

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

DIPLOMSKA NALOGA

PREDLOG POSODOBITVE KRMILNEGA SISTEMA

ČRPALIŠČA SAN SIMON

Aleš Jerman

Mentor: doc. dr. Maja Bračič Lotrič

Nova Gorica, 2007

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomskega dela se za nasvete in pomoč zahvaljujem mentorici doc. dr. Maji Bračič Lotrič.

Posebna zahvala gre tudi vsem mojim sodelavcem, ki so mi pomagali pri pridobivanju informacij za izvedbo diplomskega dela.

IZVLEČEK

Voda je naravna dobrina, ki je pogoj za življenje na Zemlji, zato sta skrb za varovanje okolja in odpravljanje škodljivih vplivov na vode zelo pomembna. Slovenija je relativno bogata z vodami, glavna problema pa sta izredno neenakomerna časovna in prostorska razporejenost zalog površinskih voda in precejšnje nihanje vodnih zalog podzemnih voda.

Javno podjetje Rižanski vodovod Koper oskrbuje z vodo obalne občine ter skrbi za nemoteno oskrbo pitne vode tudi v poletnem pogosto sušnem, obdobju. Da ne pride do pomanjkanja pitne vode, se Rižanski vodovod napaja iz treh virov. Eno izmed ključnih vozlišč vodovoda je v črpališču San Simon.

V diplomski nalogi je prikazana izgradnja modela tega črpalnega sistema in simulacija modela v programskem okolju Scicos. Podan je pregled stanja opreme obstoječega sistema in predstavljena zasnova nove opreme in algoritma delovanja. Rezultati simulacije kažejo, da predlagano krmilje odpravlja pomanjkljivosti starega. Pridobljeni rezultati bi bili lahko osnova za obnovo črpališča San Simon.

ABSTRACT

Water is essential for life on our planet and it is therefore important to protect the environment and keep the water resources clean. Slovenia is relatively rich with water, but there are two main problems: the temporal and spatial irregularity of surface water allocation, and large oscillations between high and low levels of groundwater.

Rižanski vodovod Koper supplies coastal communities with water. To avoid shortages during dry period in the summer, Rižanski vodovod Koper is supplied for three water sources. One of the key junctions of the water system is the pumping station of San Simon.

The diploma thesis presents a model of improvement of the San Simon pumping system and a simulation of this model in the Scicos software environment. An overview of the existing system equipment is first given, followed by the proposal of changes both in the equipment and in the algorithm. The simulation of proposed algorithm show that current shortcomings of the system can be solved. The presented findings may be used as a framework for the upgrade of the pumping system of San Simon.

KLJUČNE BESEDE

nadzorni sistem, sistem vodenja, model, simulacija, črpališče, vodohran, merilec pretoka, merilec nivoja, ventil

KEY WORDS

control system, managing system , model, simulation, pump station, water reservoir, decanting meter, level meter, valve

KAZALO

1. UVOD.....	1
2. PREDSTAVITEV PODJETJA RIŽANSKI VODOVOD.....	4
2.1. OSNOVNI PODATKI VODOVODNEGA SISTEMA	4
2.2. Poraba vode.....	7
2.3. Pomembnejši objekti	9
3. ČRPALIŠČE SAN SIMON	11
3.1. Obstoječa oprema.....	12
3.1.1. Ventili.....	12
3.1.2. Merilniki nivoja	14
3.1.3. Merilniki pretoka	14
3.1.4. Črpalke	16
3.1.5. Vodohrani	17
3.1.6. Sistem vodenja.....	18
3.2. Delovanje obstoječega sistema	19
3.2.1. Algoritem delovanja.....	19
3.2.2. Nastavitve na sistemu.....	21
3.2.3. Nadzorni sistem Zagrel	22
3.3. Pomanjkljivosti obstoječega sistema.....	24
4. PREDLOG POSODOBITVE SISTEMA VODENJA	25
4.1. Nova oprema.....	25

4.1.1.	Dograditev ventilov.....	25
4.1.2.	Nova oprema za krmilje	26
4.2.	Delovanje novega sistema	28
4.2.1.	Regulacija pretoka na dotoku	29
4.2.2.	Algoritem delovanja.....	29
4.2.3.	Nastavitve parametrov.....	32
4.2.4.	Nadzorni sistem Citect	33
4.3.	Odprava pomanjkljivosti in težav	36
5.	MODELIRANJE IN SIMULACIJA	37
5.1.	Modeliranje	37
5.1.1.	Vrste modelov.....	38
5.1.2.	Načini modeliranja.....	39
5.2.	Simulacija	40
5.2.1.	Scicos	40
5.2.2.	Uporabnost Scicosa.....	40
5.2.3.	Osnovno okno Scicos	40
5.2.4.	Standardni bloki Scicosa	42
5.3.	Matematični model vodohrana.....	45
5.4.	Simulacija matematičnega modela.....	49
5.5.	Izgradnja modela črpališča	51
6.	PRIMERJAVA SIMULACIJ NOVEGA IN STAREGA SISTEMA	61

6.1.1. Primerjava enega vodohrana	61
6.1.2. Primerjava celotnega sistema	62
7. ZAKLJUČEK.....	63
8. LITERATURA.....	64

KAZALO SLIK

Slika 1 – Oskrba pitne vode na obali (Rižanski vodovod Koper, 2007)	5
Slika 2 – Koriščenje vodnih virov (Rižanski vodovod Koper, 2007)	7
Slika 3 – Poraba vode na obali (Rižanski vodovod Koper, 2005)	9
Slika 4 – Shematska slika črpališča San Simon.....	11
Slika 5 – Igličasti ventil odprt -zaprt (ERHARD,1999).....	13
Slika 6 – Elektromotorni pogon na igličastem ventilu (ERHARD, 1999).....	13
Slika 7 – Potopni merilnik nivoja (ELTRA, 2006).....	14
Slika 8 – Elektromagnetni merilnik pretoka (E+H,1990)	15
Slika 9 – Delovanja elektromagnetnega merilnika pretoka (E+H, 1990)	15
Slika 10 – Črpalni agregati (Rižanski vodovod Koper)	17
Slika 11 – Radijska povezava objektov (Rižanski vodovod Koper).....	18
Slika 12 – Regulator (Rižanski vodovod Koper, 2006)	22
Slika 13 – Osnovna slika aplikacije SCADA Zagrel	23
Slika 14 – Pogona AUMA Norm - Matic (Auma, 1999)	26
Slika 15 – Krmilnik (Synatec, 2007).....	27
Slika 16 – Upravljalni panel (Synatec, 2007).....	28

Slika 17 – GSM modem (Siemens, 2007)	28
Slika 18 – GSM povezava objektov (Rižanski vodovod Koper)	29
Slika 19 – Shema nivojev v vodohranu	31
Slika 20 – Osnovna slika Citect (Rižanski vodovod Koper, 2007).....	34
Slika 21 – Sistem San Simon na novi aplikaciji SCADA	35
Slika 22 – Odnos med sistemom in modeliranjem ter simulacijo (Karba,1999).....	38
Slika 23 – Osnovno okno Scicos.....	41
Slika 24 – Vodohran s stalnim dotokom	46
Slika 25 – Bločni diagram	49
Slika 26 – Simulacijska shema matematičnega modela.....	50
Slika 27 – Rezultati simulacije matematičnega modela.....	51
Slika 28 – Simulacijska shema modela z logičnimi pogoji	52
Slika 29 –Rezultati simulacije modela z logičnimi pogoji	53
Slika 30 – Simulacijska shema iztoka San Simon	54
Slika 31 – Simulacijska shema dotoka Valeta 2	54
Slika 32 – Simulacijska shema celotnega sistema San Simon.....	55
Slika 33 – Rezultati simulacije celotnega modela v zimskem režimu	56
Slika 34 – Rezultati simulacije celotnega modela v zimskem režimu hkrati	57
Slika 35 – Rezultati simulacije celotnega modela v poletnem režimu.....	59
Slika 36 – Rezultati simulacije celotnega modela v poletnem režimu hkrati.....	60
Slika 37 – Rezultati simulacije starega in novega modela za en vohohran.....	61

Slika 38 – Rezultati simulacije starega in novega modela za celotni sistem..... 62

KAZALO TABEL

Tabela 1: Črpalni agregati v črpališču San Simon..... 16

Tabela 2: Konstante modela v zimskem režimu 55

Tabela 3: Konstante modela v poletnem režimu..... 58

1. UVOD

Voda je naravna prozorna tekočina brez barve, vonja in okusa. Nahaja se v treh agregatnih stanjih – kot tekočina, kot para ter kot sneg in led. Voda je tudi sestavina zemeljskega površja in vseh organizmov, ki krožijo po vseh sferah njenega površja in ga preoblikujejo. Ravno zato je nenadomestljiva za vsako življenje in za vse dejavnosti.

Vsestranska koristnost, uporabnost in življenjska pomembnost vode se kaže v vseh dejavnostih človekovega življenja. Za javno preskrbo prebivalstva z vodo in za proizvodnjo živil je pomembna običajna pitna voda z ustreznimi biološkimi, fizikalnimi, kemičnimi in radiološkimi lastnostmi.

V Sloveniji imamo precejšnje vodno bogastvo. Da pride voda do naših domov, poskrbijo javna podjetja za oskrbo s pitno vodo; eno od teh je Rižanski vodovod Koper. Podjetja za oskrbo s pitno vodo dobijo vodo iz različnih virov, kot so reke, jezera in podzemna voda. Vodo iz teh virov nato prečistijo, da je zdrava in pitna.

Da se viri ne izrabijo, poskrbijo padavine: dež, sneg, dež, pomešan s snegom ali drobnimi ledenimi zrnji, ki mu pravimo sodra, in toča. Padavine polnijo vire na več načinov, tako da padajo naravnost v vodna telesa ali pa padavine padejo na zemljo in odtečejo v potoke, jezera in reke. Lahko pa tudi pronicajo v zemljo in tako napolnijo zaloge podzemne vode.

V zadnjih desetletjih se posegi človeka v hidrološki krog izrazito kažejo tudi v nihanju gladin oz. zalog ter spreminjanju tokovnih vzorcev podzemne vode. Zniževanje gladin podzemnih voda je posledica spreminjanja rabe prostora in s tem povezanega urejanja vodnega režima površinskih voda ter rabe vode. Zviševanje gladin je lahko v povezavi z opustitvijo industrijske rabe podzemne vode, izgradnjo hidroenergetskih objektov na površinskih vodah, z bogatenjem vodonosnikov in opuščanjem vzdrževanja melioriranih kmetijskih površin.

Spreminjanje gladin podzemne vode primarno vpliva na vodooskrbni potencial vodonosnikov, posredno pa tudi na stabilnost posameznih območij vodonosnika. Z gladinami podzemne vode so močno povezani tudi obvodni ekosistemi, ki imajo

veliko ekološko vrednost. Mnogo teh ekosistemov je na poplavnih ravninah, njihov obseg je najpogosteje odvisen tudi od gladine podzemne vode, kjer imajo že centimetrške spremembe velik učinek. Poleg tega podzemne vode preko izvirov predstavljajo osnovni vodni tok rek in potokov v sušnih obdobjih.

Za območje Slovenije še vedno velja prepričanje, da je bogato z vodami ne glede na njihovo neugodno časovno in prostorsko razporeditev ter veliko geološko ranljivost, predvsem na območju Krasa. To prepričanje se kaže tudi v odnosu ljudi do voda in vodnega prostora, ki še ne odseva zadostnega razumevanja posledic človekovega ravnanja na vodne vire.

Področje voda urejajo v Republiki Sloveniji (RS) trije osnovni zakoni: Zakon o varstvu okolja, Zakon o vodah in Zakon o ohranjanju narave. Zakoni urejajo za stanje voda in vodnega okolja najpomembnejše vsebine, in sicer varstvo in rabo voda ter vodnega in obvodnega prostora, urejanje voda in varstvo od voda odvisnih ekosistemov. Zakoni določajo osnovna načela in cilje, teritorialne osnove ter načine in postopke za upravljanje z vodami tako, da bo doseženo dobro stanje voda v okviru celovite problematike vodnih območij. S tem povzemajo vse najpomembnejše vsebine sodobne evropske zakonodaje na področju voda.

Območje Republike Slovenije se zaradi upravljanja voda deli na dve vodni območji, ki imata meddržavni značaj, to je vodno območje Donave in vodno območje Jadranskega morja, znotraj njih pa še na porečja Mure, Drave in Save ter povodje Soče in povodje jadranskih rek.

Upravljanje z vodami obsega celovito in trajnostno obravnavo problematike voda na podlagi njihovih naravnih danosti, človekovih obremenitev in ugotovljenega stanja na podlagi predpisanega monitoringa voda in vodnih ekosistemov.

V glavnem ima Slovenija zadostne količine zaloge kakovostne vode tudi za v bodoče, seveda če jih bo znala ohraniti čiste, torej jih zavarovati pred onesnaževanjem. Žal pa to vodno bogastvo ni enakomerno razporejeno po vseh območjih Slovenije. V Sloveniji so območja, kjer je vode na pretek, in območja, kjer ob poletnih sušah nastopi pomanjkanje vode, ker izdatnost vodnih virov postopoma pada (Rižanski vodovod Koper, 1997).

Na obalnem območju izdatnost vodnih virov postopoma upada in v poletnih sušnih obdobjih lahko pride do pomanjkanja vode. Rižanski vodovod Koper se napaja iz treh vodnih virov, da bi se temu v največji možni meri izognili. Te vire je potrebno nenehno nadzorovati in prilagajati dotoke za primerno in nenehno distribucijo pitne vode po celotnem območju vodovoda.

Ključno vozlišče vodovoda je v črpališču San Simon. Črpališče se napaja iz izvira reke Rižane in preko črpalk lahko oskrbuje objekte Livade, Valeta 2 in Vinjole, ki napajajo večji del občine Izola in Piran. Vodohran Valeta 2 ima možnost dodatnega napajanja iz vodnega vira Gradole, kar se izkorišča v poletnem obdobju. Na ta način se razbremeni izvir reke Rižane in zmanjša porabo vode v črpališču San Simon.

Namen diplomskega dela je bil izdelati predlog posodobitve krmilnega sistema črpališča San Simon. Posodobljen krmilni sistem bi moral delovati samostojno, v skladu s potrebami vodooskrbe.

V nadaljevanju so najprej predstavljene dejavnosti podjetja Rižanski vodovod Koper in poraba vodnih virov na obalnem območju. Opisano je obstoječe stanje črpalnega sistema San Simon, vključno z opisom opreme in vseh pomanjkljivosti, ki so se izkazale v dolgoročnem delovanju sistema. Izhajajoč iz tega je oblikovan predlog posodobitve krmilnega sistema, znotraj katerega sta predstavljena nova oprema in nov algoritem delovanja sistema, ki je upravljan iz novega nadzornega centra. Predstavljeno je tudi modeliranje procesov in matematični model vodohrana s stalnim dotokom ter simulacija sistema. Za simulacijo je bilo uporabljeno orodje Scicos. Po simulaciji novega sistema je za primerjavo podana še simulacija starega sistema.

2. PREDSTAVITEV PODJETJA RIŽANSKI VODOVOD

Glavna dejavnost Rižanskega vodovoda Koper je oskrbovanje treh obalnih občin, mestne občine Koper, občine Izola in občine Piran s pitno vodo. Poleg tega je dejavnost Rižanskega vodovoda Koper še:

- zajemanje, črpanje in drugo pridobivanje pitne vode,
- čiščenje in dovajanje vode gospodinjstvom in drugim uporabnikom,
- kratkoročno in dolgoročno načrtovanje pridobivanja vodnih virov na celotnem območju občin oziroma na širšem območju z usklajevanjem s sosednjimi občinami,
- opremljanje naselji s požarno vodo v javni rabi ter
- vzdrževanje vodovodnih objektov.

Javno podjetje Rižanski vodovod Koper upravlja z vodovodnim sistemom in skrbi za nemoteno vodooskrbo celotnega obalnega območja od izgradnje leta 1935. Od prvotnega gravitacijskega načina delovanja vodovodnega sistema sta razvoj obalnega področja in naraščajoča potrošnja pitne vode narekovala tako širitev in nadaljnjo izgradnjo vodovodnega sistema, kot tudi potrebe po novih virih. Vse večja razvejanost vodovodnega omrežja in izgradnja višinskega vodovoda je zahtevala tudi izgradnjo številnih črpalnih postaj za oskrbovanje višje ležečih naselij ter avtomatizacijo in daljinski nadzor delovanja vodovodnega sistema (Rižanski vodovod Koper, 1997).

2.1. OSNOVNI PODATKI VODOVODNEGA SISTEMA

Obsežnost vodovodnega omrežja je prikazana na sliki 1. Slika prikazuje glavne cevovode, vodohrane in črpališča na obalnem območju. Osnovni podatki vodovodnega sistema so zajeti v nadaljevanju (Rižanski vodovod Koper, 2007).



Slika 1 – Oskrba pitne vode na obali (Rižanski vodovod Koper, 2007)

Področje oskrbovanja:

- občine Koper, Izole in Piran, na javno vodovodno omrežje je priključenih 105 od skupno 128 naselij,
- približno 300 prebivalcev brez priključka na področju vodooskrbnega sistema,
- 99% obalne regije priključeno na javni vodovodni sistem

Število porabnikov:

- izven turistične sezone približno 80.000 porabnikov,
- v turistični sezoni prek 100.000 porabnikov.

Objekti vodovodnega sistema:

- eno postrojenje za prečiščevanje vode (čistilna naprava v Cepkih),

- 25 postrojenj za prečrpavanje vode (59 črpalnih naprav z inštalirano močjo 2.932 kW,
- 117 raztežilnikov za urejanje tlačnih razmer in
- 83 rezervoarjev skupne prostornine 39.819 m³.

Vodovodno omrežje:

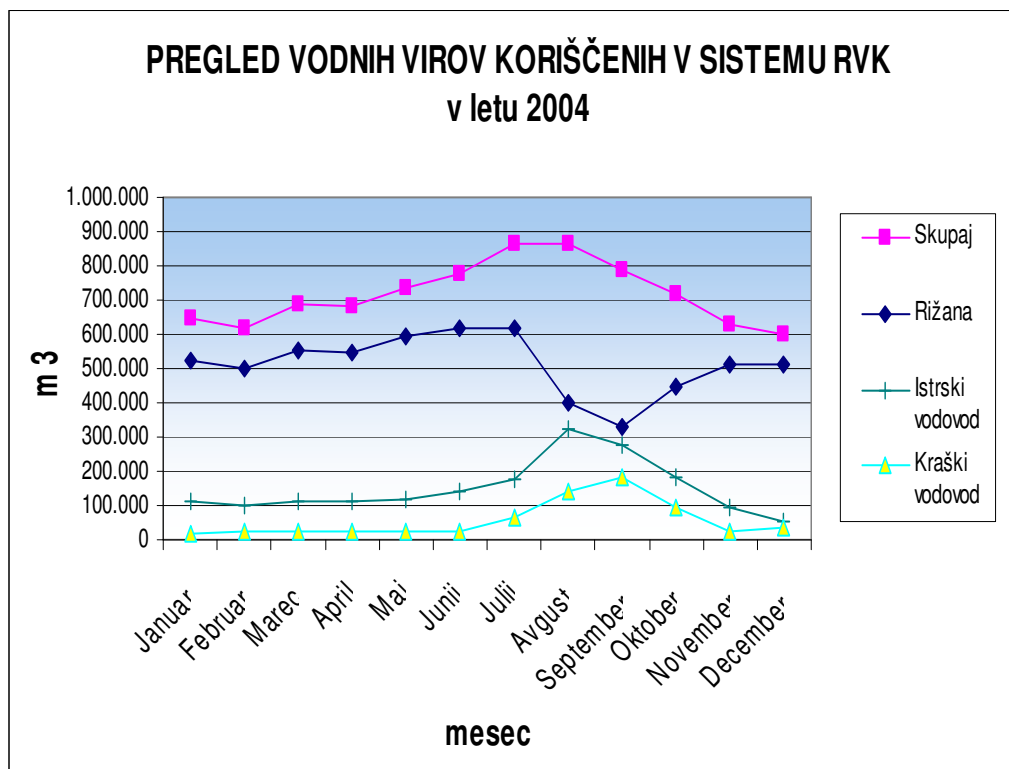
- preko 900 km vodovodne mreže premera od Ø25 mm do Ø1400 mm, sestavljeno iz različnih materialov.

