno.

Na sistemu je uporabljen tudi podatkovni prenos GSM. Poleg daljinskega nadziranja in upravljanja objektov se prek tega sistema daljinsko odčitavajo vodomeri. Med

podatkovne prenose lahko štejemo tudi prenos sporočil SMS iz naprav katodne zaščite.

Najnovejša pridobitev v podjetju pri prenašanju podatkov pa je komunikacija prek optičnih vlaken. Tovrstna komunikacija je izvedena na šestih objektih, ki imajo tudi redundantno komunikacijo prek podatkovnega klica GSM.

3.4.1. Analiza stroškov prenosa podatkov

Da bi razumeli stroške, ki nastanejo pri prenosu podatkov po raznih komunikacijskih kanalih, moramo te kanale in načine prenosa tudi poznati. Ti kanali niso v lasti podjetja, zato pri prenosu podatkov nastanejo tudi stroški, ki so sorazmerni s količino prenesenih podatkov.

Pred nekaj leti smo v službi distribucije vzpostavili sistem spremljanja stroškov električne energije glede na m³ prečrpane vode, stroškov prenosa podatkov glede na področje uporabe, vodne bilance in še mnogo drugih stroškov.

V nadaljevanju so prikazani stroški prenosa podatkov za leti 2009 in 2010. Zaradi različnih sistemov, različnih načinov zbiranja podatkov in načina prenosa podatkov smo sisteme obravnavali ločeno.

V kategoriji *Telemetrija* so zajeti stroški komunikacije oddaljenih objektov s CNS. Ti stroški zajemajo naročnine na številke in stroške prenosa podatkov. V kategoriji je zajetih 47 objektov. V vsakem objektu je krmilnik, ki prek modema GSM in podatkovnega klica komunicira z enim od štirih modemov, priključenih na CNS. Če je številka modema zasedena, poskuša klicati naslednjega. Če je tudi ta zaseden, preusmeri klicanje na naslednjega in to počne toliko časa, dokler ne vzpostavi klica s prosto številko GSM.

V kategoriji *SCADA* so zajeti stroški naročnine in prenosa podatkov za štiri številke, ki jih uporabljajo modemi CNS-a. Kategoriji *Telemetrija* in *SCADA* sta prikazani in obravnavani ločeno zato, ker je na vsako kategorijo mogoče vplivati. Na sistemu *SCADA* lahko nastavimo ciklično pozivanje objektov različno za vsak objekt posebej. To pomeni, da *SCADA* lahko kliče pomembnejše objekte na vsako uro, manj pomembne objekte pa vsakih šest ur. V osnovi je sistem nastavljen za vse

objekte enako, to je klic na vsako polno uro. Podobno lahko vplivamo tudi na klice objektov, ki CNS kličejo ob vsakem dogodku. Tudi tukaj lahko definiramo, kateri dogodki naj prožijo klic, vendar je v tem primeru treba spremeniti program krmilnika. V osnovi je sistem narejen tako, da objekt pokliče CNS tudi takrat, ko se na primer v črpališču vklopi ali izklopi črpalka.

V kategoriji *Katodna zaščita* so zajeti stroški naročnine in pošiljanja sporočil SMS devetih števil modemov GSM, ki jih uporablja sistem protikorozijske zaščite cevovodov.

V kategoriji *Daljinsko odčitavanje* so zajeti stroški naročnine in prenosa podatkov petintridesetih števil GSM večstanovanjskih objektov, ki podatke o količini porabljene vode enkrat na dan prenesejo v sistem vodarine.

V kategoriji *Optična povezava* so zajeti stroški najema povezave VPN šestih objektov s CNS. V kategoriji je zajetih sedem najemnin z zakupljeno količino prenosa podatkov 100 MB.

Stroški prenosa z uporabo starega CNS in zakupljenih radijskih frekvenc niso prikazani, saj gre za zelo počasen sistem, ki ne zadošča današnjim zahtevam. Res je, da je prenašanje podatkov prek zakupljenih radijskih frekvenc najcenejše, vendar je tehnologija že zelo stara in ne omogoča digitalnih prenosov, kar pomeni, da bo treba tovrstne analogne komunikacije opustiti. Razvoj digitalnih komunikacij in napovedi zakonodajnih organov narekujejo skoraj popolno opustitev analognih komunikacij.

V preglednici 1, ki prikazuje stroške prenosa podatkov za leto 2009, vidimo, da je najvišji strošek prenos podatkov med sistemom SCADA in oddaljenimi objekti. Strošek daljinskega nadziranja in upravljanja oddaljenih objektov znaša skoraj 82,5 % vseh stroškov. Nadziranje naprav katodne zaščite predstavlja 6,5 %, daljinsko odčitavanje vodomeroev 4,7 %, preostanek 6,3 % pa predstavlja strošek prenosa podatkov prek optične povezave.

Preglednica 1: Letni stroški prenosa podatkov za leto 2009 (Rižanski vodovod Koper, 2010)

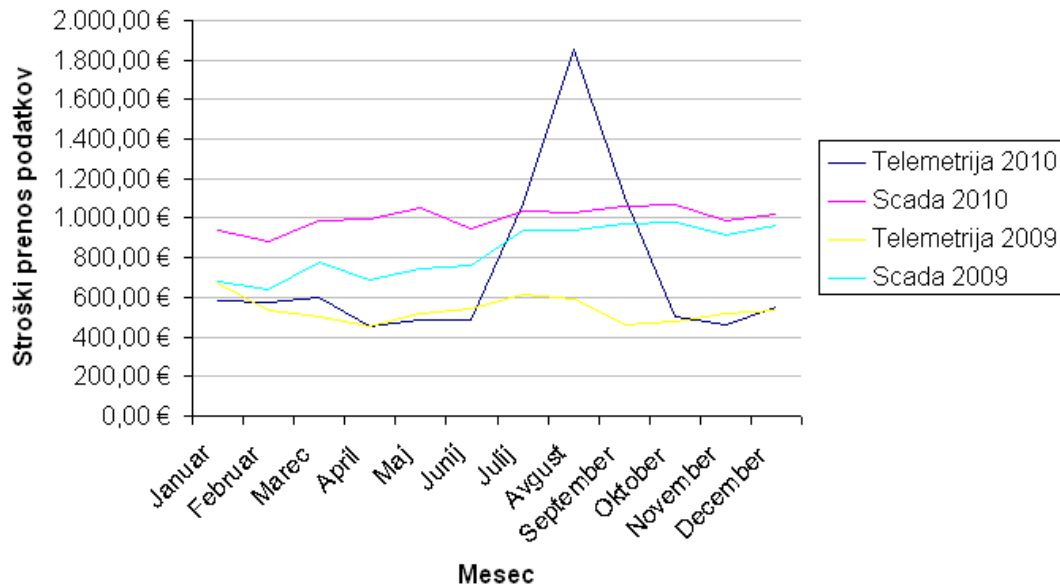
	Telemetrija	Scada	Kat. zaščita	Dalj. odčit.	Optična pov.	Skupaj
Januar	670,66 €	679,32 €	112,71 €	68,22 €	105,00 €	1.635,91 €
Februar	531,50 €	642,64 €	104,35 €	70,97 €	105,00 €	1.454,46 €
Marec	504,34 €	776,87 €	115,77 €	81,49 €	105,00 €	1.583,47 €
April	455,81 €	690,60 €	113,94 €	64,46 €	105,00 €	1.429,81 €
Maj	521,50 €	744,86 €	117,03 €	76,69 €	105,00 €	1.565,08 €
Junij	542,14 €	760,79 €	106,64 €	78,90 €	105,00 €	1.593,47 €
Julij	612,56 €	940,39 €	115,53 €	115,68 €	105,00 €	1.889,16 €
Avgust	592,12 €	942,55 €	92,79 €	66,10 €	105,00 €	1.798,56 €
September	460,82 €	973,48 €	101,81 €	113,34 €	105,00 €	1.754,45 €
Oktober	478,95 €	977,04 €	106,17 €	63,94 €	105,00 €	1.731,10 €
November	515,00 €	915,73 €	89,44 €	64,94 €	105,00 €	1.690,11 €
December	532,89 €	966,90 €	108,16 €	70,58 €	105,00 €	1.783,53 €
Letno	6.418,29 €	10.011,17 €	1.284,34 €	935,32 €	1.260,00 €	19.909,12 €

Če pogledamo stroške prenosa podatkov za leto 2010, vidimo, da stroški naraščajo (preglednica 2). V poletnih mesecih stroški telemetrije in sistema SCADA narastejo, saj zaradi pomanjkanja vode operaterji večkrat kličejo objekte, prav tako pa objekti zaradi večjega števila vklopov in izklopov črpalk med seboj pogosteje komunicirajo.

Preglednica 2: Letni stroški prenosa podatkov za leto 2010 (Rižanski vodovod Koper, 2010)

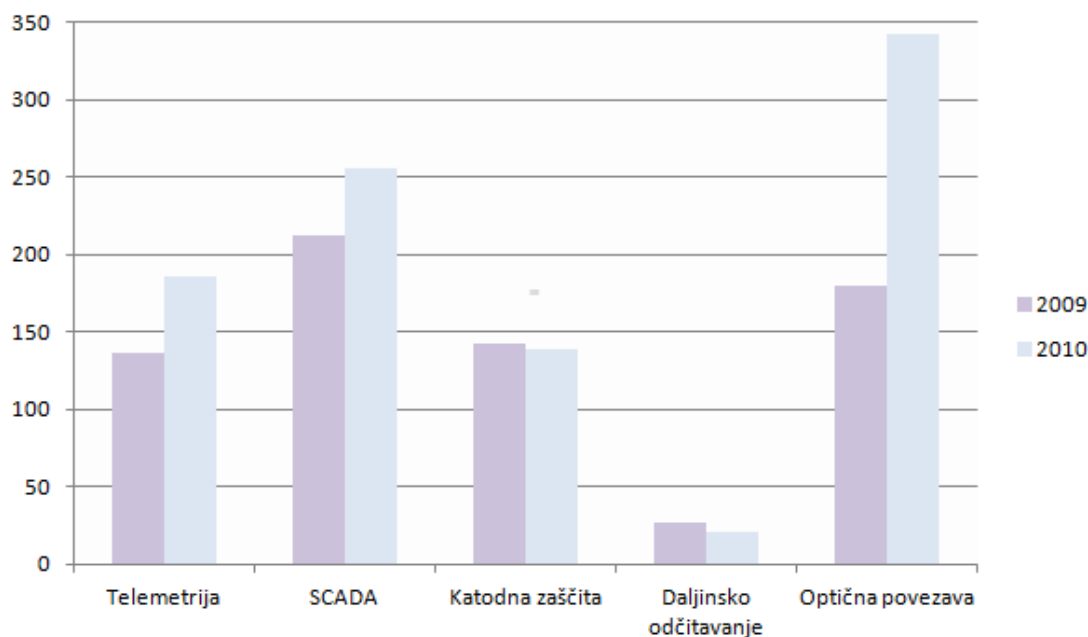
	Telemetrija	Scada	Kat. zaščita	Dalj. odčit.	Optična pov.	Skupaj
Januar	583,45 €	940,06 €	107,97 €	64,08 €	200,00 €	1.895,56 €
Februar	572,37 €	879,99 €	102,73 €	64,70 €	200,00 €	1.819,79 €
Marec	595,62 €	987,20 €	100,87 €	74,92 €	200,00 €	1.958,61 €
April	452,56 €	994,23 €	98,61 €	48,11 €	200,00 €	1.793,51 €
Maj	488,44 €	1.054,20 €	109,97 €	53,56 €	200,00 €	1.906,17 €
Junij	485,38 €	951,27 €	103,41 €	50,00 €	200,00 €	1.790,06 €
Julij	1.077,21 €	1.036,87 €	105,28 €	95,94 €	200,00 €	2.515,30 €
Avgust	1.857,38 €	1.028,83 €	101,22 €	42,92 €	200,00 €	3.230,35 €
September	1.107,26 €	1.056,84 €	89,30 €	91,98 €	200,00 €	2.545,38 €
Oktober	501,63 €	1.067,14 €	109,84 €	61,04 €	200,00 €	1.939,65 €
November	459,64 €	987,53 €	107,89 €	43,44 €	200,00 €	1.798,50 €
December	552,22 €	1.021,69 €	111,45 €	50,43 €	200,00 €	1.935,79 €
Letno	8.733,16 €	12.005,85 €	1.248,54 €	741,12 €	2.400,00 €	25.128,67 €

Na sliki 15 lahko vidimo trikratno povišanje stroškov telemetrije za avgust 2010. Ta strošek ni nastal zaradi prepogoste komunikacije med objekti in sistemom SCADA. Strošek je povzročil en objekt, ker je modem preklopil na omrežje tujega ponudnika storitev GSM. Operaterji v nadzornem centru tega niso mogli opaziti, šele pri pregledu stroškov prenosa podatkov je bilo takoj ugotovljeno, da je nekaj narobe. V zadnjih nekaj letih se je to že večkrat ponovilo.



Slika 15: Stroški prenosa podatkov za telemetrijo in sistem SCADA

Stroški prenosa podatkov katodne zaščite in daljinskega odčitavanja vodomeroev so v letih 2009 in 2010 skoraj nespremenjeni. Pri katodni zaščiti so leta 2010 nekatere naprave pregorele, zato v času okvar niso prenašale podatkov. Pri daljinskem odčitavanju vodomeroev so stroški na objekt (slika 16) nižji zaradi združevanja komunikacije po skupnih komunikacijskih kanalih (več vodomeroev povezanih na eno komunikacijo). Veliko spremembo je opaziti pri stroških telemetrije, sistema SCADA in optične povezave. Če primerjamo letne stroške prenosa podatkov glede na en objekt določenega sistema (slika 16), ugotovimo, da so stroški v letu 2010 glede na leto 2009 najbolj narasli zaradi prenosa podatkov prek optične povezave. Tukaj se stroški iz leta v leto večajo. Na te stroške Rižanski vodovod nima vpliva, saj je ponudnik povezave VPN (angl. Virtual private network) prek optičnega omrežja v enem letu podražil svoje storitve za skoraj 100 %. Stroški komunikacije po radijskih zvezah se po mesecih ne spreminjajo, saj se nadomestilo za uporabo radijskih frekvenc plačuje enkrat na leto in znaša 10,90 evra za eno postajo. V našem primeru znaša letni strošek komunikacije po radijskih zvezah za 11 objektov skupaj 119,90 evra. Ob upoštevanju obstoječih trendov lahko sklepamo, da bodo stroški prenosa podatkov vseh sistemov vsako leto višji.



Slika 16: Povprečni letni stroški prenosa podatkov na objekt za leti 2009 in 2010

Vodooskrbni sistem slovenske Istre še ni povsem avtomatiziran. Posodobitev sistema je izvedena približno 80-odstotno. Posodobiti je treba še 11 objektov, ki bodo neposredno komunicirali s CNS. Veliko število naprav katodne zaščite še ni priklopljenih na daljinski nadzor. Tudi daljinsko odčitavanje vodomeroev večstanovanjskih objektov ni v celoti izvedeno. Predvidevamo lahko, da bodo po posodobitvi celotnega vodooskrbnega sistema ter uvedbi daljinskega nadzora katodne zaščite in daljinskega odčitavanja vodomeroev na ostalih objektih letni stroški prenosa podatkov višji za več kot 20 % (preglednica 3).

Preglednica 3: Letni stroški prenosa podatkov po posodobitvi objektov

	Stroški 2010	Št. objektov 2010/2013	Povprečni letni stroški/objekt	Letni stroški po celotni avtomatizaciji
Telemetrija	8.733,16 €	47/58	185,81 €	10.777,09 €
SCADA	12.005,85 €	47/58	255,44 €	14.815,73 €
Katodna zaščita	1.248,54 €	9/16	138,73 €	2.219,63 €
Daljinsko odčitavanje	741,12 €	35/55	21,17 €	1.164,62 €
Optična povezava	2.400,00 €	7	342,86 €	2.400,00 €
SKUPAJ 2010	25.128,67 €		SKUPAJ 2013	31.377,06 €

V preglednici 3 so upoštevani stroški prenosa podatkov iz leta 2010. Vsi predvideni stroški veljajo v primeru nespremenjenih cen in povprečnih količin prenosa

podatkov. Stroškom iz leta 2010 so dodani še stroški posodobitve objektov v naslednjih treh letih. Pri telemetriji in sistemu SCADA je dodatno upoštevanih 11 objektov, na daljinski nadzor katodne zaščite bi priklopili 7 objektov, pri daljinskem odčitavanju bi v treh letih dodali še 20 koncentradorjev za skupine objektov. Tako bi znašal strošek prenosa podatkov iz oddaljenih objektov v letu 2013 skoraj 32.000 evrov.

4. VODOOSKRBNI SISTEM IZOLA

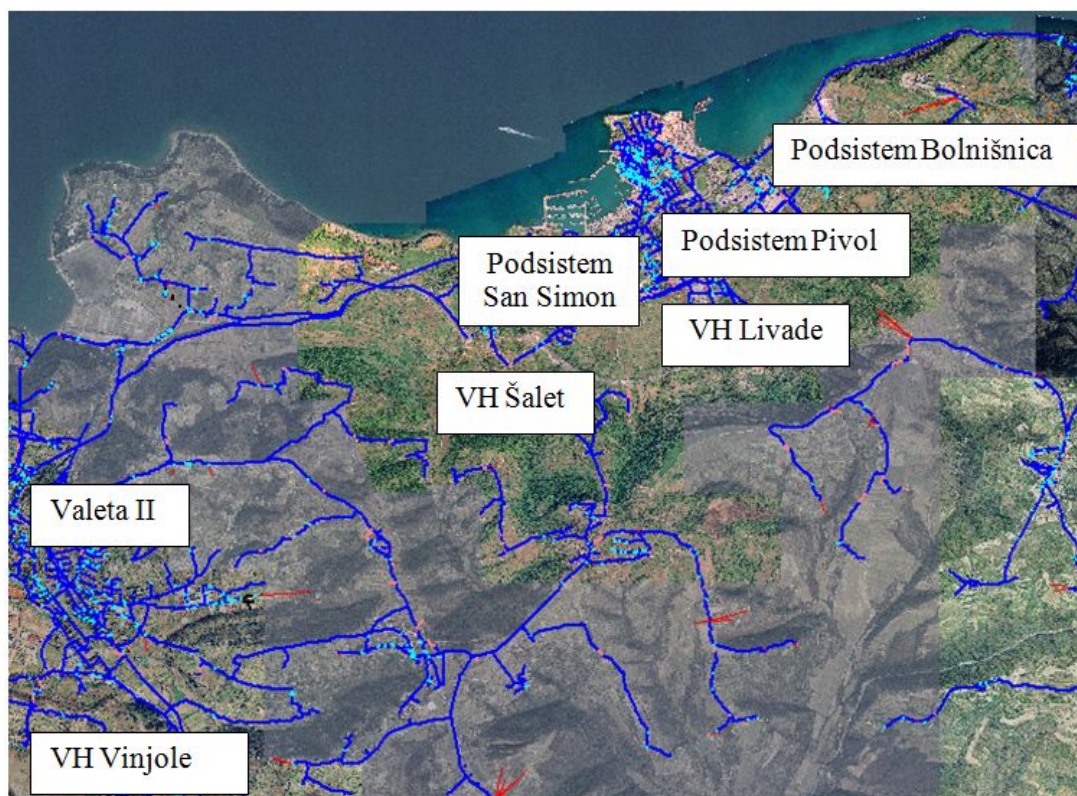
Lahko rečemo, da je vodooskrbni sistem v občini Izola najpomembnejši del celotnega vodooskrbnega sistema slovenske Istre. Sredinska lega in možnost napajanja iz dveh smeri narekuje izbiro smeri pretoka na osnovi razpoložljivih količin vode glede na vodni vir. Sistem ni v celoti avtomatiziran, zato vse regulacije in spremembe smeri napajanja na objektih izvajajo območni monterji v sodelovanju z vzdrževalci in po navodilih operaterjev v NC. Spremljanje delovanja sistema je oteženo, saj je sistem prikazan na dveh različnih CNS, ki nista med seboj povezana. Kakršna koli avtomatska regulacija dotokov in pretokov je nemogoča, ker je komunikacija med objekti neustrezna oziroma je sploh ni.

