



**DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE  
BEOGRAD**

**MASTER STUDIJE**

**STUDIJSKI PROGRAM :  
INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**SISTEMI DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA  
(SCADA SYSTEM)**

**Mentor :**

Prof.dr Dragan Cvetković

**Kandidat:**

Aleksandar Bogdanović

Br.indeksa:411057/2010

**Beograd, 2012**

## **SAŽETAK**

Ovaj rad je posvećen sistemu daljinskog nadzora i upravljanja (SCADA sistem), kakav se najčešće koristi u Srbiji, ali i mnogim zemljama sveta. Ovaj sistem podrazumeva ceo spektar opreme, sistema i rešenja koja omogućavaju prikupljanje podataka o nekom procesu - udaljenom sistemu, obradu istih, nadzor i, u pojedinim slučajevima, reagovanja na adekvatan način. Ovaj rad obuhvata SCADA sistem, njegov istorijat, kontrolu, njegovu arhitekturu i komunikaciju, protokole, pretnje, kvalitet, kao i uvođenje SCADA sistem u neku privrednu oblast i mogućnosti povezivanja SCADA sistema sa ostalim elementima integrisanog preduzeća.

Ključne reči: SCADA sistem, prikupljanje podataka, nadzor, praćenje, upravljanje

## **ABSTRACT**

This paper is dedicated to the system of remote control (SCADA System), as is commonly seen in Serbia but also in many other countries. This system involves a whole range of equipment, systems and solutions that enable the collection of data about a process - a remote system, the same treatment, supervision, and in some cases react in an adequate manner. This work includes system SCADA its history, the control, its architecture and communications protocols, threats, quality Introducing SCADA in an economic area and connectivity of SCADA system with other elements of the integrated enterprise.

Key words: SCADA systems, data collection, surveillance, monitoring, management

## SADRŽAJ

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Uvod .....</b>                                           | <b>7</b>  |
| 1.1 Definisane SCADA sistema .....                          | 8         |
| 1.2 Značaj SCADA sistema .....                              | 9         |
| 1.3 Osobine SCADA sistema.....                              | 10        |
| 1.4 Oblasti gde se koristi SCADA sistem .....               | 11        |
| <b>2. SCADA sistemi .....</b>                               | <b>12</b> |
| 2.1 Istorijat SCADA sistema.....                            | 16        |
| 2.2 SCADA Podsystemi .....                                  | 18        |
| 2.3 Elementi i argitektura SCADA sistema.....               | 21        |
| 2.4 Komunikacija SCADA sistema.....                         | 25        |
| 2.5 Protokoli u SCADA sistemu .....                         | 27        |
| 2.6 Mrežna oprema SCADA sistema .....                       | 28        |
| 2.7 SCADA hardware.....                                     | 34        |
| 2.8 Softverska podrška SCADA sistema.....                   | 36        |
| <b>3. Upravljanje kvalitetom.....</b>                       | <b>40</b> |
| 3.1 TQM – Potpuno upravljanje kvalitetom .....              | 43        |
| 3.2 Upravljanje kvalitetom prema standardima ISO 9000 ..... | 45        |
| 3.3 IEEE standardi .....                                    | 46        |
| 3.4 Kvalitet SCADA sistema .....                            | 47        |
| 3.5 Standard i standardizacija SCADA sistema .....          | 51        |
| <b>4.SCADA sistem u vodosnabdevanju grada .....</b>         | <b>55</b> |
| 4.1 JKP Beogradski vodovod i kanalizacija.....              | 58        |
| 4.2 SCADA u JKP BVK.....                                    | 59        |
| 4.3 Bezbednost i ugroženost SCADA sistema.....              | 66        |
| <b>REZIME .....</b>                                         | <b>72</b> |
| <b>Literatura.....</b>                                      | <b>74</b> |

## SPISAK SLIKA I TABELA

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Mesto SCADA sistemu u primeru upravljanja .....                | 13 |
| Slika 2: Primer SCADA sistema koji se izvršava na računaru .....        | 15 |
| Slika 3: Podsistemi SCADA sistema.....                                  | 21 |
| Slika 4. Distribuirani SCADA sistem .....                               | 24 |
| Slika 5. WASCAD sistem.....                                             | 24 |
| Slika 6. Komunikacija SCADA sistema.....                                | 25 |
| Slika 7. Slojevi koaksijalnog kabla .....                               | 30 |
| Slika 8. Kablovi sa neoklopljenim i oklopljenim paricama .....          | 30 |
| Slika 9. Presek ; Kablovi sa neoklopljenim i oklopljenim paricama ..... | 31 |
| Slika 10. Konektor RJ45 i utičnica .....                                | 31 |
| Slika 11. Totalna refleksija kod prenosa kroz optičko vlakno.....       | 32 |
| Slika 12. Kabl sa optičkim vlaknom .....                                | 33 |
| Slika 13. Hardware SCADA sistema.....                                   | 35 |
| Slika 14 Sistem snabdevanja grada vodom.....                            | 55 |
| Slika 15. Šematski prikaz sistema snabdevanja grada vodom .....         | 57 |
| Slika 16. Konfiguracija SCADA sistem .....                              | 65 |
| Slika 17. Veza između Poslovne i SCADA mreže .....                      | 68 |
|                                                                         |    |
| Tabele 1. Definicije kvaliteta po raznim naucnicima .....               | 41 |
| Tabela 2. Definicije Kvaliteta po osnovu kriterijuma .....              | 42 |
| Tabela 3. Poredjenje scada odeljenja i IT odeljenja .....               | 49 |

## Rečnik termina i skraćenica

### Glossary of Terms and Acronyms

|               |                                                     |                                                                        |
|---------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>ADO</b>    | <b>ActiveX Data Object</b>                          | <b>Obezbedjuje prisup bazama podataka</b>                              |
| <b>DCS</b>    | <b>Distributed Control System</b>                   | <b>Distribuirani sistem kontrole</b>                                   |
| <b>HMI</b>    | <b>Human-Machine Interface</b>                      | <b>Sprega izmenu čoveka i računara</b>                                 |
| <b>LAN</b>    | <b>Local Area Network</b>                           | <b>Lokalna računarska mreža</b>                                        |
| <b>ODBC</b>   | <b>Open Database Connectivity</b>                   | <b>Standardni metod za<br/>povezivanje programa sa bazama podataka</b> |
| <b>PC</b>     | <b>Personal Computer</b>                            | <b>Personalni računar</b>                                              |
| <b>PLC</b>    | <b>Programmable Logic<br/>Controllers</b>           | <b>Programibilni logički kontroleri</b>                                |
| <b>RTU</b>    | <b>Remote Terminal Unit</b>                         | <b>Telemetrijska jedinica</b>                                          |
| <b>SCADA</b>  | <b>Supervisory Control And Data<br/>Acquisition</b> | <b>Prikupljanje podataka nadzor, praćenje i upravljanje</b>            |
| <b>SQL</b>    | <b>Structured Query Language</b>                    | <b>Strukturirani jezik upita</b>                                       |
| <b>VBA</b>    | <b>Visual Basic for Application</b>                 | <b>Programski jezik za aplikacije</b>                                  |
| <b>WACCAD</b> | <b>Wide Area SCADA</b>                              | <b>Geografski distribuirani SCADA sistem</b>                           |
| <b>WAN</b>    | <b>Wide Area Network</b>                            | <b>Regionalna računarska mreža</b>                                     |
| <b>VPN</b>    | <b>Virtual Private Networking</b>                   | <b>Virtuelne privatne mre</b>                                          |
| <b>SSL</b>    | <b>Secure Sockets Layer</b>                         | <b>Protocol za sigurno slanje poruka putem interneta</b>               |
| <b>RTU</b>    | <u><b>Remote Terminal Unit</b></u>                  | <b>Udaljeni terminal jedinice</b>                                      |
| <b>GUI</b>    | <b>Graphical User Interface</b>                     | <b>Grafički korisnički interfejs</b>                                   |
| <b>DDE</b>    | <b>Dynamic Data Exchange</b>                        | <b>Dinamičke razmene podataka</b>                                      |

|               |                                                          |                                                                  |
|---------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>ISO</b>    | <b>International Organization for Standardization</b>    | <b>Međunarodna organizacija za standardizaciju</b>               |
| <b>TQM</b>    | <b>Total quality management</b>                          | <b>Menadžment totalnim kvalitetom</b>                            |
| <b>DNP3</b>   | <b>Distributed Network Protocol</b>                      | <b>Decentralizovane mreže protokola</b>                          |
| <b>MTBF</b>   | <b>Mean Time Between Failures</b>                        | <b>Vreme između dva zastoja</b>                                  |
| <b>IEC</b>    | <b>International Electrotechnical Commission</b>         | <b>Međunarodna elektrotehnička komisija</b>                      |
| <b>DCOM</b>   | <b>Distributed Component Object Model</b>                | <b>Raspored komponenti na objektu modela</b>                     |
| <b>TCP-IP</b> | <b>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</b> | <b>Prenošenje do kontrole protokola / internet protokol</b>      |
| <b>GPRS</b>   | <b>General Packet Radio Services</b>                     | <b>Paketni prenos podataka Radio Usluge</b>                      |
| <b>TDMA</b>   | <b>time division multiple access</b>                     | <b>digitalne mobilne telefonske komunikacije</b>                 |
| <b>MCC</b>    | <b>Main Control center</b>                               | <b>Glavni kontrolni centar</b>                                   |
| <b>LCC</b>    | <b>Lokal Control center</b>                              | <b>Lokalni kontrolni centar</b>                                  |
| <b>SHDSL</b>  | <b>Symmetric High-Speed Digital Subscriber Line</b>      | <b>Simetrične Brze digitalne pretplatničke linije</b>            |
| <b>APN</b>    | <b>Access Point Name</b>                                 | <b>Ime pristupne tačke</b>                                       |
| <b>DOS</b>    | <b>Disk Operating System</b>                             | <b>Disk operativnog sistema</b>                                  |
| <b>HTTP</b>   | <b>Hypertext Transfer Protocol</b>                       | <b>Prenos informacija između internet servera i pretraživača</b> |
| <b>SMTP</b>   | <b>Simple Mail Transfer Protocol</b>                     | <b>Internet standard za elektronski email</b>                    |
| <b>WEP</b>    | <b>wired equivalent privacy</b>                          | <b>Bezbednosni protokol za vajles mrežu</b>                      |
| <b>SSID</b>   | <b>Service Set Identifier</b>                            | <b>Ključ za šifrovanje bežične mreže</b>                         |
| <b>ARP</b>    | <b>Address Resolution Protocol</b>                       | <b>Telekomunikacioni protokol</b>                                |
| <b>MAC</b>    | <b>Media Access Control</b>                              | <b>Podaci komunikacionog protokola pod-sloj</b>                  |

## UVOD

Svedoci smo veoma brzog razvoja industrije u drugoj polovini prethodnog veka, a naročito u poslednjih deset godina. Računarstvo i upravljanje sistemima se razvija u pravcima koji, u skorijoj prošlosti, nisu mogli ni da se prepostave. Mnoge oblasti poput vodoprivrede, energetike, poljoprivrede, komunikacije, sigurnosnih sistema i drugih oblasti imaju potrebu za tehnologijom koja omogućava daljinsko merenje i nadzor i prenos informacija sa udaljene lokacije do operatora. U svim ovim oblastima nameću se pitanja kao što su: Kako se precizni podaci mogu prikupljati na jednom mestu i slati na drugo mesto? ili Kako se podaci mogu prikupljati iz mnogo položaja i snimati u centralizovanoj lokaciji kako bi se tu analizirali? Kako nadzirati i upravljati sa udaljene lokacije i svesti grešku na minimum? Uz sva ova pitanja treba dodati fleksibilnost, efikasnost, smanjenje troškova održavanja i povećanja pouzdanosti rada, pratiti – razvoj tehnologije i poboljšanja itd. Sve ovo su polazni parametri za uvođenje SCADA sistema, u gore navedenim oblastima. Ako posmatramo računarstvo i upravljanje sistemima tj. SCADA sistem nameću se pitanja: Šta se podrazumeva kao najprostiji primer SCADA sistema? Gde se upotrebljava, kako se koristi itd? U ovom radu se mogu naći odgovori na ova pitanja.