Merilne naprave :

- preko 180 kontrolnih merilnikov na vodovodnem omrežju, od tega 90 magnetno induktivnih merilnikov, vezanih v center vodenja ,
- 24.500 glavnih vodomeroev pri porabnikih.

Vodni viri:

- Rižana (zgrajen leta 1935, dograjen s črpališčem Tonaži leta 1987), kapacitete do 240 l/s.
- Gradole v Hrvaški Istri, v upravljanju Istrskega vodovoda Buzet (zgrajen leta 1970), odjem se vrši po pogodbi o dobavi s pravico odjema do 200 l/s (v okviru razpoložljivih količin vode).
- Klariči v upravljanju Kraškega vodovoda Sežana (povezava Rodik – Rižana, zgrajenim leta 1993) z možnostjo odjema do 135 l/s.



Slika 2 – Koriščenje vodnih virov (Rižanski vodovod Koper, 2007)

Iz pregleda vodnih virov koriščenih v vodovodnem sistemu na sliki 2, je razvidno, da izdatnost vira Rižana ne zagotavlja nemotene vodooskrbe. Navezavi na sosednja vodovodna sistema (Istrski vodovod Buzet in Kraški vodovod Sežana) omogočata dobavo manjkajočih količin vode, ko se potrebe po pitni vodi v poletnih mesecih povečajo.

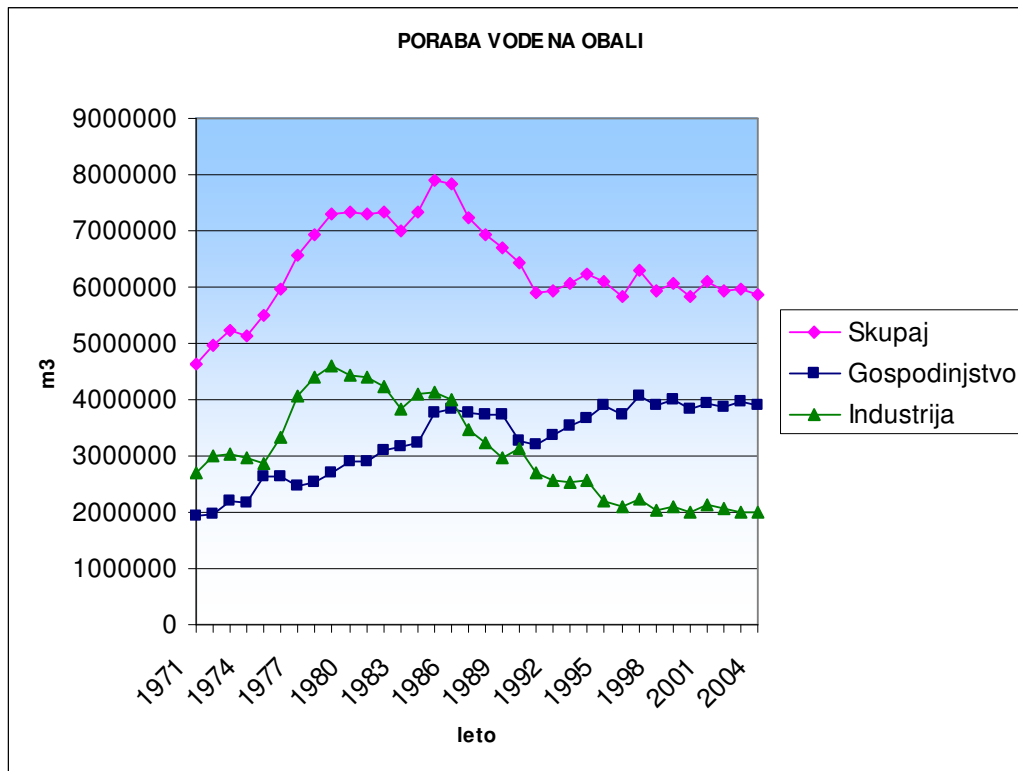
2.2. Poraba vode

Okoli leta 1950 je za celotno obalno področje značilna zelo nizka prodaja vode, saj je ta znašala le 900.000 m³. Prebivalci so se oskrbovali iz številnih javnih izlivk, ki so bile postavljene na dostopnih mestih. Individualne hišne priključke so imeli le nekateri objekti v mestnih jedrih, večje stanovanjske hiše in hoteli. Sledili sta dve desetletji zmerne, vendar konstantne rasti porabe vode. Tako je leta 1970 potrošnja presegla mejo 4.000.000 m³ vode. V tem obdobju se je začela industrializacija obale in pojavili so se prvi večji porabniki, kot sta Luka Koper in Tomos. Pri individualnih

porabnikih je z rastjo osebnega standarda rasla tudi poraba vode in večalo se je število novih priključkov.

V sedemdesetih letih je prišlo do skokovite rasti, ko se je poraba vode v nekaj letih skoraj podvojila in presegla 7.000.000 m³ prodaje na leto. To je bilo obdobje gradnje večjih turističnih naselij, kot so Portorož, San Simon, Bernardin in Žusterna in intenzivne gradnje velikih stanovanjskih sosesk, ko so Smedela, Jagodje, Lucija, Šalara in Olmo. V teh letih se je začela intenzivna gradnja višinskih sistemov obalnega zaledja, ki je omogočila porabnikom, da so se množično priključevali na javno vodovodno omrežje.

Prelomnica, do katere je prišlo pri porabnikih in v samem javnem podjetju, je v drugi polovici osemdesetih let (slika 3). Takrat je upadel tako fakturirani kot nefakturirani del oddane vode v sitem Rižanskega vodovoda. Na to je vplivalo več dejavnikov. Na varčevanje prebivalcev z vodo je gotovo vplivala visoka cena vode na obali in hkrati pojav začetka gospodarske recesije, ki se je odražala tudi v obalnih podjetjih. Hkrati pa se je zmanjšal tudi nefakturirani del oddane vode, ker so bile izgube zaradi okvar in puščanja cevovoda minimalizirane (Rižanski vodovod Koper, 2005).



Slika 3 – Poraba vode na obali (Rižanski vodovod Koper, 2005)

2.3. Pomembnejši objekti

Distribucija vode na obalnem območju je zelo kompleksna, kar je razvidno na sliki 1. Slovenska obala je reliefno zelo raznolika, saj zajema veliko gričev in manjših hribov, ki zahtevajo višinski vodovod. V višinskih vodovodih se črpa voda v vodohrane, ki so zgrajeni na višje ležečih krajih. Iz vodohranov poteka distribucija vode na gravitacijski način vse do uporabnikov. Tak način distribucije vode zahteva veliko črpališč ter posledično velik strošek obratovanja vodovoda.

Rižanski vodovod Koper je zgradil 25 črpalnih postaj, da se je lahko priključilo na javni vodovodni sistem skoraj 99 % obalne regije.

V koprski občini je šest pomembnejših črpalnih sistemov: Kampo Morer, Smedela – Markovec, Porton – Hrib, Bošamarin, Tonaži – Podračje in Vodarna Rižana. Črpališče Kampo Morer napaja Ankaran, Valdoltro in Debeli Rtič. V Smedeli je sistem petih zaporednih črpališč, ki omogočajo distribucijo vode naseljem Smedela,

Markovec in Žusterna. V sistemu Porton – Hrib so tri črpališča, ki napajajo večji del koprškega zaledja Prade, Pobegi, Čežarji, Sv. Anton, Marezige, Boršt in Gračišče. Črpališče Bošamarin oskrbuje vasi Šmarje, Pomjan in Koštabono. Črpališči Tonaži in Podračje sta namenjeni črpanju podtalnice v sušnem obdobju, medtem ko je v vodarni Rižana je črpališče, ki črpa vodo za naselja Tinjan, Škofije, Plavje.

V izolski občini je najpomembnejše črpališče San Simon, ki oskrbuje večji del izolske in piranske občine.

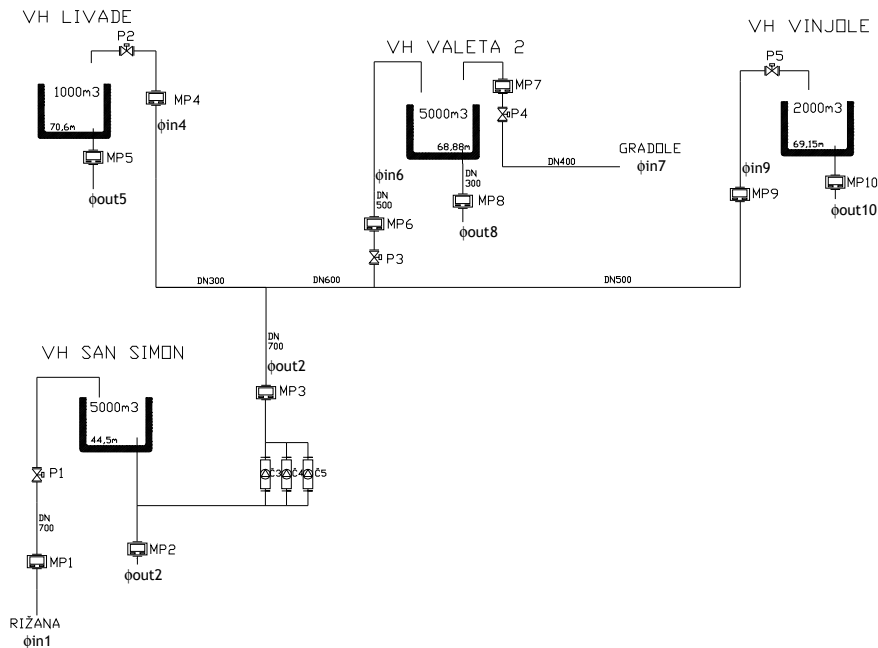
V piranski občini je pomembnejše črpališče Seča, ki z vodo oskrbuje naselja Malijo, Korte in Šared.

Črpališče San Simon je največje črpališče v vodovodnem sistemu Rižanskega vodovoda Koper, ki ni bilo še obnovljeno. Ostala črpališča so bila obnovljena in opremljena z novimi tehnologijami, ki zadostujejo današnjim zahtevam distribucije pitne vode. Črpališče San Simon je opremljen s staro tehnologijo, ki ne ustreza današnjim zahtevam, zato je njegova obnova neizogibna. Zastarelo črpališče San Simon oskrbuje večji del turističnih kapacitet slovenske obale. Posebnost te oskrbe je velika poraba v poletnem obdobju in možnost razbremenitve črpališča z dodajanjem hrvaške vode.

3. ČRPALIŠČE SAN SIMON

Črpališče San Simon sodi med najpomembnejše objekte v sistemu Rižanskega vodovoda Koper. Zgrajeno je bilo v sedemdesetih letih ob času gradnje večjih turističnih objektov na obalnem območju.

Pozimi črpališče San Simon oskrbuje objekte vodohran Livade, Valeta 2, Vinjole (slika 4) in posredno preko navedenih objektov napaja še vodohrane Portorož, Bernardin, Valeta 3, Šentjane, Moštra, Lucan, Seča in Fiesa. Črpališče San Simon napaja skoraj celotni občini Izolo in Piran in je zato pri distribuciji pitne vode ključnega pomena.



Slika 4 – Shematska slika črpališča San Simon

Črpališče San Simon se primarno napaja iz reke Rižana, ki pa ji v poletnih mesecih količina vode močno upade. Ravno v tem obdobju se potrebe po pitni vodi povečajo, kar povzroča težave pri distribucije pitne vode v črpališču San Simon. Da se izognejo tem težavam, se poveča odvzem vode iz sosednjega vodovoda Buzet. Z vodo iz Istrskega vodovoda Buzet napajamo vodohran Valeta 2, kar razbremeni črpališče San Simon in omogoča nemoteno oskrbo.

3.1. Obstoječa oprema

Obstoječo opremo sestavljajo elementi, ki so široke uporabe v celotnem vodovodnem sistemu: ventili, merilniki nivojev, merilniki pretokov, črpalke, vodohrani, krmilniki in regulatorji. Zgoraj navedeni elementi so izvršilni in kontrolni členi procesa, ki vplivajo na količino, smer, zalogo in nadzor prečrpane vode.

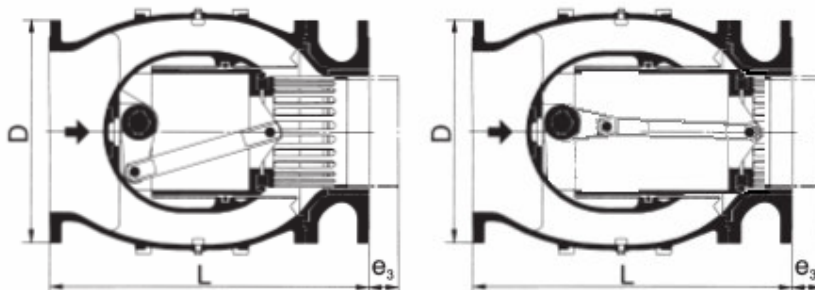
3.1.1. Ventili

Ventili se uporabljajo za zapiranje in odpiranje cevi ali za regulacijo pretokov. Na območju črpališča San Simon so najpogosteje uporabljeni sledeči ventili:

- zasun, ki se uporablja v velikih količinah za izolacijo delov cevi, črpalk, drugih ventilov in naprav,
- igličasti ventil, z dobrimi operativnimi karakteristikami, ki se uporablja izključno za regulacijo pretoka ali tlaka pri distribuciji, in
- ventil z loputo za regulacijo pretoka, ki je pogosteje uporabljen, saj je cenovno ugodnejši.

Podrobno bomo predstavili igličaste ventile aktivirane z elektomotornimi pogoni. Na sliki 5 je prikazan ventil v odprtem in zaprtem položaju.

V sistemu Rižanski vodovod Koper večinoma uporabljajo igličaste ventile znamke ERHARD, tipa Needle Valves. Ti ventili imajo linearno karakteristiko odpiranja in povečevanja pretoka, ki je za regulacijo pretoka vode ugodna. S tem ventilom je možno zelo natančno nastaviti željen pretok ali tlak vode, kar je pri drugih ventilih, kot so zasuni ali lopute, nemogoče.



Slika 5 – Igličasti ventil odprt -zaprt (ERHARD,1999)

Igličasti ventili so pogosto opremljeni z elektromotornim pogonom, ki omogoča daljinsko nastavitev ventila. Taka konfiguracija se uporablja za avtomatsko nastavitev pretokov ter zapiranje ali odpiranje ventilov.



Slika 6 – Elektromotorni pogon na igličastem ventilu (ERHARD, 1999)

Na obravnavanem sistemu imamo elektromotorne pogone znamke AUMA serije NORM, ki omogočajo diskretno nastavitev odprtosti ali zaprtosti in zvezni prikaz odprtosti ventila. Elektromotorni pogon se napaja s trofazno napetostjo. Pogon ima štiri digitalne izhode: ventil odprt, ventil zaprt in dve zaščitni mehanski stikali. Mehansko stikalo je zaščitni element, ki signalizira preobremenitev elektromotorne pogona pri odpiranju ali zapiranju ventila. Pogon ima še en analogni izhod, ki prikazuje odstotek odprtosti ventila. S pomočjo navedenih izhodov avtomatika krmili elektromotorne ventile po določenem algoritmu.

3.1.2. Merilniki nivoja

S potopnimi merilniki tlaka, ki so spuščeni v rezervoar, opravljamo meritve nivoja vode. Merilna sonda je težka in prosto visi v vodi. Ker morajo merilniki meriti dejansko samo tlak, ki ga povzroča merjena tekočina, imajo dve tlačni membrani. Na eno membrano pritiska tlak medija, ki ga merimo, na drugo membrano pa zunanji atmosferski tlak. Dejansko ti merilniki zaznajo razliko tlakov, ki jo pretvornik pretvori v električni tok.

Na sliki 7 je prikazan potopni merilnik nivoja znamke ELTRA tipa PPI100, ki ga uporabljamo za meritve v naših vodohranih.



Slika 7 – Potopni merilnik nivoja (ELTRA, 2006)

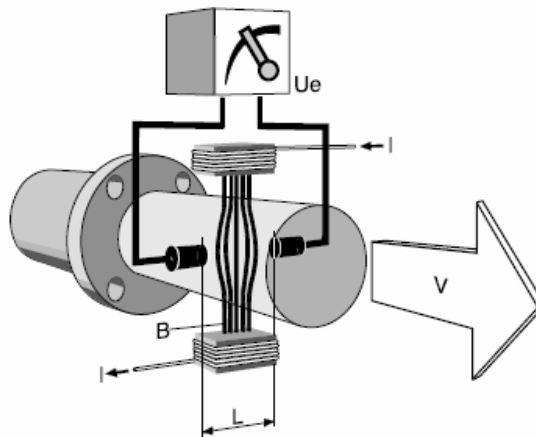
3.1.3. Merilniki pretoka

Na vodovodnem sistemu San Simon uporabljajo merilnike pretoka ENDRESS + HAUSER tipa Pulsmag V6532, ki delujejo na principu inducirane napetosti.



Slika 8 – Elektromagnetni merilnik pretoka (E+H,1990)

Elektromagnetni merilnik pretoka (slika 8) meri pretok prevodnih tekočin, ne glede na gostoto in viskoznost. Merilnik deluje na principu Faradayevega zakona o elektromagnetni indukciji. Magnetno polje je postavljeno v ravnini, ki je pravokotna na smer premikanja prevodne tekočine v izolirani cevi. Inducirana električna napetost je proporcionalna s povprečno hitrostjo tekočine. Inducirani tok teče pravokotno na tekočino in gre preko elektrod (edinih dveh prevodnih točk, ki sta v stiku s tekočino) do ojačevalnika, tako da dobimo izhodni signal od 4 do 20 mA (E+H,1990). Zasnova delovanja elektromagnetnega merilnika pretoka je prikazana na sliki 9.