Ustrezno delovanje celotnega sistema je mogoče le z izvedbo korenitih sprememb krmiljenja elementov vodooskrbnega sistema Izola, izvedbo popolnega avtomatskega delovanja sistema, ki pa je pogojeno z ustrezno komunikacijo med objekti. V podjetju se zavedamo pomembnosti popolne avtomatizacije sistema. Zaradi obsežnosti in zahtevnosti sistema se bomo avtomatizacije lotili postopoma.

Preden se lotimo avtomatizacije nekega sistema, moramo imeti dovolj podatkov, ki so osnova za avtomatizacijo in določajo meje avtomatizacije. V primeru vodooskrbnega sistema Izola moramo upoštevati celoten vodooskrbni sistem v upravljanju Rižanskega vodovoda Koper. Vodooskrbni sistem slovenske Istre se razteza od Rižane do Kaldanije, obravnavani objekti pa so na sredini vodooskrbnega sistema. Upoštevati moramo pretočnost cevovodov in razpoložljivost vodnih količin.

4.1. Opis sistema

Vodooskrbni sistem Izola obsega tri vodooskrbne podsisteme, in sicer vodooskrbni podsistem Bolnišnica, podsistem Pivol in podsistem San Simon. Vodooskrbni sistem je približno na sredini magistralnega cevovoda med Rižano in Kaldanijo. V podsistem San Simon spadata še vodohran (v nadaljevanju VH) Livade in VH Šalet. Iz San Simona se napaja VH Valeta II, iz njega pa še VH Vinjole (slika 17). Skoraj vse dejavnosti na sistemu se izvajajo ročno, saj je sistem le deloma avtomatiziran.

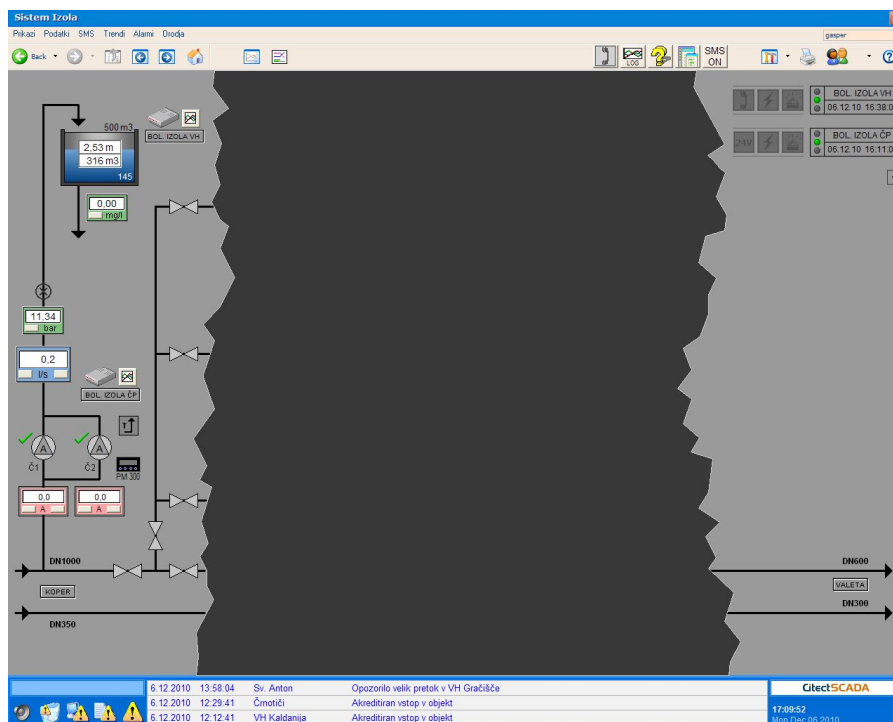


Slika 17: Vodooskrbni sistem Izola

Če želimo nadzirati delovanje celotnega vodooskrbnega sistema Izola, moramo gledati na nadzorna sistema različnih generacij, saj je del vodooskrbnega sistema že prikazan na novejšem Citectovem sistemu SCADA, ostali objekti pa so še vedno prikazani na starem Zagrelovem nadzornem sistemu.

4.1.1. Vodooskrbni podsystem Bolnišnica

Na novejšem sistemu SCADA lahko spremljamo delovanje črpališča in vodohrana Bolnišnica (slika 18). Posodobitev ostalega dela vodooskrbnega sistema ni bila izvedena (temnejši del zaslonskega prikaza na sliki 18), saj gre za zahtevnejši sistem, katerega posodobitev je povezana s posodobitvijo več objektov. Tovrstne posodobitve zaradi zahtevnosti zahtevajo veliko finančnih sredstev, ki morajo biti ekonomsko upravičena.



Slika 18: Zaslonski prikaz vodooskrbnega podsistema Bolnišnica Izola (Rižanski vodovod Koper, 2010)

4.1.2. Vodooskrbni podsistem Pivol

Vodooskrbni podsistem Pivol je postavljen na obrobju mesta Izola in obsega štiri objekte: odcepni objekt Pivol, odcepni jašek Pivol, vodohran Pivol in vodohran Pivol II. Objekti so prikazani na zaslonskem prikazu poleg podsistema San Simon (slika 19). Vodooskrbni podsistem Pivol je ključen za zagotavljanje varne in ustrezne vodooskrbe severnega dela mesta Izola.

Odcepni objekt Pivol je največji objekt vodooskrbnega podsistema Pivol in se uporablja za vse prevezave med magistralnim cevovodom, črpališčem za bolnišnico ter vodohranoma Pivol in Pivol II. V odcepnem objektu Pivol je vgrajen starejši krmilnik in dvovrstični uporabniški vmesnik, prek katerega lahko nastavljamo zelene nivoje obeh vodohranov, preverjamo stanje signalizacij elementov v vodohranih in odcepnem objektu, ne moremo pa vplivati na delovanje elektromotornih ventilov v odcepnem jašku Pivol. Z obstoječimi elementi objekta ni mogoče povsem avtomatizirati, saj so na odcepu iz prelivnega vodohrana proti VH Pivol in Pivol II

vgrajeni ventili z ročnim upravljanjem. Prav tako ni mogoče spremljati zgodovine pretokov in prisotnosti v objektu.

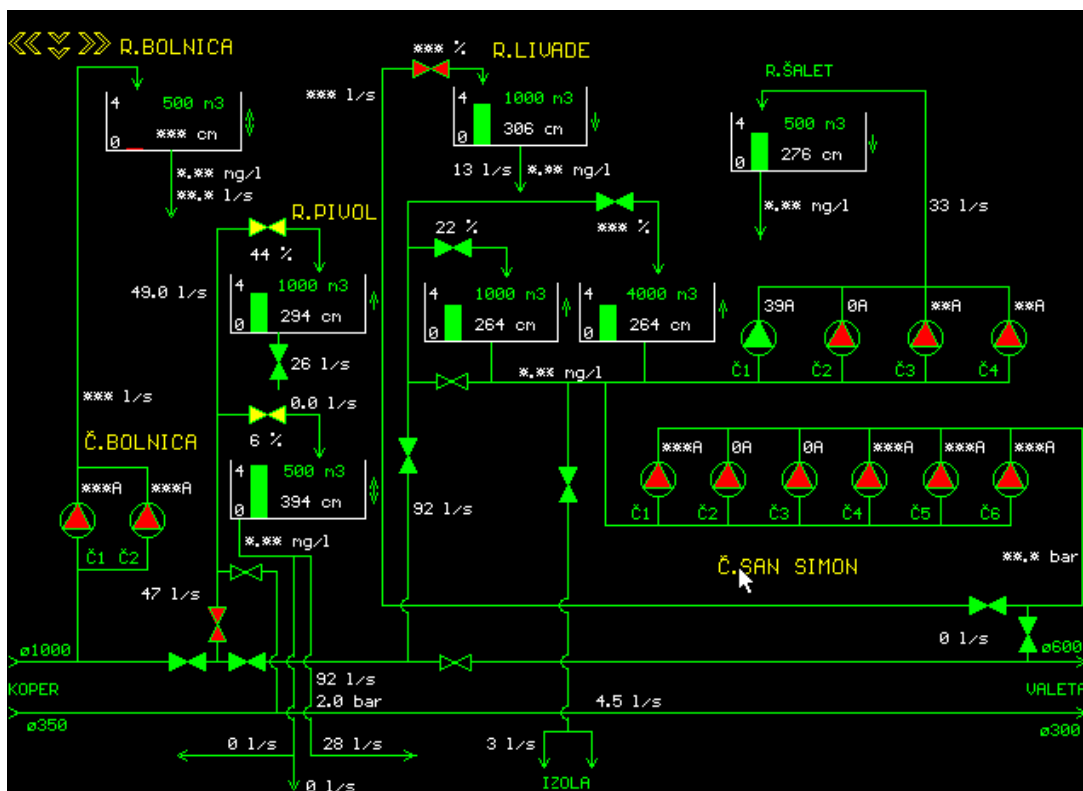
Odcepni jašek Pivol se uporablja za prevezavo dotokov in iztokov obeh vodohranov v Pivolu. V jašku so vgrajeni trije elektromotorni pogoni z lokalnim upravljanjem. Daljinskega upravljanja ni, zato je pri manipulacijah z ventili potrebna fizična prisotnost monterja v jašku. Jašek je vkopan v teren, zato je ob slabem vremenu in nočnih urah že vstop v jašek zelo nevaren.

Vodohrana Pivol in Pivol II se prek odcepnega objekta Pivol iz rižanske smeri lahko napajata iz glavnega in prelivnega vodohrana Rižana, iz izolske smeri pa iz VH Livade ali VH Kaldanija. Vse manipulacije na ventilih se izvajajo lokalno v objektih, daljinskih nastavitev prek CNS ni. Nekaj nastavitev lahko izvajamo v odcepnem objektu, v katerem je vgrajen krmilnik z dvovrstičnim uporabniškim vmesnikom. Tehnološki parametri, signalizacije in ukazi, se med objekti prenašajo prek signalnih kablov.

Komunikacija s starim CNS poteka prek radijskih zvez. Če komunikacija izpade, so vsi podatki in tehnološki parametri do vnovične vzpostavitve komunikacije izgubljeni.

4.1.3. Vodooskrbni podsistem San Simon

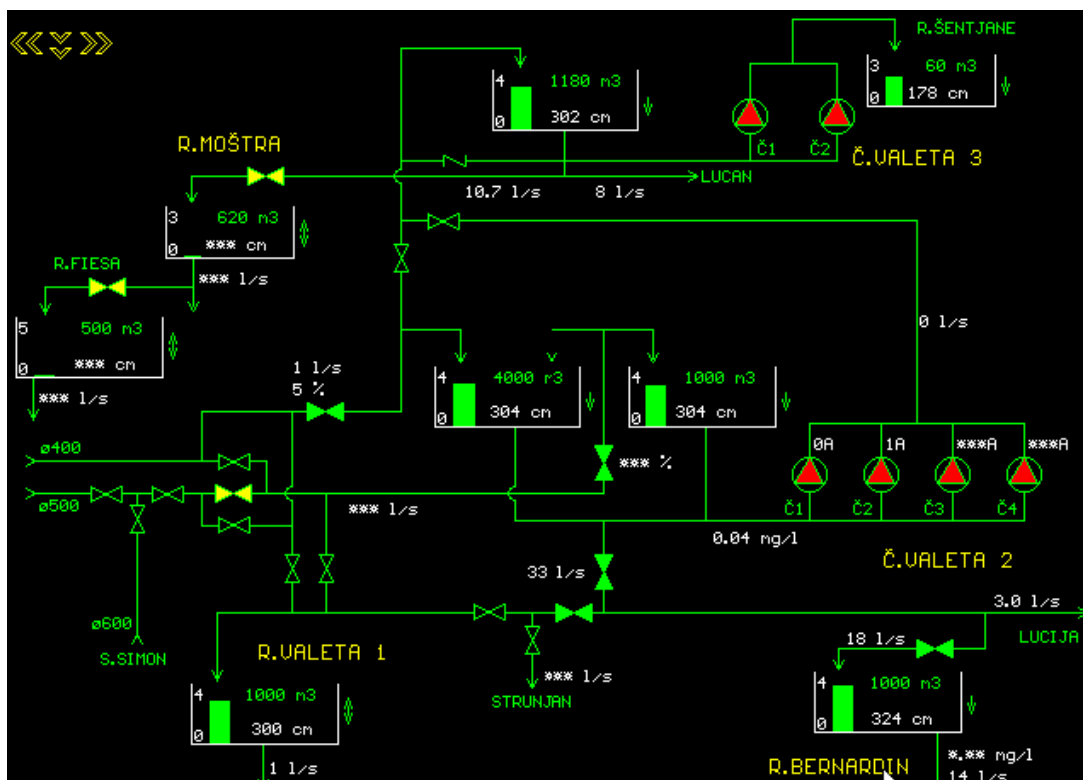
Vodooskrbni podsistem San Simon obsega VH s črpališčem (v nadaljevanju ČRP) San Simon, ki je v San Simonu, VH Livade in VH Šalet pa sta na obrobju mesta Izola. Črpališče in oba vodohrana San Simon spadajo med najpomembnejše objekte vodooskrbnega sistema v upravljanju Rižanskega vodovoda Koper. Prvotno je bil na sedanji lokaciji zgrajen samo vodohran kapacitete 1000 m³, v 80. letih prejšnjega stoletja, v času intenzivne gradnje turističnih objektov na obalnem območju, pa sta bila zgrajena še nov vodohran kapacitete 4000 m³ in črpališče s petimi črpalkami.



Slika 19: Vodooskrbni sistem Izola, prikaz v starem CNS (Rižanski vodovod Koper, 2011)

V času ugodne vodne bilance se vodohrana v San Simonu napajata z vodo iz reke Rižane. Črpalnice San Simon v tem času oskrbuje objekte VH Livade, VH Šalet, VH Pivol I (slika 19), prek objektov ČRP in VH Valeta II in VH Vinjole pa še večji del piranske občine (slika 20). Prek VH Valeta II se napajajo še vsi vodohrani na piranskem območju.

Komunikacija med VH Šalet in ČRP San Simon poteka po kablskih povezavah. Vklon in izklon črpalk se izvaja prek starega regulatorja PN 3. ČRP San Simon, VH Livade in VH Valeta II komunicirajo s CNS po radijskih zvezah. Če izberemo avtomatski režim delovanja sistema, se vsi ukazi za vklope in izklope črpalk pošiljajo iz CNS. Vodooskrbna podsistema Pivol in San Simon nimata vzpostavljene medsebojne komunikacije.



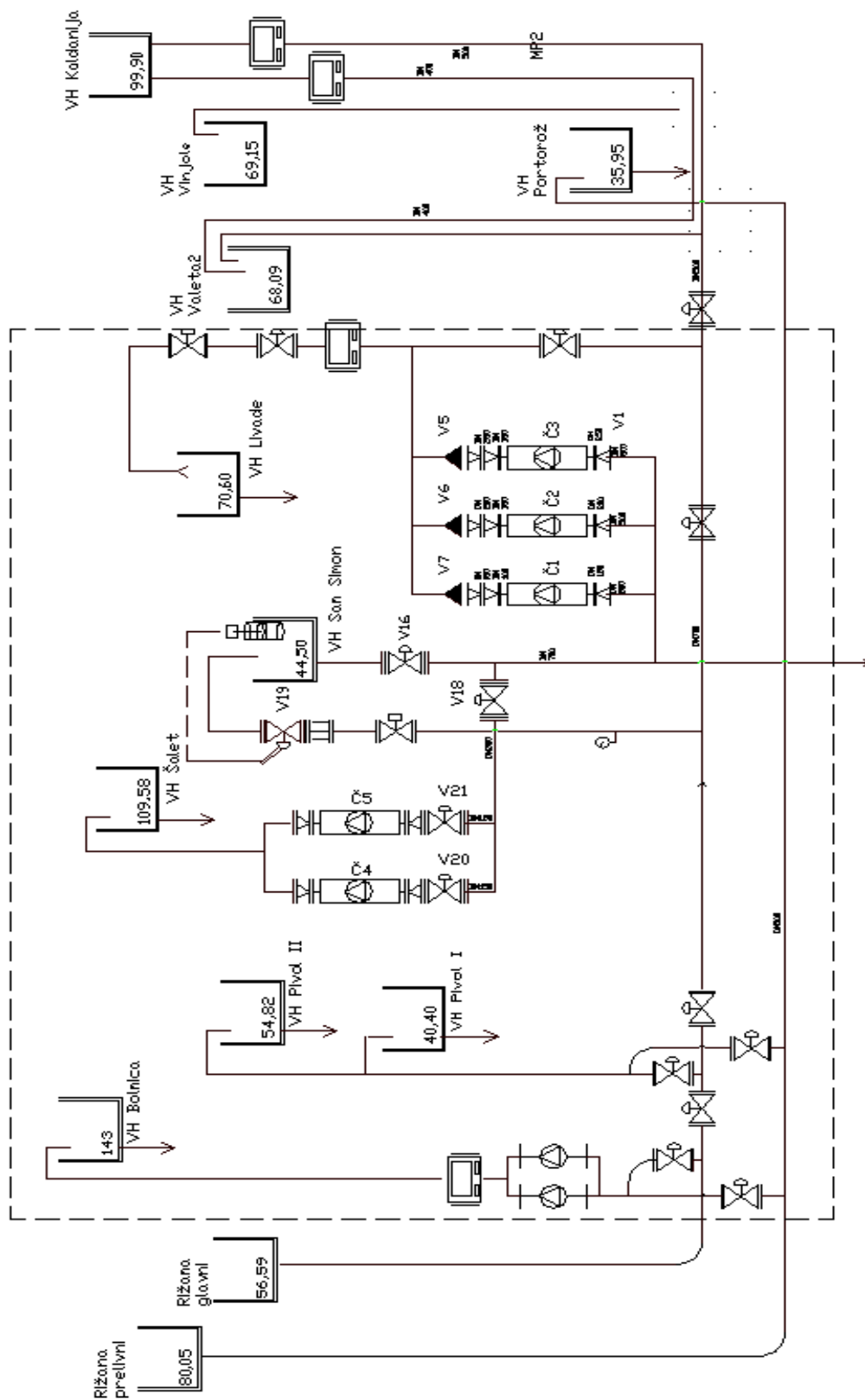
Slika 20: Vodooskrbni podsistem Valeta, prikaz v starem CNS (Rižanski vodovod Koper, 2011)

V poletnih mesecih izdatnost reke Rižane močno upade, potrebe po pitni vodi pa se povečajo, kar povzroča težave pri distribuciji pitne vode. Sredinska lega obeh vodooskrbnih podsistemov omogoča napajanje z vodo iz obeh smeri. V poletnem času se vodohrana v San Simonu napajata z vodo iz Istrskega vodovoda Buzet. Prav tako se prek Valeta II z vodo iz Istrskega vodovoda Buzet napajajo še vsi vodohrani v občini Piran (slika 20).

Prevezave sistema se izvajajo ročno, s prisotnostjo monterjev na objektih. Vklapljanje črpalk v ČRP San Simon se lahko izvaja ročno na samem objektu in avtomatsko prek CNS.