Metode koje su korišćene u ovom radu su: metoda prenosa podataka (kombinacija komunikacione tehnologije), metoda koja se koristi za pristup, manipulaciju i kontrolu podataka (informacija) iz SCADA opreme u sistemu mreže, i metoda za poboljšanje SCADA sistema u realnom vremenu (procena rizika i greške u sistemima).

## 1.1 Definisanje SCADA sistema

Postoji više sličnih definicija SCADA sistema i neke od njih će ovde biti navedene:

- SCADA (engl. Supervisory Control And Data Acquisition) predstavlja sistem za merenje, praćenje i kontrolu industrijskih sistema.<sup>1</sup>
- SCADA sistemi su visoko distribuirani sistemimi za kontrolu geografsko rasutih objekata, često rasuti po hiljada kvadratnih kilometara, gde su centralizovano prikupljanje podataka i kontrola kritični za rad sistema<sup>2</sup>
- SCADA je sistem koji služi za automatizaciju opštih procesa, odnosno koji se koristi za prikupljanje podataka sa senzora i instrumenata lociranih na udaljenim stanicama i za prenos i prikazivanje tih podataka u centralnoj stanici u svrhu nadzora ili upravljanja<sup>3</sup>
- SCADA sistem je akronim od Supervisory Control And Data Acquisition (prikupljanje podataka nadzor, praćenje i (upravljanje) i podrazumeva ceo spektar opreme, sistema i rešenja koja omogućavaju prikupljanje podataka o nekom procesu - udaljenom sistemu, obradu istih, nadzor, i u pojedinim slučajevima, i reagovanja na adekvatan način.<sup>4</sup>

SCADA je sistem koji služi za automatizaciju opštih procesa, odnosno koji se koristi za prikupljanje podataka sa senzora i instrumenata lociranih na udaljenim stanicama i za prenos i prikazivanje tih podataka u centralnoj stanici u svrhu nadzora ili upravljanja.

Klasičan SCADA sistem orijentisan je ka upravljanju industrijskim procesima ili automatizaciji laboratorija i odlikuje se malom dislokacijom pojedinih SCADA elemenata, pouzdanijim izvršenjem komunikacionih aktivnosti, i mnogo većim stepenom automatizacije upravljačkih aktivnosti. Složeniji SCADA sistem je nazvan (engl. Wide Area SCADA). Ono što karakteriše projektovanje WASCAD sistema je da u osnovi leži projektovanje mreže za otvorene sisteme.

---

<sup>1</sup> <http://sr.wikipedia.org/wiki/SCADA>

<sup>2</sup> Recommendations of the National Institute of Standards and Technology Keith Stouffer Joe ,Falco Karen Kent

<sup>3</sup> Industrijski sistemi i protokoli – SCADA

<sup>4</sup> Osnove prikupljanja podataka, Dragan Marinković

Razmenom podataka između dva ili više nezavisnih SCADA sistema koji kontrolišu različite segmente istog tehnološkog procesa ili privrednog sistema stiče se celokupna slika o njegovom stanju. Poslednji u hijerarhiji nadzora je čovek, tako da je naglasak na kvalitetnom nadzoru – superviziji procesa.

Najpriznatija definicija za ovaj rad bi bila: Pod nadzorno – upravljačkim sistemom (SCADA) podrazumeva se skup namenskih, prostorno distribuiranih, međusobno povezanih računarskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenje funkcija nadzora i/ili upravljanja fizičkim procesom u realnom vremenu. SCADA sistem sadrži mrežu računara (distribuiranih) sa zadatkom da u određenom vremenskom periodu prikupe podatke iz industrijskog postrojenja, na osnovu njih izvrše upravljačke zadatke.

## 1.2 Značaj i ciljevi SCADA sistema

Sistem za nadzor i upravljanje predstavlja ruke i oči privrednih oblasti. Svaka privredna oblast (vodoprivrede, energetike...) zahteva pouzdanost, raspoloživost, tačnost merenje velikog broja parametara, sinhronizaciju informacija, bezbednost itd. Jedno od ključnih značaja je sposobnost SCADA-e da prati čitav sistem u realnom vremenu, zatim prikupljanje podataka o nekom procesu - udaljenom sistemu, obradu istih, nadzor, i u pojedinim slučajevima, i reagovanja na adekvatan način. SCADA stvara bolju i jednostavniju regulaciju sistema čime ne samo da se optimizuju procesi kontrole, već se i postižu uštede i čuva životnu sredinu. Zahvaljujući efikasnim sistemima nadziranja i alarmiranja, mogu da se izoluju i reše problemi – čak i pre nego što korisnik postane svestan njihovog postojanja. Za SCADA sistem možemo reći da je brz, siguran i pouzdan i snimljeni podaci kreiraju pečat vremena ili istoriju. Ciljevi uvođenja SCADA sistema su:

**1. Smanjenje troškova proizvodnje.** Ono se ostvaruje na dva načina. Prvi je vezan za manji obim potrebne radne snage, smanjenje troškova prevoza, efikasnije korišćenje raspoloživih proizvodnih resursa, povećanje kvaliteta proizvodnje, i sl. Drugi aspekt se ogleda u povećanom stepenu sigurnosti izvršenja tehnoloških procesa.

**2. Raspoloživost i integritet sistema.** Od sistema SCADA se očekuje otpornost na greške, i što duže obezbeđenje kontinualnog rada. Decentralizacija sistema, distribucija fizičkih elemenata, podataka i upravljačkih funkcija AUS u mnogome doprinose ostvarenju ovih zahteva.

**3. Fleksibilnost i proširivost sistema.** Modularnost fizičkih i programskih elemenata AUS, kao i jasno definisane sprege ("interface") između njih, su osnovni uslovi za postizanje ovog cilja.

**4. Pouzdanost sistema SCADA uslovljena je pouzdanošću njegovih sastavnih komponenti.** Izražava se preko srednjeg vremena između ispada MTBF – *Mean Time Between Failure*. Savremena tehnologija obezbeđuje vrlo pouzdane komponente čija vrednost MTBF prelazi preko 100.000 časova. Za pretvarače fizičkih veličina (senzore) važan parametar je vremenska stabilnost njihovih karakteristika, tj. vreme u kom je neophodno izvršiti njihovu rehabilitaciju.

### 1.3 Osobine SCADA sistema

Karakteristične osobine SCADA sistema su:

- Pristup kvantitativnom određivanju važnih procesa
- Otkrivanje i ispravljanje problema čim počnu
- Merenje trendova tokom vremena
- Otkrivanje i eliminisanje uskih grla i neefikasnosti
- Kontrola većih i složenijih procesa sa manjim brojem stručnih osoba.

SCADA sistem daje moć da se fino podesi sistem. Može se postaviti više senzora i vršiti kontrola u svakoj kritičnoj tački u procesu. Kako bi se pratilo više stvari, SCADA omogućuje detaljniji prikaz vašeg poslovanja, i što je najvažnije, sve to u realnom vremenu. Dakle, čak i za vrlo složene procese proizvodnje, velike električne sisteme itd, možete da imate pregled svakog događaja, dok se to dešava, a to znači da imate znanje iz baza iz koje se mogu ispravljati greške i poboljšati efikasnosti. Sa SCADA sistemom, možete da uraditi više, sa manje troškova, i sa pružanjem direktnog povećanja profitabilnosti.

## 1.4 Oblasti gde se koristi SCADA sistem

SCADA sistemi se koriste za automatizaciju složenihi industrijskih procesa, gde je nepraktična ljudska kontrola – sistema u kojima ima više kontrolnih faktora, pogotovo ako se zahtevaju brže kontrole. Širom sveta, SCADA sistema se upotrebljava za:

- Prenos i distribuciju električne energije: Elektrodistribucija koristi SCADA sistem za praćenje potrošnje energije u elektromreži kao i praćenje elektro objekata, održava dobar napon u mreži (uključuje i isključuje manji ili veći napon), vrši balans i kontrolu opterećenja, vrši daljinsko merenje (čita podatke sa broila), detektuje kvar u elektro mreži itd...
- Vodovod i kanalizaciju: U državnim i opštinskim vodovodima SCADA system služi za praćenje i regulisanje protoka vode, nivoa vode u rezervoaru, praćenje pritiska u cevima i drugih faktora.
- Zgrade, objekte i okruženje: Na objektima menadžeri koriste za kontrolu SCADA-KGH, rashladne jedinice, osvetljenje i unos sistema.
- Proizvodnju: SCADA sistem služi za upravljanje zalihama delova, za "just-in-time" proizvodnju, regulisanje industrijske automatizacije i robota, i praćenje procesa i kontrole kvaliteta.
- Masovni transport: U prevozu se koristi SCADA da reguliše struju u podzemnim železnicama, tramvajima i trolejbusima, da automatizuju signale saobraćaja železničkog sistema, da biste pratili i locirali vozove i autobuse, a za kontrolu prelaska pruge kapije.
- Saobraćajne signale: SCADA reguliše semafore, kontrola saobraćaja i otkriva van reda signala.

Kao što se vidi iz priloženog, ovo je kratak spisak za sve potencijalne zahteve za SCADA sistem. SCADA se koristi u skoro svakoj industriji i javnoj infrastrukturi svuda gde se povećava efikasnost automatizacije. Šta više, ovi primeri ne pokazuju koliko dubok i složen SCADA sistem može biti. U svakoj industriji, menadžeri moraju da kontrolišu više faktora i interakcija između tih faktora. SCADA sistemi obezbeđuju očitavanje mogućnosti i računarske moći da prate sve što je relevantno za poslovanje.

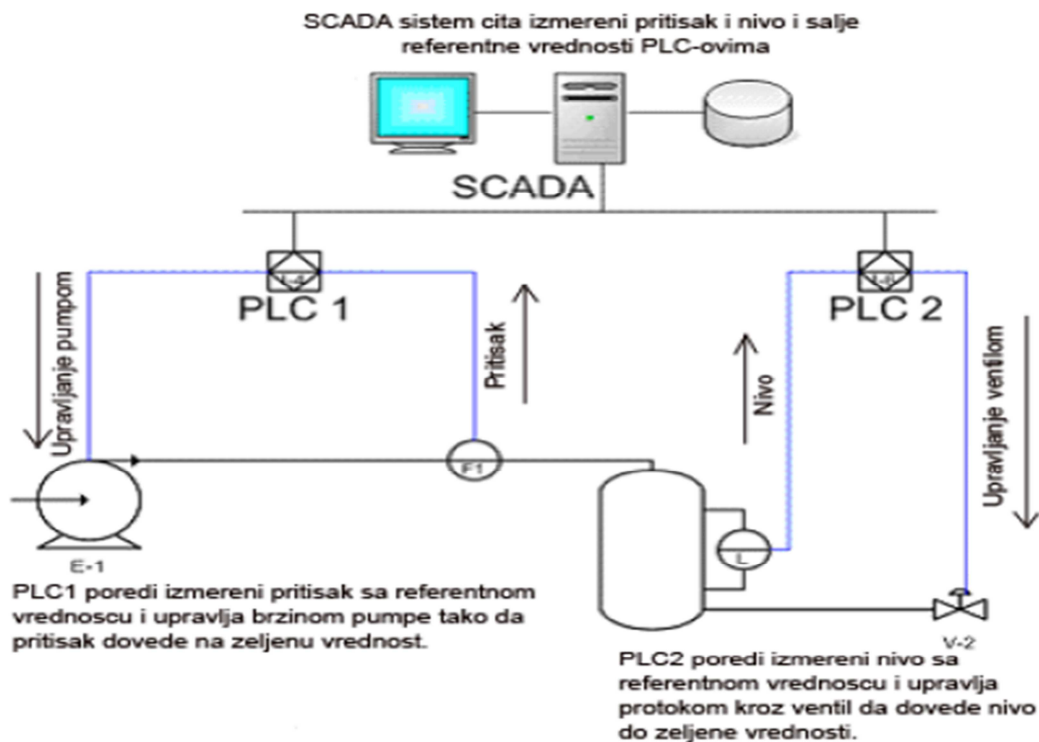
## 2. SCADA sistem

SCADA sistemi nude sledeće osnovne funkcije: akvizicija podataka, nadzor i procesiranje događaja, upravljanje procesom, hronologija događaja i analiza, vizuelizacija procesa, proračuni i izveštaji, dodatne funkcije po zahtevu korisnika. Ove funkcije obavljaju četiri vrste SCADA komponentata.