Slika 9 – Delovanja elektromagnetnega merilnika pretoka (E+H, 1990)

V elektrodah se inducirana napetost (U_e):

$$U_e = B \times L \times V \quad (1)$$

V = hitrost tekočine

B = gostota magnetnega toka

L = premer cevi merilca

Merilnik pretoka ima možnost nastavitve proženja releja po določeni količini pretočene tekočine. V našem primeru imamo nastavljen en impulz na en m^3 vode. Na tak način lahko beležimo kumulativo pretočene vode na cevovodih.

3.1.4. Črpalke

Črpališča potiskajo vode iz nižje ležečih rezervoarjev oziroma vodovodnih sistemov v višje ležeče rezervoarje.

Črpališče San Simon je največje črpališče v obalnem vodovodnem omrežju. V črpališču sta dve skupini črpalk, prve črpajo vodo v vodohran Šentjane (te v nadaljevanju ne bomo obravnavali), druge pa črpajo v vodohrane Livade, Valetu 2 in Vinjole.

Druga skupina črpalk je sestavljena iz treh črpalk PLEUGER različnih zmogljivosti. Prva zmogljivosti 40 l/s, druga 60 l/s in tretja 129 l/s, vse tri pa črpajo na višino 40 m (tabela 1 in slika 10).

Tabela 1: Črpalni agregati v črpališču San Simon

Črpalka	Proizvajalec	TIP	Q (l/s)	H (m)	n (min-1)	P (kW)	I (A)
Č1	Pleuger	QN 83-4a	40	40	2900	24	52
Č2	Pleuger	QN 101-2a	60	40	2900	37	80
Č3	Pleuger	QN 122-2a	129	40	2900	85	175



Slika 10 – Črpalni agregati (Rižanski vodovod Koper)

Za vklop črpalk se uporablja zagon zvezda trikot s kontaktorji. Pri takšnem zagonu nastajajo velike električne konice, ki nam elektro distributer drago zaračuna. Pri izklopu pa pride do močnih hidravličnih udarov, ki nam poškodujejo nepovratne lopute in cevovod. Negativne lastnosti tega zagona so bile sprejemljive za čas izgradnje črpališča, dandanes se pa jim lahko izognemo z uporabo novih tehnologij.

3.1.5. Vodohrani

Pitna voda se zbira v vodohranih, ki hranijo rezerve vode, stabilizirajo tlačne razmere in kompenzirajo konice porabe vode. Vodohrani omogočajo požarno varnost območij, ki jih oskrbujejo z vodo. Praviloma so vkopani v zemljo na točno določeni nadmorski višini, ki določuje tlačne razmere vodovodnega omrežja. Vodohrani so sestavljeni iz dveh ločenih vodnih celic, ki zagotavljajo redundantnost pri vzdrževanju in strojnice, kjer je inštalirana vsa ostala oprema (ventili, cevi, elekto omara).

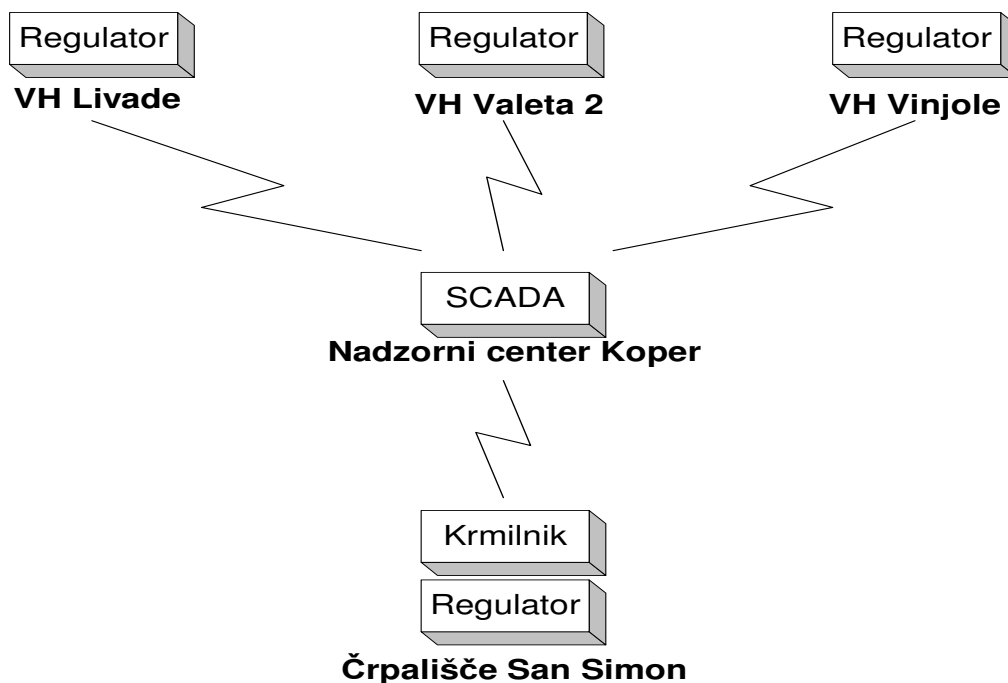
Vodohrani se napajajo s pomočjo črpališč ali gravitacijsko iz višje ležečih cevovodov ali drugih vodohranov. Na črpališče San Simon so vezani naslednji vodohrani (slika 4):

- vodohran San Simon se nahaja na nadmorski višini 44,5 m in se gravitacijsko napaja iz vodarne Rižana. V objektu sta dve vodni celici veličine 1000 m³ in 4000 m³ in črpališče zmogljivosti 230 l/s,
- vodohran Livade je na nadmorski višini 70,6 m, napaja se preko črpališča San Simon in ima dve vodni celici veličine 500 m³,

- vodohran Valeta 2 se nahaja na nadmorski višini 68,88 m, napaja se lahko preko črpališča San Simon in vodnega vira Gradole. Ima eno vodno celico veličine 1000 m³ in drugo 4000 m³.
- vodohran Vinjole je na nadmorski višini 69,15 m, napaja se preko črpališča San Simon in ima dve celici 1000 m³.

3.1.6. Sistem vodenja

Za avtomatsko upravljanje črpališča San Simon se uporablja regulatorje, krmilnike in aplikacijo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Vodohrani Livade, Valeta 2 in Vinjole uporabljajo regulatorje, ki upravljajo dotoke. V črpališču San Simon je v kombinaciji z regulatorji uporabljen krmilnik, ki upravlja s črpalkami. Nadzorni center v Kopru pa preko aplikacije SCADA nadzoruje in upravlja s črpališčem San Simon.



Slika 11 – Radijska povezava objektov (Rižanski vodovod Koper)

V črpališču San Simon imamo krmilnik znamke ZAGREL Zagreb, ki je bil namensko zgrajen za ta sistem. Krmilnik v kombinaciji z radijsko postajo

MOTOROLA tipa GM350 pošilja in sprejema podatke iz nadzornega centra (slika 11).

Pri avtomatskem delovanju se proces vodooskrbe vrši samostojno. Merilniki preko tokovne zanke 4 – 20 mA posredujejo merjene veličine regulatorjem. Regulatorji TEH Projekt Rijeka tipa PN-3 (slika 12) imajo limitne pare za nastavljanje različnih veličin, s katerimi krmilijo določene dogodke. Z limitnimi pari večinoma pogojujemo odpiranje in zapiranje loput. V vodohranih nam PN-3 služi za prikaz nivoja in za zaščito črpalk pred suhim delovanjem. Vklon in izklon črpalk se vrši preko krmilnika, ki sprejema komande iz nadzornega centra.

V vodohranih imamo samo regulatorje PN-3, ki upravljajo z elektromotornimi ventili in periferne postaje, ki pošiljajo podatke v nadzorni center.

V nadzornem centru nastavimo nivoje vklopa in izklopa posameznih črpalk. Proces se vrši na aplikaciji SCADA, ki je nameščena na računalniku v nadzornem centru. Vse meritve in signalizacije, se iz dislociranih objektov prenašajo preko radijskih zvez v nadzorni center in obratno. Komunikacija poteka ciklično na vsako polno uro ali v trenutku nastanka večje spremembe ali napake.

3.2. Delovanje obstoječega sistema

Delovanje obstoječega sistema sloni na tehnologiji, ki je bila na razpolago pred dvajsetimi leti. Uporabljena oprema podreja delovanje sistema. Sistem upravlja in nadzoruje aplikacija SCADA po algoritmu opisanem v nadaljevanju.

3.2.1. Algoritem delovanja

Algoritem je navodilo, s katerim rešujemo določen problem ali izvajamo določen proces. Običajno je zapisan kot seznam korakov, ki nas pripelje do rešitve problema ali do pravilnega izvajanja procesa.

Algoritem črpališča San Simon se izvaja na aplikaciji SCADA v nadzornem centru. Krmilnik zajema podatke iz objekta in jih posreduje v periferno postajo, ki podatke pošlje v center. Izbrana izvedba ni najboljša, vendar nameščena tehnologija ni omogočala drugačnega delovanja.

Črpališče ima možnost treh režimov delovanja:

1. lokalno ročno – črpalke se vklopi ali izklopi ročno v objektu,
2. daljinsko ročno delovanje – črpalke se vklopi ali izklopi iz nadzornega centra ročno,
3. avtomatsko daljinsko delovanje – črpalke se vklopijo in izklopijo avtomatsko po zastavljenem algoritmu.

Lokalno ročno delovanje:

- črpalke vklopimo ali izklopimo s stikali, ki so na stikalnih blokih,
- vklop črpalk je onemogočen, če nivo vode v sesalnem rezervoarju ne ustreza in v primeru nepripravljenosti črpalke.

Daljinsko ročno delovanje:

- črpalke vklopimo ali izklopimo iz nadzornega centra ročno,
- vklop črpalk je onemogočen v primeru neustreznega nivoja vode v sesalnem rezervoarju, nepripravljenosti črpalke ali prisotnost maksimalnega nivoja v krmilnem rezervoarju.

Avtomatsko daljinsko delovanje:

- Najprej se preveri nivo sesalnega rezervoarja in le če nivo vode ustreza je vklop črpalk možen.
- Določi se krmilni objekt. Črpališče oskrbuje tri objekte, določimo lahko samo enega, ki bo krmilil črpališče.
- Krmilni objekt pošilja podatke v nadzorni sistem, kjer SCADA te podatke obdela in glede na nastavitve vklopi ali izklopi črpalke.
- Zaradi različnih zmogljivosti črpalk, imamo možnost nastavitve vrstnega reda vklopa črpalk. Tako lahko določimo različne pretoke, ki so odvisni od moči črpalk.

- Vklopi in izklopi črpalk so nastavljeni glede na višino vode v krmilnem objektu. Imamo dvojne nastavitve, ene so za nižjo električno tarifo, druge za višjo. V primeru višje električne tarife nivo vodo v rezervoarjih nastavimo nižje in v nižji električni tarifi je nivo vode nastavljen višje. Vsaka črpalka ima svoj nivo vklopa in izklopa.
- Krmilni objekt ima zaščito za minimalni in za maksimalni nivo. V primeru minimalnega nivoja se sproži vklop vseh treh črpalk, v primeru maksimalnega nivoja se izklopijo vse tri črpalke.
- Objekta, ki nista izbrana za krmilna, upravljata samo z dotočnim ventilom. Objekti imajo na dotoku elektromotorni ventil, ki je lokalno krmiljen z regulatorjem PN-3. Ventili se odpirajo in zapirajo glede na nivo vode, ki je v rezervoarjih. Na tak način preprečimo prelive na objektih, ki nimajo vpliva pri izklopu črpalk.

3.2.2. Nastavitve na sistemu

Distribucija vode je odvisna od algoritma delovanja črpalnega sistema in od parametrov, ki so nastavljeni za sistem. Nastavitve parametrov razvrščamo v dve skupini. Ene so računalniške in druge so fizične nastavitve.

Računalniške nastavitve izvaja aplikacija SCADA, ki ima možnost nastaviti krmilni objekt, nivoje vklopov, izklopov in vrstni red vklopa črpalk. Izbira krmilnega objekta je odvisna od letnega časa. Na primer pozimi je izbran objekt VH Valeta 2, ki oskrbuje večino Piranske občine, medtem ko je poleti izbran VH Livade, ki oskrbuje večji del Izole. Enako velja za vrstni red vklopa črpalk. Pozimi imamo manjšo porabo vode, zato zadostuje črpalka Č1 (40 l/s), medtem ko se poleti poraba poveča in črpalka Č1 ne zadostuje, zato se vklopi še črpalka Č2 (60l/s). Na tak način se zmogljivost črpalnice močno poveča in vodohrani se prehitro napolnijo, kar povzroči pogoste vklope in izklope črpalk. Pogoste vklope in izklope črpalk nam elektro distributer drago zaračuna, kar skušamo preprečiti. Z zamenjavo vrstnega reda vklopa črpalk, se izognemo pogostim vklopom. Najprej se vklopi črpalka Č2, ki je zmogljivejša od Č1 in na ta način ne potrebuje pogoste pomoči ostalih črpalk.

Črpalka Č3 (129 l/s) se v normalnem obratovanju ne vklopi, namenjena je za izredne razmere in za redundanco ostalih dveh.

Druga skupina nastavitvev so fizične nastavitve v objektih, ki potrebujejo posege elektro vzdrževalcev. Vzdrževalec nastavi končna stikala na elektromotornih ventilih in limitne pare na regulatorjih. V avtomatskem delovanju je ventil lahko samo odprt ali zaprt, zato ga moramo omejiti s končnimi stikali. Z ročnim odpiranjem ventila in spremljanjem pretoka na merilcu pretoka, nastavimo zelen pretok. Ta pretok omejimo s končnimi stikali na elektromotornem pogonu ventila. Na ta način preprečimo dodatno odpiranje ventila. Regulator PN – 3 krmili elektromotorni ventil preko limitnih parov, ki določajo nivoje odpiranja in zapiranja ventila. Nivoje odpiranja in zapiranja ventila nastavi vzdrževalec na panelu regulatorja (slika 12).



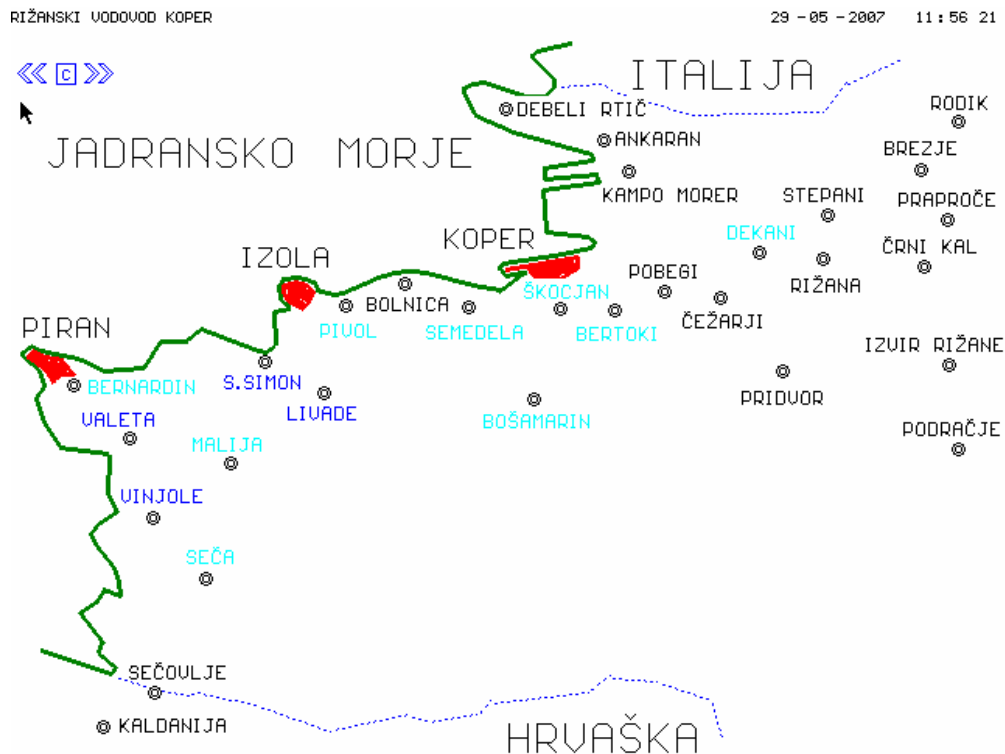
Slika 12 – Regulator (Rižanski vodovod Koper, 2006)

Slabost tega sistema je postopek sprememb nastavitvev, saj mora za vsako spremembo vzdrževalec na objekte, ki so nekaj kilometrov oddaljeni. Za povečanje dotokov v objekte mora operater v nadzornem centru spremeniti parametre na aplikaciji SCADA, nato mora vzdrževalec na vsakem objektu fizično nastaviti končna stikala na elektromotornem ventilu in limitne pare na regulatorju.

3.2.3. Nadzorni sistem Zagrel

Nadzorni sistem se izvaja na aplikaciji SCADA, ki jo je za Rižanski vodovod Koper izdelalo podjetje Zagrel Zagreb. Aplikacija nadzoruje celotni sistem (slika 13) in krmili manjše število objektov. Nadzor poteka ciklično, periferna postaja ob polnih urah kliče vse dislocirane objekte in iz njih prenese podatke. V primeru večjih sprememb ali napake na sistemu, se sproži klic z oddaljene periferne postaje, ki takoj javi spremembo v nadzorni center. Aplikacija nam omogoča še posamična klicanja

objektov ob želenem trenutku, tako lahko pridobimo ažurno stanje na določenem objektu. Vsi podatki, kot so nivoji vode, pretoki, razne napake, se prikažejo v alfanumerični in grafični obliki na aplikaciji SCADA. Na aplikaciji lahko nastavimo vse parametre, ki vplivajo na vodenje objektov.



Slika 13 – Osnovna slika aplikacije SCADA Zagrel (Rižanski vodovod Koper, 2007)

SCADA krmili tri črpališča, ki nimajo možnosti lokalne avtomatike in so popolnoma odvisni od aplikacije SCADA. SCADA pridobi podatke iz oddaljenih objektov in jih obdela po zastavljenem algoritmu. Če ugotovi potrebo vklopa ali izkopa črpalke, pošlje ukaz v oddaljen objekt, kjer periferna postaja poda ukaz krmilju v objektu, ki ta ukaz izvede.

Slabost tega sistema je odvisnost objektov od nadzornega sistema. V primeru izpada komunikacije ali okvare računalnika v nadzornem centru, črpališča ne bodo delovala, kar bo povzročilo motnjo v sistemu oskrbovanja vode.

Druga slabost tega sistema je hranjenje in obdelava podatkov. Nadzorni sistem zajema veliko količino podatkov in vsi ti so sicer prikazani na aplikaciji SCADA, vendar niso pa vsi shranjeni. Shranjuje se samo ožji izbor podatkov, ki se izpišejo na

papir. Če želimo obdelati podatke, jih moramo ročno vpisati v orodje za obdelavo podatkov (na primer EXCEL) in jih tam obdelati.

3.3. Pomanjkljivosti obstoječega sistema

Med delovanjem črpališča San Simon so se pokazale določene pomanjkljivosti glede strojne opreme in sistema vodenja. Strojna oprema ne omogoča natančnih daljinskih nastavitvev, ki bi jih sistem vodenja lahko izkoristilo. Sistem v režimu avtomatskega delovanja ne deluje samostojno. Operater mora spreminjati parametre, ki vplivajo na sistem vodenja črpališča iz nadzornega centra, ki jih je potrebno prilagoditi obremenitvam, ker se spreminjajo po letnih obdobjih.