4.2. Tehnološka shema

Kot osnovo za pridobivanje osnovnih podatkov o vodnih količinah smo izdelali shematski prikaz hrbišča magistralnega cevovoda z vsemi pomembnejšimi vodohrani in odcepi (slika 21).

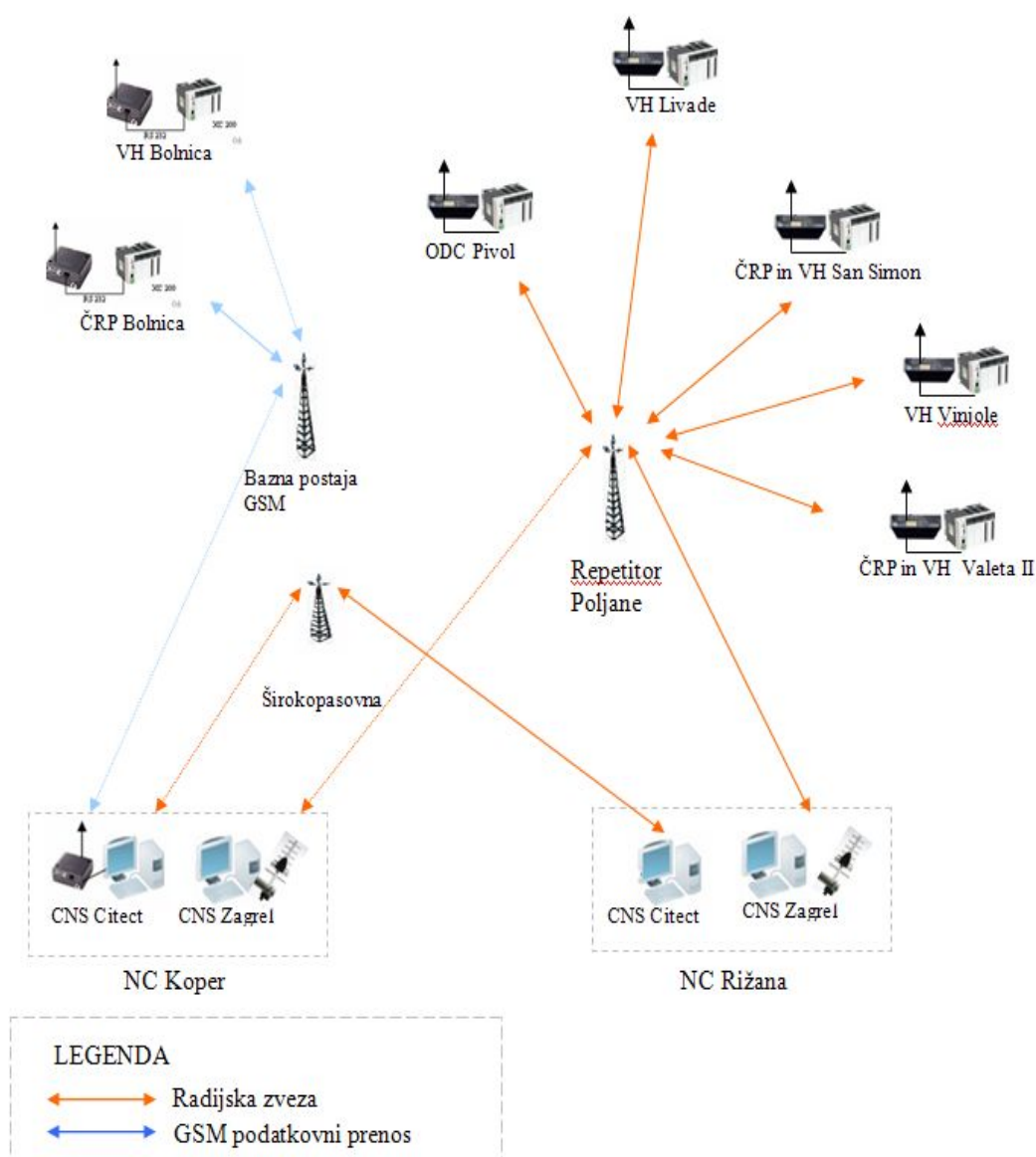


Slika 21: Tehnološka shema vodooskrbnega sistema Izola – obstoječe stanje

Tehnološka shema prikazuje vse vodohrane, črpališča, merilnike pretoka, merilnike tlaka, elektromotorne regulacijske ventile in ventile z ročnim upravljanjem. Poligon (črtkana črta) na sliki 21 označuje območje vodooskrbnega sistema Izola, zunaj poligona pa so objekti, ki vplivajo na delovanje omenjenega sistema. Vodohrani imajo poleg naziva navedeno še prostornino in nadmorsko višino dna vodohrana. Na podlagi teh podatkov lahko predvidimo težnostno oskrbo vodohranov glede na primarni vodni vir, saj so vsi trije vodni viri na različnih nadmorskih višinah. Ti viri so prelivni VH Rižana, glavni VH Rižana in VH Kaldanija.

S pomočjo tehnološke sheme in podatkov lahko takoj ugotovimo, da je napajanje VH Livade najbolj ustrezno s težnostno oskrbo iz prelivnega vodohrana Rižana in iz VH Kaldanija. Če bi ga napajali iz glavnega vodohrana Rižana, bi morali vodo usmeriti v VH San Simon in jo od tam prečrpavati v VH Livade. Ne glede na vodni vir pa moramo VH Šalet napajati s prečrpavanjem vode iz VH San Simon. VH Bolnišnica je mogoče napajati iz vseh treh vodnih virov, poleg tega pa tudi iz VH San Simon, vendar moramo tudi v tem primeru vodo prečrpavati (slika 21). Najbolj preprosto je napajanje VH Pivol in VH Pivol II, saj ju lahko težnostno napajamo iz vseh treh vodnih virov.

Obstoječa komunikacija med objekti vodooskrbnega sistema Izola in objekti, s katerimi bi za popolno avtomatsko delovanje celotnega sistema morala biti vzpostavljena medsebojna komunikacija, je nepopolna in ima številne pomanjkljivosti. Kljub temu so nekatere brezžične komunikacije glede na razpoložljivost kablskih povezav nepotrebne. VH Livade s ČRP San Simon komunicira prek radijskih zvez, čeprav bi lahko komuniciral po obstoječi kablski povezavi, postavljeni med objekti VH Livade, VH Šalet in ČRP San Simon. Po tej povezavi je iz VH Šalet speljana tokovna zanka 4 mA do 20 mA, ki se uporablja za spremljanje nivoja vodohrana in krmiljenje črpalk. Kakršno koli avtomatsko delovanje med podsistemom Bolnišnica in San Simonom je nemogoče, saj sta sistema nadzirana in krmiljena iz različnih CNS (slika 22).



Slika 22: Obstoječe komunikacije vodooskrbnega sistema Izola

Prav tako ni vzpostavljena medsebojna komunikacija med vodohrani iz Rižane, VH Kaldanija in ČRP San Simon. Dosedanje avtomatsko delovanje sistema Izola je omejeno samo na vklop tistih črpalk v ČRP San Simon, ki z vodo napajajo VH Livade in VH Valeta II. Oba vodohrana se napajata iz istega cevovoda, krmilni vodohran pa je tisti, iz katerega voda hitreje izteka. Krmiljenje je izvedeno s pošiljanjem ukaza za vklop oziroma izklop črpalk v ČRP San Simon. Ukaz se pošilja na osnovi nivoja krmilnega vodohrana in nastavljenih višin vklopa oziroma izklopa črpalk. Te višine so nastavljene v Zagrelovem sistemu SCADA in jih je treba ob vsaki spremembi poslati v krmilnik ČRP San Simon. Izbira krmilnega vodohrana je

prav tako izvedena v Zagrelovem sistemu SCADA, ki na osnovi izbranega vodohrana upošteva nivoje za vklop in izklop črpalk v ČRP San Simon. Če Zagrelov sistem SCADA izpade, je treba objekte ročno upravljati.

4.3. Izhodišča za posodobitev sistema

Prvi korak k reševanju nekega problema je definicija problema, kjer je nujno potrebno sodelovanje med tehnologi, ki dobro poznajo proces, in avtomatiki, ki poznajo postopke načrtovanja avtomatizacije sistemov. V tem koraku spoznamo probleme in ovrednotimo možnosti za reševanje problemov. V podjetju smo zato definirali slabosti sistema in poiskali poti za odpravo teh slabosti. Slabosti sistema se kažejo:

- v neustrezni regulaciji dotokov vode v vodohrane,
- v neustreznem krmiljenju elektromotornih pogonov in črpalnih agregatov,
- v slabi komunikaciji med objekti in CNS,
- v nezmožnosti ustrezne obdelave podatkov,
- v neustreznem grafičnem prikazu sistema na CNS.

Naštete slabosti lahko odpravimo le s korenitimi dodelavami, ki obsegajo:

- **dograditev elektromotornih pogonov z zvezno regulacijo delovanja.** Jerman (2007) je s simulacijo potrdil, da ob zvezni regulaciji dotokov v vodohrane zadostimo zahtevam avtomatskega delovanja celotnega vodooskrbnega sistema občine Izola. Obstoječi pogoni nimajo zvezne regulacije, zato je predlagana predelava obstoječih ali nabava novih pogonov;
- **vgradnjo dodatnih magnetno-induktivnih merilnikov pretoka.** Za zvezno regulacijo nivojev vodohranov potrebujemo poleg ustreznih elektromotornih pogonov tudi meritve pretokov v vodohran ali iz njega. Spremljati moramo tudi pretoke na odcepih magistralnega cevovoda. Ker se vodohrani lahko napajajo iz različnih smeri, je predlagana vgradnja dvosmernih magnetno-induktivnih merilnikov pretoka;
- **vgradnjo merilnikov tlaka.** Nenadno zapiranje ventilov lahko zaradi vodnega udara povzroči lom cevovodov in strojne opreme vodooskrbnega sistema. Pri odpiranju in zapiranju ventilov ter spremembi smeri pretoka je

treba spremljati tlačne razmere v cevovodih in na osnovi odčitanih tlakov ustrezno odpirati ali zapirati ventile. Zato je v nalogi predlagana vgradnja dodatnih merilnikov tlaka;

- **zamenjavo krmilne opreme.** Uporaba opreme z zvezno regulacijo oziroma z zveznimi meritvami in ustrezno reguliranje avtomatskega delovanja celotnega vodooskrbnega sistema zahteva uporabo ustrezne krmilne opreme. Obstoječa oprema ne omogoča popolnega avtomatskega delovanja in tudi ne ustrezne komunikacije z oddaljenimi objekti. Predlagana je zamenjava programabilnih krmilnikov s sodobnejšimi z več pomnilnika, možnostjo hranjenja podatkov v podatkovnem pomnilniku krmilnika in z ustreznimi komunikacijskimi moduli;
- **vgradnjo frekvenčnih regulatorjev za uravnavanje tlaka v cevovodih.** Predlagana je zamenjava zvezda-trikot načina zagona črpalnih agregatov s frekvenčnimi regulatorji z zvezno regulacijo. Ob naraščanju tlaka v tlačnem cevovodu bi regulator nižal vrtljaje motorja in tako zagotovil ustrezen tlak v vodooskrbnem sistemu;
- **vzpostavitev ustrezne komunikacije med napravami in krmilniki ter med krmilniki in CNS.** Predlagani so načini komunikacije (komunikacijski protokoli) med napravami in krmilnimi moduli ter komunikacije med krmilniki in CNS;
- **vzpostavitev komunikacije med objekti.** Je najbolj pomembna za avtomatsko delovanje vodooskrbnega sistema. Na podlagi obstoječih kabljskih povezav so predlagani različni načini komunikacije med objekti;
- **združitev prenosa podatkov sistema katodne zaščite cevovodov in podatkov CNS.** Predlagana je združitev prenosa podatkov po enotnem komunikacijskem kanalu in opustitev pošiljanja sporočil SMS;
- **izdelava ustreznih uporabniških vmesnikov.** Uporabniku prijazni uporabniški vmesniki pripomorejo k lažjemu razumevanju delovanja obravnavanega sistema ter k boljši preglednosti in nadzoru delovanja vodooskrbnih elementov. Predlagana je izdelava uporabniških vmesnikov z vidno razmejitvijo med objekti;
- **posodobitev spremljanja meritev.** Vzorčenje različnih količin z enako frekvenco vzorčenja je pri spremljanju meritev v vodohranih zadovoljivo.

Popolnoma drugače pa je pri spremljanju tlaka v tistih cevovodih, ki so napajani prek hidrofnih postaj. Tlak v potrošniškem cevovodu se veliko bolj spreminja kot na primer nivo v vodohranu, iz katerega se napaja hidroforna postaja. Zato smo predlagali izdelavo programske kode krmilnikov, ki bo omogočala poljubno frekvenco vzorčenja za vsako količino posebej.

5. AVTOMATIZACIJA SISTEMA IZOLA

Vsako podjetje si nenehno prizadeva za zniževanje obratovalnih stroškov, izboljšanje kakovosti storitev, povečanje produktivnosti in fleksibilnosti. Če želi biti podjetje konkurenčno, zagotavljati storitve ustrezne kakovosti in pri tem upoštevati določene standarde, ga je treba posodabljati.

Eden od segmentov modernizacije je avtomatizacija tehnoloških procesov. Za avtomatizacijo procesov se odloča vse več podjetij, nekatera zgolj v smislu modernizacije in zniževanja stroškov, v mnogo primerih pa avtomatizacijo narekuje nov izdelek ali storitev, zaradi katere je treba narediti novo napravo ali vzpostaviti nov proces. Dorf in Kusiak pravita, da je cilj avtomatizacije poleg povečanja učinkovitosti proizvodnih sistemov zmanjšanje števila zaposlenih (Dorf in Kusiak, 1994). Tukaj omenjata predvsem zaposlene ob strojih, poveča pa se število vzdrževalcev zahtevne opreme.

O avtomatskem vodenju govorimo, kadar se procesi zbiranja informacij o stanju sistema in okolice, priprave ukrepov in odločanja ter ukrepanja izvajajo brez posredovanja človeka (Strmčnik, 1998). Z obstoječimi elementi vodooskrbnega sistema Izola, ki so opisani v poglavju 4, ne bi bilo mogoče izvesti popolne avtomatizacije.

Zaradi zahtevnosti pravilne izvedbe avtomatizacije in težav v razumevanju delovanja raznih tehnoloških procesov se je treba avtomatizacije sistemov lotiti postopoma in s pravilnim zaporedjem dejavnosti.

Za uspešno avtomatizacijo je pomembna tako pravilna izbira tehnologije kot tudi ustrezni in kakovostni algoritmi. V prvi fazi je treba določiti algoritem delovanja procesa, definirati parametre in šele nato izbrati tehnološko ustrezne in združljive gradnike avtomatizacijskega procesa. V naslednjih fazah je treba gradnike smiselno vgraditi v proces. Po avtomatizaciji procesa je treba avtomatsko delovanje samega procesa optimizirati tako, da ob večjem številu prenesenih podatkov znižamo stroške komunikacije.

V nadaljevanju podajamo predlog za avtomatizacijo vodooskrbnega sistema v občini Izola, ki je izdelan v skladu z naslednjimi smernicami:

- Vsa tehnologija bo zasnovana s ciljem popolnega obvladovanja sistema in avtonomnosti podsistema ob izpadu komunikacije.
- Vse prevezave, preusmerjanje smeri pretokov in uravnavanje tlakov v cevovodih bo izvedeno brez prisotnosti območnih monterjev v objektih.
- Predlagana bo tudi povsem nova rešitev upravljanja sistema, prav tako bomo z uporabniku prijaznejšimi uporabniškimi vmesniki olajšali, poenostavili in izboljšali preglednost stanja sistema.
- Velik poudarek je dan združevanju prenosa podatkov različnih sistemov po istih komunikacijskih kanalih.

Da bi izdelali avtomatsko voden sistem, moramo pred izbiro nove tehnologije določiti zaporedje dejavnosti. Šele na podlagi izdelane funkcijske specifikacije celotnega vodooskrbnega sistema Izola in Tehničnega pravilnika Rižanskega vodovoda Koper (Rižanski vodovod Koper, 2010) smo lahko določili tehnične specifikacije posameznih elementov. Pri izbiri elementov smo upoštevali že znane karakteristike elementov, ki jih uporabljamo na Rižanskem vodovodu.

5.1. Strojna oprema

V sistemu Rižanski vodovod Koper večinoma uporabljamo igličaste ventile proizvajalca Erhard, tipa Needle Valves (Neddle Valves, 2010). Ti ventili imajo linearno karakteristiko odpiranja in povečevanja pretoka, ki je za regulacijo pretoka vode ugodna. S tem ventilom je mogoče zelo natančno nastaviti želen pretok ali tlak vode, kar je pri drugih ventilih, kot so zasuni ali lopute, nemogoče. Zato smo se odločili uporabiti igličaste ventile v kombinaciji z elektromotornimi pogoni proizvajalca Auma, tipa Matic z zvezno tokovno regulacijo odprtosti ventila.

Na podlagi tipizacije opreme smo za merjenje pretoka izbrali elektromagnetne merilnike pretoka proizvajalca Endres + Hauser, tipa Promag 50L. Elektromagnetni merilnik pretoka meri pretok prevodnih tekočin ne glede na gostoto in viskoznost. Izhodni tokovni signal od 4 mA do 20 mA je sorazmeren s pretokom skozi merilnik. Merilnik ima poleg analognega izhoda tudi relejski izhod kumulativnega pretoka,

katerega proženje je nastavljivo (Promag 50L, 2010). V našem primeru smo ta signal prožili za vsak m³ pretečene vode. Signal je iz merilnika pretoka pripeljan na navaden bitni vhod krmilnika. Pri večjih pretokih je mogoče signal prožiti na vsakih 10 m³ pretečene vode. Dolžina trajanja signala je omejena na največ dve sekundi.

Za merjenje nivoja v vodohranih smo izbrali obstoječe piezzo uporovne merilnike tlaka z izhodno tokovno zanko od 4 mA do 20 mA, proizvajalca Eltratec, tipa PPI 100. Zvezna meritev tlaka v cevovodih je pri avtomatskem delovanju zelo pomembna, saj je tlak ena od vhodnih količin za regulacijo pretokov v vodohrane. Za merjenje tlaka smo poleg obstoječega izbrali še dva enaka piezzo uporovna merilnika tlaka proizvajalca Endress + Hauser, tipa Cerabar T PMP131 (Cerabar T PMP131, 2010) z izhodno tokovno zanko 4 mA do 20 mA.

5.2. Krmilna tehnologija

Krmilna tehnologija obsega krmilnike s procesno enoto, vhodno-izhodne module, komunikacijske module in pa tudi grafični uporabniški vmesnik.

5.2.1. Izbira krmilnika in kriteriji

Na Rižanskem vodovodu Koper uporabljamo krmilno opremo proizvajalca Moeller. Na podlagi zahtev glede komunikacije med objekti in nadzornim centrom ter zaradi velikega števila analognih ter digitalnih vhodov in izhodov smo za odcepni objekt Pivol in črpališče San Simon izbrali krmilnika proizvajalca Moeller, serije XC 200 (slika 23). To je modularni krmilnik, namenjen časovno zahtevnim aplikacijam, kjer je potreben kratek čas cikla in za aplikacije zahtevne glede povezljivosti. V osnovnem modulu ima krmilnik integriranih 8 digitalnih vhodov in 6 digitalnih izhodov. Na digitalne vhode lahko neposredno priključimo dva hitra števca s frekvenco do 50 Hz ali inkrementalni dajalnik z enako frekvenco (XC 200, 2010).