- Senzori (bilo digitalni ili analogni), i kontrola releja koji direktno sa interfejsa upravlja sistemom.
- Telemetrijske jedinica (RTU). To su male kompjuterske jedinice razmeštene na terenu u određenim lokacijama. RTU (telemetrijske jedinice) služe kao lokalni sabirni punktovi za priključivanje izveštaja iz senzora i isporuku komande za kontrolu releja.
- SCADA – Master jedinica to su veći računari kojima konzola služi kao centralni procesor za SCADA sistem. Master jedinice obezbeđuju ljudski interfejs za sistem i automatski reguliše sistem upravljanja kao odgovor na senzor ulaza.
- Komunikacijske mreže koji povezuje SCADA – master jedinicu RTU na terenu.

Prikupljeni podaci se obično posmatraju na jednom ili više SCADA računarima u centralnoj (glavnoj) stanici. SCADA sistem u realnosti može da prati i upravlja do stotinama hiljada ulazno – izlaznih vrednosti. Uobičajeni analogni signali koje SCADA sistem nadzire (ili upravlja) su nivoi, temperature, pritiska, brzine protoka i brzine motora. Tipični digitalni signali za nadzor (upravljanje) su prekidači nivoa, prekidači pritiska, status generatora, releji i motori. Kao što joj i samo ime kaže, SCADA nema potpunu kontrolu nad sistemom, već je više fokusirana na nivou nadgledanja i nadziranja. Kao takva, ona je softverski paket koji je pozicioniran na samom vrhu hardvera na koji se odnosi, uglavnom preko PLC-a ili drugog komercijalnog hardverskog modula.

SCADA sistemi se koriste ne samo u većini industrijskih procesa kao što su pravljanje čelika, proizvodnja i distribucija struje (konvencionalne i nuklearne), praćenje i kontrola hemijskih transportnih procesa, gradskih vodovodnih sistema već takođe sve više i u svakodnevnom životu. SCADA sistemi su postigli suštinski napredak tokom proteklih godina u smislu funkcionalnosti i performansi (slika 1).



**Slika 1. Mesto SCADA sistema u primeru upravljanja**

Termin SCADA se obično odnosi na centralni sistem koji nadgleda i kontroliše čitavu fabriku ili sistem koji je raspoređen na velike daljine (kilometrima). Najveći deo kontrole jedne stanice se vrši automatski od strane PLC-a. Glavne kontrolne funkcije su skoro uvek zabranjene kontroleru u stanici. Na primer, PLC može da kontroliše protok vode za hlađenje kroz deo industrijskog procesa, SCADA sistem može da dozvoli operateru da promeni zadatu vrednost protoka i može da snima i prikazuje bilo koja alarmna stanja, kao što su gubitak pritiska ili visoka temperatura. Prikupljanje podataka počinje na nivou PLC-a i uključuje očitavanje veličina i statusa. Zatim se podaci koji su potrebni šalju na SCADA sistem, gde se prevode i formatiraju na takav način da operater u kontrolnoj sobi uz pomoć interfejsa može na osnovu njih, doneti odgovarajuće odluke koje mogu biti potrebne da bi se podesile ili prepisale normale PLC-ove kontrole. Podaci se, takođe, mogu čuvati u istorijatu, koji je često podržan bazom podataka, radi prikaza trendova i drugih analitičkih radnji.

SCADA sistem tipično implementira distribuiranu bazu podataka, koja se često zove baza tagova, koja se sastoji od elemenata zvanih tačke ili tagovi. Tag predstavlja jednu ulaznu ili izlaznu vrednost koja se prati ili kojom se upravlja od strane sistema. Tagovi mogu biti "hard" (tvrdi) ili "soft" (meki). Tvrdi tag predstavlja stvarnu vrednost ulaznog ili izlaznog signala, dok je meri tag rezultat logičkih i matematičkih operacija primenjenih na tvrdi tag. Vrednost tagova obično se čuvaju kao kombinacija vrednost-vreme; vrednost i vremenski trenutak kada je ta vrednost snimljena ili izračunata. Serija vrednost-vreme kombinacija je istorijat tog taga.

SCADA računar industrijski PC na kome se izvršava soficerani SCADA HMI softver. HMI (Human-Machine Interface – sprega između čoveka i računara) je aparat koji procesne podatke predstavlja operateru i kroz koji operater kontroliše proces. Osnovni interfejs operatera je skup grafičkih ekrana koji prikazuju derivacijskog stabla mnoštva takvih ekrana.

HMI industrija je u osnovi stvorena iz potrebe za standardizacijom načina praćenja i kontrolisanja udaljenih kontrolora sa više pozicija, PLC-ova i drugih kontrolnih uređaja. Dok PLC-ovi omogućavaju automatsko, pre-programsko vođenje procesa, oni su obično raštrkani po celoj fabrici, čime je ručno prikupljanje podataka sa njih otežano. Stari PLC-ovi nemaju standardizovan način prikazivanja informacija operateru. Dotle SCADA sistem prikuplja informacije sa PLC-ova i drugih kontrolera preko neke vrste mreže, zatim kombinuje i formatira te infromacije. HMI može takođe biti povezan sa bazom podataka da bi obezbedio prikazivanje trendova, dijagnostičkih podataka i menadžerskih informacija. Tri komponente SCADA sistema su:

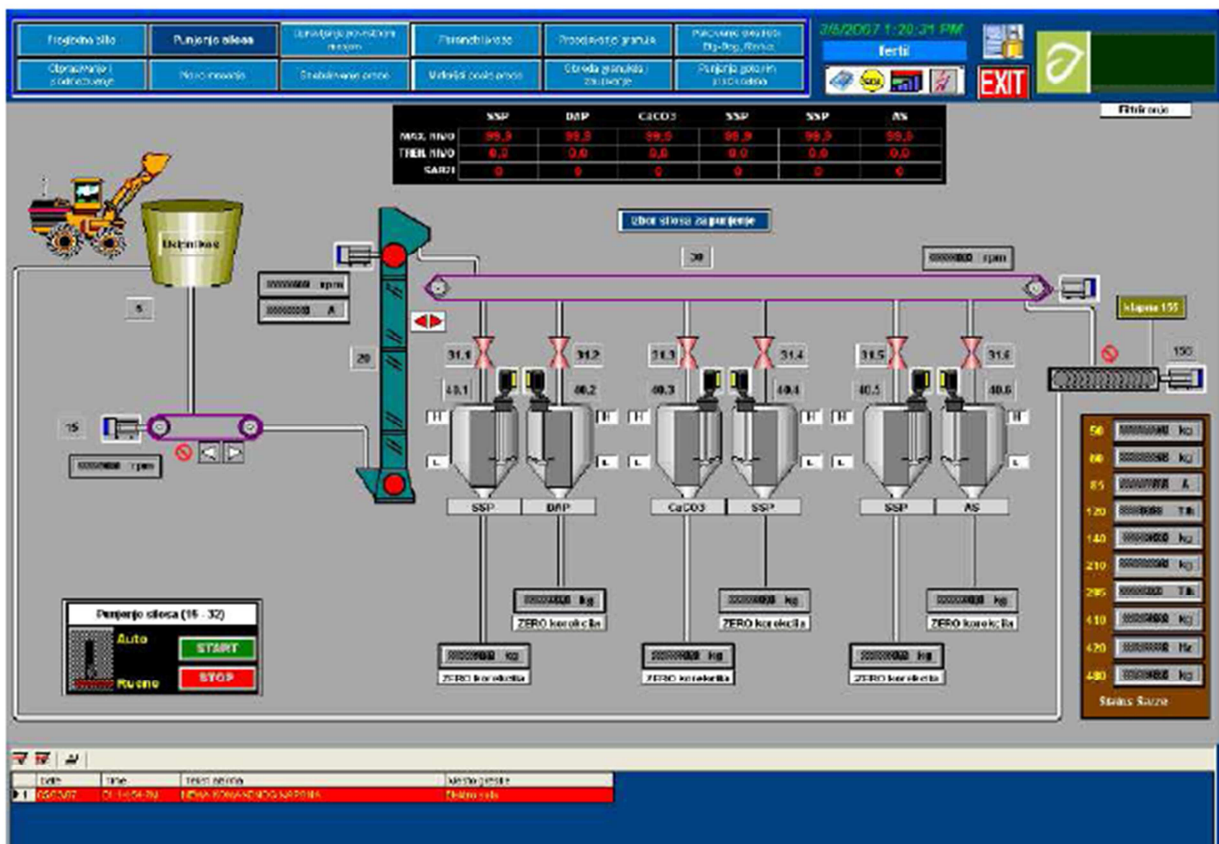
- Višestruke udaljene terminalne jedinice PLC-ovi
- Glavna stanica (Master Station) I HMI kompjuter
- Komunikacijska infrastruktura.

Termin "glavna stanica" se odnosi na serveri i na softvere za komunikaciju sa opremom, a onda i na HMI softver koji se izvršava na jednom ili više računara kontrolnoj sobi, ili negde drugde. U manjim SCADA sistemima, glavna stanica može biti samo jedan PC računar, dok u većim SCADA sistemima, glavna stanica se može sastojati od više servera i distribuiranih softverskih aplikacija.

SCADA sistem obično prezentuje informacije operateru u obliku mimičkih dijagrama, slika 2. To znači da operater može da vidi šematsko, predstavljanje fabrike koju kontroliše.

Na primer slika pumpe koja je povezana na cevima može operateru pokazati da pumpa radi i koliko tečnosti pumpa kroz cev u tom trenutku.

Operater tada može da isključi pumpu. HMI softver će prikazati smanjivanje brzine protoka tečnosti u cevi u realnom vremenu. Mimički dijagrami se mogu sastojati od linijske grafike i šematskih simbola koji predstavljaju procesne elemente, ili se mogu sastojati od digitalnih fotografija procesne opreme prekrivenim animiranim simbolima. Vreme potrebno da se stigne do udaljenih stanica, da se prikupe podaci ili da se izdaju naredbe, da se preispitaju ručno uneti podaci, ispišu izveštaji ili izvrše bilo koje od funkcija koje pruža SCADA sistem, je u činjenici veoma znatno važno. Koristi od uštede vremena su daleko veće od skraćanja ljudskih radnih sati – brze reakcije na alarme, blagovremene akcije i naredbe imaju i visoku novčanu vrednost. Primarna svrha SCADA sistema je da unapred daju upozorenje na problem koji može nastati



Slika 2: Primer SCADA sistema koji se izvršava na računaru

Pre nego što su SCADA sistemi (sa telemetrijom) implementirani, gomila udaljenih stanica je imala ljudstvo ili su ih inspekcije često posećivale. Uvođenjem SCADA sistema potreba za ljudstvom je uveliko smanjena što čini osnovni ekonomski pokretač za implementaciju upravo tih sistema u prvom velikom talasu sveobuhvatnih sistema u sedamdesetim i osamdesetim godinama.

## **2.1 Istorijat SCADA sistema**

SCADA je najverovatnije logična posledica razvoja telemetrije iz prve polovine dvadesetog veka. Raketna i avio tehnologija nisu bile u stanju da priušte ljudstvo koje bi istraživalo planetarne podatke o vremenu. Stanice sa ljudima na površini Zemlje kao što su svetionici, pošte, meteorološke stanice i sl. su mogle da prikupljaju i prate meteorološke podatke. Međutim, za preciznu vremensku prognozu, bile su potrebne mnogo preciznije informacije iz atmosfere. Tako su se javila dva pitanja koja su zahtevala odgovore:

1. Kako se precizni podaci mogu prikupljati iz atmosfere i slati ka postrojenjima na Zemljinoj površini?
2. Kako se podaci mogu prikupljati iz mnogo položaja i snimati u centralizovanoj lokaciji kako bi se tu analizirali i tako predvidele vremenske prilike?

Do rešenja se došlo po ugledu na železničke kompanije koje su koristile telemetrijske uređaje. Železnice su koristile telemetriju u svrhu prikupljanja podataka o lokaciji vozova i položaju skretnica. U toku ovog vremena, napredak u radio tehnologiji je doveo do uklanjanja potrebe za postavljanjem stotine kilometara žica. Razvitak u korekciji grešaka i kompresiji podataka omogućio je da više informacija bude pouzdano poslato putem radio talasa. Tokom dvadesetog veka, sve više industrija, kao što su automatizovane fabrike, gasna, električna i vodena postrojenja, su počele da koriste telemetrijski sistem za nadzor procesa i udaljenih stanica. Dvosmerna radio komunikacija je postala uobičajena u ranim šezdesetim. Tada su izračunavanja u velikim računarskim stanicama postala paradigma. Terminali bez sopstvene inteligencije su koristili računarske stanice za izvršavanje proračuna i čuvanje podataka. Ovaj metod je prevaziđen u ranim osamdesetim sa razvojem mikrokompjuteru.