V primeru prekinitve radijskih zvez ali napake računalnika v nadzornem centru, črpališče ne deluje avtomatsko. Krmilnik ne komunicira z oddaljenimi objekti in tako mu je onemogočeno avtomatsko delovanje. Odvisnost od nadzornega centra je velika pomanjkljivost obstoječega črpalnega sistema.

Še ena slabost, ki z dneva v dan postaja vidnejša in pomembnejša, je problem vzdrževanja. Pri vzdrževanju nastaja problem nadomestnih delov. Oprema je toliko stara, da je ne proizvajajo več, kar velja tudi za nadomestne dele. V primeru okvare ne moremo zamenjati opreme ali kakšne komponente z novo, pač pa moremo pokvarjene komponente poslati na specializirane servise, kjer napake popravijo. To podaljša čas odprave okvare in tvori pogoste motnje v vodooskrbi.

Drugi problem nastaja pri vzdrževanju aplikacije SCADA. Vse napake moramo posredovati podjetju v Zagreb, kjer samo ena oseba to aplikacijo pozna in je strokovno usposobljena za odpravo problemov. SCADA je zasnovana na MS-DOS operacijskem sistemu, ki ni več v široki uporabi in na strojni opremi, ki ni več dobavljiva. SCADA deluje na računalniku s procesorjem PENTIUM 100Mhz in komunikacijskim chipom, ki ni WINBOND. Na močnejšem procesorju SCADA ne deluje pravilno, po določenem času aplikacija zastoji. Računalnik z vgrajenim komunikacijskim chipom WINBOND ne komunicira z periferno postajo, kar onemogoči delovanje procesa. Ta problem je težko odpravljiv, zato ker so vsi računalniki na tržišču mnogo močnejši in večina teh ima vgrajen komunikacijski chip WINBOND.

4. PREDLOG POSODOBITVE SISTEMA VODENJA

Namen posodobitve sistema vodenja je odprava pomanjkljivosti in napak starega sistema. Sistem mora v avtomatskem delovanju samostojno opravljati z vsemi dejavniki procesa brez motenj v vodooskrbi.

Nov sistem mora še zbirati in hraniti vse podatke, ki nastopajo v procesu distribucije pitne vode. Podatki morajo biti trajno hranjeni in razpoložljivi za razne obdelave, ki jih današnji poslovni proces zahteva.

Za posodobitev sistema vodenja bo potrebno namestiti novo opremo, ki bo omogočala delovanje tehnološko zahtevnejšega procesa. Izbira oprema sloni na izboru že preverjenih tehnologij. Na manjših vodovodnih sistemih smo v preteklih letih uporabili več vrst opreme. Na ta način smo preizkusili opremo in podpora raznih proizvajalcev pri razvoju in pri vzdrževanju opreme. Na osnovi tako dobljenih izkušenj smo izbrali opremo, ki se je izkazala kot kvalitetna, tehnološko ustrezna in z ustrezno strokovno podporo dobaviteljev. Pri izbiri opreme smo bili pozorni tudi na ceno opreme in na ceno storitev, ki jo oprema zahteva (izdelava aplikacij, razvoj aplikacije SCADA).

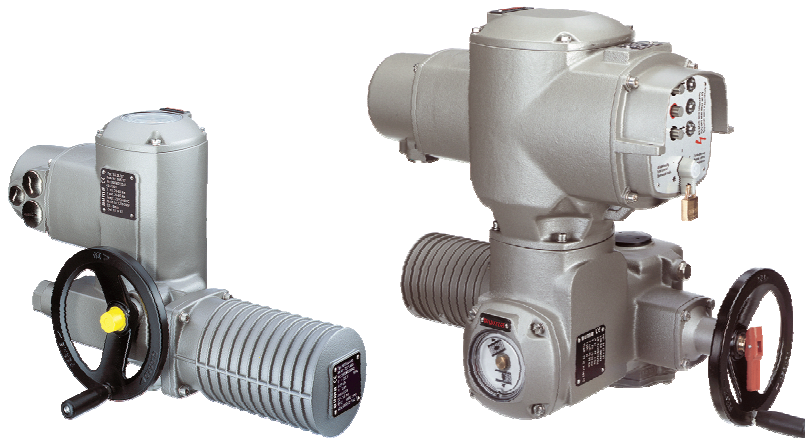
4.1. Nova oprema

Proces vodooskrbe je odvisen od pravilnega delovanja opreme, ki sestavlja vodovodni sistem. Brezhibnost obstoječe opreme dokazuje dobro vzdrževanje vodovodnega sistema. Zato bomo obdržali vso opremo, ki ustreza novemu tehnološkemu procesu in zamenjali le opremo, za katero niso več dobavljivi rezervni deli. Določeni opremi bomo dogradili nove elemente, ki bodo zagotovili tehnološko ustreznost novim zahtevam. Na ta način bomo minimizirali stroške nabave nove opreme.

4.1.1. Dograditev ventilov

Zasnova nove avtomatike sloni na zvezni regulaciji dotočnih ventilov v vodohranih. Obstoječi igličasti ventili, opremljeni z elektromotornimi pogoni, omogočajo samo diskretno odpiranje. Diskretnost onemogoča zvezno regulacijo, zato bomo zamenjali pogone ventila. Ventili bodo ostali isti, menjali bomo samo pogone, ki so montirani

na ventilih (slika 14). Montirali bomo pogone znamke AUMA, serije MATIC, ki omogočajo zvezno regulacijo.



Slika 14 – Pogona AUMA Norm - Matic (Auma, 1999)

Bistvena prednost novih pogonov je način vodenja. Stari pogoni so se vodili z diskretnimi ukazi odpiraj ali zapiraj, medtem ko nove vodimo s pomočjo tokovne zanke. Pogon ima analogni vhod, na katerega je priključena tokovna zanka, ki določa odprtost ventila. Pogon odpre ventil točno na pozicijo, ki jo določa vrednost toka: če je vrednost 4 mA, je ventil zaprt, če pa se vrednost spremeni na 20 mA, je ventil odprt.

4.1.2. Nova oprema za krmilje

Izbrana oprema za krmilje nove avtomatike je krmilnik znamke Moeller, serije XC200, upravljalni panel znamke Moeller, serije XVH-330 in GSM modem znamke Siemens, serije TC35i.

Krmilnik

Krmilnik Moeller, serije XC200 (slika 15) je modularni krmilnik, ki je namenjen za časovno zahtevne aplikacije, kjer je potreben kratek čas cikla in za aplikacije, kjer so velike zahteve glede povezljivosti. Krmilnik ima integriranih 8 digitalnih vhodov in 6 digitalni izhodov. Na digitalne vhode lahko direktno priključimo dva hitra števca s frekvenco do 50 Hz ali inkrementalni dajalnik z enako frekvenco (Synatec, 2007).

Krmilnik ima vgrajena komunikacijska vmesnika, prvi za serijsko komunikacijo (RS232) in drugi za Ethernet komunikacijo.

Na procesno enoto je možno priključiti do 15 razširitvenih modulov, ki omogočajo dodatne vhode, izhode in komunikacijske vmesnike. Procesna enota zmore 512 kByte programskega spomina in 512 kByte podatkovnega spomina.



Slika 15 – Krmilnik (Synatec, 2007)

Krmilnik izpopolnjuje zahtevo povezljivosti na druge elemente avtomatike in hranjenje podatkov v krmilniku. Krmilnik komunicira z upravljalnim panelom po ethernet komunikaciji in z GSM modemom po serijski komunikaciji .

Krmilnik v vsakem objektu neprestano vodi in nadzoruje proces vodooskrbe v objektu. Krmilnik upravlja z objektom po algoritmu, ki je zapisan v aplikaciji. Če proces zahteva informacije iz drugega objekta (na primer nivo vode), krmilnik pokliče oddaljen objekt preko GSM modema in prebere podatke, ki jih potrebuje. Glede na podatke, ki jih je pridobil, opravi nalogo, ki zahteva določen proces, npr. vklop črpalke. Podatki iz objekta se hranijo vsakih pet minut v podatkovni spomin krmilnika , kjer jih nadzorni center vsako uro ciklično zbere in jih shrani na strežnik.

Upravljalni panel

Upravljalni panel znamke Moeller, serije XV400 (Slika 16), je kompaktni grafični upravljalni panel, s 5,7 palca velikim barvnim zaslonom, občutljivim na dotik. Ločljivost prikaza je 320x240 točk. Panel ima vgrajen Ethernet vmesnik, ki omogoča enostavno povezavo TCI/IP s krmilnikom (Synatec, 2007).

XV400 ima lahko tudi funkcijo krmilnika za manjše aplikacije. Funkcijo krmilnika mu omogoča vgrajeni 32bitni 400 MHz RISC procesor. 32 MB vgrajenega spomina

zagotavlja dovolj prostora za podatke in program. Operacijski sistem in projekti so hranjeni na CompactFlash kartici. To omogoča hitro in enostavno nadgradnjo operacijskega sistema in projekta, tudi brez programirane naprave.



Slika 16 – Upravljalni panel (Synatec, 2007)

GSM modem

Siemensov modem TC 35i (slika 17) je vsesplošen dual-band GSM modul za glasovno in podatkovno komunikacijo. Modul ima vgrajen serijski komunikacijski vmesnik, preko katerega komunicira s krmilnikom.



Slika 17 – GSM modem (Siemens, 2007)

4.2. Delovanje novega sistema

Z možnostjo uporabe nove zmogljivejše opreme, je možno odpraviti prej opisane probleme, povezane s staro tehnologijo. V nadaljevanju bomo predstavili zasnovo novega krmilnega algoritma za črpalnice San Simon.

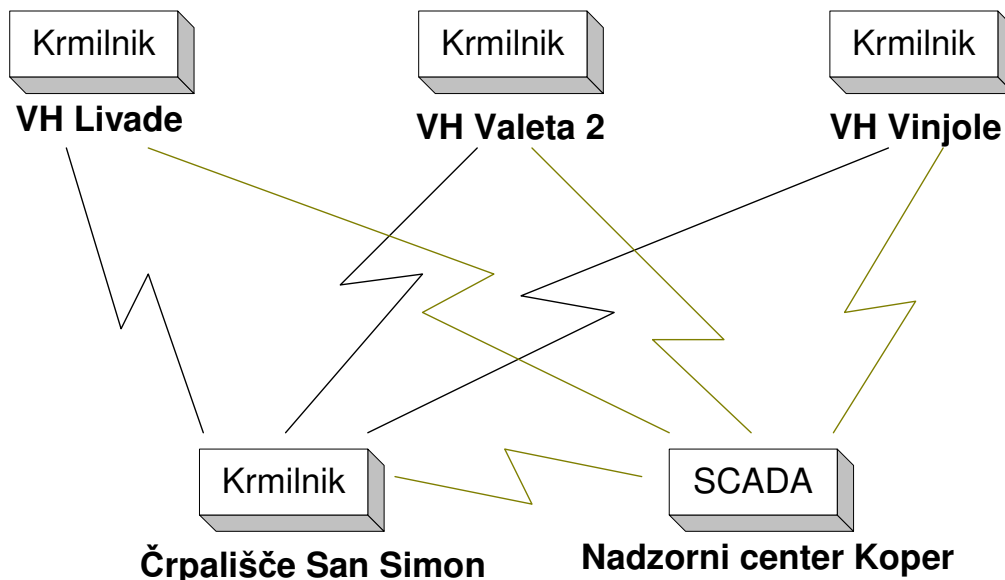
4.2.1. Regulacija pretoka na dotoku

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).

V našem primeru regulator krmili dotočni ventil v vodohranu. Odprtost ventila se regulira glede na nivo vode, saj višji kot je nivo vode, manj je oprt ventil. Ventil se pri nivoju 1 odpre do maksimalnega dovoljenega dotoka Φ_1 , pri nivoju 3 pa se zapre do minimalnega dovoljenega dotoka Φ_2 (slika 19).

4.2.2. Algoritem delovanja

Algoritem delovanja novega krmilja je razdeljen na štiri podalgoritme. Vodohran Livade, vodohran Valeta 2, vodohran Vinjole in črpališče San Simon imajo vsak svoj krmilnik, na katerih se izvaja algoritem. Krmilniki komunicirajo z ostalimi preko GSM omrežja in tako lahko aktivno vplivajo na delovanje ostalih. Vsi krmilniki komunicirajo tudi z aplikacijo SCADA, ki nadzira procese vseh dislociranih objektov (slika 18).



Slika 18 – GSM povezava objektov (Rižanski vodovod Koper)

Črpališče in vodohrani imajo možnost treh režimov delovanja:

1. lokalno ročno – vklopi in izklopi se izvajajo s pomočjo stikal, ki so na elektro omarici v objektu,
2. daljinsko ročno delovanje – vklopi in izklopi se izvajajo iz nadzornega centra ročno,
3. avtomatsko daljinsko delovanje – celoten proces obratuje avtomatsko po zastavljenem algoritmu.

San Simon

Lokalno ročno delovanje:

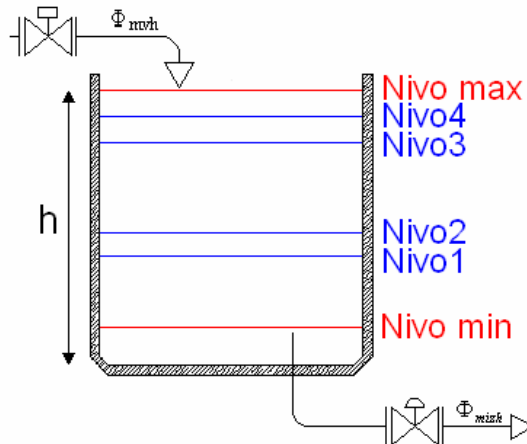
- črpalke vklopimo ali izklopimo s stikali, ki so na stikalnih blokih,
- vklop črpalk je onemogočen, če nivo vode v sesalnem rezervoarju ne ustreza ali je prisotna napaka na črpalki.

Daljinsko ročno delovanje:

- črpalke vklopimo ali izklopimo iz nadzornega centra ročno,
- vklop črpalk je onemogočen, če nivo vode v sesalnem rezervoarju ne ustreza in če so vsi trije dovodni ventili na napajanih vodohranih zaprti.

Avtomatsko daljinsko delovanje:

- Najprej se preveri nivo sesalnega rezervoarja in če nivo vode ustreza je vklop črpalk možen.
- Krmilnik regulira dovodni dotok vode v vodohranu San Simon po določenih nastavitvah. Na višini nivoja 1 (slika 19) se pretok na dotok nastavi na $\Phi 1$. Pretok se zvezno znižuje do nivoja 3, ko se na dotoku nastavi pretok $\Phi 2$. Če nivo vode še raste in pride do nivoja 4, se ventil na dotoku popolnoma zapre. Ventil ostane zaprt, dokler nivo vode ne pade na nivo 2, nato se ventil odpre in deluje zvezno v odvisnosti od nivoja.



Slika 19 – Shema nivojev v vodohranu

- Oddaljeni vodohrani Livade, Valeta 2 in Vinjole pošiljajo komande vklopa in izklopa črpalk. Črpalke se vklopijo po zahtevah, ki jih pošljejo oddaljeni objekti. Ne glede na to, kateri objekt pošlje ukaz za vklop, krmilnik vklopi črpalke. Za izklop črpalk v primeru praznih vodohranov (začetek procesa) ali napake na sistemu (napaka avtomatike), algoritem zahteva določen pogoj in to je, da morajo vsi trije objekti prekoračiti nivo 3 (slika 19). Nato pošljejo ukaz za izklop črpalk, kar pomeni, da se posledično črpalke izklopi. V normalnem delovanju je za izklop črpalk dovolj ukaz iz objekta, ki je predhodno poslal ukaz za vklop.
- Zaradi različnih zmogljivosti črpalk, imamo možnost nastavitve vrstnega reda vklopa črpalk. Tako lahko določimo različne pretoke, ki so odvisni od različnih črpalk. Vrstni red vklopa črpalk se spreminja glede na režim vodooskrbe. V poletnih mesecih imamo poletni režim, v zimskih pa zimski režim. V poletnem režimu avtomatika vklopi najprej drugo črpalke, nato prvo in nazadnje tretjo. V zimskem režimu pa najprej vklopi prvo, nato drugo in nazadnje tretjo.
- Na oddaljenih objektih Livade, Valeta 2 in Vinjole je zaščita za minimalni nivo. V primeru minimalnega nivoja na dislociranih objektih se sproži vklop dveh črpalk z določenim časovnim zamikom.

Livade in Vinjole

- Najprej se preveri prisotnost pritiska na dotočni cevi vodohrana. Če tlak ustreza, krmilnik regulira ventil na željen dotok, če tlak ne ustreza, se loputa ne premakne. Na ta način preprečimo prekomerno odpiranje lopute v primeru mirovanja črpalk.
- Krmilnik regulira dovodni dotok vode v vodohranu po določenih nastavitvah. Na višini nivoja 1 (slika 19), nastavi pretok na dotok na $\Phi 1$ in ga zvezno znižuje, do nivoja 3, ko dopusti pretok na dotoku na $\Phi 2$. Če nivo vode še raste in pride do nivoja 4, se ventil na dotoku popolnoma zapre. Ventil ostane zaprt, dokler nivo vode ne pade do nivoja 2, ko se ventil odpre in deluje zvezno, vedno odvisno od nivoja.
- Glede na višino vode v vodohranu, krmilnik pošlje preko GSM modema komando vklopa ali izklopa črpalk v črpališče San Simon.
- V primeru minimalnega nivoja krmilnik pošlje podatek v črpališče, ker krmilnik črpališča vklopi dve črpalki. V primeru maksimalnega nivoja lokalni krmilnik takoj zapre ventil na dotoku vodohrana.

Valeta 2

Algoritem delovanja vodohrana Valeta 2 se razlikuje od prejšnjega le v tem, da krmilnik regulira še en dotočni ventil iz Gradol. Valeta 2 ima torej možnost napajana iz San Simona in iz Gradol (Hrvaška). Regulacija ventila je popolnoma enaka ostalim z razliko, da ni odvisna od črpališča San Simon.

4.2.3. Nastavitve parametrov

Parametri črpalnega sistema San Simon bodo nastavljeni v aplikacije, ki so v krmilnikih po objektih. Vsaka aplikacija bo imela privzete vrednosti merilnih območij in razne mejne vrednosti za vklop ali izklop naprav v sistemu. Vse nastavitve bo možno spremeniti daljinsko iz nadzornega centra ali lokalno na upravljalnem panelu (slika 16). Spremembe nastavitvev bodo zaščitene po določenih nivojih. Operater bo lahko spreminjal mejne vrednosti vklopov in izklopov raznih

naprav, ne bo pa mogel spreminjati merilnih območjih meritev, medtem ko bo administrator imel pravice spremeniti vse nastavitve, tudi merilna območja. Operater in administrator se bosta morala prijaviti z uporabniškim imenom in geslom. Prijava bo obvezna tako v nadzornem centru kot na upravljalnem panelu v samem objektu.