Krmilnik ima vgrajena komunikacijska vmesnika, prvi za serijsko komunikacijo (RS 232) in drugi za ethernetno komunikacijo. Na procesno enoto je mogoče priključiti do 15 razširitvenih modulov, bodisi dodatne vhodne, izhodne enote bodisi komunikacijske vmesnike. Procesna enota zmora 512 kB programskega pomnilnika in 512 kB podatkovnega pomnilnika.



Slika 23: Krmilnik XC 200 (XC 200, 2010).

Krmilnik izpolnjuje zahtevo povezljivosti z drugimi elementi avtomatike in hranjenja podatkov v krmilniku. Komunikacija z grafičnim uporabniškim vmesnikom, usmerjevalnikom in modemom GPRS bo potekala prek etherneteta.

Krmilnik v vsakem objektu neprestano vodi in nadzoruje proces vodooskrbe v objektu. Z objektom upravlja po algoritmu, ki je zapisan v aplikaciji. Če proces zahteva informacije iz drugega objekta (na primer nivo vode), krmilnik prek etherneteta pokliče oddaljen objekt in prebere podatke, ki jih potrebuje.

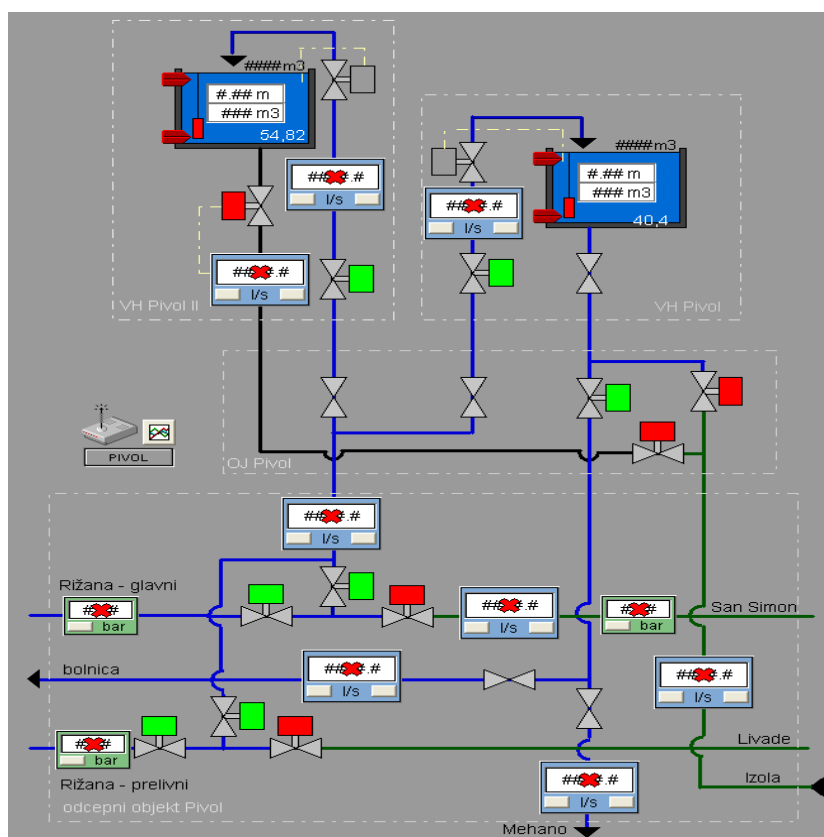
Glede na dobljene podatke opravi nalogo, ki zahteva določen proces, na primer odpiranje ventila. Podatki iz objekta se v krmilniku hranijo po vnaprej določenih časovnih intervalih. Obstoječi krmilniki shranijo podatke na vsakih pet minut v podatkovni pomnilnik krmilnika, kjer jih nadzorni center vsako uro ciklično zbere in jih shrani na strežnik.

5.2.2. Grafični uporabniški vmesnik

Grafični uporabniški vmesnik GUI (angl. Graphic User Interface) je stična točka med uporabnikom in avtomatiziranim sistemom. V skladu z zahtevami Rižanskega vodovoda smo za vodooskrbni sistem Izola izbrali grafični uporabniški vmesnik proizvajalca Micro Innovation. V vodohranih bomo grafični uporabniški vmesnik XV 100 s funkcijo krmilnika uporabili v kombinaciji z moduli XION ECO na nivoju vhodnih/izhodnih enot. V odcepnem objektu pa bomo grafični uporabniški vmesnik XV 200 povezali na modularni krmilnik XC 200. Povezava bo izvedena prek etherneteta.

Uporabnik prek grafičnega vmesnika opazuje in nadzoruje proizvodni proces. V pomoč so mu dnevni izpiski obratovalnih podatkov, trendi obratovalnih podatkov, sporočila o motnjah oziroma napakah, ki se prek sporočila SMS ali elektronskega sporočila pošljejo izbranim uporabnikom, oddaljen dostop, ki uporabnikom omogoča nadzorovanje in odpravo napak na daljavo. Pri vzpostavitvi sistemov SCADA se držimo načela, da izdelamo pregleden in enostaven grafični vmesnik. S tem želimo bodočim uporabnikom omogočiti čim hitrejšo prilagoditev na nov način dela ter hitro in učinkovito uvajanje novih kadrov, in kar je najpomembnejše, odličen nadzor nad celotnim proizvodnim procesom.

Tudi v našem primeru bomo izdelali uporabniku prijazen grafični vmesnik. Kot primer vzemimo vmesnik vodooskrbnega podsistema Pivol (slika 24).



Slika 24: Zaslonski prikaz vodooskrbnega podsistema Pivol

Prikaz vodooskrbnega sistema bo v skladu z dosedanjim, dodatno pa bo na njem prikazana smer pretoka vode. Že prej smo omenili, da se vodohrana Pivol lahko napajata iz dveh smeri. Označba obeh smeri je na zaslonskem prikazu nadzornega centra prikazana z različnimi barvami. Modro obarvan cevovod je pretok iz rižanske

smeri, zelene cevi pa so pretok iz izolske smeri, kar pomeni, da vodo jemljemo iz Istrskega vodovoda Buzet. Črno obarvane cevi pomenijo, da v njih ni nobenega pretoka, to pa je mogoče samo v primeru, ko je cevovod izločen iz obratovanja.

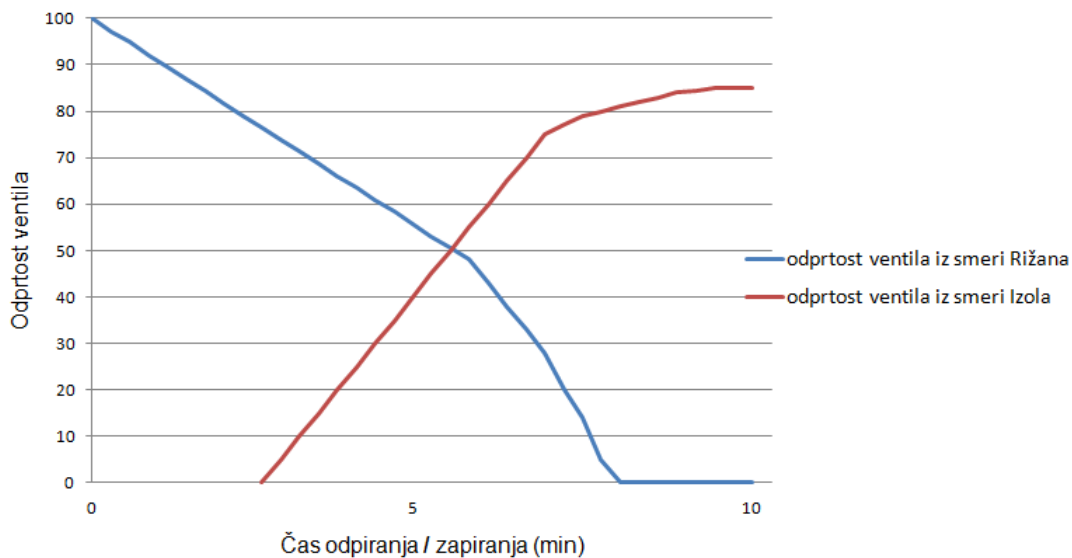
Po nekaterih ceveh lahko voda teče v eno smer, ob spremembi režima delovanja pa v drugo. V takšnem primeru bo smer pretoka ne glede na vodni vir prikazana s puščico v smeri pretoka.

Pomembna razlika med starim (slika 19) in novim sistemom (slika 24) je v nadzoru dodatno vgrajenih elektromotornih ventilov z zvezno regulacijo. Glede na smer napajanja se bodo na osnovi višine nivoja vodohranov ventili zvezno odpirali in zapirali. Nižji bo nivo v vodohranu, bolj bo ventil odprt, in nasprotno. Ob izpadu avtomatike bo odprtost ventila mogoče lokalno nastaviti na ventilu samem. Uporabniški vmesnik je prikazan v razvojnem okolju, saj so tako vidni vsi vgrajeni elementi oziroma signalizacije.

Z zvezno regulacijo ventilov lahko nemoteno spreminjamo smer napajanja vodohranov. Zaradi preprečevanja vodnih udarov ima ob nenadnem zaprtju ventila pomembno vlogo regulacija ventila.

Naloga regulatorja je, da neprestano primerja regulirano veličino z želeno referenčno veličino in da pri nastopu nekega odstopanja ali napake, posreduje s primernim reguliranim signalom, ki zmanjša ali pa izniči napako (Šega, 1985).

Na sliki 25 sta prikazani krivulji odprtosti ventilov iz dveh sistemov z različnima tlakoma. Če napajamo vodohran iz sistema s tlakom 6 barov, je ventil odprt 100-odstotno. Ob spremembi režima napajanja, ko se vodohran napaja iz sistema s tlakom 8 ali več barov, je v odvisnosti dotoka v vodohran ventil odprt približno 85-odstotno.



Slika 25: Krivulje odpiranja in zapiranja ventilov na enotnem dotoku

Ko se začne odprt regulacijski ventil zapirati, nastavljen dotok v vodohran pa se začne zmanjševati, krmilnik pošlje ukaz za odpiranje drugega ventila. Ta prevzame funkcijo glavnega ventila in deluje v odvisnosti od dotoka v vodohran, ventil, ki se zapira, pa deluje na osnovi tlaka na dotočnem cevovodu. Če bi se ventil prehitro zaprl, bi to povzročilo povišan tlak v dovodnem cevovodu, zato se ventil ob povišanju tlaka za 1,5 bara glede na tlak pred zapiranjem ustavi in vnovič zapira, ko se tlak umiri.

Poleg dograditve oziroma zamenjave elektromotornih pogonov je v odcepnem objektu Pivol predvidena zamenjava enosmernih merilnikov pretoka z dvosmernimi. Z zamenjavo elementov bomo vodooskrbni sistem Pivol skoraj v celoti avtomatizirali. Ker je sistem v tesni navezavi z vodooskrbnima sistemoma San Simon in Valeta, pa popolne avtomatizacije brez predelave drugih sistemov ni mogoče izvesti.

V črpališču San Simon bomo namesto klasičnega uporabniškega panela uporabili industrijski panelni računalnik. Uporabniki bodo prek sistema HMI SCADA lahko upravljali, nadzirali in analizirali delovanje celotnega vodooskrbnega sistema Izola. Prav tako bo mogoče brez odpiranja vrat stikalnega bloka podatke prenašati na ključ USB oziroma z njega.

5.3. Komunikacije

Popolno avtomatsko delovanje vodooskrbnega sistema občine Izola je odvisno tako od ustrezne izbire krmilne tehnologije kot od komunikacij med objekti. Z uvedbo nove krmilne opreme lahko obstoječe komunikacije med objekti nadomestimo s tehnološko ustrežnejšimi in cenovno ugodnejšimi.

Krmiljenje črpalk v ČRP San Simon na primer poteka tako, da objekt prejme ukaz iz VH Livade ali VH Valeta II. Ob vklopu bodo črpalke potiskale vodo v cevovod. Če se krmilni vodohran pozneje napolni, bo dotok v drugi vodohran zaprl regulacijski ventil. Dosedanja komunikacija prek podatkovnega klica GSM bi funkcionalno še ustrezala, vendar je upoštevanje stroške prenosa podatkov smiselno razmisliti o drugi komunikaciji.

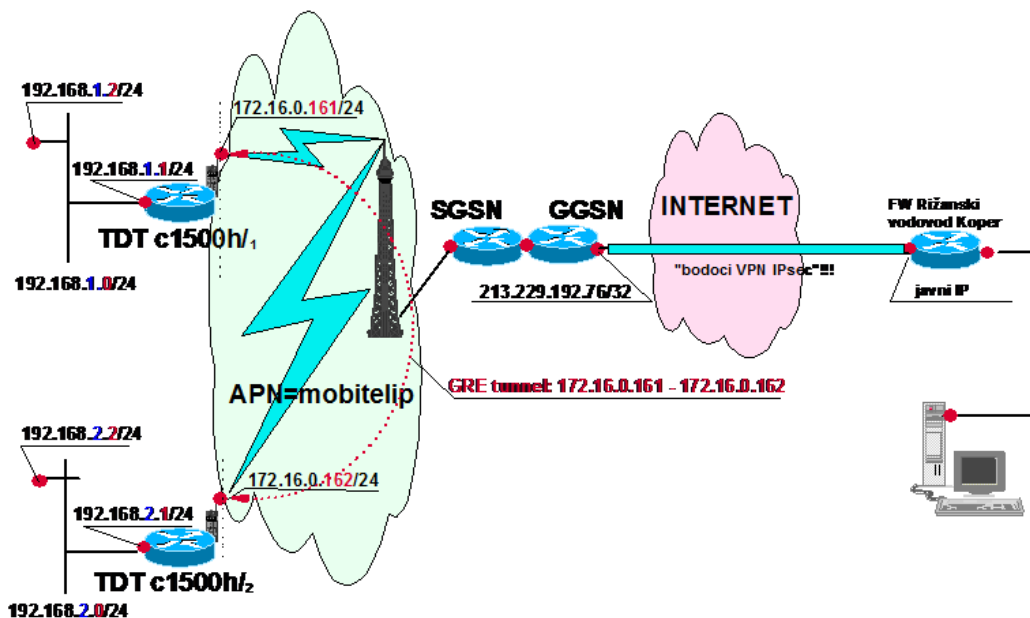
Ker gre za zelo razvejan vodooskrbni sistem, kabelskih povezav pa skoraj ni, smo na svetovnem spletu poiskali brezžične rešitve, ki bi bile tehnično in cenovno ustrezne. V podjetju uporabljamo brezžične komunikacije ponudnika mobilne telefonije Mobitel, s katerim imamo tudi sklenjeno pogodbo, ki omogoča dodatne popuste za poslovne uporabnike. Na njihovi spletni strani smo poiskali za nas najbolj ustrezno ponudbo.

Pridobili smo tudi ponudbe za izdelavo lastnega brezžičnega radijskega omrežja, vendar je začetna naložba tako visoka, da je projekt ekonomsko neupravičen. Strošek zakupa frekvenc za komunikacijo med dvema objektoma bi znašal 800 evrov na leto. Radijska povezava je smiselna le z uporabo naprav, ki delujejo na frekvencah, ki se smejo uporabljati brez odločbe o dodelitvi radijskih frekvenc. V takšnem primeru morajo biti objekti med seboj optično vidni in na lokacijah, kjer ni prisotnosti velikega števila radijskih povezav.

Zato smo se odločili, da ostanemo na Mobitelovem omrežju, in se lotili testiranja prenosa podatkov prek tehnologije GPRS. Razlika od dosedanjega prenosa je v tem, da smo na omrežje vedno povezani, plačamo pa le preneseno količino podatkov.

5.3.1. Testiranje komunikacije prek GPRS

Pri podjetju Mobitel, d. d., iz Ljubljane smo zaprosili za komunikacijsko opremo in kartice SIM z dodeljenimi naslovi IP ter vnaprej pripravljenimi komunikacijskimi kanali.



Slika 26: Shematski prikaz testnega omrežja

Testiranje smo izvedli na navideznem zasebnem omrežju znotraj Mobitelovega omrežja GSM/GPRS. Arhitektura omrežja je prikazana na sliki 26.

Iz CNS na sedežu podjetja smo do oddaljenih objektov dostopali prek internetnega omrežja in omrežja mobilne telefonije podjetja Mobitel, d. d. V oddaljenih vodooskrbnih objektih sta bila locirana usmerjevalnika tipa C1500h, proizvajalca TDT. Po vzpostavitvi povezave med CNS in usmerjevalniki smo morali aplikacije krmilnikov prilagoditi komunikacijskim kanalom.

Testiranje prenosa podatkov smo izvedli med dvema objektoma, ki sta locirana na območjih, kjer je pokritost s signalom UMTS zelo slaba. Omrežje UMTS omogoča zelo velike hitrosti prenosa podatkov, zato kakovost prenosa ni vprašljiva. Komunikacija je zato potekala prek omrežja GSM/GPRS.

Glede na do zdaj uporabljene modeme GSM je komunikacija prek GPRS hitrejša in zanesljivejša. Rezultati testiranja opreme so dali boljše rezultate od pričakovanih, saj sta bila vzpostavitev in delovanje komunikacijskega kanala brez motenj.

5.3.2. Izbira paketa GPRS za prenos podatkov

Mobitel ponuja tri pakete GPRS za prenos podatkov (preglednica 4). Hitrosti prenosa so dovolj velike ne glede na to, ali smo na signalu UMTS ali GSM/GPRS.

Preglednica 4: Cenik prenosa podatkov GPRS (Mobitel, oktober 2010)

Paket	Naročnina	Vključena količina	Cena nad vklj. kol. za kB	Priključnina
Telemetrija 5MB	1,50 €	5 MB	0,00042 €	125,19 €
Telemetrija 25MB	2,50 €	25 MB	0,00028 €	125,19 €
Telemetrija 100MB	4,00 €	100 MB	0,00014 €	125,19 €

Najmanjša količina obračunanega prenosa podatkov pri paketih Telemetrija je 1kB, kar pomeni, če vzpostavimo povezavo in ne prenesemo 1kB podatkov, se nam obračuna 1kB. Če prenesemo 1,7 kB podatkov, se nam obračuna 1,7 kB. Ob vklopu poslovnega APN se zaračuna priključna taksa, enkratni znesek v višini 125,19 evra ne glede na število vključenih kartic SIM.

Za obračun zvez pri do zdaj uporabljenem podatkovnem klicu velja interval 60/1 – prva minuta se obračuna v celoti, nadaljnji prenos podatkov pa po sekundah. Količina prenesenih podatkov se ne zaračunava. Če sprožimo klic in ne prenašamo podatkov, plačamo strošek povezave, ki je v nočnem času za polovico nižji kot podnevi (preglednica 5). Če je povezava vzpostavljena manj kot eno minuto, vseeno plačamo polno minuto.

Preglednica 5: Cenik podatkovnega klica GSM (Mobitel, oktober 2010)

Paket	Naročnina	Dnevna tarifa	Nočna tarifa	Priključnina
Podatkovni klic	2,99 €	0,09180 €/min	0,04590 €/min	11,87 €

Na osnovi analiz trenutnih komunikacij ni mogoče preveriti prenesenih količin podatkov, kajti ponudniki prenosa podatkov GSM ne spremljajo količin, temveč

dolžino trajanja povezave. Hitrost prenosa je odvisna od jakosti signala. Največja hitrost je 9.600 b/s.

5.3.3. Prenos podatkov iz naprav katodne zaščite

Iz izpiska poslanih sporočil iz naprav katodne zaščite ugotovimo, da naprave vsak dan pošljejo 170 sporočil SMS. Velikost vsakega sporočila je največ 160 znakov ASCII. Velikost vsakega znaka je 8 bitov ali 1 B. Če upoštevamo, da pri prenosu sporočil vpišemo telefonsko številko, na katero pošiljamo sporočilo, bi morali dodati še 9 B za klicano številko. Če število sporočil zmnožimo z maksimalnim številom znakov ASCII in dodamo še 9 B za številko, dobimo količino prenosa podatkov za en dan, kar je v našem primeru 27.209 B.