Era mikrokompjuteru je dozvolila da informacije i inteligencija budu korisnicima nadohvat ruke. Mikrokompjuteri su omogućili da upravljanje procesom bude distribuirano između udaljenih stanica, oslobađajući ih zavisnosti od centralne računarske jedinice.

Do kasnih osamdesetih, industrija je počela da prelazi u eru distribuiranih sistema. Ova era je okarakterizovana integracijom WAN-a (*Wide Area Network*) i LAN-a (*Local Area Network*), otvorenim standardima i modelovanjem relacionih informacija. U kasnim devedesetim, se pojavila nova era kompjutera opisana kao era sveprisutnosti.

Ovo je vreme kada su svi tipovi mrežnih konfiguracija, WAN i LAN postali shvatljivi. U toku ove ere, potreba za "master-slave" SCADA sistemom je značajno smanjena. Sada programabilni jezički kontroleri imaju mogućnost prikupljanja podataka i upravljanja lokalnim stanicama. Tako su se počeli menjati i korisnici SCADA sistema. Industrije tipa električnih postrojenja su zadržale centralizovanu filozofiju. Međutim, kompanije za proizvodnju nafte i gasa su prešle na više decentralizovan način, vraćajući kontrolu u ruke operatera specijalista. To je dovelo do novog trenda među programerima SCADA sistema. Dok su aktuelni sistemi naginjali ka programiranju logike za PLC lociran na udaljenim stanicama, razvijan je novi metod vraćanja koda pod kontrolu centralne jedinice.

Od samog početka u šezdesetim, SCADA je shvaćena kao sistem čiji su glavni interes bili ulazi i izlazi sa udaljenih terminalnih jedinica (*Remote Terminal Units - RTU*). U ranim sedamdesetim je razvijen DCS (*Distributed Control System*). ISA S5.1 standard definiše DCS kao sistem koji se iako funkcionalno integrisan, sastoji od podistema koji mogu biti fizički razdvojeni i udaljeni jedan od drugog. DCS je prvobitno razvijen prema potrebama velikih preduzeća i procesnih postrojenja koji su zahtevali znatnu količinu analognog upravljanja.

Linija između SCADA sistema i DCS-a je znatno izbledela u kasnim devedesetim. SCADA sistemi su posedovali sposobnosti DCS-a i DCS je posedovao sposobnosti SCADA sistema. Sistemi su, jednostavno, prilagođeni operacijama kojima upravljaju. Sistemi instalirani u sedamdesetim i osamdesetim se danas obično zovu "Sistemi Dinosauri". Bili su veliki, skupi i vladali su planetom. Proizvođeni i instalirani od strane jedne kompanije koje su imale svoju liniju opreme (dizajniranu i proizvedenu "in-house") i softver i bile su odgovorne za inženjering, konfiguraciju, komunikacijsku mrežu, instalaciju i komisiju.

Današnji sistemi još zadržavaju zaveštanje od dinosaurus. Prosto rečeno većina SCADA sistema u ovom trenutku je u stanju tranzicije od ranijih sistema do mnogo otvorenijih sistema sa višestrukim dobavljačima i pružaocima usluga. Većina sistema se sastoji od brojnih komponenti različitih funkcionalnosti i starosti. Današnji sistemi su rezultat nove arhitekture glavne stanice ili sistema komunikacija nametnutih na prethodni sistem. Postoji jak pomak ka "otvorenim" standardima i želja da se preuzme prednost tehnološkog napretka koju pređašnji sistemi "dinosaurusi" nisu bili sposobni da prihvate

Plan je da se eventualno dođe do fleksibilne arhitekture glavne stanice korišćenjem otvorenih protokola za komunikaciju sa RTU koji se mogu birati od različitih dobavljača. U naganjanju da se postignu otvoreni standardi mnogi SCADA korisnici su otkrili da to i nije tako lako kao što se mislilo. Postoji problem inkorporacije vlasničkih standarda zaveštanih sistema. Otvoreni standardi imaju različite stepene prihvatanja i uspešnosti. U komunikaciji između mastera i RTU-a postoji rat između DNP3 i IEC standarda. Ponekad čak i veliki novi standard koji je promovisan kao rešenje za sve (UCA2) nestaje sam od sebe.

## **2.2 SCADA podsistemi**

Pri realizaciji nadzorno-upravljačkih sistema primenom SCADA softvera pretpostavlja se da postoji postrojenje sa pratećom mernom opremom i izvršnim organima, da je data tehnološka šema i opis postrojenja, kao i elektro projekat na nivou postrojenja. Tada se SCADA softver projektuje tako da omogući jednostavno specificiranje svih elemenata sistema, kao i jednostavno projektovanje operatorskog interfejsa i dispečerskih stanica. Pri tome se mora specificirati način komunikacije, čvorovi u mreži, vreme skeniranja pojedinih stanica ili pojedinih signala u stanici, kao i skup (baza) podataka koji se prati i obrađuju. Iako SCADA softveri razvijaju različiti proizvođači iz analize dostupnih sistema mogu se uočiti sličnosti u njihovoj arhitekturi. Takođe se može primetiti postojanje sličnih podsistema prikazanih na slici 3 kao što su:

**1. Podsystem za definisanje veličina** u kome se definišu veličine i njihove osobine kao što su gornja i donja granica vrednosti veličine, vreme očitavanja, itd. Ulazne veličine predstavljaju vrednosti izmerenih fizičkih veličina iz procesa, a izlazne veličine vrednosti koje se šalju ka upravljačkim uređajima. Često se mogu definisati i memorijske veličine (koje služe za proračune) i systemske veličine koje su specifične za upotrebljeni program.

**2. Podsystem za alarme** koji služi za definisanje i prikaz alarmnih stanja u sistemu. Alarmna stanja mogu predstavljati nedozvoljenu ili kritičnu vrednost veličine kao i nedozvoljenu akciju ili komandu operatera. Svaki alarm ima svoje osobine kao što su nivo ozbiljnosti alarma, mesto nastanka, kategorija, poruka koja se vezuje za alarm i slično. Podsystem za alarme omogućuje promenu stanja alarma putem operacije potvrde i brisanja.

**3. Podsystem za prikaz trendova** u kome se prikazuju poslednje promene vrednosti veličina (trendovi u realnom vremenu) i istorijat promene vrednosti veličina u toku dužeg vremenskog perioda (histogrami). Dobro osmišljeni podsystemi za prikaz trendova omogućuju i uporedni prikaz više veličina kao i arhiviranje dijagrama.

**4. U podsystemu za izveštaje** se formiraju izveštaji o promenama vrednosti veličina, alarmima, akcijama operatera i ostalim aspektima rada postrojenja.

**5. Grafički podsystem** prikazuje stanje postrojenja u obliku koji je najpregledniji za čoveka (operatera) kako bi on mogao pravovremeno odreagovati na promenu stanja sistema. Osnovna ideja je da se letimičnim pogledom na ekran uoče nepravilnosti u radu postrojenja, da bi se brzo reagovalo i sprečilo neželjeno ponašanje.

Vrednosti veličina se najčešće prikazuju u obliku brojeva ili "dinamičkih slika", čime se olakšava uočavanje promena na slici. Pored prikaza stanja sistema grafički podsystem treba da omogući izvršavanje neke akcije od strane operatera. Na primer klikom miša na neki objekat može se pokrenuti izvršavanje nekog ranije definisanog makroa ili skripte. U većini dostupnih sistema omogućeno je pisanje makroa u VBA (*Visual Basic for Application*) programskom jeziku koji se odlikuje jednostavnom sintaksom.

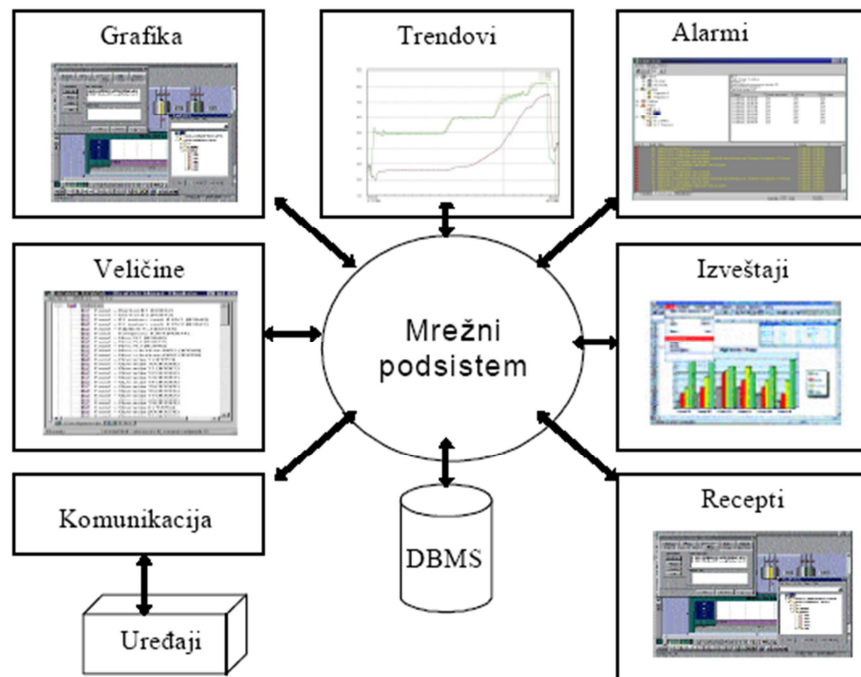
**6. Komunikacioni podsystem** omogućuje povezivanje SCADA sistema sa fizičkim uređajima koji vrše neposredan nadzor i upravljanje (PLC). Najčešće se ovo povezivanje vrši preko drajvera koji su razvijeni od strane proizvođača merne i upravljačke opreme.

U SCADA softverskim sistemima nezavisnih proizvođača postoji velika paleta drajvera za opremu različitih proizvođača, dok je kod proizvođača SCADA softvera i upravljačke opreme akcenat stavlja na drajvere za sopstvene uređaje.

**7. Podsystem za pristup bazama podataka** omogućuje trajno čuvanje i pregled podataka u relacionim bazama podataka. Ranija rešenja su beležila podatke u datoteke u nestandardnom obliku. Novija rešenja koriste neki od standardnih načina arhiviranja podataka koji omogućuju korisniku lak pristup podacima kao i pristup podacima iz drugih softverskih sistema. Na Microsoft Windows operativnim sistemima često se koristi ODBC (*Open Database Connectivity*) i nešto savremenija ADO (*ActiveX Data Object*) tehnologija. Upotreba ovih tehnologija omogućuje lakšu pretragu podataka kao i formiranje izveštaja pomoću SQL (*Structured Query Language*) jezika.

**8. Podsystem za recepture** omogućuje zadavanje više vrednosti veličina kao željene promene vrednosti veličina u vremenu.

**9 . Mrežni podsystem** omogućuje povezivanje ostalih podsystema SCADA programa. Brzina rada celog sistema u mnogome zavisi od programskog rešenja ovog sistema. Obično se rešenja oslanjaju na operativni sistem i koriste poznate protokole (transportnog nivoa). Jedna grupa rešenja koristi DDE (*Dynamic Data Exchange*) tehnologiju koja je jednostavna za korištenje a pokazuje dobre performanse u sistemima u kojima se prenosi mala količina podataka. U složenijim sistemima često je koriste sistemi distribuiranih objekata koji se zasnivaju na DCOM i CORBA tehnologijama.



Slika 3: Podsistemi SCADA sistema

## 2.3 Elementi i arhitektura SCADA sistema

SCADA sistemi obuhvataju širok spektar opreme, podsistema i tehničkih rešenja koji omogućavaju prikupljanje i obradu podataka o procesima, a zatim i reagovanje na adekvatan način. Upravljanje procesima može biti inicirano od strane operatera, a može biti i automatsko. SCADA sistem pripada klasi složenih hijerarhijskih sistema, a mogu se izdvojiti sledeće celine:

- Merna oprema i izvršni organi,
- Udaljeni U/I moduli,
- Udaljene stanice,
- Sistem za komunikaciju, i
- Centralna stanica.