Vpisane spremembe na upravljalnem panelu ali v nadzornem centru se bodo vpisale v register v krmilniku, kjer se bodo hranile in uporabljale v procesu. Na ta način se bomo izognili možnosti prikaza različnih vrednosti za isti parameter.

Na črpališču San Simon bo možnost nastaviti sledeče parametre:

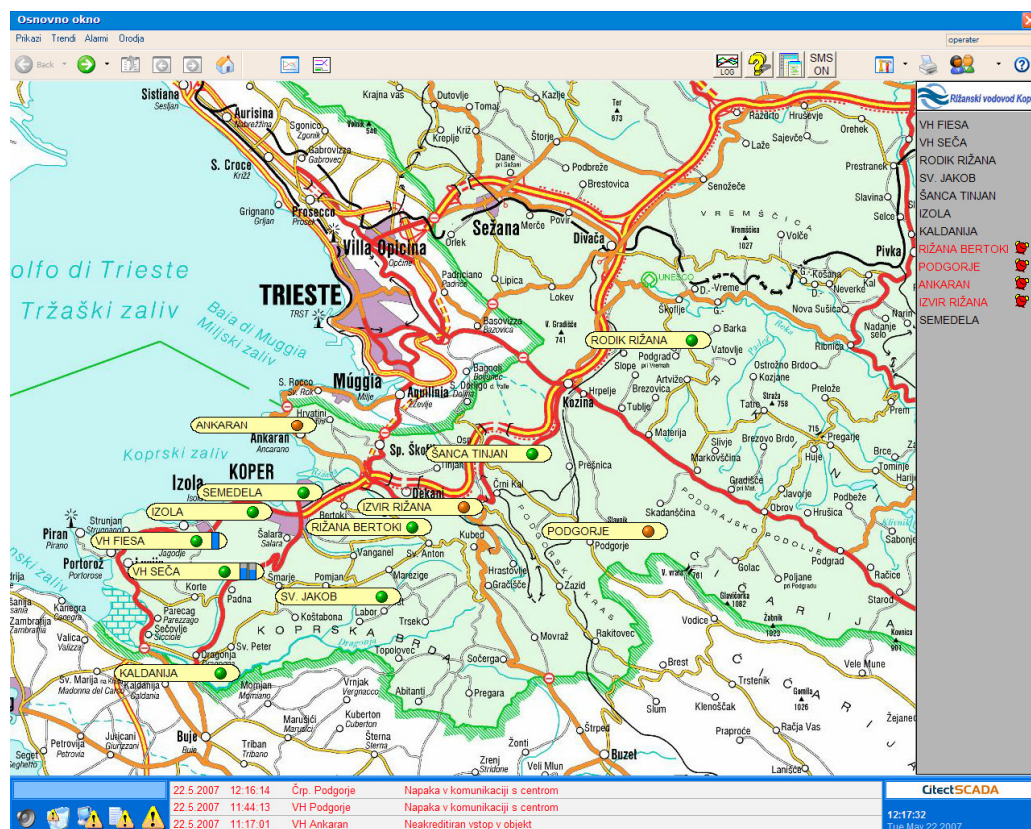
- merilna območja vseh merilnikov analogni vrednosti (nivoji, pretoki, tlaki, odprtost ventilov, poraba toka),
- mejne vrednosti nivojev za vklop in izklop črpalk za vse tri vodohrane (Livade, Valeta 2, Vinjole),
- mejne vrednosti pretoka na dotočnih ceveh v vseh vodohranih,
- mejne vrednosti tlakov na dotočnih ceveh vodohranov,
- vrstni red vklopa črpalk po režimu delovanja (poletno / zimski režim).

Z novo avtomatiko bodo fizične nastavitve nepotrebne. Vsi parametri bodo daljinsko nastavljivi preko nadzornega centra tako, da jih vzdrževalcem ne bo potrebno nastavljati fizično na objektih.

4.2.4. Nadzorni sistem Citect

Nadzorni center je zasnovan kot sistem, ki obratuje 24 ur na dan. V primeru izpada napetosti so nadzorni center in vsi dislocirani objekti, opremljeni z brezprekinitvenim napajalnim sistemom. Ta sistem omogoča javljanje izpada napetosti na objektu in nadzor objektov tudi v breznapetostnem režimu. Aplikacija SCADA deluje na podvojenem računalniškem sistemu, ki ob izpadu delovanja enega ali drugega računalnika avtomatsko preklopi iz glavnega na redundantni računalnik. To zagotavlja varno delovanje nadzornega centra tudi v primeru strojnih okvar.

Nov nadzorni sistem deluje na aplikaciji SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), znamke Citect. Osnovna funkcija aplikacije SCADA je vzpostavitev povezave z opremo, ki krmili procese in zbiranje informacij – podatkov. Citect SCADA je prilagodljiv in zanesljiv nadzorni sistem za katerokoli aplikacijo v industriji.

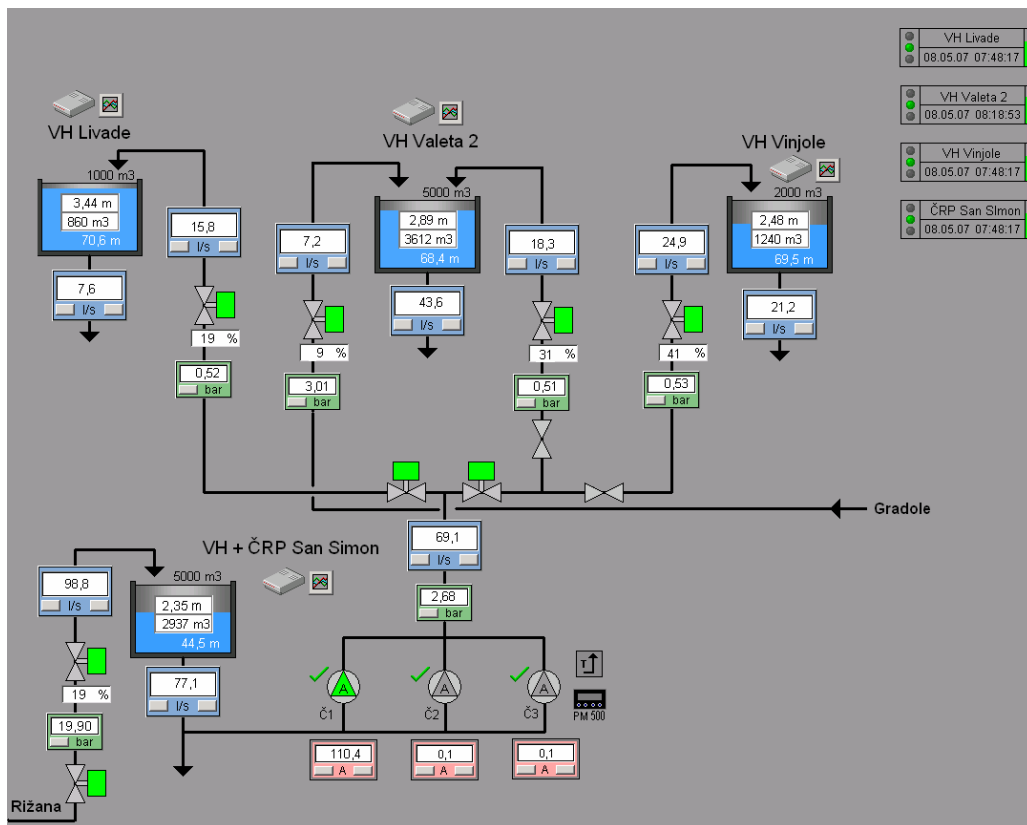


Slika 20 – Osnovna slika Citect (Rižanski vodovod Koper, 2007)

Pri obnovi objektov vodovodnega sistema smo Citectovo aplikacijo SCADA že uporabili za nadzor obnovljenih objektov. Trenutno je na Citectovi aplikaciji SCADA 39 objektov, ki so združeni po določenih sistemih (slika 20). SCADA ciklično komunicira z vsemi objekti in zbira podatke s krmilnikov. Ti podatki se hranijo na ločenem strežniku, ki ima diskovno polje RAID 5. Na ta način so podatki podvojeni na dveh ali več diskih, tako v primeru okvare enega diska ostanejo podatki na drugem. Podatki shranjeni v strežnikih se dnevno arhivirajo na trak DLT. Trake DLT hranimo v posebni negoreči omari, kjer so na varnem pred vsako poškodbo. Ti podatki so vedno na razpolago in jih lahko obdelujemo preko aplikacije SCADA ali

orodja za obdelavo podatkov. Lahko dobimo vse trenutne in pretekle pretoke, nivoje, napake, vklope in ostale podatke na sistemu, ki so povezani na Citectovi aplikaciji SCADA. Te podatke lahko poljubno obdelujemo, povezujemo in filtriramo po raznih zahtevah.

Avtomatika na objektih je zasnovana tako, da sama upravlja s svojim procesom in ne potrebuje delovanja aplikacije SCADA. SCADA vpliva na lokalno avtomatiko samo v daljinskem ročnem režimu in v primeru spremembe nastavitvev. V avtomatskem režimu SCADA samo prikazuje stanje na dislociranih objektih. Proces potrebujejo samo direktno komuniciranje med objekti, ki poteka preko krmilnikov in GSM modemov inštaliranih na dislociranih objektih. V primeru izpada komunikacije s aplikacijo SCADA proces vodooskrbe deluje nemoteno.



Slika 21 – Sistem San Simon na novi aplikaciji SCADA

V Citectovo aplikacijo SCADA bomo dodali nadzor sistema San Simon z vsemi prikazi in nastavitvami (slika 21), ki jih proces zahteva. Slika bo prikazovala celoten sistem San Simon in ne tako kot na stari aplikaciji SCADA, ki prikazuje samo del

sistema. Na stari aplikaciji SCADA moramo pregledati vsako sliko posebej, da vidimo stanje celotnega sistema. Z uvedbo prikaza celotnega sistema na eni sliki, bomo povečali preglednost in olajšali upravljanje operaterjev.

4.3. Odprava pomanjkljivosti in težav

Z opisanimi spremembami in nadgradnjo je mogoče odpraviti večino težav obstoječega sistema – odvisnost od centra, probleme vzdrževanja in probleme zbiranja podatkov.

Na novi opremi bodo vsi parametri nastavljivi daljinsko iz nadzornega centra ali lokalno na samih objektih. Na ta način se bomo izognili fizičnim nastavitvam na dislociranih objektih. Z novim krmiljem bomo odpravili odvisnost črpališča od nazornega centra. Krmilje bo zastavljeno tako, da bodo objekti samostojno opravljali s svojimi procesi. V primeru potrebe informacij iz dislociranih objektov bo lokalno krmilje poklicalo objekt in prebralo vse željene informacije z objekta. Center bo samo nadziral, zbiral in hranil vse podatke, ki nastopajo na sistemu. Okvara nadzornega centra ne bo vplivala na distribucijo vode v sistemu San Simon.

Za razliko od stare aplikacije SCADA, ki je bila zgrajena namensko za Rižanski vodovod Koper, je Citectova SCADA široke uporabe in je samo prilagojena na naš sistem. To bo omogočalo razvoj in vzdrževanje večjemu številu podjetij in s tem odpravo težav pri vzdrževanju aplikacije SCADA.

Problem nadomestnih delov stare opreme je odpravljev z nabavo nove opreme. Novo krmilje bo zgrajeno na modularnih krmilnikih, ki opravljajo vse funkcije procesa. Za nemoteno vzdrževanje krmilnega sistema bo zadostovalo imeti rezervne krmilnike z vsemi moduli, ki se bodo uporabljajo v procesu. Izbrane krmilnike proizvaja podjetje Moeller, ki zagotavlja dobavo rezervnih delov najmanj 20 let.

5. MODELIRANJE IN SIMULACIJA

V prejšnjem poglavju smo opisali, kako naj bi delovalo krmilje. Pred implementacijo pa bomo s pomočjo modeliranja in simulacije preverili, če predlagani algoritem deluje bolje od starega.

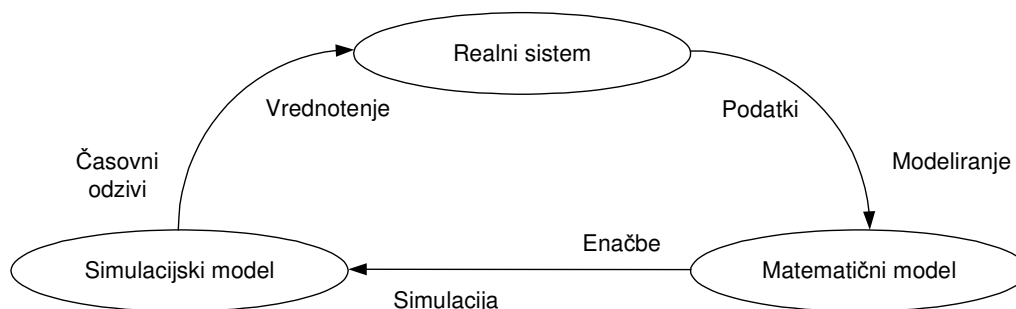
5.1. Modeliranje

Namen modeliranja in simulacije je doseganje različnih ciljev brez eksperimentiranja na realnem objektu, pri čemer gre tako za opis, kot tudi za razlago njegovega obnašanja. Pristop je uporaben tudi v primeru, ko obravnavani sistem še ne obstaja.

Cilji modeliranja so:

- poboljšati povezovanje in razumevanje nekaterih mehanizmov delovanja obravnavnega sistema,
- napovedati sistemsko obnašanje v različnih simulacijah,
- omogočiti načrtovanje sistemov vodenja,
- oceniti parametre procesa, ki niso direktno merljivi,
- preizkušati občutljivost sistemskih parametrov,
- optimizirati obnašanje sistema,
- omogočiti raziskavo primerov, ki bi bili v realnem svetu dragi, tvegani ali problematični, kar je pomembno tudi pri simulatorjih za učenje operaterjev.

Modeliranje in simulacija sta dva neločljiva postopka, ki vsebujeta kompleksne aktivnosti v zvezi s konstrukcijo modelov, ki predstavljajo realne objekte in eksperimentiranje z modeli v smislu pridobivanja podatkov o obnašanju modeliranega procesa. Pri tem je modeliranje vezano predvsem na relacije med realnim procesom in njegovimi modeli (slika 22). Simulacija se ukvarja s povezavo med matematičnim in simulacijskim modelom, slednji pa tvori, kot svoj izhod, časovne odzive, ki jih vrednotimo glede na obravnavani proces, kar nekako zaključni krog (Karba, 1999).



Slika 22 – Odnos med sistemom in modeliranjem ter simulacijo (Karba,1999)

5.1.1. Vrste modelov

Modele lahko delimo na najrazličnejše načine, vendar je osnovna delitev v glavnem na fizične, mentalne in simbolične, kjer zadnji dve kategoriji predstavljata abstraktne modele (Karba, 1999).

Fizični modeli

Fizični modeli pomenijo nekakšno drugačno fizično predstavitev realnih sistemov. Njihova gradnja je večkrat draga, zamudna in nepraktična. Fizični modeli, ki imajo statični značaj, so ali pomanjšane kopije realnih objektov (majhni avtomobilčki, makete hiš, ladji, letal) ali pa so imitacijski modeli (atomske strukture, šablone).

Mentalni modeli

Predstavlja jih subjektivna slika realnosti v očeh posameznika in obstajajo le v človeškem spominu. Imajo izrazito intuitivni značaj in so zaradi svoje nepreciznosti formulacije zelo problematični za kakršnokoli komuniciranje.

Simbolični modeli

Simbolični modeli so veliko bolj manipulativni in mnogo enostavnejši za gradnjo kot pa fizični. Delimo jih na nematematične in matematične:

- nematematične modele delimo na verbalne, grafične in shematične. Prve predstavljajo izrečeni ali zapisani opis dogodkov, izkušenj. Drugi so podani v obliki risb, grafov, med tretje pa uvrščamo različne diagrame poteka, prikaze vezji, zemljevidov in načrtov. Njihova skupna lastnost je, da je včasih zelo

težko (posebno pri verbalnih modelih) iz njih dobiti enoumno in precizno informacijo.

- Zato so najpomembnejši in tudi najpogosteje uporabljeni ravno matematični modeli. Informacija, ki jo dajejo je splošno razumljiva, enoumno razložljiva in precizna, pri čemer je manipulacija in vrednotenje možnih različic relativno poceni. Matematični model tako predstavlja neko preslikavo relacij med fizičnimi spremenljivkami modeliranega sistema v ustrezne matematične strukture (sisteme algebrajskih in diferencialnih enačb vseh vrst in tipov).

5.1.2. Načini modeliranja

Matematično modeliranje v splošnem delimo na teoretično, eksperimentalno in kombinirano modeliranje (Karba, 1999).

Teoretično modeliranje

Bistvo tega pristopa je razčlenitev obravnavanega procesa na čim enostavnejše podsisteme. Povezave med slednjimi pa nato določimo na osnovi ravnotežnih enačb in raznih zakonov iz ustreznega področja.

Eksperimentalno modeliranje

Tovrstno modeliranje, ki ga največkrat kar enačimo z identifikacijo, temelji na izbiri vhodov in izhodov obravnavanega sistema in na meritvah teh signalov. Želimo določiti matematično strukturo in ustrezne parametre tako, da bi bili njeni časovni odzivi čim bližje merjenim od enakih vhodnih signalih. Zanimajo nas le vhodno-izhodne informacije, ne pa tudi mehanizmi, ki jih povzročajo.

Kombinirano modeliranje

V praksi se največkrat uporablja kombinirano modeliranje, ki skuša izkoristiti dobre lastnosti omenjenih postopkov. Pri tem strukturo modela v glavnem definiramo s pomočjo teoretičnega pristopa, medtem ko nekatere parametre lahko ocenimo s pomočjo eksperimentalnega modeliranja. Poglavitna prednost je v tem, da na ta način ohranimo funkcionalne povezave v modelu, kar omogoča lažje razumevanje delovanja sistema in bolj fleksibilno uporabo modela.

5.2. Simulacija

Simulacija je metoda, ki omogoča študij obnašanja sistema preko eksperimentiranja na ustreznem modelu. Simulacija omogoča eksperimentiranje z modelom v realnem, skrajšanem ali podaljšanem času brez tveganja. S simulacijo lahko nadomestimo realni proces in kompleksne meritve, z enostavnim in cenanim računalnikom, ki daje ilustrativne rezultate.

Za simulacijo sistema bomo v našem primeru uporabili računalniško orodje Scicos, ki je enostavno za uporabo in splošno dobavljivo na internetu.

5.2.1. Scicos

Scicos je računalniško orodje za modeliranje in simulacijo dinamičnih sistemov v programskem paketu Scilab. Z uporabo blokov iz Scicosovih knjižnic, grafično izdelamo simulacijsko shemo sistema in jo simuliramo. S Scicosom lahko simuliramo linearne, nelinearne sisteme in sisteme hibridnih dogodkov.