Če količino prenesenih podatkov pomnožimo z maksimalnim številom dni v mesecu, dobimo mesečno količino prenosa podatkov iz naprav katodne zaščite, in ta znaša 0,8 MB. Pri najmanjšem paketu Telemetrija z zakupljenimi količinami bi mesečni strošek prenosa do 5 MB podatkov znašal 1,5 evra. Letni strošek prenosa podatkov bi za eno napravo katodne zaščite znašal 18 evrov. V letu 2010 je ta strošek znašal povprečno 138,73 evra na napravo (preglednica 3).

5.3.4. Prenos podatkov iz sistemskih objektov

V poglavju 3.4.1 so predstavljeni letni in mesečni stroški prenosa podatkov (preglednica 1 in preglednica 2) ter povprečni letni stroški na objekt (preglednica 3). Pri izračunu smotnosti prehoda na prenos podatkov GPRS se nismo omejili na sistem Izola, temveč smo izračun naredili za celoten sistem RVK.

Preglednica 6: Predvideni stroški prenosa podatkov za sistem SCADA

Objekt	Minute / mesec	Preneseni podatki (MB)	Strošek prenosa GPRS		
			do 100 MB	nad 100 MB	SKUPAJ
SCADA I	4092	280,97	4 €	25,94 €	29,94 €
SCADA II	4141	284,33	4 €	26,42 €	30,42 €
SCADA III	543	37,28	4 €	0 €	4,00 €
SCADA IV	3963	272,11	4 €	24,67 €	28,67 €
VH Malija	549	37,7	4 €	0 €	4 €

V preglednici 6 so prikazani izračuni za štiri številke, prek katerih sistem SCADA komunicira z objekti, in za VH Malija, ki najpogosteje komunicira s črpališčem in CNS. Povprečni mesečni stroški komunikacije med sistemom SCADA in oddaljenim sistemskim objektom znašajo 441,25 evra (*SCADA + Telemetrija* v preglednici 3). Ker gre za povprečne stroške, smo za izračun količine prenesenih podatkov uporabili dejanske stroške prenosa podatkov v zadnjem mesecu leta 2010, in sicer za štiri številke sistema SCADA in za številko, ki jo uporablja VH Malija. Ta VH smo izbrali zato, ker ima njegova številka velikokrat najdaljše trajanje klicev in poleg klicanja sistema SCADA kliče tudi ČRP Seča. Iz podrobnih izpisov računov smo trajanje klicev pomnožili z največjo mogočo hitrostjo prenosa podatkov za tovrstni podatkovni klic, ki znaša teoretično 9600 b/s (GSM, 2011). Od dobljene količine prenesenih podatkov smo odbili 100 MB in pomnožili s ceno nad vključeno količino prenosa podatkov iz preglednice 4. Znesku zakupljene količine prenosa podatkov smo prišteli stroške prenosa nad zakupljeno količino in tako dobili predvidene stroške prenosa podatkov (preglednica 6).

Skupni mesečni strošek prenosa podatkov bi za štiri številke sistema SCADA znašal 93,03 evra. Na letni ravni bi ta strošek znašal 1.116,36 evra. Če pogledamo preglednico 2, je leta 2010 ta strošek znašal 12.005,85 evra.

Pri izračunu količin moramo upoštevati dejstvo, da poslane podatke iz sistema SCADA prejmejo dislocirani objekti. Z zakupom količin prenosa do 100 MB po objektu bi zadostili maksimalnim predvidenim količinam (VH Malija v preglednici 6). Pri dislociranih objektih tako ne bi presegli zakupljenih količin. Prehod na nov način komunikacije bi bil za komunikacijo med sistemom SCADA in oddaljenimi objekti (telemetrijo) upravičen, saj bi stroški komunikacije tako znašali 3.372,00 evrov (preglednica 7).

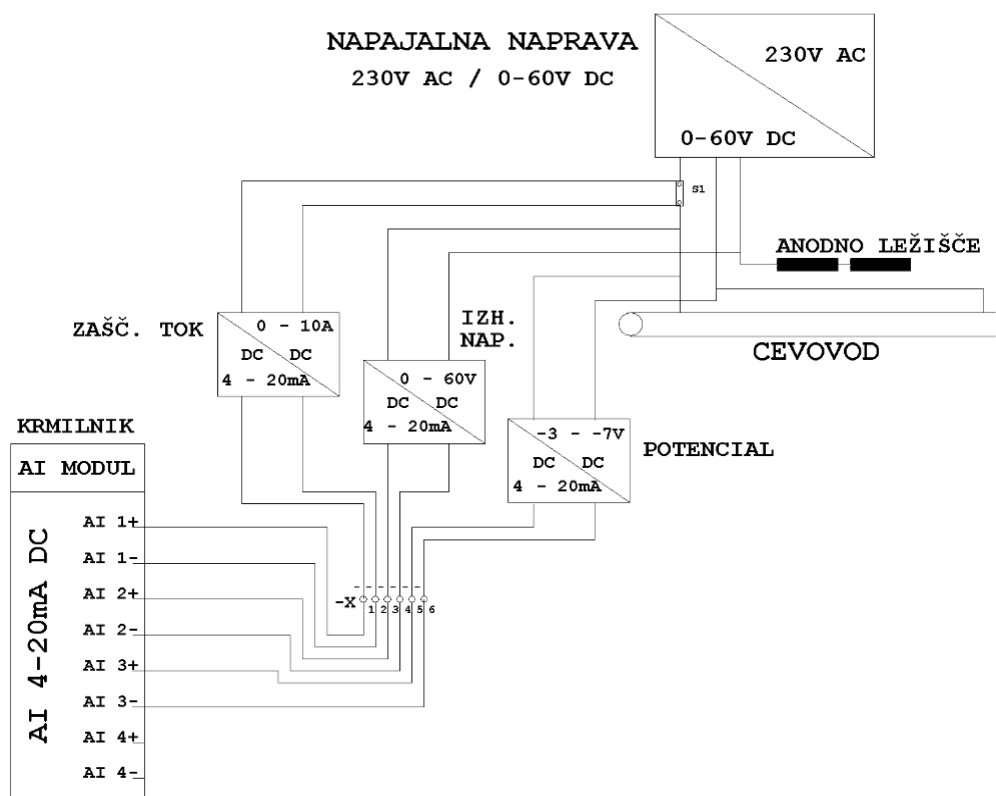
Preglednica 7: Stroški prenosa podatkov daljinskega upravljanja objektov s komunikacijo GPRS

	Št. SIM	Znesek	Skupaj/mesec
SCADA	4	93,03 €	93,00 €
Telemetrija	47	4,00 €	188,00 €
Skupni mesečni stroški			281,00 €
Skupni letni stroški			3.372,00 €

V preglednici 7 so prikazani vsi predvideni stroški komunikacije v primeru prehoda s podatkovnega klica na komunikacijo GPRS. Upošteva največje mogoče količine prenesenih podatkov je strošek prenosa nižji za skoraj 85 %.

5.3.5. Združitev prenosa podatkov katodne zaščite, sistemskih objektov in daljinskega odčitavanja vodomero

Usmerniške naprave katodne zaščite cevovodov so v neposredni bližini vodooskrbnih objektov, zato bi bilo mogoče z minimalnimi stroški izvesti združitev prenosa podatkov po istem komunikacijskem kanalu. Na izolskem vodooskrbnem sistemu ni še nobena usmerniška naprava opremljena z daljinskim nadzorom. Strošek opremljanja obstoječe naprave za daljinsko nadziranje znaša najmanj 2.300,00 evrov. Temu strošku je treba prišteti še strošek kartice SIM in strošek parametriranja sistema. Po vključitvi v obratovanje pa nastanejo stroški vzdrževanja in prenosa podatkov.



Slika 27: Dodelava naprav katodne zaščite

Namesto vgradnje dodatnega krmilnika in modema GSM lahko nadziranje parametrov izvedemo z vgradnjo treh merilnih pretvornikov in povezavo na krmilnik v objektu (slika 27).

Pri nadzoru delovanja usmerniške naprave spremljamo tri zvezne količine: izhodno napetost naprave, zaščitni izhodni tok in potencial na vodovodnih ceveh. Ker ima krmilnik v objektu analogne vhode z možnostjo izbire napetostnega ali tokovnega vhoda, smo se zaradi manjšega vpliva motenj odločili uporabiti tokovne vhode 4 mA do 20 mA DC.

Zaradi spremljanja zveznih količin različnih tokovnih in napetostnih vrednosti od razpoložljivih analognih vhodov krmilnikov bomo za povezavo na krmilnik objekta potrebovali tri merilne pretvornike z naslednjimi pretvorbami:

- od 0 do 60 V DC na 4 mA do 20 mA DC (izhodna napetost),
- od 0 do 10 A DC na 4 mA do 20 mA DC (zaščitni tok),
- od +3 V do -7 V DC na 4 mA do 20 mA DC (potencial).

Z merilnimi pretvorniki bi napetosti in tok pretvorili v krmilniku uporabno vrednost tokovne zanke od 4 mA do 20 mA. Tri analogne meritve bi po signalnem kablu povezali s krmilniki v vodovodnih objektih. Strošek takšne dodelave znaša največ 600 evrov. Stroški vzdrževanja so minimalni, saj okvara lahko nastane samo, če se pokvarijo merilni pretvorniki. Prav tako ni stroškov prenosa podatkov, saj bi se podatki prenašali skupaj s podatki vodovodnih objektov. Količina podatkov 0,8 MB na mesec ne bi vplivala na strošek prenosa.

Na strošek prenosa podatkov iz sistemskih objektov ne bi vplivalo niti skupno prenašanje podatkov daljinskega odčitavanja vodomero in sistemskih objektov po istem komunikacijskem kanalu. Podatki iz oddaljenih vodomero se zbirajo v koncentratorjih, ki jih prek modema GSM in podatkovnega klica pošljejo v bazo na sedežu podjetja. Koncentrator komunicira z modemom GSM prek serijske komunikacije. Lahko pa bi komuniciral s krmilnikom in mu posredoval podatke o količinah posameznega vodomera.

Potrebne pa bi bile dodelave na aplikativni programski opremi. V krmilniku je za shranjevanje teh podatkov treba izdelati tabelo s stolpci (angl. Array). Vsak stolpec

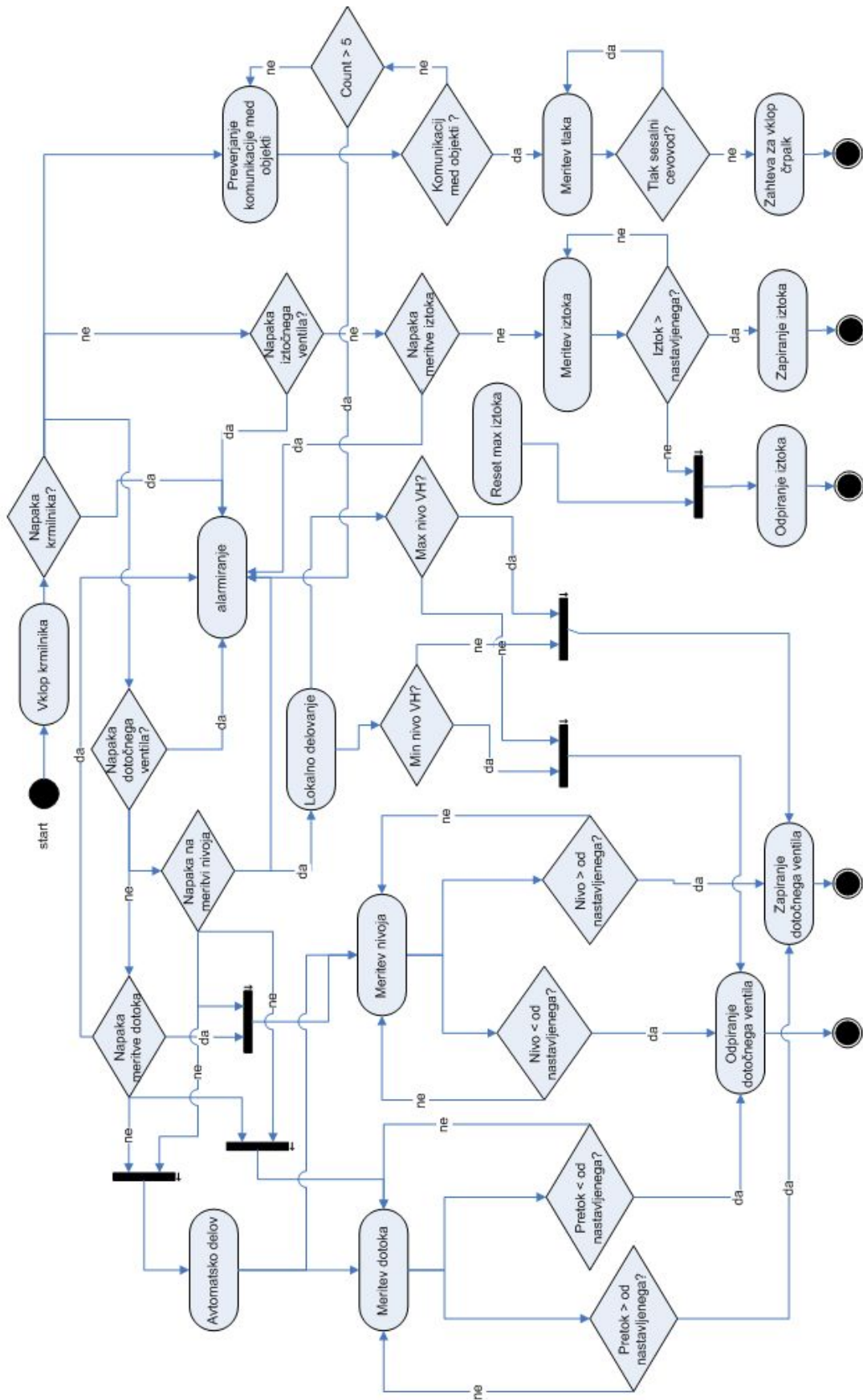
bi pomenil en vodomer. Krmilnik bi ob vzpostavitvi komunikacije s CNS na sedežu podjetja te podatke zapisal v ustrezno podatkovno zbirko. Strošek takšne dodelave je zelo nizek, saj je sistem modularen in bi razvito programsko rešitev samo replicirali.

5.4. Krmilni algoritem

Krmilni algoritem vodooskrbnega sistema mora biti zgrajen tako, da poleg soodvisnega delovanja celotnega sistema omogoča tudi samostojno delovanje vsakega objekta. Pri izdelavi algoritma moramo biti pozorni na zagotavljanje zadostnih količin pitne vode tudi v primeru okvare kakšnega elementa, hkrati pa moramo upoštevati vse varnostne ukrepe in sistem preklopiti na lokalno delovanje. Če se na primer v vodohranu pokvari merilnik nivoja, objekt preide na varen način delovanja, kar pomeni, da funkcijo odpiranja in zapiranja dotočnega ventila prevzamejo plovna stikala, ki se v normalnem delovanju uporabijo samo za alarmiranje ob maksimalnem ali minimalnem nivoju vode v vodohranu.

Če so na sistemu vgrajeni ventili z zvezno regulacijo, preide krmiljenje regulacijskega dotočnega ventila z zvezne regulacije na točkovno regulacijo. Ob minimalnem nivoju VH se ventil odpre na vnaprej nastavljeno vrednost odprtosti, ob maksimalnem nivoju VH pa se zapre.

Podobno velja tudi za zvezno krmiljenje frekvenčnih regulatorjev, ki v normalnih razmerah delujejo na osnovi nivoja v VH. Ob izpadu komunikacije recimo med ČRP in VH, frekvenčni regulator nima podatka o višini nivoja vode v VH. V tem primeru regulator deluje na osnovi tlaka v tlačnem cevovodu. Ob povišanju tlaka regulator zniža vrtljaje črpalke, ob zmanjšanju tlaka pa vrtljaje poviša toliko, da veljajo za varen način delovanja. Vsaka napaka na katerem koli elementu mora sprožiti alarm. Del krmilnega algoritma vodohrana Pivol je prikazan na sliki 28.

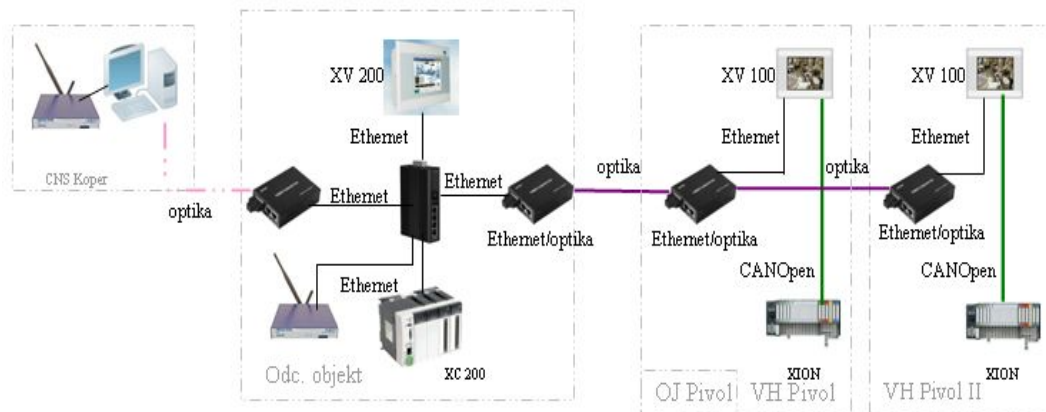


Slika 28: Del krmilnega algoritma VH Pivol II

5.5. Arhitektura krmilnega sistema

Popolna avtomatizacija sistema je mogoča samo z usklajenim delovanjem elementov v vseh objektih. To lahko dosežemo na dva načina: z vgradnjo centralnega krmilnika v enem objektu in s povezavo na vhodno/izhodne enote v ostalih objektih ali pa z vgradnjo samostojnih krmilnikov v vseh objektih.

Prednost prvega načina je, da imamo samo en krmilnik in je strošek znatno nižji kot pri vgradnji ločenih krmilnikov. Vendar pa ima veliko pomanjkljivost, ki se pokaže pri izpadu komunikacije s katero koli vhodno/izhodno enoto. To povzroči napako delovanja centralnega krmilnika in neusklajeno delovanje celotnega sistema. V času izpada komunikacije izgubimo vse podatke objekta, na katerem je komunikacija izpadla. Z vgradnjo ločenih krmilnikov se podatki hranijo lokalno v vsakem krmilniku, objekti pa do vnovične vzpostavitve komunikacije delujejo samostojno. Za naš primer je boljši drugi način. Za vodooskrbni podsistem Pivol (slika 29) bi na primer zaradi postavljene kableske kanalizacije in optičnih kablov lahko uporabili centralni krmilnik, pa ga nismo, saj se v najslabšem primeru lahko izgubijo podatki vseh objektov.