Merna oprema i izvršni organi obuhvataju skup opreme koja je instalirana na odgovarajućim uređajima, na samom procesu koji SCADA sistem nadgleda i kojim upravlja.

Merna oprema obuhvata različite instalirane senzore koji mere različite fizičke veličine (sila, intenzitet svetlosti, temperatura, broj obrtaja, relativna vlažnost, dužina, brzina, nivo, slanost i drugo) i pretvaraju ih u električne signale, odnosno u oblik koji je čitljiv udaljenim stanicama. Pomoću merne opreme se dobijaju informacije o funkcionisanju procesa na osnovu kojih se može uticati na poboljšanje poslovnih performansi. Izvršni organi su uređaji koji sprovode odgovarajuće korekcije i upravljačke akcije.

Udaljeni U/I (ulazno/izlazni) moduli su instalirani na pojedinačnim elementima opreme a predstavljaju vezu između perifernih elemenata i računarskog sistema, koja se ostvaruje odgovarajućim sistemom komunikacija.

Udaljene stanice su nezavisni mikroprocesorski uređaji koji obezbeđuju komunikaciju između merne opreme, centralne stanice i izvršnih organa. Podaci sa merne opreme se prenose ka centralnoj stanici a iz centralne stanice se upravljačke komande prenose ka izvršnim organima. Udaljena stanica nadzire i status procesne opreme i signalizira odgovarajuće alarme i u pitanju su obično programabilni logički kontroleri PLC, Programmable Logic controller, koji poseduju aplikativni softver, mikroprocesor i komponente za kontrolu aktiviranja nekog uređaja.

PLC su specijalizovani računari čiji operativni sistem omogućava da se jednostavno i u realnom vremenu obavi akvizicija velikog broja podataka, njihova osnovna obrada i prenos rezultata obrade na izvršne organe.

Sistem za komunikaciju obezbeđuje prenos informacija između dispečerskog centra i udaljenih stanica. Komunikacija između udaljenih stanica i centralne stanice, kao i između samih centralnih stanica, se odvija preko komunikacionog medijuma u zavisnosti od mogućnosti i zahteva korisnika. Lokalne mreže se zasnivaju na različitim topologijama (*point to point* – zvezde, otvorene – magistrale i zatvorene – prsten). U cilju formiranja snažnog informatičkog SCADA čvora, moderni SCADA sistemi kombinuju različite komunikacione medijume i topologije.

Centralna stanica predstavlja centralno mesto SCADA sistema i obično je opremljena PC računarom ili nekim snažnim računarskim sistemom na kome se realizuje nadzor i upravljanje procesom. Ti računari su podržani aplikacijom tipa MMI, *Man Machine Interface*, koja omogućava interaktivan dijalog operatera sa računarom za konkretan sistem nadzora i upravljanja.

Osnovu za donošenje odluka i upravljanje na ovom nivou čine podaci koji se prikupljaju sa udaljenih stanica i to periodično, inicirano određenim događajima ili na zahtev operatera. Svi podaci se čuvaju u bazi podataka odakle se radi njihova prezentacija i generisanje upravljačkih akcija. Na centralnoj stanici se definišu i prenose referentni signali, sinhronizuju funkcije pojedinih podsistema, zadaju se recepture, određuju reakcije na pojedine alarme, optimiziraju algoritmi i drugo.

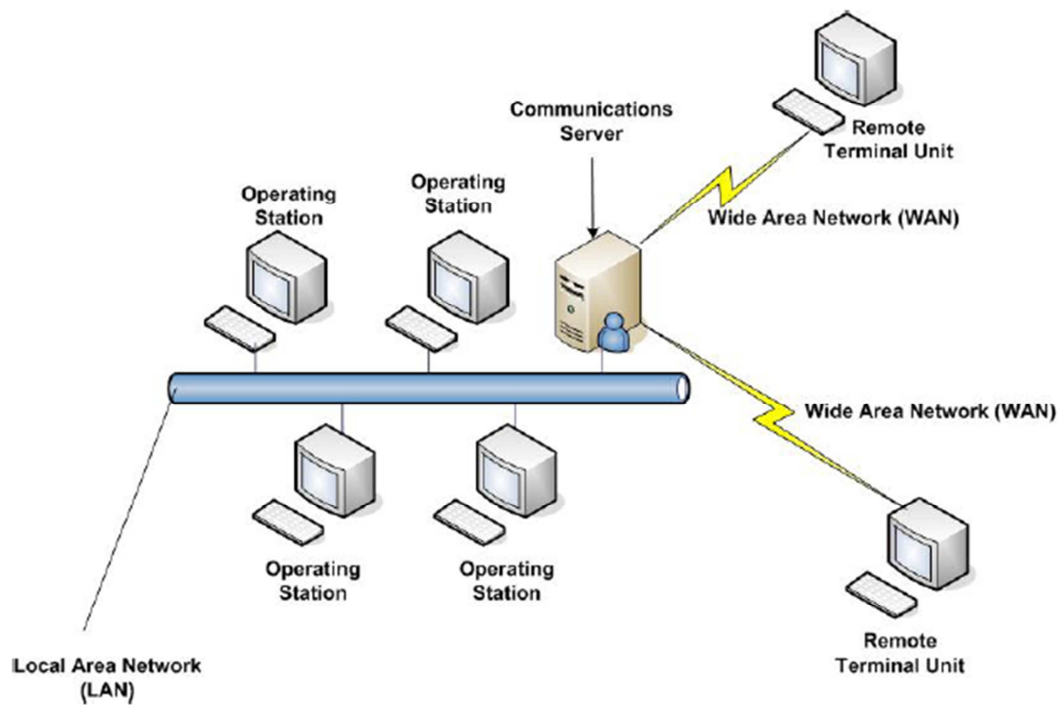
Jedna od osnovnih karakteristika SCADA sistema je centralizacija najprioritetnijih funkcija na nadzorno upravljačkoj jedinici. Programska podrška u udaljenim stanicama osigurava akviziciju podataka i lokalno upravljanje procesom do nivoa koji se zadaje sa centralne stanice, ali se iniciranje svih kontrolnih funkcija i krajnja verifikacija njihovog izvršenja vrši u centralnoj stanici. Postoje različiti tipovi arhitekture SCADA sistema, a neki od njih su:

- Centralizovan sistem.
- Distribuirani sistem.
- WASCAD sistem.

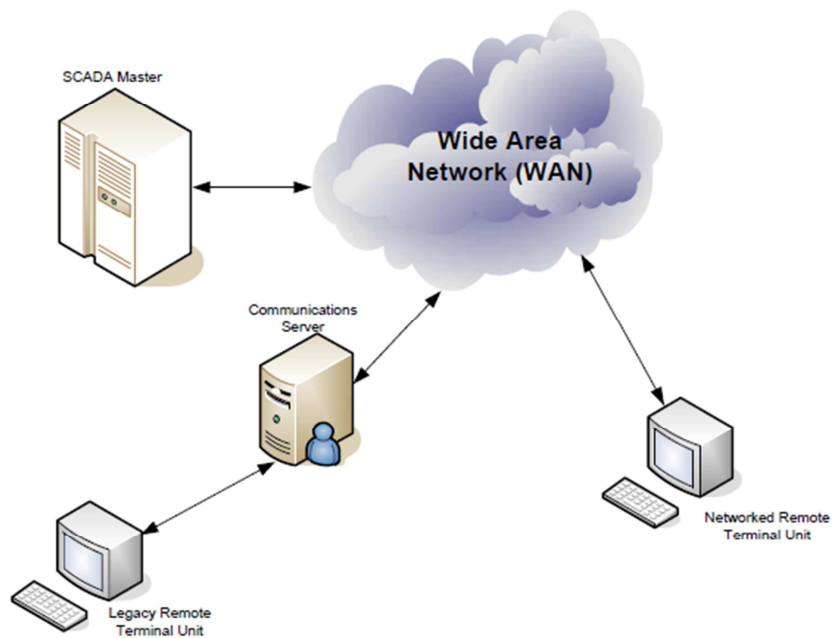
Centralizovani sistem podrazumeva skup opreme i mernih uređaja koji su direktno povezani sa centralnim računarom, koji prima i obrađuje informacije, radi nadzor i upravlja procesom.

Distribuirani SCADA sistem obuhvata skup udaljenih stanica koje su povezane lokalnom radio mrežom sa upravljačkim centrom, odakle se realizuje nadzor i upravljanje procesima.

WASCAD sistemi podrazumevaju geografski distribuirane SCADA sisteme koji funkcionišu po principu server–klijent ili server–server. Razmenom podataka između dva ili više nezavisnih SCADA sistema, koji kontrolišu različite segmente istog tehnološkog procesa ili privrednog sistema, stiče se celovita slika o njegovom stanju. WASCAD je orijentisan na upravljanje kompleksnim poslovnim sistemima kod kojih je akcenat na hijerarhijskoj strukturi i superviziji procesa, zbog složenosti procesa i mogućnosti grešaka u komunikaciji. Na slici 4 je prikazan distribuirani SCADA sistem, dok je na slici 5 prikazan WASCAD sistem.



Slika 4. Distribuirani SCADA sistem.

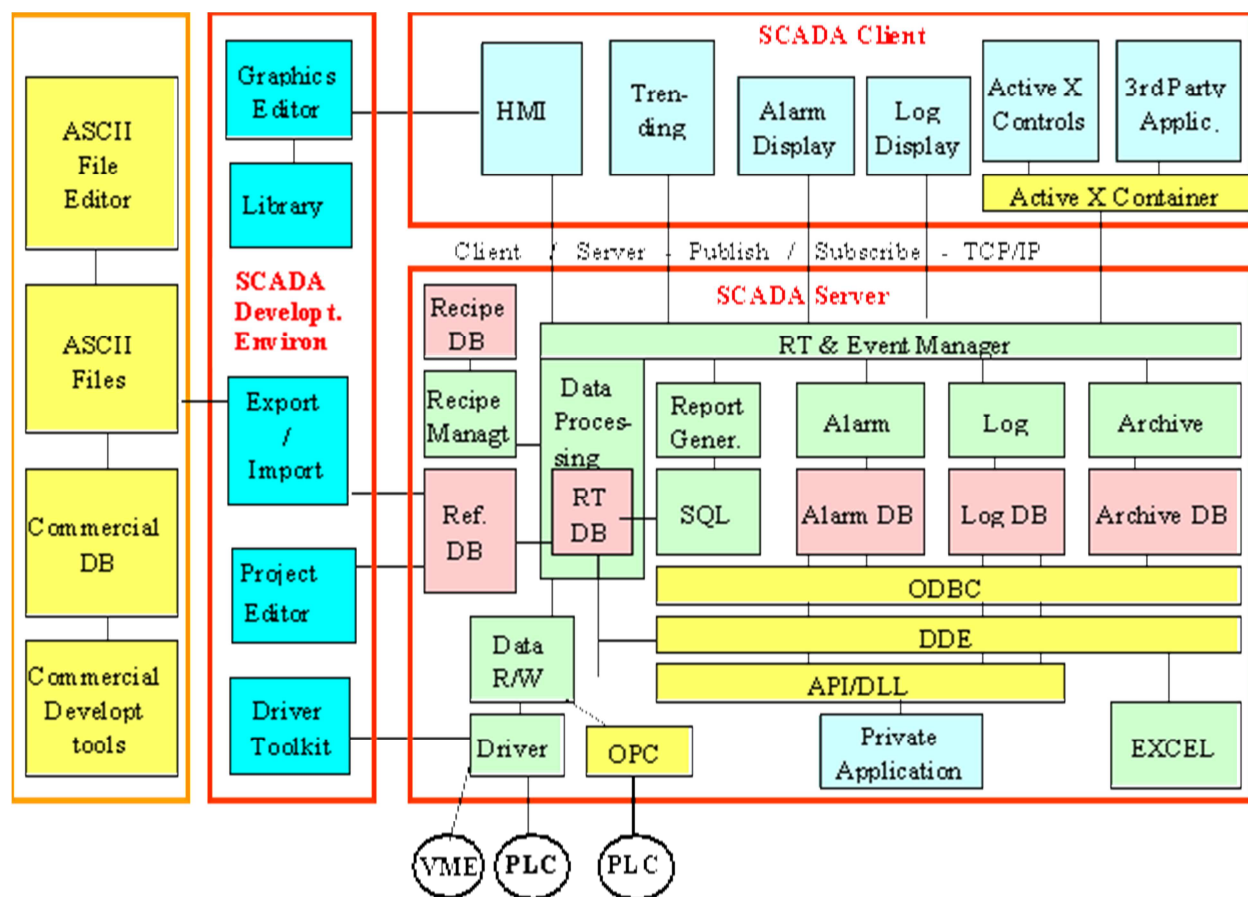


Slika 5. WASCAD sistem.