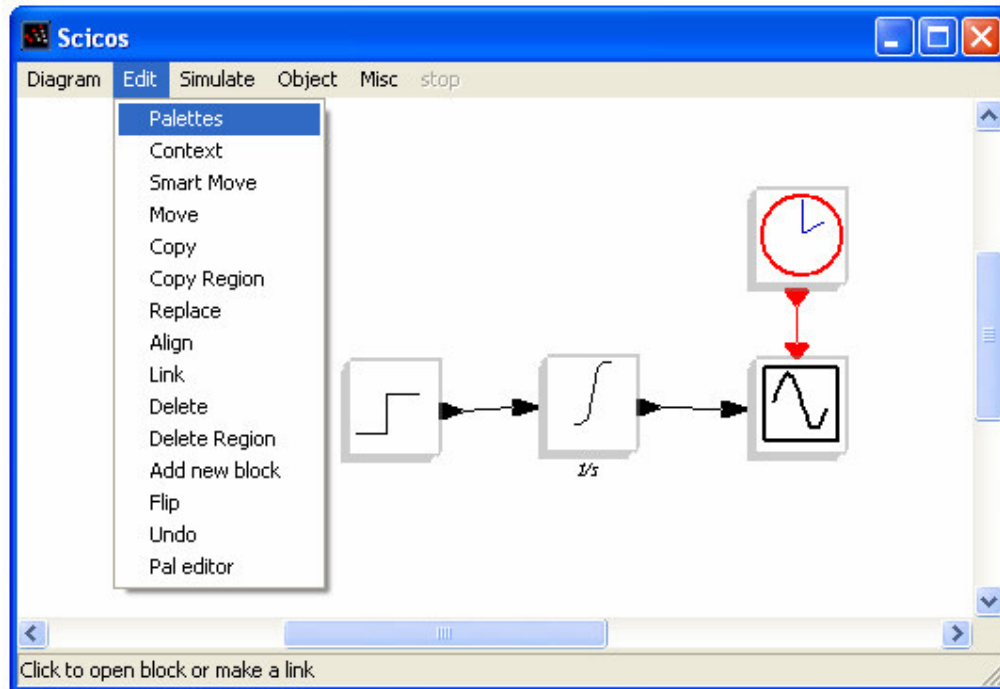
5.2.2. Uporabnost Scicosa

Scicos omogoča:

- izdelava grafičnih modelov in simulacijo dinamičnih sistemov,
- primerjavo zveznih in časovno diskretnih odzivov,
- izbor elementov modela iz palete standardnih blokov,
- programiranje novih blokov v C-ju, Fortranu ali Scilab-u,
- zagon simulacij,
- pretvorbo v C kodo (Scilab, 2007).

5.2.3. Osnovno okno Scicos

Scicos deluje v programskem okolju Scilab, zato moremo najprej zagnati program Scilab 4.0, nato vpišemo v izvršitveno vrstico ukaz *scicos* in potrdimo. Zažene se program Scicos in prikaže osnovno okno programa (slika 23).



Slika 23 – Osnovno okno Scicos

Osnovno okno prikazuje shemo modela, ki je v obdelavi in menije, ki so na razpolago. Meniji vsebujejo šest osnovnih skupin funkcij:

- Diagram – vsebuje opcije, ki se navezujejo na shranjevanje, odpiranje, preimenovanje projektov.
- Edit – vsebuje opcije, s katerimi lahko oblikujemo trenutni projekt oziroma določen objekt iz projekta (sestavimo simulacijsko shemo v odprtem projektu, vstavljamo objekte, jih rotiramo, premikamo, kopiramo, brišemo,...).
- Simulate – vsebuje opcije, ki se nanašajo na simulacijo trenutnega projekta.
- Objekt – vsebuje opcije, ki se nanašajo na oblikovanje trenutnega objekta (indeksiranje, pisanje komentarjev, barvno oblikovanje,...).
- Misc – vsebuje opcije, ki se nanašajo na oblikovanje projekta (nastavitve barve ozadja, zumiranje,...)

5.2.4. Standardni bloki Scicosa

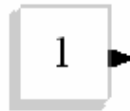
Predstavili bomo standardne bloke programa Scicosa, ki smo jih uporabili za izdelavo simulacije. Bloki so dosegljivi v meniju *Edit* pod alineo *Palettes*, kjer so grupirani po knjižnicah.

Bloki programa Scicos imajo dve skupini vhodov in izhodov. Prva skupina so vhodi in izhodi (*port*), ki se uporabljajo za povezavo rednih veličin (vhodi in izhodi črne barve). V drugi skupini so vhodi in izhodi (*event port*), ki služijo za povezavo časovnih dogodkov (vhodi in izhodi rdeče barve).

Standardni bloki so:

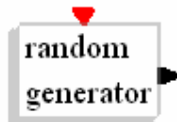
- *Constant* – Konstantni generator

Blok je generator konstantnih veličin.



- *Random generator* – Naključni generator

Vsaka izhodna komponenta prevzame prednastavljene konstantne naključne vrednosti. Vsakič, ko je sprejet časovni dogodek na vhodu (*event port*), izhod (*port*) prevzame novo naključno neodvisno vrednost.



- *Activation clock* – Aktivacijska ura

Aktivacijska ura je blok, v katerega se nastavi dolžina periode nekega dogodka, ki ga aktivacijska ura aktivira.



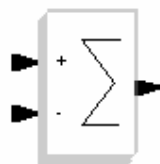
- *Scope* – Osciloskop

Osciloskop prikazuje grafične rezultate simulacij v dvodimenzionalnem koordinatnem sistemu.



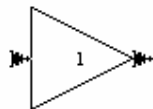
- *Sum* – Sumator

Sumator ali seštevalnik sešteva ali odšteva vrednosti signalov, ki so povezani na vhodih bloka.



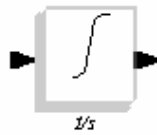
- *Gain* – Ojačevalnik

Blok množi vhodno veličino s številom, ki je vpisano v bloku. Na ta način ojačeno vhodno veličino poda na izhodu bloka.



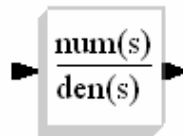
- *Integration* – Integrator

Integrator je blok, ki opravlja matematično funkcijo integriranja vrednosti signala na vходу bloka, na izhodu daje rezultat integriranja.



- *Continuous transfer function* - Kontinuirana prenosna funkcija

Blok obdela vhodno signalno veličino po prenosni funkciji vpisani v bloku (števec/imenovalec).



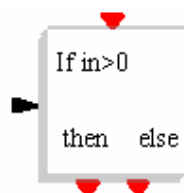
- *Mux_f* – Združitelj

Blok združuje različne vhodne veličine v isti časovni interval, z namenom prikaza dveh ali več vhodnih veličin na istem oscilatorju .



- *If – Then – Else* – Odločitveni blok

Odločitveni blok generira dogodek na enemu izmed dveh izhodov *then* ali *else* (*event port*). Blok preverja ali je vhodna vrednost (*port*) večja od 0 ali ne. Če je vrednost na vhodu večja od 0, je aktiven *then*, če pa je manjša, je aktiven *else*. Vhodni in izhodni dogodek sta sinhronizirana.



- *Relay– Rele*

Blok usmerja enega od dveh vhodov do izhoda. Na začetku je izbran vhod določen s parametrom bloka. Nato vsakokrat, ko pride do vhodnega dogodka na prvi vhod (*event port*), se prvi redni vhod (*port*) priklopi na redni izhod. V primeru vhodnega dogodka na drugi vhod (*event port*), se drugi redni vhod (*port*) priklopi na redni izhod.



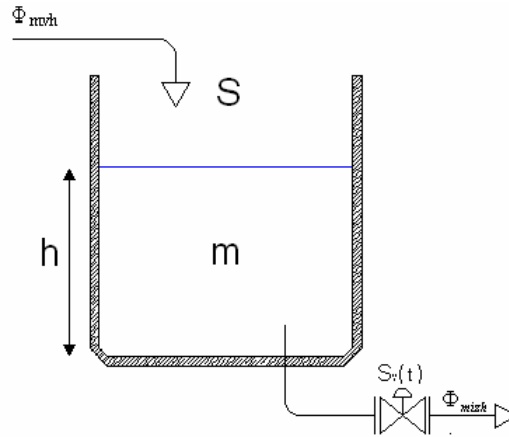
- *Super block – Super blok*

To je blok, v katerem je lahko shranjenih več različnih blokov povezanih med seboj. Uporabnost super bloka je predvsem povečati preglednost diagrama. V primeru kompleksnega diagrama lahko združimo diagram v super blok in ga tako uporabimo v drugem diagramu. Funkcija, delovanje blokov, ki so povezani v super bloku, ostaja enaka, na bloku imamo toliko vhodov in izhodov, kolikor jih je v shranjenem diagramu.



5.3. Matematični model vodohrana

Matematični model vodohrana opisuje spreminjanje višine h v vodohranu (slika 24). V našem primeru imamo vodohran s stalnim dotokom, ki ga zagotavlja črpalka. Odtok iz vodohrana upravlja regulacijski ventil. Vodohran je cilindrične oblike in konstantnega prereza. Stisljivost vode zanemarimo, pri čemer je njena gostota konstantna.



Slika 24 – Vodohran s stalnim dotokom

Spisek glavnih količin, ki se uporabljajo pri modeliranju hidravličnih sistemov:

- masa: m [kg],
- volumen: V [m³],
- masni pretok: Φ_m [kgs⁻¹],
- višina tekočine v vodohranu: h [m],
- gostota: $\rho = m/V$ [kgm⁻³], $\rho = \text{konst.}$,
- površina prereza vodohrana: S [m²].

Glede na zastavljeni problem model sloni na masni ravnotežni enačbi:

$$\sum \Phi_{mvh}(t) - \sum \Phi_{mizh}(t) = \frac{dm_{sh}(t)}{dt} \quad (2)$$

V enačbi (3), s pomočjo relacije volumna in mase, uvedemo eno od veličin, ki nas zanima in sicer h .

$$\Phi_{mvh} - \Phi_{mizh} = \frac{dm}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} = S\rho \frac{dh}{dt} \quad (3)$$

Drugo veličino, ki jo predstavlja površina prereza odprtine ventila S_v , pa uvedemo s pomočjo nelinearne (kvadratične) relacije med pretokom skozi cevi, odprtine, ventile in padca tlaka, ki ima za primer ventila največkrat naslednjo obliko:

$$\Phi_{mizh} = k_v S_v \rho \sqrt{2gh} \quad (4)$$

kjer je k_v konstanta ventila, ki je karakteristična vrednost za vsak ventil, in jo podaja proizvajalec, saj je pomembna tudi pri dimenzioniranju in izbiri ventilov. Gre torej za dvojno odvisnost:

$$\Phi_{mizh} = f(h, S_v) \quad (5)$$

Če enačbo (4) vstavimo v enačbo (3) dobimo,

$$\Phi_{mvh} = S\rho \frac{dh}{dt} + k_v S_v \rho \sqrt{2gh} \quad (6)$$

ki je nelinearna diferencialna enačba prvega reda, ne le zaradi \sqrt{h} , temveč tudi zaradi produkta $S_v \sqrt{h}$. V ustaljenem stanju, pri izbranih delovnih pogojih (7), velja enačba (8):

$$\frac{dh(t)}{dt} = 0 \quad (7)$$

$$\bar{\Phi}_{mvh} = \bar{\Phi}_{mizh} = k_v \bar{S}_v \rho \sqrt{2g\bar{h}} \quad (8)$$

Linearizacijo se izvrši z diferenciacijo po obeh spremenljivkah v delovni točki R in z zamenjavo $d \rightarrow \Delta$:

$$dy = \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)_R dx + \left(\frac{\partial y}{\partial u} \right)_R du \quad (9)$$

Tako dobimo:

$$d\Phi_{mizh} = \frac{\partial \bar{\Phi}_{mizh}}{\partial \bar{S}_v} d\bar{S}_v + \frac{\partial \bar{\Phi}_{mizh}}{\partial \bar{h}} d\bar{h} \quad (10)$$

Iz enačbe (8) sledi,

$$k_v = \frac{\bar{\Phi}_{mizh}}{\bar{S}_v \rho \sqrt{2g\bar{h}}} \quad (11)$$

dobimo z diferenciranjem izraza (4):

$$\frac{\bar{\Phi}_{mizh}}{\bar{S}_v} = k_v \rho \sqrt{2g\bar{h}} = k_A \quad (12)$$

$$\frac{\partial \bar{\Phi}_{mizh}}{\partial \bar{h}} = k_v \bar{S}_v \rho \sqrt{2g \frac{1}{2\sqrt{\bar{h}}}} = \frac{\bar{\Phi}_{mizh}}{2\bar{h}} = \frac{1}{R_H} \quad (13)$$

Kjer uvedba k_A v enačbo (12) sloni na relaciji (14) in R_H v enačbi (13) na relaciji (15):

$$k_A = \frac{\bar{\Phi}_m}{\bar{S}_v} \quad (14)$$

$$R_H = \frac{2\bar{h}}{\bar{\Phi}_m} \quad (15)$$

V enačbo (3) vstavimo relacije (10),(12) in (13) in tako dobim deviacijska enačbo:

$$\Delta \Phi_{mvh} - k_A \Delta S_v - \frac{1}{R_H} \Delta h = C_H \frac{d\Delta h}{dt} \quad (16)$$

Pri čemer je definicija za hidravlične kapacitivnosti C_H uporabljena v relacijo (17):

$$C_H = \frac{\frac{\Phi_m}{dh}}{\frac{dt}}{\frac{dt}} = \frac{\rho \frac{dV}{dt}}{\frac{dh}}{\frac{dt}} = \frac{\rho S \frac{dh}{dt}}{\frac{dh}}{\frac{dt}} = \rho S \quad (17)$$

Dobimo linearno deviacijsko diferencialno enačbo prvega reda, ki predstavlja zahtevani matematični model:

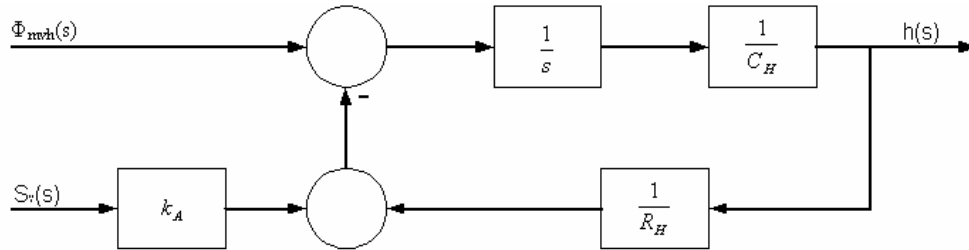
$$R_H C_H \frac{dh}{dt} = R_H \Phi_{mvh} - R_H k_A S_v - h \quad (18)$$

kjer je $R_H C_H$ časovna konstanta sistema.

Laplacova transformacija enačbe (18) pri ničnih začetnih pogojih daje:

$$h(s) = \frac{1}{C_H s} \Phi_{mvh}(s) - \frac{k_A}{C_H s} S_v(s) - \frac{1}{R_H C_H s} h(s) \quad (19)$$

Izraz (19) kaže, da je nivo vode v vodohranu odvisen od dotoka in od odprtosti ventila. Relacijo (19) lahko prikažemo tudi v obliki bločnega diagrama (slika 25).



Slika 25 – Bločni diagram

Za preizkus izračunanega matematičnega modela bomo v naslednjem poglavju izdelali računalniško simulacijo, ki bo prikazala vodostaj v vodohranu s stalnim dotokom.

5.4. Simulacija matematičnega modela

Z uporabo standardnih blokov programa Scicos, smo narisali simulacijsko shemo matematičnega modela prikazanih v enačbi 19 in sliki 25. Na vhodu smo preklopili generator konstantne vrednosti, ki simulira konstanten dotok vode v vodohran in naključni generator veličin, ki simulira spreminjanje odprtosti ventila. Odtok je odvisen od nivoja vode v vodohranu in od odprtosti ventila na odtoku. Za prikaz odprtosti iztočnega ventila in nivoja vode v vodohrana smo v simulacijsko shemo preklopili še prikazovalnik (slika 26).

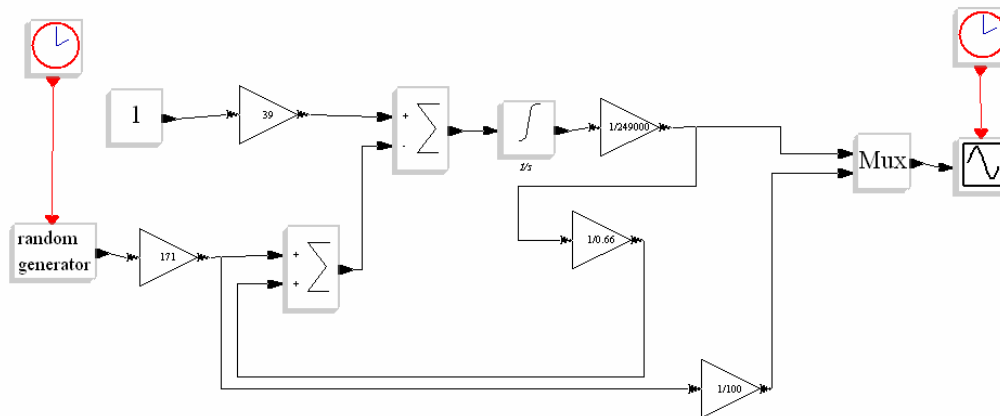
Po izdelavi simulacijske sheme smo na osnovi izrazov 14, 15 in 17 izračunali konstante, ki določajo karakteristike modela: hidravlično kapacitivnost C_H , koeficient upora R_H in koeficient ventila k_A .

$$C_H = \rho S = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 249 \text{m}^2 = 249000 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (20)$$

$$R_H = \frac{2\bar{h}}{\bar{\Phi}_m} = \frac{2 \cdot 4m}{12 \frac{kg}{s}} = 0,66 \frac{ms}{kg} \quad (21)$$

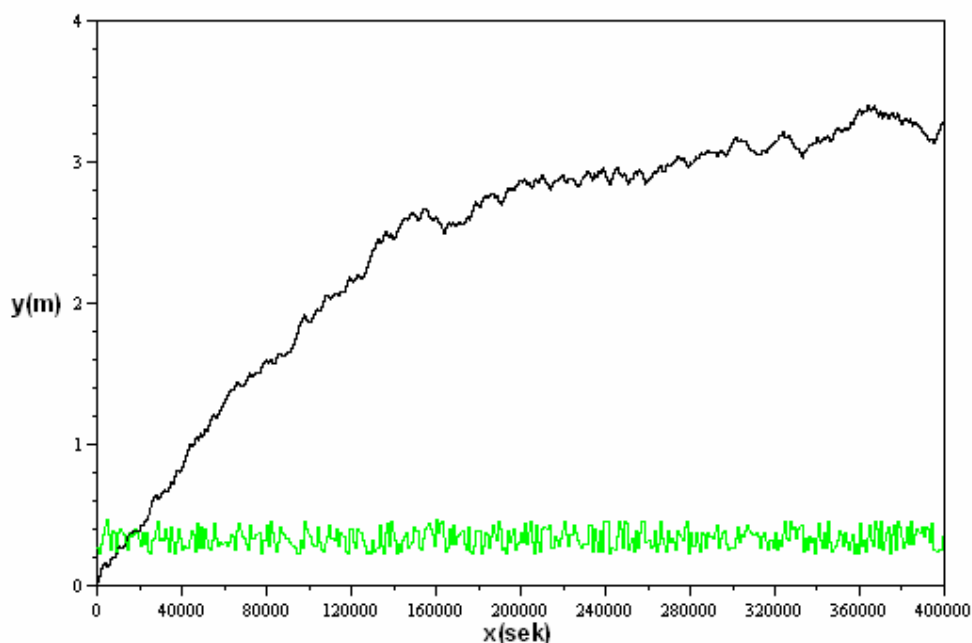
$$k_A = \frac{\bar{\Phi}_m}{\bar{S}_v} = \frac{12 \frac{kg}{s}}{0,07m^2} = 171 \frac{kgm^2}{s} \quad (22)$$

Izračunane konstante smo vnesli v simulacijsko shemo prikazano na sliki 26.