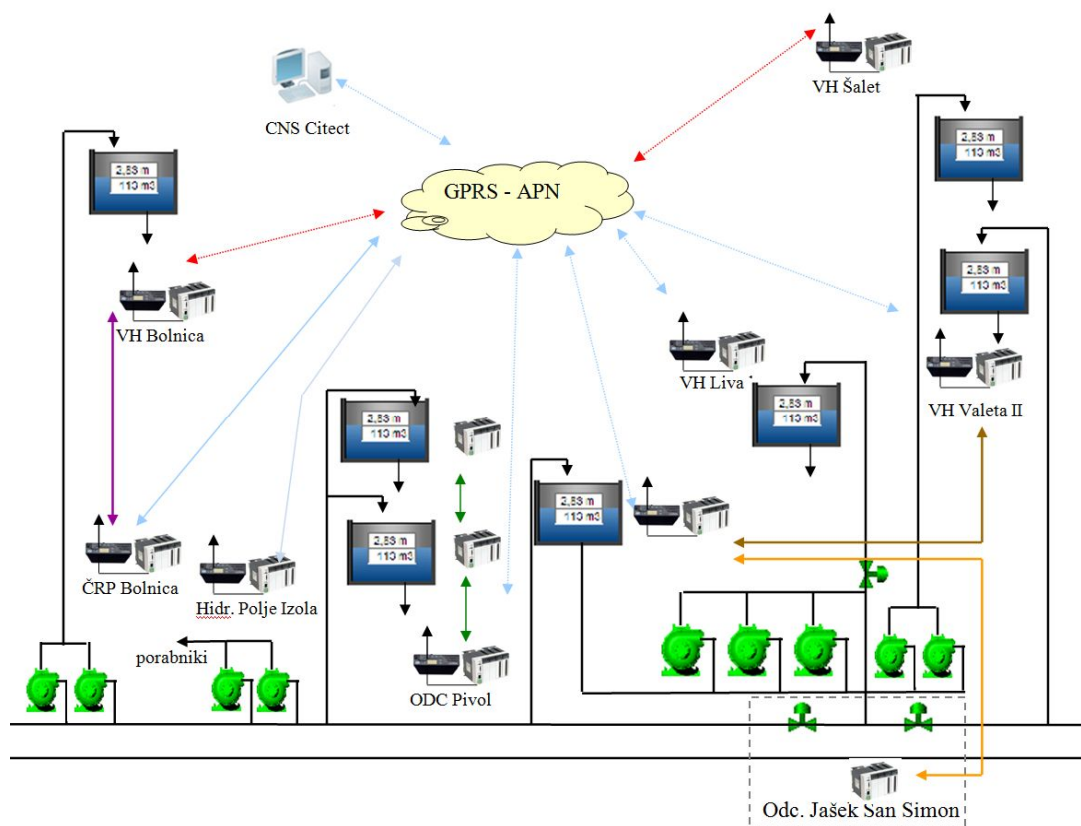


Slika 29: Shematski prikaz povezav krmilja vodooskrbnega podsistema Pivol

Vsi podatki bodo shranjeni lokalno na krmilnikih, dodatno pa bodo do vzpostavitve optične povezave podatki iz vodohranov shranjeni v krmilniku v odcepnem objektu in se bodo ob povezavi na nadzorni center prenesli na strežnik. Glede na število podatkov in frekvenco vzorčenja bi bili ob izpadu komunikacije med krmilnikom

v odcepnem objektu in nadzornim centrom v krmilniku shranjeni vsi podatki za zadnjih 40 dni.

Pri vodooskrbnem podsistemu Bolnišnica bi spet uporabili opuščene obstoječe kabelske povezave med VH Bolnišnica in ČRP Bolnišnica (vijoličasta črta na sliki 30), ki bi pripomogle k neodvisni komunikaciji med objektoma. Po eni parici signalnega kabla bi se vsi podatki prek serijske komunikacije in protokolom RS 485 iz vodohrana prenašali v črpališče. Komunikacija s CNS bi iz ČRP Bolnišnica potekala prek povezave GPRS. Za vse žične in brezžične komunikacije bi za prenos podatkov uporabili način Modbus TCP/IP. Oba modema in dodaten krmilnik za nadzor vstopa v objekt, ki sta nameščena v VH Bolnišnica, bi lahko odstranili.



Slika 30: Shematski prikaz krmilja vodooskrbnega sistema Izola

Komunikacija med VH Livade, VH Valeta II in ČRP San Simon bi prav tako potekala prek GPRS. Poleg komunikacije med objekti bi vsak objekt po istem komunikacijskem mediju lahko komuniciral s CNS.

Podatki iz VH Šalet bi se prek serijske komunikacije v ČRP San Simon prenašali po obstoječem kablu (rjava črta na sliki 30). Povezava prek omrežja GPRS bi bila aktivna le ob pretrganju kabelske povezave.

Krmilnik v ČRP San Simon bi prek optičnih vlaken (oranžna črta na sliki 30) in protokola TCP/IP komuniciral s krmilnikom v odcepnem jašku San Simon. Podatki iz hidroforne postaje Polje bi se prek omrežja GPRS prenašali v CNS.

Z omenjenimi predelavami in povezavami bi zadostili zahtevam popolnega avtomatskega delovanja vodooskrbnega sistema Izola. Z uporabo novih komunikacijskih kanalov in obnovitvijo kabelskih povezav bi bil strošek prenosa podatkov glede na sedanje stanje kljub večjemu številu podatkov precej nižji.

5.6. Ocena naložbe

Po približnih ocenah bi znašala vrednost naložbe za posodobitev celotnega vodooskrbnega sistema Izola s posodobitvami, opisanimi v poglavju 4.3, približno 392.000,00 evrov (preglednica 8).

Najvišji znesek naložbe zahteva ČRP San Simon, in sicer 240.000,00 evrov. Za posodobitev podsistema Pivol bi potrebovali 42.000,00 evrov, za posodobitev VH Livade in VH Šalet pa 85.000,00 evrov. Pri ocenah potrebnih sredstev so zajeti tudi stroški ureditve elektroenergetskih priključkov, ki so v zelo slabem stanju, stroški zamenjave nekaterih cevi v vodnih celicah in pa stroški posodobitve kabelskih povezav med objekti.

Če bi se odločili za posodobljen način komunikacije na celotnem vodooskrbnem sistemu slovenske Istre, bi za 23 objektov s starimi krmilniki znašal strošek predelave približno 3.500,00 evrov na objekt, kar bi zneslo 80.500,00 evrov (preglednica 9). Strošek predelave zajema dobavo mrežnega modula za krmilnik, dobavo modema GPRS in dopolnitev krmilniških programov. Za predelavo ostalih 24 objektov pa bi potrebovali približno 1.800,00 evrov na objekt in bi skupni znesek predelave objektov z novejšimi krmilniki znašal 43.200,00 evrov.

Preglednica 8: Strošek naložbe za posodobitev vodooskrbnega sistema Izola

objekt	opis	strošek posodobitve
ČRP San Simon	Zamenjava elektromotornih pogonov, stikalnih blokov in krmilne opreme. Vgradnja frekvenčnih regulatorjev in merilnikov tlaka ter združitev komunikacije po enotnem komunikacijskem kanalu. Izdelava	240.000,00 €
podsystem Pivol	Zamenjava elektromotornih pogonov, merilnikov pretoka in krmilne opreme. Vgradnja merilnikov tlaka ter Izdelava aplikacij (SCADA, PLC).	42.000,00 €
VH Livade	Ureditev el. energetskega priključka, zamenjava elektromotornega pogona in krmilne opreme. Izdelava aplikacij (SCADA, PLC).	40.000,00 €
VH Šalet	Ureditev el. energetskega priključka, zamenjava stikalnega bloka in krmilne opreme. Izdelava aplikacij (SCADA, PLC). Ureditev komunikacije.	40.000,00 €
VH Valeta II	Zamenjava stikalnega bloka in krmilne opreme. Izdelava aplikacij (SCADA, PLC). Ureditev komunikacije.	30.000,00 €
SKUPAJ		392.000,00 €

Poleg dobave modemov GPRS bi bila potrebna manjša dodelava krmilniških programov. V oceni predelav je zajeta tudi združitev komunikacije ostalih sistemov s sistemom daljinskega upravljanja objektov. Za posodobitev komunikacij celotnega vodooskrbnega sistema bi potrebovali 123.700,00 evrov (preglednica 9).

Preglednica 9: Strošek naložbe za posodobitev krmilne in komunikacijske opreme

opis	št. objektov	strošek posodobitve	znesek
objekti s starimi krmilniki	23	3.500,00 €	80.500,00 €
objekti z novejšimi krmilniki	24	1.800,00 €	43.200,00 €
STROŠEK POSODOBITVE KRMILNIKOV IN KOMUNIKACIJE			123.700,00 €

Glede na porabo sredstev za prenos podatkov v letu 2010, ki znaša 25.128,67 evra (preglednica 3) in bi ta po predelavi komunikacij znašala 3.372,00 evrov (preglednica 7), bi z novim načinom komunikacije ta znesek prihranili v manj kot šestih letih.

6. POSODOBITEV SPREMLJANJA MERITEV

Komunikacije med oddaljenimi objekti imajo poleg pošiljanja ukazov, spremljanja delovanja vodooskrbnega sistema in ukrepanja v alarmnih situacijah tudi pomembno vlogo pri prenosu podatkov, ki se uporabljajo za izvajanje analiz in optimiziranje delovanja sistema. Izjemno pomembni so pravočasno odkrivanje napak, analiziranje napak in priprava poročil za vzdrževanje naložbe.

Poleg signalizacij iz objektov, ki se prožijo ob določenem dogodku, operaterji v nadzornem centru spremljajo tudi vrednosti meritev, na primer pretok, tlak, nivo, tok elektromotorjev, položaj ventilov, delež odprtosti ventilov in še mnogo drugih meritev. Vrednosti se iz objektov v nadzorni center prenašajo v določenih časovnih intervalih.

Prepogosto vzorčenje takšnih meritev bi povzročilo veliko količino prenosa podatkov po komunikacijskih kanalih, posledično pa visoke stroške. V podjetju so se že pred leti odločili, da nadzor meritev izvajajo v intervalih po pet minut. Frekvenco vzorčenja je mogoče poljubno nastaviti, vendar ta frekvenca velja za vse meritve. V tem primeru se vse meritve vzorčijo z vzorčevalno periodo pet minut.

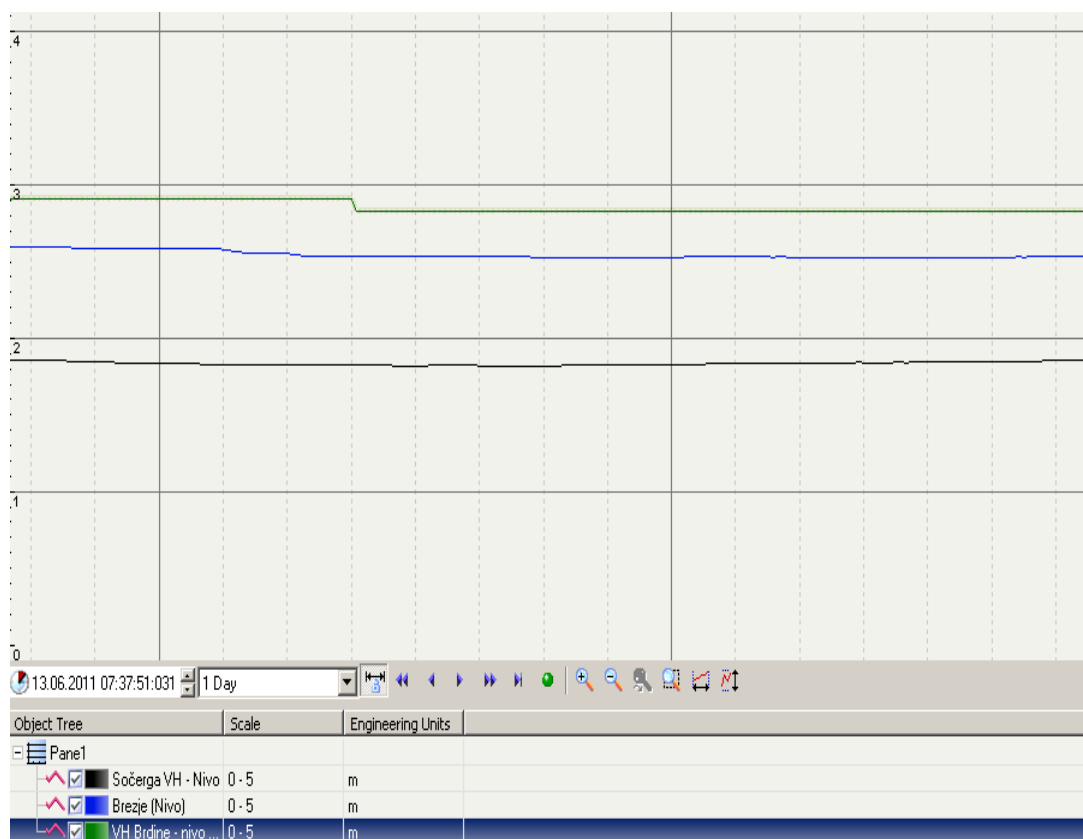
Krmilnik vsakih pet minut prebere vrednosti meritev in jih zapiše v tabele v krmilniku. Ob prvi vzpostavitvi komunikacije med CNS in krmilnikom pa se te meritve iz tabel v krmilniku prenesejo v tabelo CNS.

Vzorčenje na vsakih pet minut pomeni tudi to, da če se v vmesnem času z meritvijo kar koli zgodi, operater v nadzornem centru tega ne vidi. Alarmiranje se pojavi samo ob okvari na merilni zanki. Spremljanje nivojev vode v vodohranih je s takšno frekvenco vzorčenja zadovoljivo. Problemi se pojavijo pri hidroformnih postajah, kjer lahko tlak za kratek čas pade tudi pod dovoljeno mejo, česar pa operaterji ne vidijo. V več primerih se je zgodilo, da je zaradi vodnega kamna črpalka dovajala manj vode in ni uspela dovesti zadostne količine vode. Ker se takšne napake ne pojavljajo pogosto, so vzdrževalci na objektu čakali, da se je napaka vnovič pojavila. Odkrivanje takšnih napak lahko traja tudi nekaj dni.

Vzorčevalna perioda je odvisna predvsem od dinamike sistema, pa tudi od reakcijskega časa in pomena meritve posamezne količine. Signal je po vzorčenju

sestavljen iz končnega števila vzorcev in pomeni približek originalnega analognega signala. Približek je boljši, če je frekvenca vzorčenja čim višja, vendar lahko nastopi problem shranjevanja in hitrosti obdelave velikega števila podatkov (odvisno od velikosti pomnilnika in hitrosti procesorja v krmilniku). Vedno pa je pri časovno spreminjajočih signalih treba izpolniti pogoj minimalne frekvence vzorčenja, ki mora biti večja od dvakratne frekvence merjenega signala (Astrom, 2008).

Glede na to, da je dinamika za različne elemente vodooskrbnega sistema lahko precej različna, bomo ločeno obravnavali vodohran in hidroforno postajo. Vodohrani so po navadi neobčutljivi na kratkotrajne hitre spremembe pretokov na iztokih. V nekaterih vodohranih s prostorninami 1000 m³ in več so spremembe nivoja glede na dotok ali iztok vode zelo počasne.



Slika 31: Prikaz treh nivojev (Rižanski vodovod Koper, 2011)

Na sliki 31 so prikazani nivoji dveh različnih razbremenilnikov in vodohrana za obdobje 24 ur. S slike lahko sklepamo, da se nivoji dejansko ne spreminjajo in je prepogosto vzorčenje takšnih nivojev nepotrebno.

6.1. Vzorčenje z nastavljivo frekvenco

Zaradi različne pomembnosti meritev in dinamike sistemov smo se odločili, da bomo na primeru vodooskrbnega sistema Izola z izdelavo ustreznih krmilniških aplikacij omogočili nastavljivo frekvenco vzorčenja za vsako meritev posebej. Izdelali smo funkcijski blok (slika 32), ki bo vzorce zlagal v polja tabele, od koder se bodo prenašali v CNS.



Slika 32: Funkcijski blok za vzorčenje meritev

Na vhod funkcijskega bloka pripeljemo trenutno vrednost meritve, določimo vzorčevalno periodo in dolžino tabele. V funkcijski blok smo poleg vhodov vgradili tudi elemente za prikaz datuma in časa ter elemente za proženje zapisa meritev v delovno tabelo.

Meritev vzorčimo – po nastavljenem intervalu preberemo vrednost parametra in ga zapišemo v tabelo (slika 33). Vsak vzorec je opremljen z datumom in časom, ko je bila vrednost parametra zapisana v tabelo. Začetek tabele je na naslovu 1000 (prva vrstica na sliki 33). Na tem naslovu je podatek o dnevu zadnjega vzorca. Sledijo še drugi podatki o datumu in točni uri zadnjega vzorca.

pTabelaMeritev^1000] = 9	(*Dan*)
pTabelaMeritev^1001] = 9	(*Mesec*)
pTabelaMeritev^1002] = 11	(*Leto*)
pTabelaMeritev^1003] = 8	(*Ura*)
pTabelaMeritev^1004] = 30	(*Minute*)
pTabelaMeritev^1005] = 0	(*Sekunde*)
pTabelaMeritev^1006] = 60	(*Vzorčevalna perioda*)
pTabelaMeritev^1007] = 490	(*Dolžina tabele*)
pTabelaMeritev^1008] = 164	(*Najstarejši zapis*)
pTabelaMeritev^1009] = 173	(*Najmlajši zapis*)
pTabelaMeritev^1010] = 246	(*Podatki*)
pTabelaMeritev^1011] = 246	II
pTabelaMeritev^1012] = 245	II
pTabelaMeritev^1013] = 245	II
pTabelaMeritev^1014] = 245	II
pTabelaMeritev^1015] = 242	II
pTabelaMeritev^1016] = 242	↓

Slika 33: Glava delovne tabele za arhiviranje meritev

Na naslovu 1006 je vzorčevalna perioda, na naslednjem naslovu je dolžina tabele (brez prvih desetih naslovov, ki so v glavi tabele). Sledita še podatka o lokaciji najstarejšega in najmlajšega zapisa. Ostalih 490 naslovov je uporabljenih za zapis vrednosti meritev.

V glavi tabele je lokacija najstarejšega zapisa 164, vendar moramo temu številu prišteti še deset polj iz glave tabele. Prav tako moramo upoštevati tudi naslov začetka tabele in tudi njega prišteti vrednosti, ki označuje lokacijo najstarejšega zapisa. Tako je najstarejši zapis v tabeli na naslovu 1174 (slika 34). Enako velja tudi za najmlajši zapis.

Pred izpraznitvijo tabele se najmlajši zapis v tabeli ohrani kot najstarejši zapis. Tabela se polni od tega zapisa naprej, in ko je polna, se začne polniti od začetka. Najmlajši zapis je po podatkih iz glave tabele na naslovu 173, dejansko pa je na naslovu 1183.

```
pTabelaMeritev^1171] = 21
pTabelaMeritev^1172] = 160
pTabelaMeritev^1173] = 217
pTabelaMeritev^1174] = 219
pTabelaMeritev^1175] = 17
pTabelaMeritev^1176] = 17
pTabelaMeritev^1177] = 17
pTabelaMeritev^1178] = 17
pTabelaMeritev^1179] = 30
pTabelaMeritev^1180] = 30
pTabelaMeritev^1181] = 11
pTabelaMeritev^1182] = 18
pTabelaMeritev^1183] = 19
pTabelaMeritev^1184] = 19
pTabelaMeritev^1185] = 18
pTabelaMeritev^1186] = 17
pTabelaMeritev^1187] = 17
```

Slika 34: Podatki vzorčenj v delovni tabeli

Če je na krmilniku premalo pomnilnika, lahko arhive shranjujemo na pomnilniško kartico. Velikost tabele je nastavljiva. V osnovnih nastavitvah lahko v tabele zapišemo 490 vzorcev, kar pri vzorčenju z vzorčevalno periodo ene minute pomeni, da je tabela polna po osmih urah. Ciklus klicanja objektov je nastavljen na interval 6 ur. CNS na vsakih 6 ur pokliče objekt in prebere vse vzorce meritev. Če se tabele v krmilniku napolnijo pred nastavljenim intervalom klicanja objektov, krmilnik sproži klic in prenese podatke iz tabele krmilnika v tabele CNS-a.