## 2.4 Komunikacija SCADA sistema

**Unutrašnja komunikacija** - Klijent-server i server-server komunikacija sa event-driven (upravljanje događajem) bazira, i koristi TCP / IP protokol za komunikaciju. Klijent opiše parametar koji ima pojedini server, i samo promene tog parametra se vraćaju klijentu.

**Pristup uređajima** - Serveri periodični čitaju podatak sa kontrolera. Brzina čitanja može biti različita za različite parametre. Kontroler daje zahtevni parametar serveru. Ako kontroler i komunikacioni protokol koriste asinhroni prenos tada će ga i proizvodi takođe podržavati. Proizvodi omogućavaju komunikacione driver-e za većinu PLC-ova i široko rasprostranjene sabirnice. Data server može podržavati više komunikacijskih protokola, onoliko koliko ima slobodnih mesta za komunikacione kartice. Za razvoj novih drajvera potrebno je 2-6 nedelje u zavisnosti od kompleksnosti i sličnosti sa postojećim drajverima, i za to se koristi driver development toolkit (upravljački program razvojni alata).



Slika 6. Komunikacija SCADA sistema

Za SCADA sistem potrebna nam je komunikacija koja se obavlja između centralnog računara i udaljenih mernih jedinica, a zasnovana je na „master-slave“ režimu rada. Ovo su tipični poling sistemi kod kojih centralni računar proziva merne i crpne jedinice, uspostavlja vezu i po određenom protokolu vrši akviziciju potrebnih podataka. S druge strane, za komunikaciju nam je bila potrebna tehnologija koja se bazirala na „klijent – server“ konceptu, gde klijenti inicijalizuju povezivanje sa serverom. GPRS su tehnologije koje u potpunosti zadovoljavaju taj zahtev, te omogućavaju nesmetanu i veoma efikasnu komunikaciju.

GPRS je skraćenica za *General Packet Radio Service*. To je standard za bežičnu komunikaciju, koji omogućava slanje i primanje informacije pokretnom mrežom koristeći velike brzine. Standardizovan je u Evropskom institutu za telekomunikacione standarde ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) 2000 godine. Jednako je efikasan za male snopove podataka (*e-mail, web-browsing*), kao i za ogromne količine podataka. Spada u tzv. 2.5G generaciju, koja označava važan iskorak iz druge u treću generaciju mobilnih uređaja.

GPRS je ustvari dodatak, koji omogućava komutacijom paketa (*packet switching*) u GSM (*Global Sistem for Mobile Communications*) sistemima, baziranim na vremenskom multipleksu - TDMA - u (*Time Division Multiple Access*). GPRS rezerviše radio resurse samo onda kada pošiljaoc ima podatke za poslati, inače frekvencije ostaju slobodne za korišćenje od strane drugih korisnika .

GPRS donosi poboljšanje kvaliteta usluga slanja podataka, s aspekta pouzdanosti, brzine i podrške. Nove aplikacije razvijene na osnovu GPRS - a proširile su mrežu u korisnika mobilnih uređaja, a pružateljima usluga omogućile povećanje raznovrsnosti sadržaja koje nude. Međutim te nove usluge povećavaju zahteve na kapacitet radio resursa. Jedan od načina kako ublažiti te zahteve jest korišćenje istih radio resursa za sve mobilne stanice. GPRS korisniku omogućuje znatno veću brzinu i neposrednost pri prenosu podataka, kao i mnogo novih aplikacija koje su pre pojave GPRS - a bile nezamislive u bežičnoj komunikaciji .

GPRS unapređuje postojeće veze, omogućuje da informacija bude poslata ili primljena istog trenutka (neposredno) im se ukaže potreba. Nije potrebna dial/up modemska veza. Zbog toga se GPRS korisnici deklariraju kao stalno spojeni. Neposrednost je prednost GPRS- a u odnosu na usluge koje koriste komunikaciju kanala. Visoki stepen neposrednosti vrlo je važan za karakteristiku aplikacija sa kritičnim vremenom, kao daljinska autorizacija kreditne kartice, kod koje je potpuno neprihvatljivo pustiti korisnika da čeka nijednu dodatnu sekundu.

## 2.5 Protokoli u SCADA sistemu

Da bi na nivou komunikacionog sistema ostvarili pouzdanu i efikasnu komunikaciju između elemenata SCADA sistema, raznorodnih po svojoj arhitekturi, složenosti i načinu funkcionisanja, neophodno je postojanje komunikacionog protokola koji bi standardizovao skup komandi, memorijske prostore, formate poruka, itd. Pod protokolom možemo da podrazumevamo pravila koja opisuju kako se jedan oblik komunikacije realizuje preko nekog elementarnijeg. Znači komunikacioni protokoli definišu metod kojim se podaci prenose preko komunikacionog linka. Sve dok uređaji za prenos slede unapred određen niz pravila za slanje podataka, uređaji koji primaju podatke su sposobni da poslate signale pretvore i podatke sa određenim značenjem. Na primer protokol će definisati informaciju kao što je vreme koje je potrebno da se pošalje bilo koji paket podataka, jačinu signala i željenu destinaciju. Iako danas ne postoji jedinstveni standard za industrijski protokol, određene grupe proizvođača ustanovile su nekolicinu široko prihvaćenih protokola: Modbus, Foundation Fieldbus, Profibus, DeviceNet, CAN, itd. Industrijski komunikacioni protokoli korišćeni na polju merenja i upravljanja zajedničkim imenom se nazivaju *fieldbus* protokoli. Protokoli za komunikaciju u SCADA sistemima su napravljeni isključivo za rad u uslovima smanjene pouzdanosti komunikacije, kao i da omoguće siguran prenos podataka garantujući pouzdano dopremanje podataka do željenih destinacija. Protokoli takođe imaju sistem za detekciju grešaka i tehnike za ponovno slanje poruka (koje nisu uspele da dođu do željene lokacije) upotrebom handshaking tehnike (međusobna razmena sinhronizovanih impulsa dva uređaja) koja koristi header i footer poruke (dodatni podaci na početku i kraju paketa poruka), pridodati sirovim podacima u procesu komunikacije. Takve dodatne informacije opterećuju sistem komunikacije, tj. utiču na brzinu.

Korisnici SCADA sistema ne moraju biti upoznati sa komunikacionim protokolima koji se koriste, u stvari protokoli treba da budu transparentni. Međutim važno je razumeti da i uz upotrebu medija kao što je radio veza postoji mogućnost, i ako mala, da će se dogoditi greška u komunikaciji.

Na primer upravljačka komanda može biti poslata na pogrešnu destinaciju. SCADA sistemi često zahtevaju potvrdu od operatera da je za realizovanje upravljanja potrebna baš ta komanda (provera potvrde upravljanja). Ovaj pristup omogućava izvestan nivo zaštite da se upravljačka komanda ne pošalje na pogrešnu lokaciju. Više je verovatno da je sam operater napravio grešku i da je upravljačka komanda poslata na pogrešnu lokaciju. Provera potvrde upravljanja daje operateru još jednu šansu da odabere odgovarajuću lokaciju. Otvoren sistem je onaj koji omogućava komunikaciju između različitih vrsta uređaja (tj. uređaja različitih proizvođača). Zatvoreni sistemi su po definiciji oni koji omogućavaju komunikaciju samo između uređaja iste vrste (od istog proizvođača).

Otvoreni sistemi otklanjaju nedostatke koji postoje kod zatvorenih sistema, kao što su potpuna zavisnost od jednog proizvođača i nedostatak informacija kako protokol funkcioniše. Međutim da bi se shvatile prednosti otvorenih sistema potrebni su standardi sa detaljno definisanim komunikacionim protokolima, da bi se odredili svi aspekti uzajmne povezanosti kompjutera i ostalih uređaja.

## **2.6 Mrežna oprema u SCADA sistemu**

Pasivna mrežna oprema predstavlja najjednostavniju komponentu računarskih mreža. Atribut "pasivna" potiče od ciljne karakteristike komponenti ove kategorije da nad mrežnim saobraćajem ne izvrše nikakvu izmenu. Pasivne komponente mreže čine:

- Utičnice
- Kablovi
- Paneli za prespajanje i za završavanje kablova (*patch panel*)
- Kablovi za prespajanje (*patch cabel*)
- Rek ormani
- Kanalice za vođenje kablova

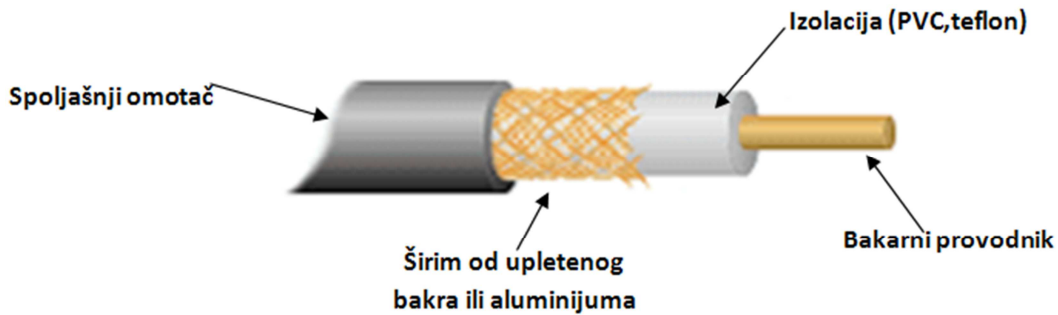
Za prenos signala između računara većina današnjih mreža koristi kablove koji se ponašaju kao mrežni prenosni medijumi. Postoji mnogo različitih tipova kablova koji mogu da se primene u različitim situacijama. Njihov broj je izuzetno veliki i obuhvata više od 2000 različitih tipova. Većina današnjih mreža koristi tri osnovne vrste kablova:

- Koaksijalne kablove
- Kablove sa upredenim paricama (*twistedpair*)
- Optičke kablove

Kroz uporedne parice i koaksijalni kabl prenose se električni signali, dok se kroz optička vlakna prenose signali u vidu svetlosnih impulsa. Za ispravan rad mreže potrebno je da se kablovski sistem (kablovi i priključni elementi) formira od komponenti koje zadovoljavaju određene tehničke standarde. Kablovi koji se koriste u jednoj mreži zavise od više parametara :

- Binarni protok
- Pouzdanost kabla
- Maksimalnu dužinu između čvorova
- Zaštitu od električnih smetnji
- Podužno slabljenje
- Tolerancije u otežanim uslovima rada
- Cenu i opštu raspoloživost kabla
- Lako povezivanje i održavanje

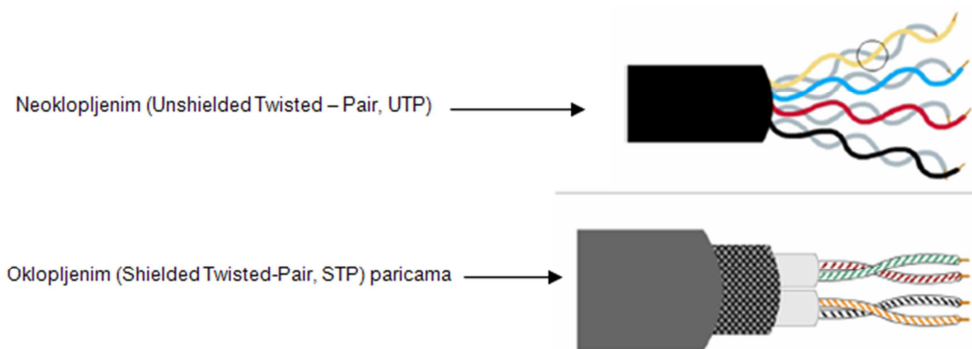
**Koaksijalni kablovi** su u jednom periodu bili najrasprostranjeniji mrežni medijum za prenos podataka, i to iz više razloga: relativno su jeftiniji, laki, fleksibilni i jednostavni za rad. U svom najjednostavnijem obliku, koaksijalni kabl se sastoji od bakarne žice u sredini, oko koje se nalazi najpre izolacija, a zatim sloj od upletenog metala (širm) i na kraju, spoljašni zaštitni omotač. Svrha ovog oklopa je da apsorbuje elektromagnetne smetnje ili šum, i time spreči njihovo mešanje sa podacima koji se prenose. Kablovi koji imaju jedan sloj izolacije i jedan sloj od upletenog metal zovu se i kablovi sa dvostrukom zaštitom. Postoje, takođe i kablovi sa četvorostrukom zaštitom (dva sloja izolacije i dva sloja širma), koji se primenjuju u sredinama sa jakim elektromagnetnim smetnjama.