Slika 26 – Simulacijska shema matematičnega modela

Poleg konstant procesa je potrebno nastaviti še parametre, ki določajo čas poteka simulacije, velikino dotoka in hitrost spreminjanja odprtosti ventila. Simulacija se začne z praznim vodohranom, s stalnim dotokom (39 l/s) in z naključno spreminjajočim se odpiranjem iztočnega ventila.



Slika 27 – Rezultati simulacije matematičnega modela

Rezultati simulacije so podani na sliki 27, kjer os x prikazuje čas simulacije v sekundah, os y višino vode v vodohranu izraženo v metrih in odprtost ventila. Črna črta prikazuje nivo vode v vodohranu, zelena pa odprtost ventila na odtoku. Na sliki 26 vidimo, kako nivo vode raste do nivoja vode ~ 2,6 m, nato začne nihati. Nivo začne padati zaradi povečanega odtoka, ki je odvisen od višine nivoja vode in od oprtosti ventila. Nivo raste v primeru odpiranja ventila in pada v primeru zapiranja ventila.

Simulacija na sliki 27 je bila izdelana pri konstantnem dotoku (39 l/s), odtok pa je bil odvisen od odprtosti ventila. V primeru premajhnega dotoka se vodohran ni nikoli napolnil in v primeru prevelikega dotoka se je vodohran neprestano polnil in ventil ni vplival na zniževanje nivoja.

5.5. Izgradnja modela črpališča

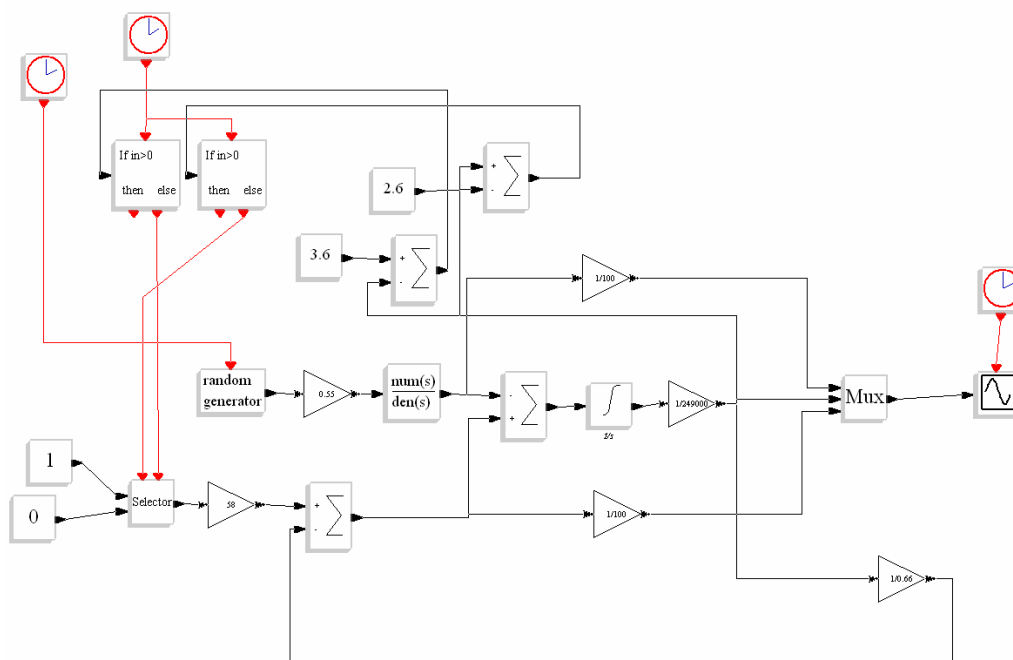
V črpališču San Simon želimo imeti vodohrane z zvezno regulacijo na dotoku in spreminjajočo porabo na iztoku. Za izvedbo nove simulacije smo prilagodili izvedeno simulacijo na novo situacijo. Odprtost ventila smo spremenili v porabo vode in dodali regulacijsko upravljanje konstantnemu dotoku. Na ta način smo dobili

model, ki ima zvezno regulacijo na dotoku in spreminjajoči se iztok. Naključni generator veličin na iztoku simulira porabo vode. Poraba vode je odvisna od potrošnje vode v vodooskrbi, kar simulira naključni generator s pomočjo num/denum bloka. Naključni generator generira diskretne veličine po naključnem zaporedju. Poraba v vodooskrbi se spreminja zvezno, zato smo uporabili blok num/denum (enačba 23), ki nam izhod naključnega generatorja zvezno prilagodi realnemu sistemu.

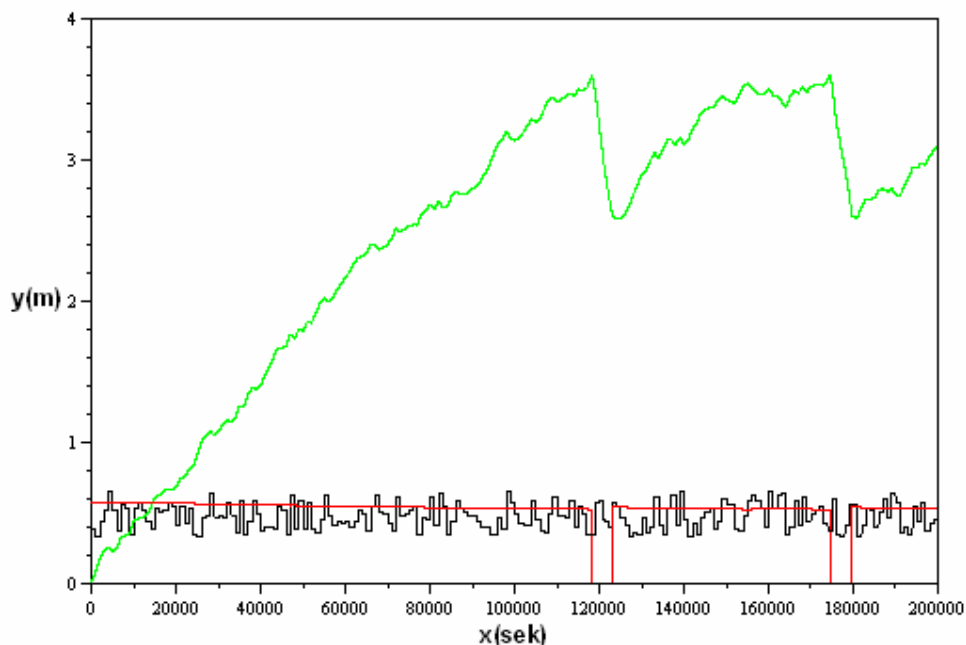
$$G(s) = \frac{1}{0,05 + s} \quad (23)$$

Vodohrani v črpalnem sistemu San Simon imajo na dotoku regulacijski ventil, ki regulira dotok. V primeru visokega ali nizkega nivoja se ventil lahko zapre ali odpre, zato smo dodali v model še dva logična pogoja, ki bosta odpirala in zapirala ventila na določeni višini vode.

Na prikazovalnik simulacijske sheme smo pripeljali nivo vode, odprtost regulacijskega ventila in iztok (slika 28).



Slika 28 – Simulacijska shema modela z logičnimi pogoji



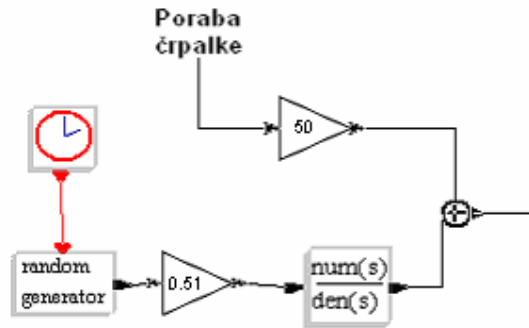
Slika 29 –Rezultati simulacije modela z logičnimi pogoji

Delovanje novega modela z logičnimi pogoji je prikazano na sliki 29. Na sliki vidimo, kako dotočni regulacijski ventil sledi spremembi nivoja v vodohranu. Dviganje nivoja vode (zelena črta) povzroči zapiranje regulacijskega ventil (rdeča črta). V primeru, da je nivo vode višje od 3,6 m (nivo 4 na sliki 19), model zapre regulacijski ventil, dokler nivo vode ne pade pod mejno vrednostjo 2,6 m (nivo 2 na sliki 19). Nivo vode je odvisen tudi od vrednosti na iztoku (črna črta), ker večji kot je iztok, hitreje pada nivo in obratno.

Simulacijska shema na sliki 28 je osnova za vse objekte, ki nastopajo v črpalnem sistemu San Simon. Najprej smo modelu dodali pogoje za vklop in izklop črpalk in ga nato shranili v superbloc. Za vsak objekt smo oblikovali svoj superbloc, prilagojen temu objektu.

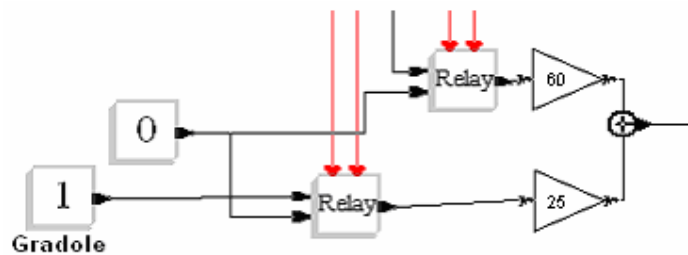
Vodohrana Livade in Vinjole imata enak model, kot je prikazan na sliki 28, vendar z drugačnimi parametri, saj objekta nista enake velikosti in nista enako obremenjena.

Za črpališče San Simon smo na iztoku vodohrana prišteli porabo, ki jo povzroči črpalka (slika 30) in odstranili nivoje vklopov črpalk, ki so na oddaljenih vodohranih.



Slika 30 – Simulacijska shema iztoka San Simon

Vodohran Valeta 2 ima v modelu dodan še en dotok (slika 31), ker ima možnost napajanja tudi iz vodnega vira Gradole. Vodni vir Gradole pride do izraza v poletnem sušnem obdobju, ko izdatnost vodnega vira Rižana upade.



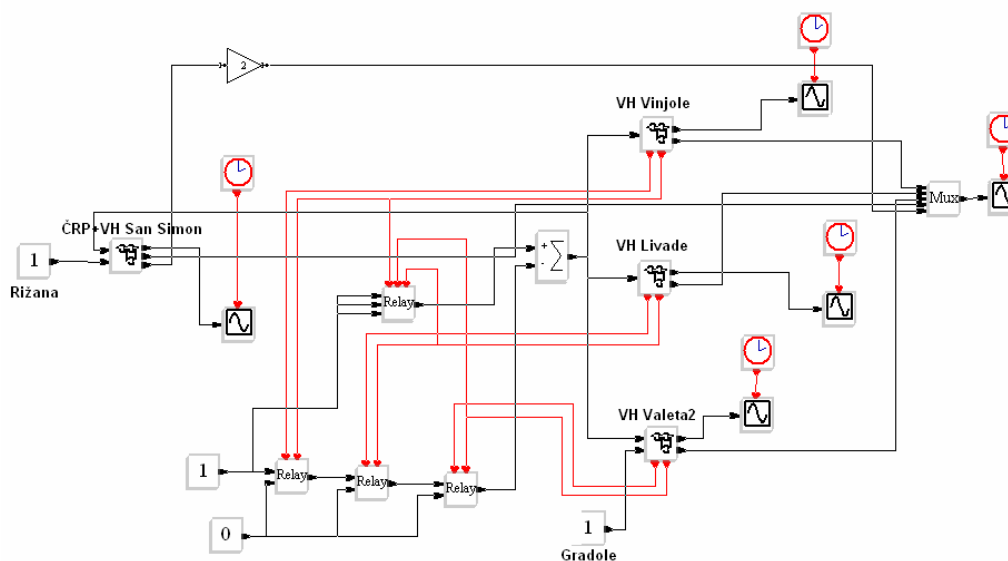
Slika 31 – Simulacijska shema dotoka Valeta 2

Dodelane modele smo shranili v superbločke, ki smo jih nato povezali v model za celotni črpalni sistem San Simon (slika 32). Modelu smo dodali logiko vklopa in izklopa črpalak iz oddaljenih objektov (Vinjole, Livade, Valeta 2). Za lažje razumevanje delovanja modela smo dodali prikazovalnik, ki prikazuje vse nivoje v vodohranih in delovanje črpalke.

Iztoki po objektih se spreminjajo v mejah, ki so v skladu z realnim sistemom za obdobje zimskega režima. Iz realnega sistema smo zbrali povprečne pretoke in njihove odklone in jih vnesli v naključni generator. Dotoke smo prav tako nastavili na osnovi z realnih vrednosti v sistemu. Pred izvedbo simulacije smo izračunali konstante modela (tabela 2), ki so značilne za zimski režim.

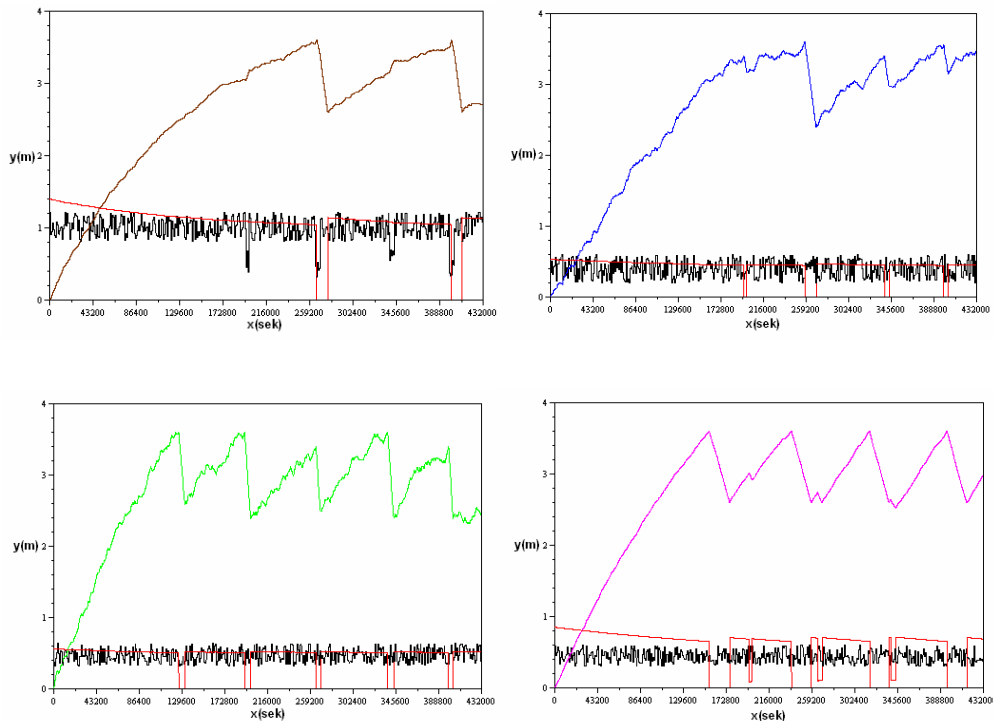
Tabela 2: Konstante modela v zimskem režimu

	Vinjole	Livade	Valeta 2	San Simon
C_H	499000 kg/m	249000 kg/m	1244000 kg/m	1244000 kg/m
R_H	0,42	0,66	0,18	0,1



Slika 32 – Simulacijska shema celotnega sistema San Simon

Rezultati simulacije celotnega sistema so prikazani na sliki 33 za vsak objekt posebej in na sliki 34 za vse hkrati. Črpalni sistem San Simon je velik in ima počasen proces, zato smo za prikaz delovanja modela izbrali časovni interval petih dni (432000 sekund). Vsaka črtica na osi x označuje šestih ur in vsaka četrta črtica pa en dan.

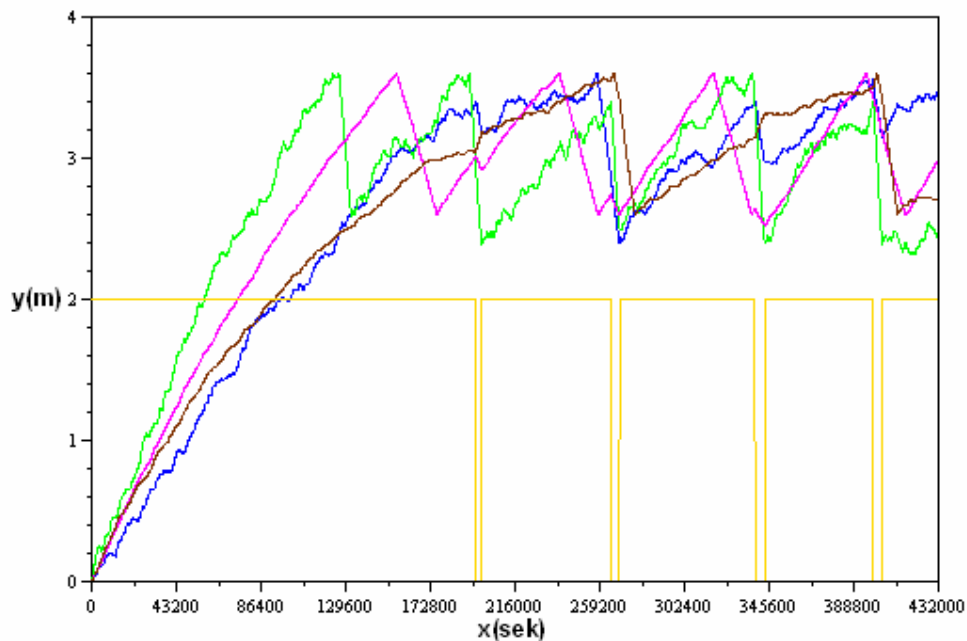


Slika 33 – Nivoji vode v vodohranih San Simon (rjava), Vinjole (modra), Livade (zelena) in Valeta 2 (roza) pri simulaciji celotnega modela v zimskem režimu.

Dotok je prikazan v rdeči, iztok v črni barvi.

Regulacija dotokov je na sliki 33 prikazana z rdečo črto. Vrednost zvezno varira, dokler avtomatika ne zapre dotočnega ventila zaradi previsokega nivoja vode, kar je 3,6 m (nivo 4 na sliki 19). Ventil se ponovno odpre pri mejni vrednosti 2,6 m (nivo 2 na sliki 19). V primeru izpolnjevanja pogoja za izklop črpalk v vseh treh objektih (Vinjole, Livade, Valeta 2), avtomatika izklopi črpalko in dotoki padejo na vrednost nič ($x \sim 194400$). Hkrati je opazno znižanje iztoka v vodohranu San Simon, kjer je priključena črpalka.