V funkcijskem bloku smo predvideli tudi situacijo, ko operaterji v CNS ne vpišejo vzorčevalne periode za meritev. V takšnem primeru je vzorčevalna perioda avtomatsko nastavljena na tristo sekund, kar se prikaže tudi na uporabniškem vmesniku sistema SCADA. Če bi omogočili nastavljanje vrednosti vzorčenja 0, potem se vzorčenje ne bi izvajalo.

6.2. Vzorčenje meritev hidrofnih postaj

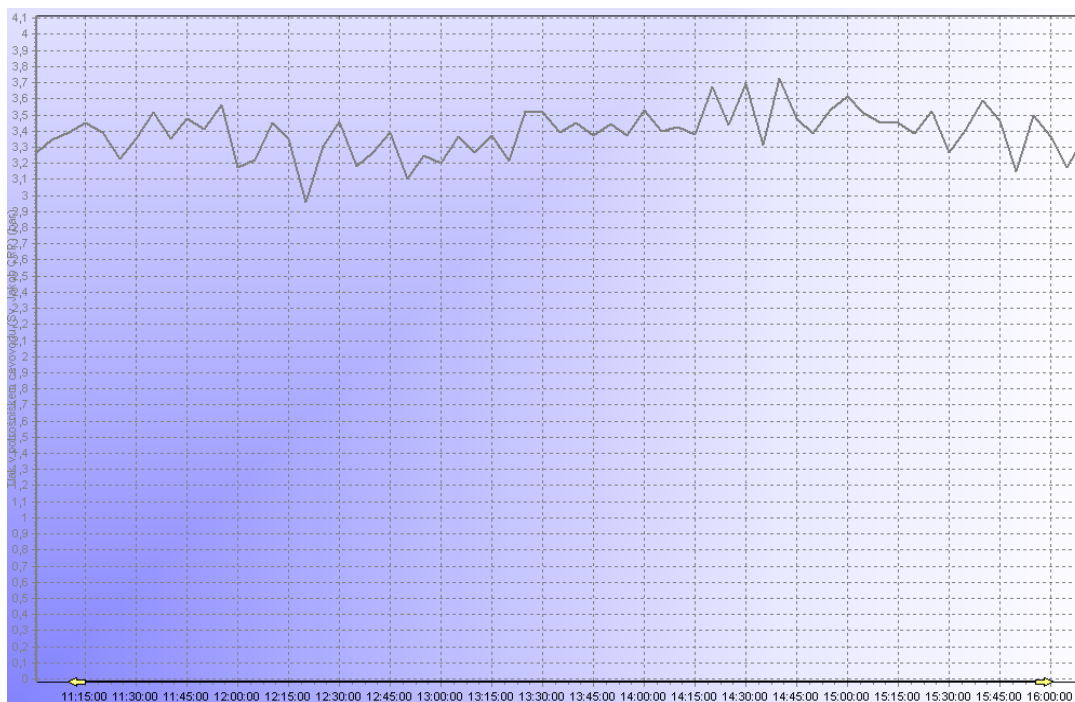
Za hidroforne postaje v Izoli smo pripravili ustrezen uporabniški vmesnik, ki se od dosedanjih vmesnikov razlikuje v tem, da lahko za vsako meritev izberemo poljubno vzorčevalno periodo.

ALARMIRANJE		Nastavitev časa PLC			
DA	NE				
ŠTEVCI		PARAMETRI			
	Zadnji reset števca	Trenutno stanje			
Pretok	01.01.2011 00:00:00	7744 m ³	Zaščitni tlak sesalna stran		
Delovne ure črpalka Č1	01.01.2009 00:00:00	204 h	Zaščitni tlak tlačna stran		
Delovne ure črpalka Č2	01.01.2009 00:00:00	203 h	Zaščitni tlak sesalna stran - delovni		
Število vklopov črpalka Č1	01.01.2009 00:00:00	494	Zakasnitev zaščitni tlak tlačna stran		
Število vklopov črpalka Č2	01.01.2009 00:00:00	497	Kontrola zahteve vklopa črpalke		
Opis	Vzorč per	Vrednost	Merilno območje LO HI	Območje alarmiranja LO HI	Opombe
Meritev pretoka	60 s	0,0 l/s	0,0 83,3 l/s	0,0 30,0 l/s	4-20 mA
Meritev tlaka sesalna stran	120 s	6,94 bar	0,00 10,00 bar	0,00 10,00 bar	4-20 mA
Meritev tlaka tlačna stran	60 s	7,34 bar	0,00 25,00 bar	0,00 25,00 bar	4-20 mA
Meritev toka črpalka 1	180 s	0,0 A	0,0 56,0 A	0,0 56,0 A	4-20 mA
Meritev toka črpalka 2	180 s	0,0 A	0,0 56,0 A	0,0 56,0 A	4-20 mA

Slika 35: Uporabniški vmesnik za hidroformo postajo Polje Izola

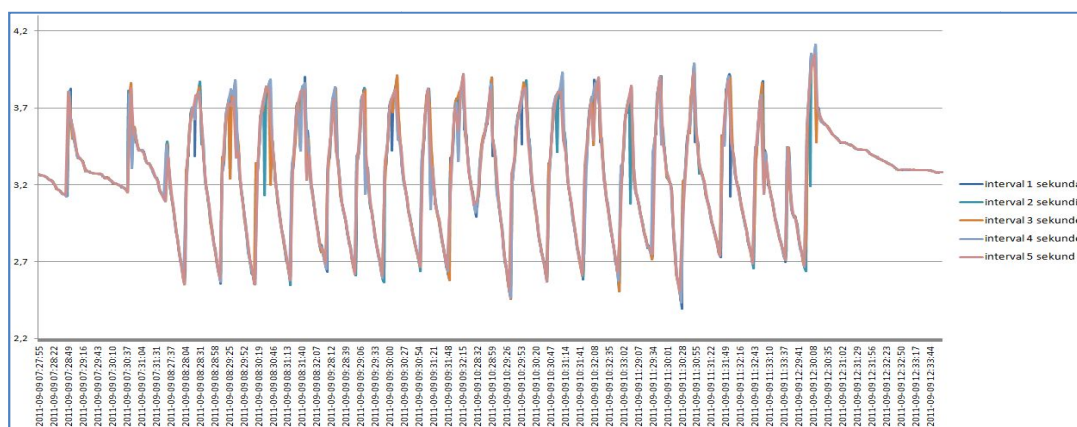
Pri predlagani rešitvi za hidroformo postajo Polje Izola vzorčevalno periodo nastavljamo za meritev pretoka, tlaka v tlačnem cevovodu, tlaka sesalnega cevovoda in toka črpalk (slika 35). Ker gre za napajanje zelo majhnega sistema in je zagotavljanje zadostnih količin vode v sistemu z zadostnim tlakom izvedeno s frekvenčnimi regulatorji, je ustrezno vzorčenje še toliko bolj pomembno, saj na delovanje sistema vpliva že odprtje ene pipe. V primeru odprtja večjega števila pip tlak v trenutku pade. Frekvenčni regulatorji z zvezno regulacijo zagotavljajo zadosten tlak v cevovodu, vendar je odziv regulatorja nekoliko zakasnen glede na padec tlaka.

Testiranje delujočih hidroformnih postaj z ustvarjanjem in namernim povzročanjem nezadostnih tlakov lahko povzroči nezadovoljstvo porabnikov pitne vode. Zato smo se odločili spremljati obnašanje tlaka v potrošniškem cevovodu delujočega sistema hidroforme postaje Sveti Jakob. Na sistemu SCADA smo pogledali prikaz tlaka z dosedanjim načinom vzorčenja – vzorčevalna perioda 5 minut (slika 36).



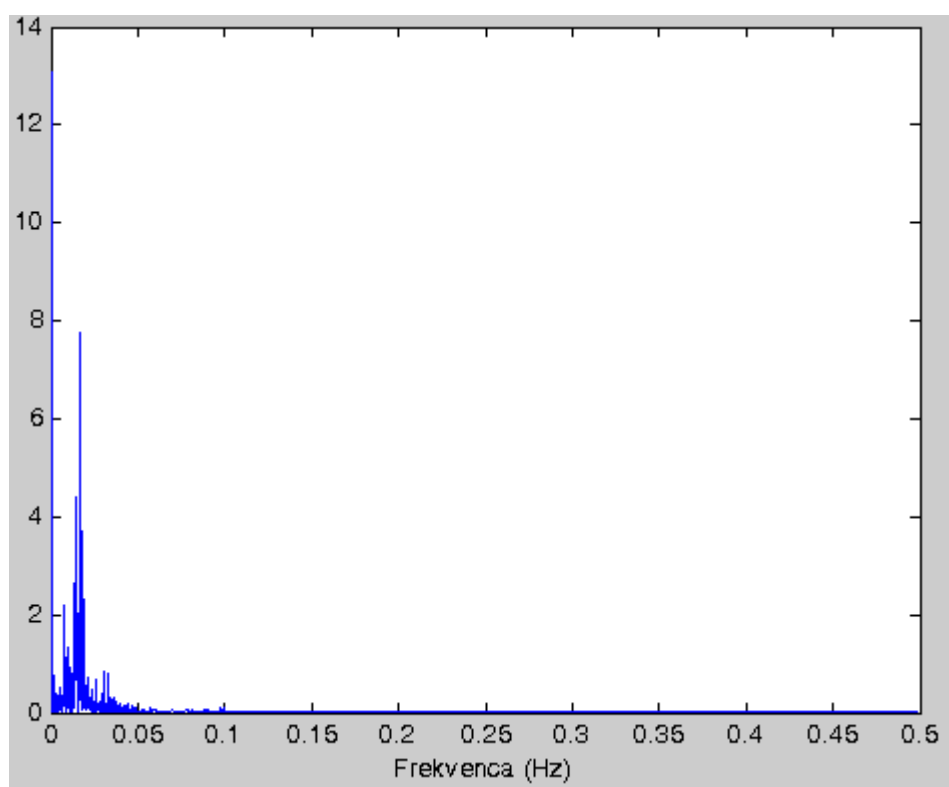
Slika 36: Tlak v potrošniškem cevovodu hidroforne postaje Sveti Jakob z vzorčevalno periodo 5 minut

Tlak v potrošniškem cevovodu skoraj ne pade pod 3 bare in ne preseže vrednosti 3,7 bara. Za tak vodooskrbni sistem je tlak v cevovodu optimalen, vendar moramo upoštevati, da je tlak vzorčen z vzorčevalno periodo 5 minut. Da bi preverili, ali morda obstajajo hitrejše spremembe, ki jih s tem načinom vzorčenja ne zaznamo, smo testno izvedli vzorčenje z vzorčevalnimi periodami 1, 2, 3, 4 in 5 sekund (slika 37).



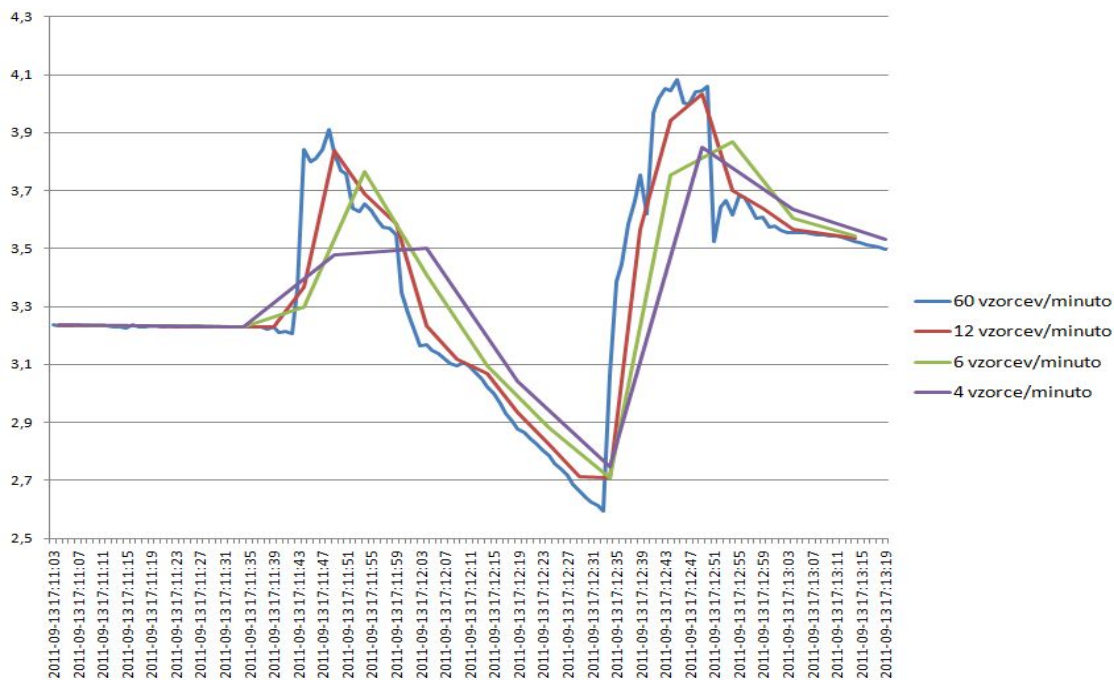
Slika 37: Tlak v potrošniškem cevovodu z različnimi frekvencami vzorčenja

Na sliki 37 je videti veliko več nihanj tlaka kot na sliki 36, kar kaže na to, da je perioda 5 minut morda predolga. Da bi ocenili, kakšna frekvenca vzorčenja je potrebna, smo izdelali frekvenčno analizo nihanj tlaka. Podatke vzorčenja z vzorčevalno periodo 1 sekunde smo prenesli v tabelo programa Matlab in izvedli Fourierjevo transformacijo. Absolutne vrednosti te transformacije za frekvence do 0,5 Hz so prikazane na sliki 38. Bistven je prispevek komponent do 0,1 Hz, kar pomeni, da zadošča vzorčevalna frekvenca 0,2 Hz oziroma vzorčevalna perioda 5 s.



Slika 38: Frekvenčna analiza tlaka v potrošniškem cevovodu

Na obstoječih podatkih smo opravili poskus vzorčenja z drsečim povprečjem in vzorčevalnimi periodami 5, 10 in 15 sekund. Slika 39 prikazuje rezultate filtra drsečega povprečja na dveh najvišjih spremembah tlaka na dan vzorčenja.

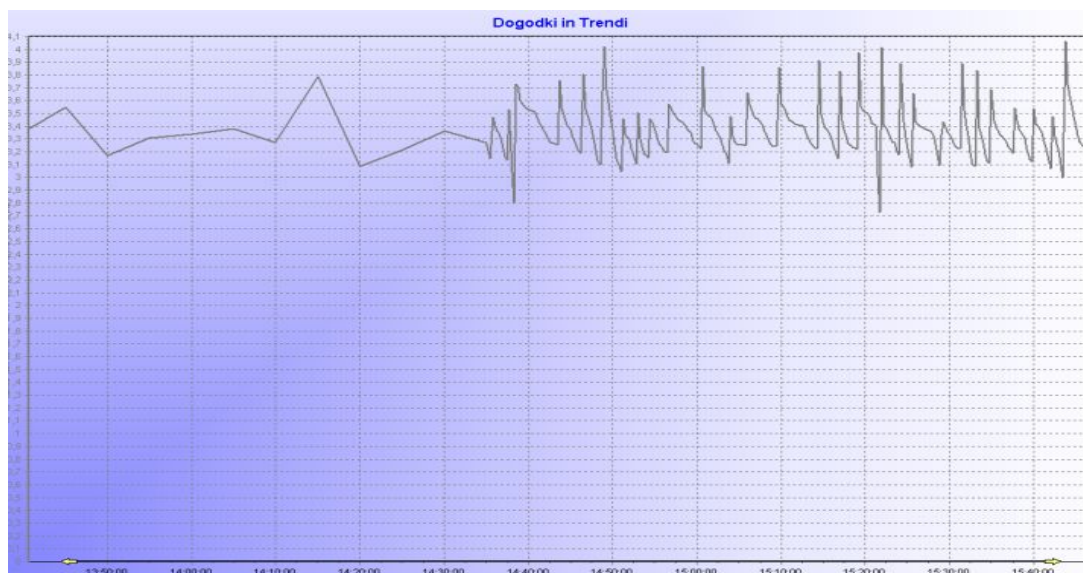


Slika 39: Rezultat vzorčenja z drsečim povprečjem in različno frekvenco vzorčenja

S slike lahko razberemo, da se dejanskemu tlaku najbolj približamo z drsečim povprečjem s frekvenco vzorčenja 12 vzorcev na minuto, kar ustreza 0,2 Hz. Pri ostalih dveh frekvencah se odmikamo od najvišjega tlaka, ki je pomemben za ugotavljanje zakasnjene odziva frekvenčnih regulatorjev. Pri normalnem delovanju brez motenj lahko uporabljamo vzorčenje s frekvenco 4 vzorcev na minuto, v primeru prevelikih nihanj vzorčene količine pa krmilnik preklopi na frekvenco vzorčenja 12 vzorcev na minuto. V krmilnikih je že izvedeno alarmiranje v primeru nenadne spremembe merjene veličine. Do zdaj je ob takšnem dogodku krmilnik le poslal bitni signal v CNS, s katerim je opozoril na preseženo vrednost nastavljene dovoljene spremembe. Ta isti bit lahko uporabimo za preklon na višjo frekvenco vzorčenja. Po povrnitvi v normalno stanje lahko po določenem številu vzorcev krmilnik spet preklopi na nižjo frekvenco vzorčenja.

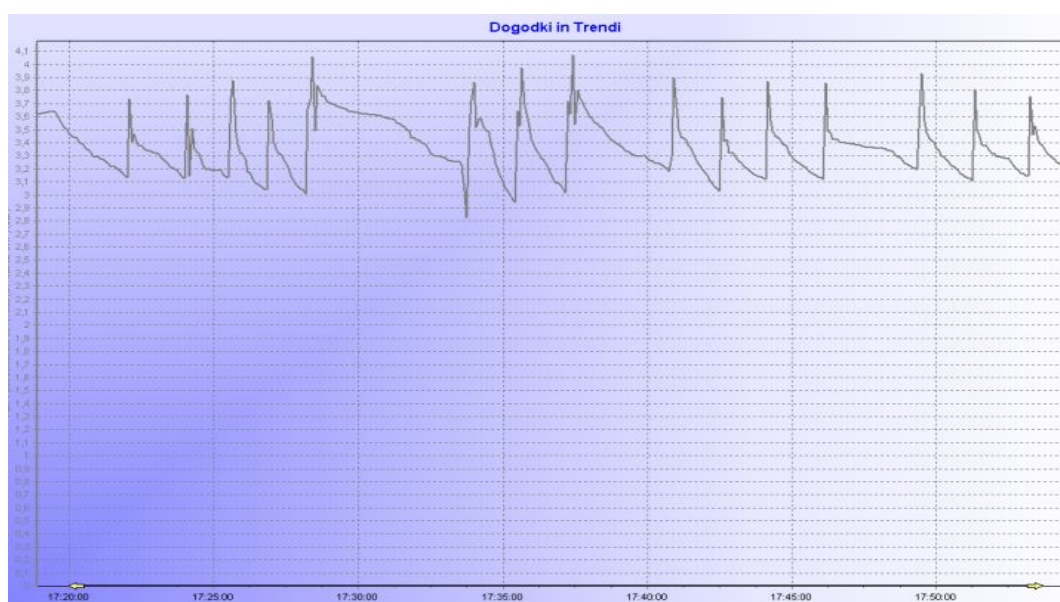
Da bi preverili delovanje novih funkcijskih blokov, smo obstoječi krmilnik v hidroformni postaji Sveti Jakob opremili z dodelano programsko kodo in na sistemu SCADA preverili ustreznost delovanja programa in prikaza na uporabniškem vmesniku. Operaterji imajo po dodelavi programske opreme na nadzorni aplikaciji popolnoma drugačno sliko.