Slika 7. Slojevi koaksijalnog kabla

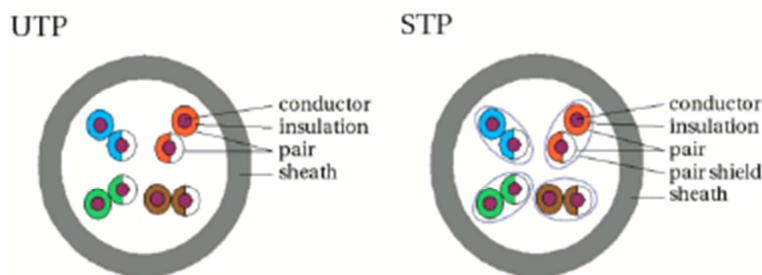
Bakarni provodnik (žica) u sredini kabla prenosi elektromagnetne signale koji predstavljaju kodirane računarske podatke. Ovaj provodnik može biti od punog metala, ili u obliku više upletenih žica. Ukoliko je od punog metala, onda je to obično bakar. Provodnik je obložen dielektričnim izolacionim slojem koji ga odvaja od širma. Širm ima ulogu uzemljenja i štiti provodnik od električnog šuma i preslušavanja.

**Kabl sa uprednim paricama (twisted pair cable)** se sastoji od parova izolovanih bakarnih žica koje su obmotane (upredene) jedna oko druge. Upredanje se vrši u cilju otklanjanja elektromagnetnih smetnji. Broj uvtaja po metru čini deo specifikacije tipa kabla jer što je broj uvtaja po metru veći, veća je otpornost kabla na elektromagnetne smetnje. Na slici 8 prikazana su dva tipa ovog kabla: kabl sa neoklopljenim (*Unshielded Twisted – Pair, UTP*) i oklopljenim (*Shielded Twisted-Pair, STP*) paricama.



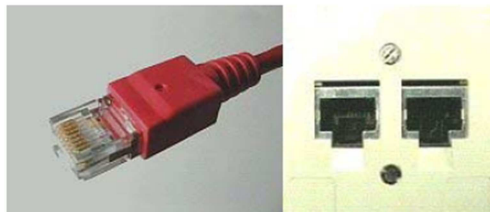
Slika 8. Kablovi sa neoklopljenim i oklopljenim paricama

Grupe parica se obično nalaze u zaštitnom omotaču i zajedno sa njim čine kabl. Pravila strukturnog kabliranja, koje se danas skoro isključivo koristi za formiranje računarskih mreža, propisuju da se za povezivanje računara moraju koristiti četvoroparični kablovi. Upredanjem se poništava električni šum od susednih parica, ili ostalih izvora, kao što su motori, releji, transformatori i energetska instalacija. S obzirom da je problem elektromagnetne zaštite veoma ozbiljan neki proizvođači (IBM, evropske firme) su razvili tzv. oklopljene kablove koji oko parica imaju određenu električno provodnu strukturu koja pruža znatno veći nivo zaštite. U praksi postoje tri tipa oklopljenih kablova, FTP, S-FTP i STP.



Slika 9. Presek ; Kablovi sa neoklopljenim i oklopljenim paricama

**FTP kabl** je napravljen tako da su četiri parice potpuno obavijene tankom metalnom folijom. Ova folija svoju zaštitnu funkciju obavlja tako što zahvaljujući visokoj impedansi reflektuje spoljne, ometajuće, elektromagnetne signale na učestanostima većim od 5 MHz i tako im onemogućava prodor do samih parica. Po odnosu cena/perfomanse u praksi su se najbolje pokazali FTP kablovi, tako da se oni najčešće i koriste. Bakarne žice kablova sa uvrnutim paricama se sa hardverskim mrežnim interfejsom računara (npr. mrežnom Ethernet karticom) ne povezuju zasebno i direktno već putem odgovarajućih konektora. Najčešće korišćeni tip konektora je RJ (*Registered Jack*) i on se, u više varijanti, koristi kod telefonskih i računarskih mreža.



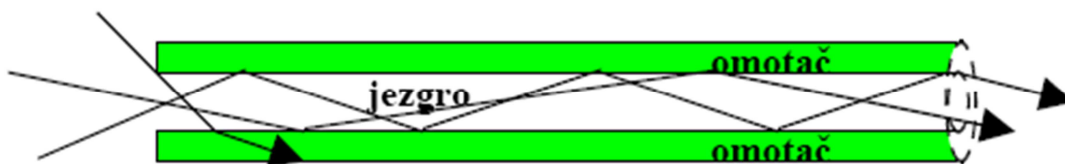
Slika 10. Konektor RJ45 i utičnica

Najčešći RJ konektori su;

- RJ11-jedna telefonska linija
- RJ14-dve telefonske linije
- RJ12 i RJ25- tri telefonske linije
- RJ45-Ethernet računarska mreža

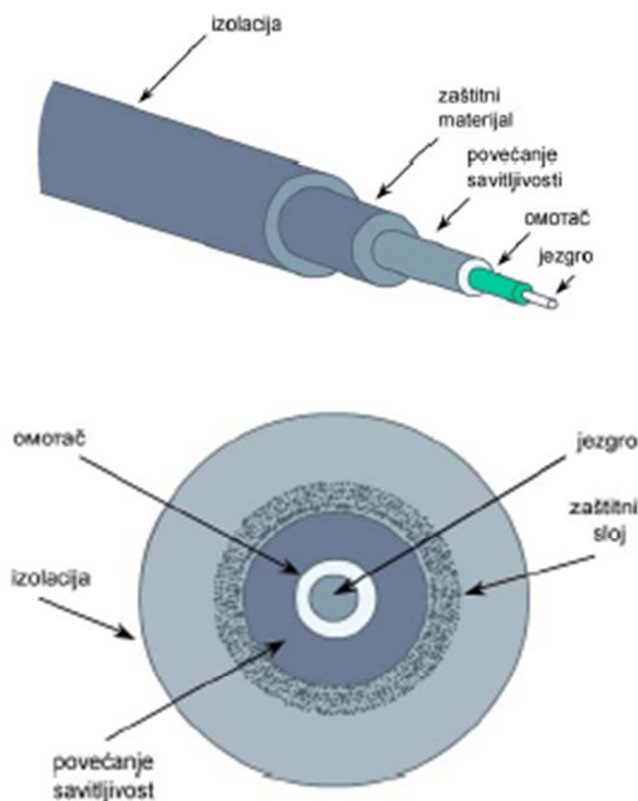
**Kablovi sa upredenim paricama** za povezivanje sa računarima koriste RJ-45 konektore. Za povezivanje bakarnih žica sa konektorima koristi se poseban tip alata – tzv. klešta za krimpovanje. Ovaj alat najčešće ima mogućnost za rad sa RJ45 i RJ11 konektorima. Raspored žica pri povezivanju je određen standardima 568A i 568B. Ovi standardi se koriste kod računarskih mreža (RJ45 konektori). 568A je predloženi standard. Kablovi koji kombinuju 568A i 568B standard se koriste za direktno povezivanje dva računara.

**Optički kablovi** - Kod ove vrste kablova, optička vlakna prenose digitalne signale u obliku moduliranih svetlosnih impulsa. Kablovi od optičkih vlakana ne podležu električnim smetnjama, imaju najmanje slabljenje signala duž kabla i podržavaju izuzetno velike brzine prenosa podataka na velikim udaljenostima. Koriste se i u slučajevima kada LAN mreža treba poveže više objekata, gde se sa bakarnim kablovima mogu očekivati problemi sa uzemljenjem i atmosferskim pražnjenjima. Optičke veze osim velike brzine prenosa obezbeđuju i potrebno galvansko razdvajanje instalacija. Često se postavljaju u objektima, u slučajevima kada se predviđa veliki mrežni saobraćaj između spratnih razvoda u odnosu na centar mreže.



Slika 11. Totalna refleksija kod prenosa kroz optičko vlakno

Sistemi prenosa sa optičkim kablovima se sastoje iz tri osnovna funkcionalna dela, a to su predajnik (izvor svetlosti – LED ili laserska dioda), optičko vlakno i prijemnik (foto senzor). Standardni električni signal se dovodi na LED ili lasersku diodu koje vrše konverziju u svetlost, zatim se svetlost “ubacuje” u optičko vlakno na čijem drugom kraju je prijemnik koji vrši opto-električnu konverziju posle koje se dobija standardni električni signal. Princip po kome se informacija prenosi po optičkom vlaknu bazira se na fizičkom fenomenu pod nazivom totalna refleksija. Svako optičko vlakno se sastoji iz jezgra koga čini staklo određenog indeksa prelamanja i omotača presvučenog preko jezgra. Ovaj omotač je takođe od stakla, ali ono ima drugu vrednost indeksa prelamanja. Svetlost se ubacuje u jezgro pod određenim uglom potrebnim da dođe do totalne refleksije, zbog koje se svetlosni zrak neprestalno odbija od granične površine jezgro/omotač putujući tako kroz vlakno do prijemnika.



Slika 12. Kabl sa optičkim vlaknom

**Optička vlakna** se mogu podeliti u dve osnovne grupe: na monomodna (*singlemode*) koja su tanja i omogućavaju prostiranje samo jednog svetlosnog zraka, i multimodna (*multimode*) koja su deblja i omogućavaju istovremeno prostiranje više zraka od više različitih izvora. U tehnološkom procesu je mnogo jednostavnije (a time i jeftinije) proizvesti vlakno većeg prečnika jezgra. To je razlog zbog kog se multimodna vlakna češće koriste. Pored toga, u veće jezgro je mnogo lakše “ubaciti” svetlost iz izvora, pa su i predajnici jeftiniji jer svetlosni snop izvora ne mora biti toliko fokusiran kao u slučaju korišćenja monomodnog vlakna. Dakle, celokupni sistem baziran na multimodnom vlaknu je jeftiniji i takvi sistemi su danas dominantni kod lokalnih računarskih mreža. Sa druge strane, zbog većih rastojanja koja je potrebno premostiti, u telekomunikacijama su dominantna monomodna vlakna. Kod računarskih mreža svaki link (veza) zahteva dva vlakna – jedan za predaju a drugi za prijem.

## **2.7 SCADA hardver**

SCADA sistem, se sastoji od broja udaljenih terminal jedinica RTU ili prikupljanje terenskih podataka i slanje tih podataka nazad na glavnu stanicu preko komunikacionig sistema. Master stanica prikazuje prikupljanje podatke i omogućava operateru da obavlja daljinsko upravljanje sistemom. Tačni i pravovremeni podatak omogućava optimizaciju rada postrojenja i proces.

Dalje koristi su efikasnije pouzdanije i sigurnije poslovanje. Sve ovo rezultuje nižim troškovima poslovanja u odnosu na ranije neautomatizovane sisteme. Na složenijim SCADA sistemu postoji pet nivoa ili hirarhija :

- Teren instrumentacija i kontrola uređaja
- Ranžirni terminal i RTU
- Komunikacioni sistemi
- Master stanice
- Komercijalne informacione tehnologije (IT) ili
- Obrade podataka odeljenje kompjuterski sistem

RTU obezbeđuje interfejs za oblast analogne i digitalne senzore nalazi se na svakoj udaljenoj lokaciji. Komunikacija sistema obezbeđuje put za komunikaciju između master stanice i udaljenih lokacija. Ovaj komunikacioni sistem može biti u obliku žice, optičkog, radio veze, telefonska linija, mikrotalasna možda čak i satelit. Specifični protokoli greške otkrivanju filozofije koje se koriste za efikasno optimalni prenos podataka.