Prikaz nivojev vseh objektov hkrati na sliki 34 pokaže, kateri objekt je vklopil črpalko in kako je to vplivalo na ostale objekte. Os x na sliki prikazuje čas v sekundah, os y pa nivo vode v metrih. Na osi y je prikazano tudi delovanje črpalke (rumena barva). Vrednost 2 na y osi pomeni, da črpalka deluje, vrednost 0 pa da ne deluje.



Slika 34 – Nivoji vode v vodohranih San Simon (rjava), Vinjole (modra), Livade (zelena) in Valeta 2 (roza) pri simulaciji celotnega modela v zimskem režimu. Z rumeno barvo je prikazano delovanje črpalke.

Simulacija se začne z vklopom črpalke na vrednosti prikazani na osi $x = 0$ s in deluje vse do vrednosti $x \sim 194400$ s, ko jo avtomatika izklopi, saj so vsi objekti izpolnili pogoj za izklop črpalke (dosežen nivo 3,4 m – nivo 3 na sliki 19). Okoli vrednosti osi $x \sim 196560$ s črpalke vklopi nivo iz Livad (zelena barva). Črpalka se ponovno izklopi okoli vrednost na osi $x \sim 263520$ s in nato vklopi okoli vrednosti $x \sim 266520$ s, tokrat po ukazu vodohrana Vinjole (modra barva).

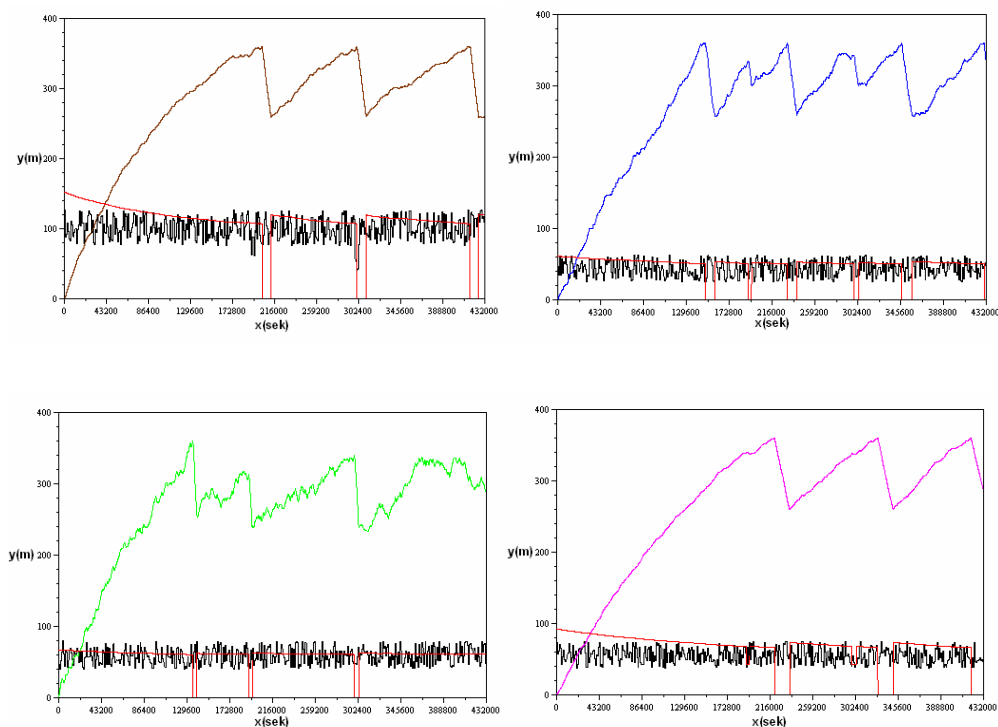
Simulacija prikazuje obnašanje modela, kjer črpalke vklopi tisti objekt, ki potrebuje vodo, medtem ko vsi ostali objekti sami regulirajo dotok, ki ga imajo na razpolago. Iz simulacije je razvidno, da vodohran Valeta 2 (roza barva) ni vklopil črpalke, zato ker nivo vode ni padel pod mejno vrednost za vklop črpalke (2,4 m – nivo 1 na sliki 19). Vodohran Valeta 2 ima še en ločen dotok iz Gradol, zato je njegova odvisnost od črpališča San Simon manjša in ni potreboval vklopa črpalke na svoj račun.

Po izvedeni simulaciji s parametri zimskega režima smo v simulacijo vnesli parametre in konstante poletnega režima (tabela 3).

Tabela 3: Konstante modela v poletnem režimu

	Vinjole	Livade	Valeta 2	San Simon
C_H	499000 kg/m	249000 kg/m	1244000 kg/m	1244000 kg/m
R_H	0,33	0,53	0,14	0,08

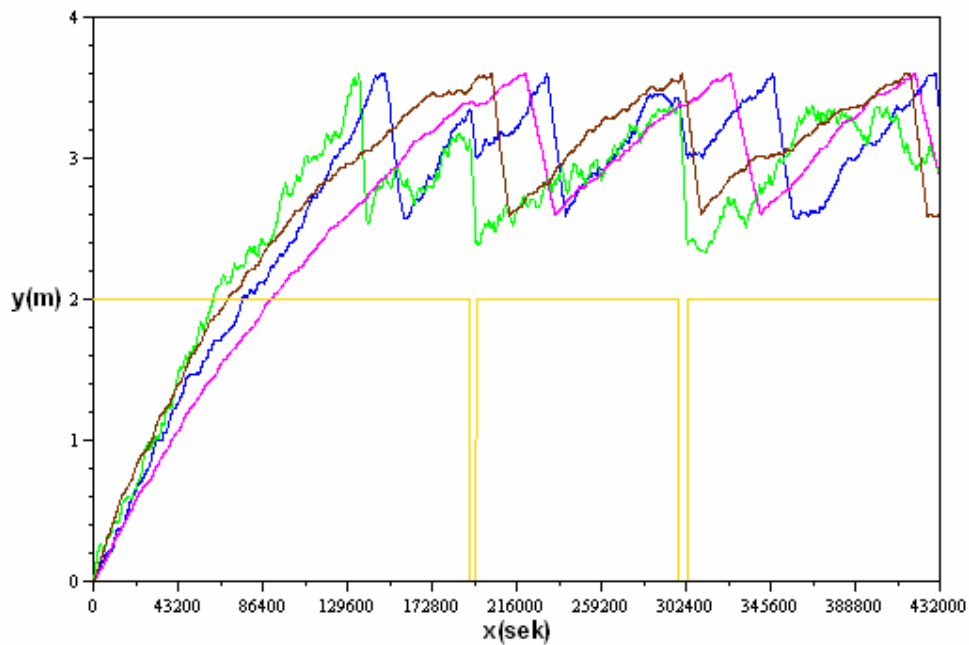
Poletni parametri se razlikujejo od zimskih v tem, da so iztoki sistema večji in še v načinu napajanja Valeta 2. Iztoki iz vodohranov so v povprečju za 25 % večji, kar močno obremeni vodni vir Rižana. Zato v poletnem obdobju vodohranu Valeta 2 spremenimo način napajanja, tako da razbremenimo črpališče San Simon in s tem tudi vodni vir Rižana. Manjkajočo vodo, predstavljeno iz vodnega vira Rižana, pridobimo iz vodnega vira Gradole (Hrvaška), kjer povečamo odvzem. V simulaciji je to izvedeno s spremembo konstant na dotoku Valeta 2 (slika 31). Dotok iz Gradol povečamo iz 25 l/s na 67 l/s, iz črpališča San Simon pa zmanjšamo iz 60 l/s na 25 l/s. Dotok iz Gradol je prisoten, ne glede na delovanje črpališča. Voda priteče gravitacijsko in jo reguliramo preko regulacijskega ventila na dotoku (slika 4).



Slika 35 – Nivoji vode v vodohranih San Simon (rjava), Vinjole (modra), Livade (zelena) in Valeta 2 (roza) pri simulaciji celotnega modela v poletnem režimu.

Dotok je prikazan v rdeči, iztok v črni barvi.

Rezultati simulacije so prikazani na sliki 35. Večja obremenitev sistema je razvidna na vseh štirih objektih (San Simon, Vinjole, Livade, Valeta 2), po večjih iztokih (črna črta) in večjih dotokih (rdeča črta). V primerjavi z zimskim režimom je razvidno, da se nivo vode v San Simonu trikrat dvigne na 3,6 m (nivo 4, na sliki 19) in s tem zapre dotočni ventil. Vzrok tega je povečan dotok v vodohranu San Simon in spremenjeno napajanje vodohrana Valeta 2, ki se v večji meri napaja iz vodovodnega vira Gradole. V primeru izklopa črpalke v črpališču San Simon (osi $x \sim 192240$ s), dotoki objektov Vinjole in Livade padejo na vrednost nič in iztok v vodohranu San Simon pa se zmanjša. Istočasno je prisoten dotok na vodohranu Valeta 2 (slika 35), ki se napaja iz vodnega vira Gradole in tako razbremeni rižanski vodni vir.



Slika 36 – Nivoji vode v vodohranih San Simon (rjava), Vinjole (modra), Livade (zelena) in Valeta 2 (roza) pri simulaciji celotnega modela v poletnem režimu. Z rumeno barvo je prikazano delovanje črpalke.

Prikaz vseh nivojev in delovanje črpalke (rumena črta) v poletnem režimu nam prikazuje slika 36. V primerjavi z zimskim režimom (slika 34) vidimo, da se črpalka v enakem časovnem intervalu v poletnem režimu izklopi dvakrat, v zimskem pa štirikrat. Daljše delovanje črpalke in s tem manjše število izklopov črpalke je posledica večje obremenitve sistema, ki je prisotna v poletnih mesecih.

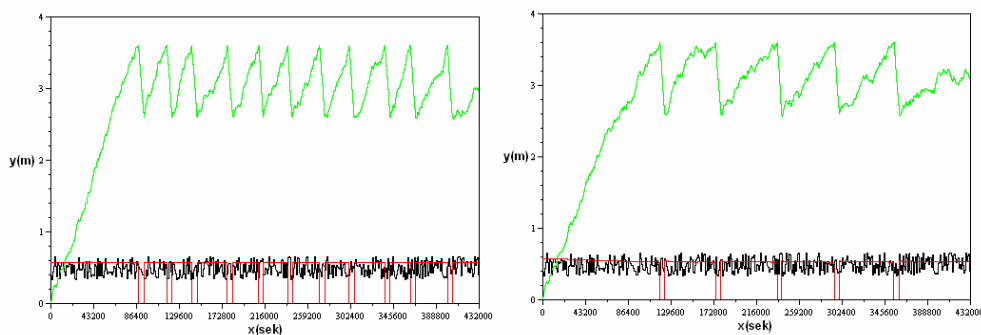
6. PRIMERJAVA SIMULACIJ NOVEGA IN STAREGA SISTEMA

Da bi preverili prednosti predlaganih izboljšav pri krmiljenju sistema, smo izdelali še simulacijo na osnovi modela starega sistema in primerjali rezultate.

Razlika v modelih je v načinu regulacije dotokov in načinu krmiljenja črpališča. Model starega sistema ima diskretno regulacijo dotoka in črpališče krmili samo en vodohran. Model novega sistema zvezno regulira dotok in krmili črpalko tistega vodohrana, ki potrebuje vodo.

6.1.1. Primerjava enega vodohrana

Rezultati simulacije so izvedena z enakimi parametri (iztok, dotok pred ventilom, nivoji odpiranja in zapiranja ventila) in v istem časovnem intervalu za oba modela, ki sta prikazana na sliki 37.

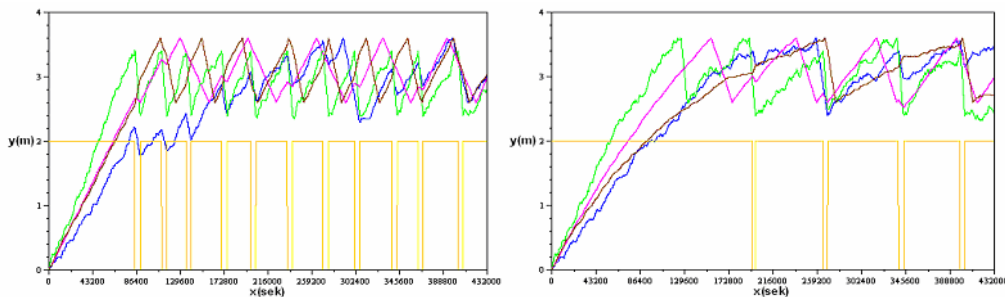


Slika 37 – Rezultati simulacije starega (levo) in novega (desno) modela. Nivo vode je prikazan v zeleni barvi, dotok v rdeči in iztok v črni barvi.

Na starem sistemu diskretno delovanje dotočnega ventila povzroči zapiranje ventila enajstkrat (rdeča črta na levi strani slike 37). Medtem ko na novem sistemu, dotočni ventil zvezno regulira dotok in s tem zmanjša število zapiranj ventila na pet (rdeča črta na desni strani slike 37). Pogosto zapiranje dotočnega ventila povzroči razlike tlakov, kar poveča verjetnost okvare opreme na cevovodu (nepovratni ventili, zračniki, merilniki). Iz simulacije je razvidno tudi obnašanje nivojev v vodohranih (zeleno barva), na desni strani slike 37 vidimo, kako je nivo vode na novem sistemu bolj stabilen, kar je dobra lastnost zvezne regulacije dotoka.

6.1.2. Primerjava celotnega sistema

Za primerjavo simulacij vseh vodohranov hkrati smo uporabili enake parametre in enak časovni interval za obe simulaciji. Rezultat simulacije je prikazana na sliki 38.



Slika 38 – Rezultati simulacije starega (levo) in novega (desno) modela. Nivoji vode v vodohranih San Simon (rjava), Vinjole (modra), Livade (zelena) in Valeta 2 (roza) pri simulaciji celotnega modela v poletnem režimu. Z rumeno barvo je prikazano delovanje črpalke.

Na levi strani slike je prikazan rezultat simulacije starega sistema, na desni strani pa rezultat novega sistema. Pri starem sistemu nivo vode v Vinjolah (modra barva) pade pod mejno vrednostjo 2,4 m (nivo 1 na sliki 19). Vzrok za to je, da v starem sistemu krmili črpališče samo en vodohran, v tem primeru je to vodohran Livade (zelena črta). Če ima vodohran Livade dovolj vode, izklopi črpalko v San Simonu, pri tem pa prekine oskrbo vode na ostalih dveh objektih. Za odpravo te težave je potreben ukrep elektrovzdrževalca, ki mora fizično nastaviti večji dotok na vodohranu Vinjole. Na novem sistemu se ta težava ne pojavi, saj lahko črpalko vklopi tisti vodohran, ki potrebuje vodo in ne prej imenovan vodohran. V času delovanja črpalke si vodohrani sami zvezno regulirajo dotoke in s tem preprečijo pogoste vklope in izklope črpalk. Medtem ko imamo pri starem sistem enajst vklopov in izklopov črpalk, imamo pri novem le štiri. Pogosti vklopi in izklopi črpalk povzročijo hidravlične udare in povečujejo električno konico. Pogosti hidravlični udari povzročijo poškodbe na cevovodu. Sanacija poškodb na cevovodu povzroča motnje v vodooskrbi, z njo pa po povezani tudi stroški. Drugi stroški, ki nastajajo zaradi pogostih vklopov črpalk, so odvisni od električne konice. Električno konico je možno zmanjšati z redkejšimi vklopi črpalk. Z uporabo novega sistema zmanjšamo motnje v vodooskrbi in stroške obratovanja črpališča.

7. ZAKLJUČEK

Sistem San Simon je star približno dvajset let in je bil v vseh teh letih kos svojim nalogam. Obstoječi sistem vodenja je bilo inovativno in tehnološko napredno za obdobje, ko so ga zgradili. Dandanes so zahteve za opravljanje in nadziranje takega sistema višje, zato postaja obstoječi sistem vodenja neustrezen za obratovanje.

Glavni namen sistema vodenja je, da se mora prilagajati porabi vode v oskrbi in čim bolje izkoristiti vodne vire, ki so na razpolago. Rižanski vodovod Koper ima velike težave z vodooskrbo v poletnih mesecih, zato je vsako izboljšanje sistema vodenja dobrodošlo.

Od nadzornega sistema zahtevamo zajem vseh podatkov, ki nastopajo v sistemu in njihovo avtomatsko shranjevanje v bazo podatkov. Podatke iz baze lahko obdelujemo in iz njih izdelujemo razne analize in poročila, ki so v današnjih poslovnih procesih nujni.

V diplomski nalogi smo obdelali vse pomanjkljivosti in napake, ki so se izkazale z dolgoletnim obratovanjem starega sistema črpališča San Simon. Te pomanjkljivosti in napake smo odpravili v zasnovi novega sistema vodenja. Nov sistem vodenja smo oblikovali na osnovi sodobne opreme, ki se na Rižanskem vodovodu Koper že uporablja. Delovanje zasnove novega sistema vodenja smo preizkusili s simulacijo namensko izdelanega modela. Za lažjo obdelavo pridobljenih rezultatov smo izdelali simulacijo obstoječega sistema ter jih primerjali z rezultati pridobljenimi v simulaciji novega sistema.

Rezultati simulacij so pokazali, da nov sistem vodenja odpravlja pomanjkljivosti starega. Glede na dosežene rezultate novega sistema vodenja lahko opravljeno diplomsko delo uporabimo za pripravo projektov, ki bodo služili obnoviti črpališča San Simon.

Sistem, ki smo ga obravnavali v diplomski nalogi, naj bi se začel prenavljati leta 2009. Priprava projektov in ostale dokumentacije se še ni začela, kar je lahko vzrok za zamik začetka del še za kakšno leto.

8. LITERATURA

- Šega, P.** (1985). Regulacija in sistemi. Ljubljana. Fakulteta za elektrotehniko.
- Karba, R.** (1999). Modeliranje procesov. Ljubljana. Fakulteta za elektrotehniko.
- Tehnična dokumentacija E+H,** (1990). Variomag, Flow measurement operating and instalation manual.
- Tehnična dokumentacija ERHARD,** (1999). ERHARD – Catalogue G19.
- Tehnična dokumentacija Eltra,** (2006). Tehnični list merilnika nivoja PPI 100.
- Tehnična dokumentacija Auma,** (1999). Vrtilni pogoni za krmilje.
- Rižanski vodovod Koper.** Pridobljeno 21.1.2007 s svetovnega spleta:
<http://www.rvk-jp.si/>
- Synatec.** Pridobljeno 8. 5. 2007 s svetovnega spleta: <http://www.sl.synatec.si/>
- Siemens.** Pridobljeno 8. 5. 2007 s svetovnega spleta: <http://www.twin-trade.si/>
- Scilab.** Pridobljeno 25. 2. 2007 s svetovnega spleta:
<http://www.wikipedia.kataweb.it/wiki/Scilab>