Na levi polovici slike 40 je tlak v potrošniškem cevovodu vzorčen z vzorčevalno periodo 5 minut, na desni polovici pa z drsečim povprečjem z vzorčevalno periodo 15 sekund.



Slika 40: Tlak v potrošniškem cevovodu (vzorčevalna perioda 5 minut in 15 sekund)

Z izbiro ustreznega območja prikaza in z drsečim povprečjem z vzorčevalno periodo 5 sekund lahko podrobno pregledujemo odzivnost frekvenčnih regulatorjev in višino tlaka v potrošniškem cevovodu (slika 41).



Slika 41: Tlak v potrošniškem cevovodu z drsečim povprečjem in vzorčevalno periodo 5 sekund

Z manjšo frekvenco vzorčenja ne moremo ustrezno nadzirati delovanja hidroformnih postaj in tistih elementov vodooskrbnega sistema, kjer so spremembe zelo hitre. Tako recimo pri spremembi smeri pretoka vode v cevovodih s premerom 700 mm in več se ob zapiranju ventilov naglo poviša tlak. Teh tlakov s sedanjim načinom vzorčenja ne moremo ustrezno spremljati.

6.3. Vzorčenje meritev nivoja v vodohranih

V nekaterih vodohranih s prostorninami 4000 m³ in več je prepogosto vzorčenje nepotrebno, saj so spremembe nivoja zelo majhne. Tudi v manjših vodohranih z majhno porabo vode se nivo skoraj ne spreminja. V takšnih primerih je lahko frekvenca vzorčenja meritev manjša. V preglednici 10 smo prikazali spremembo nivoja vodohranov v metrih na sekundo v odvisnosti od prostornine vodohrana in maksimalnega možnega iztoka iz vodohrana. Višina vode v vseh vodohranih je ob polni napolnjenosti 4 metre. Izračun smo opravili ob predpostavki, da je voda maksimalno iztekala, ko so bili vodohrani maksimalno polni, dotoka v vodohrane pa ni bilo. To je najslabši primer, ki se lahko zgodi, če se cevovod zlomi. Seveda se takšna situacija lahko pojavi, tudi ko vodohran ni poln. Takšnih situacij še ni bilo, saj se vodohrani nenehno napajajo.

Za izračun sprememb nivoja smo uporabili naslednje količine:

- prostornina vodohrana: V [m³],
- višina vodohrana: H [m],
- pretok na iztoku: Φ_{izt} [m³/s],
- sprememba višine gladine nivoja vodohrana: $\Delta H/\Delta t$ [m/sec].

Za izračun spremembe nivoja vodohranov s konstantno višino nivoja vode 4 m smo uporabili enačbo (1):

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{-\Phi_{izt} \cdot H}{V} \text{ [m/s]} \quad (1)$$

Negativni predznak iztoka smo uporabili zato, ker se nivo vodohrana niža.

Preglednica 10: Spremembe nivojev vodohranov v [m/s] v odvisnosti od prostornine in maksimalnega iztoka

		prostornina vodohranov v m ³							
		20	40	60	100	120	1000	4000	5000
maksimalni iztok v m ³ /s	0,005	0,00100	0,00050	0,00033	0,00020	0,00017	0,00002	0,00001	0,00000
	0,01	0,00200	0,00100	0,00067	0,00040	0,00033	0,00004	0,00001	0,00001
	0,02	0,00400	0,00200	0,00133	0,00080	0,00067	0,00008	0,00002	0,00002
	0,03	0,00600	0,00300	0,00200	0,00120	0,00100	0,00012	0,00003	0,00002
	0,04	0,00800	0,00400	0,00267	0,00160	0,00133	0,00016	0,00004	0,00003
	0,05	0,01000	0,00500	0,00333	0,00200	0,00167	0,00020	0,00005	0,00004
	0,06	0,01200	0,00600	0,00400	0,00240	0,00200	0,00024	0,00006	0,00005
	0,07	0,01400	0,00700	0,00467	0,00280	0,00233	0,00028	0,00007	0,00006
	0,08	0,01600	0,00800	0,00533	0,00320	0,00267	0,00032	0,00008	0,00006
	0,09	0,01800	0,00900	0,00600	0,00360	0,00300	0,00036	0,00009	0,00007
	0,1		0,01000	0,00667	0,00400	0,00333	0,00040	0,00010	0,00008
	0,11			0,00733	0,00440	0,00367	0,00044	0,00011	0,00009
	0,12				0,00480	0,00400	0,00048	0,00012	0,00010
	0,13					0,00433	0,00052	0,00013	0,00010
	0,14						0,00056	0,00014	0,00011
0,15						0,00060	0,00015	0,00012	

Vrednosti v poljih svetlo modre barve ne presegajo spremembe nivoja za en centimeter na minuto. Pri vzorčevalni periodi pet minut se nivo ne spremeni niti za pet centimetrov. V vseh vodohranih s prostornino 4000 m³ in več je zato lahko frekvenca vzorčenja 5 vzorcev na uro, saj je sprememba nivoja za 20 cm v najbolj ekstremnih razmerah zadovoljiva in še v mejah, ko lahko ustrezno ukrepamo.

Oranžna polja preglednice predstavljajo spremembo nivoja vodohrana med 1 in 2 cm na minuto. Če upoštevamo spremembo 20 cm, bi lahko v vodohranih s prostornino 60 m³, 90 m³ in 120 m³ ob iztoku maksimalno 5 l/s nastavili frekvenco vzorčenja na 6 vzorcev na uro. Enako velja za vodohrane s prostornino 120 m³ in maksimalnim možnim iztokom 10 l/s.

Pri vseh ostalih vodohranih bi bila sedanja frekvenca vzorčenja ob normalnih pogojih delovanja sistema ustrezna. Upoštevati moramo dejstvo, da so spremembe nivojev vrednosti v preglednici 10 podane brez dotokov vode v vodohrane. Vsi vodohrani s funkcijo razbremenilnika imajo stalen dotok prek plovnega ventila. Nivo vode je v takšnih vodohranih vedno konstanten in se ne spreminja.

6.4. Prenos podatkov pri kombiniranem vzorčenju

S kombinacijo različnih frekvenc vzorčenja lahko ob enakih količinah prenesenih podatkov ustrezneje nadziramo določen vodooskrbni sistem ali objekt. Tako lahko na primer nivo vode v razbremenilnikih vzorčimo vsakih 20 minut, tlak v dovodnem cevovodu na vsaki dve do pet minut – odvisno od sistema, tlak v potrošniških cevovodih hidrofnih postaj pa vsakih pet do petnajst sekund. Količina prenesenih podatkov je v takem primeru skoraj enaka, kot če bi meritve vzorčili po starem, to je vsakih pet minut. Takšen poskus smo opravili na hidrofnih postaji Sveti Jakob.

Vzorčili smo nivo vodohrana in tlak v potrošniškem cevovodu. Frekvenco vzorčenja nivoja vodohrana smo nastavili na 6 vzorcev na uro, frekvenco vzorčenja tlaka v potrošniškem cevovodu pa na 12 vzorcev na minuto. S programom za spremljanje prometa v omrežjih IT Wireshark smo preverjali količino prenesenih podatkov za vsako uro. Vzorčenje smo izvajali po osem ur. Količine prenesenih podatkov s kombiniranim vzorčenjem so prikazane v preglednici 11.

Preglednica 11: Rezultati testiranja prenosa podatkov s kombiniranim vzorčenjem (vzorčevalna perioda: nivo – 10 min, tlak v potrošniškem cevovodu – 5 s)

Vzorčenje tlaka: sesalna stran - 10 min, tlačna stran - 1 min.					
Datum	Ura	Prejeti paketi	Kol (B)	Oddani paketi	Kol (B)
9.sep	09.00	411	52681	479	30297
9.sep	10.00	171	23437	206	13166
9.sep	11.00	193	24975	232	14751
9.sep	12.00	263	32263	307	19234
9.sep	13.00	158	20248	224	14202
9.sep	14.00	131	16462	187	11963
9.sep	15.00	266	31790	260	16699
9.sep	16.00	282	33666	272	17450
SKUPAJ		1875	235522	2167	137762

Količina prenesenih podatkovnih paketov je vsako uro različna, saj se s podatki vzorčenih parametrov prenašajo tudi nekatere signalizacije iz objekta. V osmih urah vzorčenja za vsak način posebej smo pri kombiniranem načinu vzorčenja prenesli za 26,28 kB podatkov več kot pri ustaljenem načinu (preglednica 12).

Preglednica 12: Rezultati testiranja prenosa podatkov z dosedanjim načinom vzorčenja (vzorčevalna perioda 5 min)

Vzorčenje tlaka: sesalna stran - 5 min, tlačna stran - 5 min.					
Datum	Ura	Prejeti paketi	Kol (B)	Oddani paketi	Kol (B)
9.sep	17.00	190	24575	239	15253
9.sep	18.00	309	40022	383	24407
9.sep	19.00	338	43915	403	25596
9.sep	20.00	107	13985	125	7908
9.sep	21.00	187	24545	221	14012
9.sep	22.00	180	23305	225	14344
9.sep	23.00	177	22900	220	14027
9.sep	0.00	177	23092	227	14489
SKUPAJ		1665	216339	2043	130036

Če bi poleg tlaka v tlačnem cevovodu vzorčili večje število meritev z manjšo frekvenco vzorčenja, bi bila razlika v količini prenesenih podatkov manjša.

Preglednica 13: Količine prenesenih podatkov

Preneseni podatki pri kombiniranem vzorčenju	364,54	kB
Preneseni podatki pri vzorčenju na 5 min	338,26	kB
Razlika v 8. urah	26,28	kB
Predvidena razlika v enem mesecu	2,39	MB

V enem mesecu bi s kombiniranim vzorčenjem prenesli za 2,39 MB podatkov več (preglednica 13). Glede na zakupljen paket velikosti 100 MB in predvideno količino prenesenih podatkov 37 MB na ceno prenosa ne bi vplivali, vplivali bi pa na kakovost spremljanja parametrov hidroforne postaje.

7. SKLEP

V nalogi obravnavamo avtomatizacijo vodooskrbnega sistema občine Izola, ki je v upravljanju Rižanskega vodovoda Koper. Ko se vlagatelj odloča za avtomatizacijo, mora imeti skrbno izdelan projekt s podrobno opredeljenimi fazami izvedbe. Vsaka poznejša sprememba ali dodelava projekta lahko povzroči velika odstopanja od prvotno zastavljenega koncepta. V Rižanskem vodovodu smo se zato skrbno lotili projekta avtomatizacije zahtevnega vodooskrbnega sistema Izola.

V nalogi je predstavljena izbira ustreznih strojnih elementov, krmilnikov, grafičnih uporabniških vmesnikov ter programiranja in konfiguriranja krmilnih in nadzornih komponent, potrebnih za ustrezno delovanje, vodenje in nadziranje vodooskrbnega sistema. Na začetku smo predstavili komunikacije in komunikacijske protokole s poudarkom na opisu tistih protokolov in komunikacijskih kanalov, ki jih uporabljamo oziroma jih bomo uporabili pri avtomatizaciji vodooskrbnega sistema Izola. Predstavili smo problem sedanjega neavtomatiziranega sistema in izdelali stroškovno analizo prenosa podatkov vseh sistemov, ki jih v podjetju uporabljamo. Upošteva rezultate stroškovne analize, tehničnega pravilnika podjetja in posnetka stanja smo izbrali ustrezno krmilno tehnologijo ter na osnovi najprimernejše ponudbe prenosa podatkov prek komunikacije GPRS izbrali in predlagali komunikacijsko opremo. Delovanje novega načina prenosa podatkov smo na izposojeni opremi tudi preizkusili in dokazali, da je prehod na nov način komunikacije z združevanjem prenosa podatkov različnih sistemov po istih komunikacijskih kanalih poleg ekonomske upravičenosti tudi tehnično dobra rešitev, saj zaradi neprekinjene povezave z oddaljenimi objekti omogoča boljši nadzor delovanja vodooskrbnega sistema in izvedbo natančnejših analiz, ki v primeru nastalih anomalij na vodooskrbnem sistemu pripomorejo k pravočasnemu ukrepanju.

Izdelali smo celoten krmilni algoritem delovanja naprav v objektih vodooskrbnega sistema, predlagali nov način vzorčenja zveznih meritev in izdelali programsko kodo za vzorčenje. Naslednji korak je izdelava aplikacije na osnovi krmilnih algoritmov. Pri zasnovi sistemov moramo predvideti nadaljnjo širitev sistema brez večjih dodelav. Zato smo veliko pozornosti posvetili modularnosti in nadgradljivosti

sistema. V našem primeru smo namreč upoštevali dejstvo, da sistem ne bo v celoti avtomatiziran.

Predlagane rešitve bi bilo smiselno uporabiti pri posodobitvi celotnega vodooskrbnega sistema slovenske Istre. Znižanje stroškov prenosa podatkov iz oddaljenih vodooskrbnih objektov za 85 % pomeni prihranek približno 22.000,00 evrov na leto. Vložena sredstva za posodobitev komunikacije na vseh objektih bi se povrnila v šestih letih.

Predelava na sodobnejši način komunikacije bi poleg zamenjave modemov zahtevala še nekaj majhnih predelav aplikativne opreme. Hranjenje podatkov na istem strežniku poleg zagotovljene varnosti zagotavlja enostavnejšo analizo in obdelavo tehnoloških parametrov. Poenostavljena je tudi povezava različnih aplikacij na razpoložljive podatke.

Pogosto je težko oceniti ekonomsko upravičenost avtomatizacije, visok začetni vložek pa vzbuja pomisleke vlagateljev. V primeru Rižanskega vodovoda Koper je glede na dislociranost in pomembnost objektov za zagotavljanje varne oskrbe s pitno vodo prebivalcem Izole naložba v celoti upravičena. Ob kakršni koli poškodbi cevovoda in pravočasnem ukrepanju operaterja v nadzornem centru pa se vložena sredstva zelo hitro povrnejo. Pomislimo samo, koliko vode bi pri poškodbi cevi izteklo, dokler bi območni vzdrževalec prišel do objekta in zaprl ventil.

V primeru avtomatizacije vodooskrbnega sistema Izola območnim monterjem ne bo več treba preusmerjati pretokov vode, saj bo sistem v skladu z razpoložljivimi količinami sam uravnaval pretoke. Pojavi pa se problem vzdrževanja in upravljanja zahtevnejše opreme. V Rižanskem vodovodu se zavedamo, da bo ob vedno večji avtomatizaciji sistema treba omogočiti dodatno izobraževanje območnih monterjev in vzdrževalcev.

Do sedaj uporabljena komunikacijska aplikativna oprema je funkcijsko nekoliko omejena in zaprta za nadgradnjo, zato predlagamo prehod na odprtokodno aplikativno opremo in opustitev togih komunikacijskih gonilnikov, ki ne omogočajo redundantne radijske povezave med objekti in CNS.

Obširna baza podatkov vsebuje podatke o vodooskrbnem sistemu, ki pa niso v celoti izkoriščeni. S spremljanjem tlačnih razmer in pretokov vode vodooskrbnega sistema bi v nočnih urah, ko je poraba vode zelo majhna, z znižanjem tlaka v sistemu zmanjšali vodne izgube, ki so posledica neodkritih puščanj cevovodov. S primerjavo nočnih pretokov vode skozi sistemske merilnike in vsoto pretokov vodomero stanovanjskih objektov na določenem območju, bi z ustrezno programsko opremo določili območje puščanja cevovoda.

Vodohrani se med seboj razlikujejo le po prostornini ne pa po funkcionalnosti. Smiselno bi bilo razmisliti o izdelavi enotne programske opreme programabilnih krmilnikov in SCADA sistema, kjer bi lahko ob vključitvi novega vodohrana na obstoječi programski opremi spremenili le naslov krmilnika in naziv objekta. Tako bi zmanjšali stroške izdelave programske opreme, olajšali pa bi tudi vzdrževanje vodooskrbnega sistema saj je princip delovanja podobnih objektov enak.

Časi, ko so se nadzorni sistemi uporabljali le za vizualizacijo in upravljanje vodooskrbnih sistemov so minili. Ustrezna uporaba vedno večjega števila podatkov zahteva tudi primerno izobražen kader. S spletnimi aplikacijami lahko do podatkov dostopamo iz različnih lokacij, zato ni potrebe po dodatnem zaposlovanju operaterjev v nadzornih centrih. Službe, ki za svoje delovanje potrebujejo podatke, lahko skladno z dodeljenimi pravicami do podatkov dostopajo iz različnih lokacij.

8. VIRI

Astrom, K. J., Murray, R. M., (2008). Feedback Systems. New Jersey: Princeton University Press

Cerabar T PMP131. Pridobljeno 10. 8. 2010 s svetovnega spleta: <http://www.si.endress.com>.

Čučej, Ž. (1998). Osnove podatkovnih komunikacij. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.

Čučej, Ž., Gleich, D., Planinšič, P. (2006). Fizični vmesniki in protokoli. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.

Dorf, R. C., in Kusiak, A. (1994). Handbook of design, manufacturing and automation. United States: John Wiley & Sons.

GSM. Pridobljeno 10. 8. 2010 s svetovnega spleta: <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>.

Halsall, F. (2001). Multimedia communications. Harlow: Addison - Wesley

Jerman, A. (2007). Predlog posodobitve krmilnega sistema črpališča San Simon. Diplomsko delo. (Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici), Nova Gorica: [A. Jerman].

Jungič, M., J. Torkar, P. B. Perpar, M. Brelih, T. Jelušič in M. F. Novkovič. (2009). Uporaba informacijske tehnologije v sistemu celovitega energetskega upravljanja. *Konferenca daljinske energetike 2009, zbornik prispevkov* (Bibic, B., urednik), strani 47–56, Slovensko društvo za daljinsko energetiko, Ljubljana.

Krbavčič, S. (ur) (2010). Rižanski vodovod Koper – 75 let. Koper: Rižanski vodovod Koper d.o.o. – s.r.l..

Modbus protocol. Pridobljeno 30. 5. 2011 s svetovnega spleta: <http://www.jaec.info/Home%20Automation/Protocols-buses-house/Modbus-Protocol/modbus-protocol.php>.

Needle valves. Pridobljeno 10. 8. 2010 s svetovnega spleta:
<http://www.erhard.de/index.php?Needle-valves->

OSI model in UMTS. Pridobljeno 15. 9. 2011 s svetovnega spleta:
<http://www.scribd.com/doc/56921369/5/OSI-model-in-UMTS>.

Promag 50L. Pridobljeno 10. 8. 2010 s svetovnega spleta:
<http://www.si.endress.com/>.

Rižanski vodovod Koper. Pridobljeno 3. 10. 2010 s svetovnega spleta:
<http://www.rvk-jp.si/>.

Strmčnik, S. (1998). Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehnik.

Šega, P. (1985). Regulacija in sistemi. Ljubljana. Fakulteta za elektrotehniko.

Špica. Pridobljeno 7. 12. 2010 s svetovnega spleta:
http://www.spica.si/tehnologije/timeAndSpace_citalciKartic.aspx.

WinTrans. Pridobljeno 10. 8. 2010 s svetovnega spleta: <http://www.skylines-me.com/images/pdf/wintrans.pdf>.

Zakon o zdravstveni ustreznosti živil, snovi in izdelkov. Uradni list RS, št. 52/2000, 42/2002, 47/2004.

XC200 modularni krmilniki. Pridobljeno 10. 8. 2010 s svetovnega spleta:
<http://sl.kolektorsynatec.si/oprema/avtomatizacija/krmilna-tehnika/modularni-krmilniki/xc200/>.