Master stanice (ili pod - master) prikupljaju podatke iz različitih RTU i generalno obezbeđuje interfejs operatera za prikazivanje informacija i kontrole udaljenih lokacija. U velikim sistema telemetriju pod majstor stanice sa sajtova prikuplja informacije sa udaljenih master i akt relej nazad na stanicu kontolu majstora.



**Slika 13. Hardware SCADA sistema**

## 2.8 Softverska podrška SCADA sistema

Važan aspekt svakog SCADA sistema je kompjuterski softver koji se koristi u okviru sistema. Najuočljivija komponenta softvera jeste operatorski interfejs, međutim na svim nivoima SCADA sistem nalazi neki softver u određenom obliku. U zavisnosti od veličine i prirode SCADA sistema, softver može biti značajna finansijska stavka kada je u pitanju razvoj, održavanje i proširenje SCADA sistema. Kada je softver dobro definisan, dizajniran, napisan, proveren i testiran sigurno će se napraviti efikasan SCADA sistem. Ako se u bilo kojoj od navedenih faza, razvoja SCADA aplikacije, napravi propust to će rezultirati neuspehom celokupnog SCADA projekta. Mnogi SCADA sistemi upošljavaju specijalizovani komercijalni softver uz pomoć kojih se vrši razvoj SCADA aplikacije. Taj specijalizovani softver je često konfigurisan za određene hardverske platforme, i ne može se kombinovati ili povezati sa softverom ili hardverom drugih proizvođača. Danas je na raspolaganju i širok spektar standardnog komercijalnog softvera, od kojih neki mogu da ispunjavaju zahteve potrebne za realizaciju SCADA sistema (aplikacije).

Ovaj softver je fleksibilniji i može se kombinovati sa različitim vrstama hardvera i softvera. Generalno, specijalizovan softver se fokusira na procese i upravljačku funkcionalnost, dok standardni softver stavlja akcenat na kompatibilnost sa različitim hardverskim platformama i pratećom opremom. Zbog toga je važno preduzeti adekvatno planiranje da bi se odabrao softverski sistem koji odgovara nekom novom SCADA sistemu. Takvi softverski proizvodi se koriste u okviru sledećih komponenti SCADA sistema:

**Operativni sistem centralnog kompjutera:** softver koji se koristi za upravljanje hardverom centralnog kompjutera. Softver može da se bazira na UNIX, Windows ili drugim popularnim operativnim sistemima.

**Operativni sistem operatorskog terminala:** softver koji je obično isti kao operativni sistem centralnog kompjutera. Ovaj softver zajedno sa softverom centralnog kompjutera obično doprinosi umrežavanju centralnog kompjutera i operatorskih terminala.

**Aplikacija centralnog kompjutera:** softver koji upravlja razmenom podataka između PLC-ova i centralnog kompjutera. Softver takođe omogućava grafički korisnički interfejs (*GUI - Graphical User Interface*) – grafički korisnički interfejs) koji nudi mimik ekrane pojedinačnih delova procesa (ili celog procesa), ekrane alarma, grafike koji predstavljaju promenu analognih parametara procesa (*trends*) i ekrane upravljačkih funkcija.

**Aplikacije operatorskih terminala:** aplikacije koje omogućavaju korisnicima pristup informacijama koje aplikacija centralnog kompjutera ima na raspolaganju. To je obično podskup softvera koji se koristi u centralnim kompjuterima.

**Upravljački programi za komunikacione protokole:** softver koji se obično nalazi na centralnom kompjuteru i PLC-ovima, i potreban je da bi upravljao prevođenjem i interpretacijom podataka između krajeva komunikacionih linkova u sistemu.

**Softver za upravljanje komunikacionom mrežom:** softver koji omogućava samim komunikacionim mrežama funkcije monitoringa radi prevencije od eventualnih grešaka u komunikaciji.

**Softver automatizacije na PLC-ovima:** softver koji omogućava inženjerima da konfigurišu i održavaju aplikacije koje se nalaze na PLC-ovima. Ovo najčešće uključuje aplikacije koje se odnose na lokalnu automatizaciju i sve zadatke za obradu podataka koji se izvode na PLC-ovima.

Za postojanje jednog SCADA sistema apsolutno je nebitno koja oprema je upotrebljena niti na koji način su realizovane pojedine softverske funkcije. Ipak, činjenica je da se ovde radi o izuzetno složenim sistemima u kojima se obavlja mnoštvo raznorodnih funkcija, što znači da njihovo projektovanje može da bude veoma komplikovano. Sa druge strane, očigledno je da je čitav niz funkcija sistema vezanih za prikupljanje, prenos i prikazivanje podataka, zapravo tipiziran i da ne zavisi bitno od same aplikacije.

Pri razvijanju nadzorno-upravljačkog sistema primenom SCADA softvera predpostavlja se da postoji postrojenje sa pratećom mernom opremom i izvršnim organima, da je data tehnološka šema i opis postrojenja, kao i elektro projekat na nivou postrojenja.

Istovremeno se predpostavlja da je razvijen projekat distribuiranog sistema koji obuhvata udaljene stanice, opremu za prenos podataka i telemetrijsku mrežu. U skladu sa tim od SCADA softvera se očekuje da omogući jednostavno specificiranje svih elemata sistema, kao i jednostavno projektovanje operatorskog interfejsa u nadzorno-upravljačkim centrima. Samo definisanje SCADA aplikacije podrazumeva specifikaciju načina komunikacije (tip mreže, komunikacioni drajveri i sl.), čvorova u mreži, vreme skeniranja pojedinih stanica ili pojedinih signala u stanicama, kao i skup (bazu) podataka koji se prate i obrađuju. Osnovu svake SCADA aplikacije čini baza podataka. Ovi podaci se koriste na različite načine, kao što su:

- **Izveštaji**, jedan deo podataka se pamti i na osnovu njih se formiraju različite vrste izveštaja. Od softvera se očekuje da omogući jednostavnu specifikaciju vremenskih parametara za prikupljanje podataka
- **Alarmi**, skup podataka čije se vrednosti porede sa zadanim granicama. Svako prekoračenje granica označava se kao alarm, koji signalizira operateru da se u procesu nešto ne odvija kako je zamišljeno. SCADA softver treba da omogući definiciju alarma, definisanje nivoa ozbiljnosti, smeru promene koji izaziva alarm, specifikacije poruke koja se vezuje za alarm itd.
- **Događaji**, matematička ili logička operacija nad podacima čija istinitosna vrednost ukazuje na nastanak događaja. Kao rezultat detekcije događaja sistem izvršava odgovarajuću komandu. Softverom se određuje repertoar dozvoljenih operacija i komandi.
- **Grafici**, predstavljaju poseban i verovatno sa korisničke tačke gledišta, najznačajniji deo sistema. Grafički displej omogućava korisniku da nadgleda rad sistema, da prati grafikone promena pojedinih veličina, da registruje alarme i da zadaje komande.

Sa projektantske tačke gledišta SCADA softver treba da omogući što jednostavnije kreiranje grafičkih objekata, korišćenje biblioteka gotovih objekata i kontrolu objekata u smislu promene boje, oblika, položaja itd., a u zavisnosti od stanja u procesu.

Izuzetno je pogodno ako je softver projektovan tako da omogući direktnu razmenu podataka (DDE – *Dynamic Data Exchange*) između SCADA aplikacije i drugih standardnih aplikacija tipa Excell, Access i sl. Na ovaj način se proširuju mogućnosti SCADA-e, tako što se za prikaz i obradu podataka koristi ona vrsta programa koja je profesionalno razvijena i najbolje odgovara željenoj vrsti primene. Nesumnjivo je da se pred SCADA softver postavlja veoma mnogo zahteva. Različite komercijalno raspoložive SCADA-e rešavaju svaki od naznačenih problema sa manje ili više uspeha, pružaju manju ili veću fleksibilnost i pouzdanost, i u određenim segmentima su lakše ili teže za korišćenje.

Pored toga, iako većina SCADA softvera može, bar nominalno, da podržava elemente sistema koji potiču od različitih proizvođača, izvesno je da kvalitet aplikacije zavisi i od ugrađene opreme. Otuda je izuzetno teško da se izvrši uporedna analiza SCADA softvera. Čini se da je, bar u ovom trenutku, izbor softvera prepušten ukusu projektanta, odnosno onom aspektu za koji se njemu, iz nekih razloga, čini da je najznačajniji pri projektovanju aplikacije.

### 3. Upravljanje kvalitetom

Kvalitetom se smatra svojstvo proizvoda ili usluge koji zadovoljava postavljene zahteve. Pojednostavljeno, može se reći da je proizvod ili usluga kvalitetna ako nema nedostatka. Reč "kvalitet" potiče od latinske reči "qualitas" što znači "kako izvesti". Sam pojam kvalitet je vrlo kompleksan pojam koji predstavlja merilo zadovoljenja potreba pojedinaca i društva u celini. Termin kvalitet često se koristi sa pridevima kao što su dobar, loš, nedovoljan, izvrstan, pri čemu se oni odnose na stepen do koga su zahtevi zadovoljeni, a ne na standard ili luksuz. Kvalitet je u najširem smislu reči svakodnevna ljudska potreba sadašnjeg i budućeg razvoja čitavog ljudskog društva. Polazeći od toga da je kvalitet prisutan u svakodnevnom životu, nameće se potreba za njegovim sveobuhvatnim izučavanjem kao fenomena. Kvalitet nije statična kategorija, već vrlo dinamična pojava, koja pred stručnjake i naučnike, koji se bave problematikom kvaliteta, postavlja uvek nov i istraživački zadatak. Pre nego što definišemo totalni kvalitet postavlja se pitanje : „Šta je zapravo kvalitet ? Mnogi su je stručnjaci definisali kao " spremnost za upotrebu", "pogodnost zahtevima", "sloboda varijacije " tome slično.

Definicija koju koristi Američko društvo za kontrolu kvaliteta (*American Society for Quality Control*) i koja je prihvaćena širom sveta: KVALITET je sveukupnost osobina i karakteristika proizvoda ili usluge koje se iskazuju njegovom mogućnošću da zadovolji izrečene ili naznečene potrebe. Postoji više definicija kvaliteta. Donekle je prihvaćena definicija da se pod kvalitetom podrazumeva „usaglašenost sa zahtevima”. Slično određenje „minimiziranje varijacija karakteristika funkcionalnosti proizvoda oko ciljne vrednosti.” Ove definicije su date sa stanovišta ponude. Za razliku od njih, definicija usaglašenosti sa svrhom je data sa stanovišta korisnika, odnosno tražnje.

A nešto bolja verzija glasi zadovoljiti potrošača na način da se ne samo odgovori njegovim očekivanjima, već i da se ona prevaziđu. Definicije kvaliteta nastajale su u različitim vremenskim periodima i svaka definicija nosi pečat vremena kada je nastala i smisla ona je u kontekstu u kome je nastala.

|                                     |                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DEMING</b>                       | Kvalitet bi trebalo da svoju težnju usmeri na sadašnje i buduće potrebe korisnika                                                                                                                                      |
| <b>JURAN</b>                        | Skup aktivnosti na osnovu kojih se postiže podobnost proizvoda za korišćenje                                                                                                                                           |
| <b>FEIGENBAUM</b>                   | Kvalitet predstavlja najbolji način zadovoljenja uslova korisnika, među kojima su najznačajniji stvarna namena i prodajna cena                                                                                         |
| <b>CROSBY</b>                       | Kvalitet je saglasnost zahtevima                                                                                                                                                                                       |
| <b>PREMA STANDARDU<br/>ISO 8402</b> | Kvalitet je skup svih karakteristika nekog entiteta koje se odnose na njegovu mogućnost da zadovolje iskazane potrebe i potrebe koje se podrazumevaju                                                                  |
| <b>STANDARD<br/>ISO 9000 : 2000</b> | Kvalitet je nivo do kojeg je skup svojstvenih karakteristika proizvoda , procesa ili sistema zadovoljava iskazane u principu podrazumevane ili obavezne potrebe i očekivanja korisnika i drugih zainteresovanih strana |

Tabele 1. Definicije kvaliteta po raznim naučnicima

Na osnovu svih, do sada izrečenih definicija dolazi se do zaključka da je kvalitet uglavnom definisan u odnosu na: atribut proizvoda, zahteve korisnika, vrednosti za korisnika, tehničke kriterijume i subjektivne kriterijume.

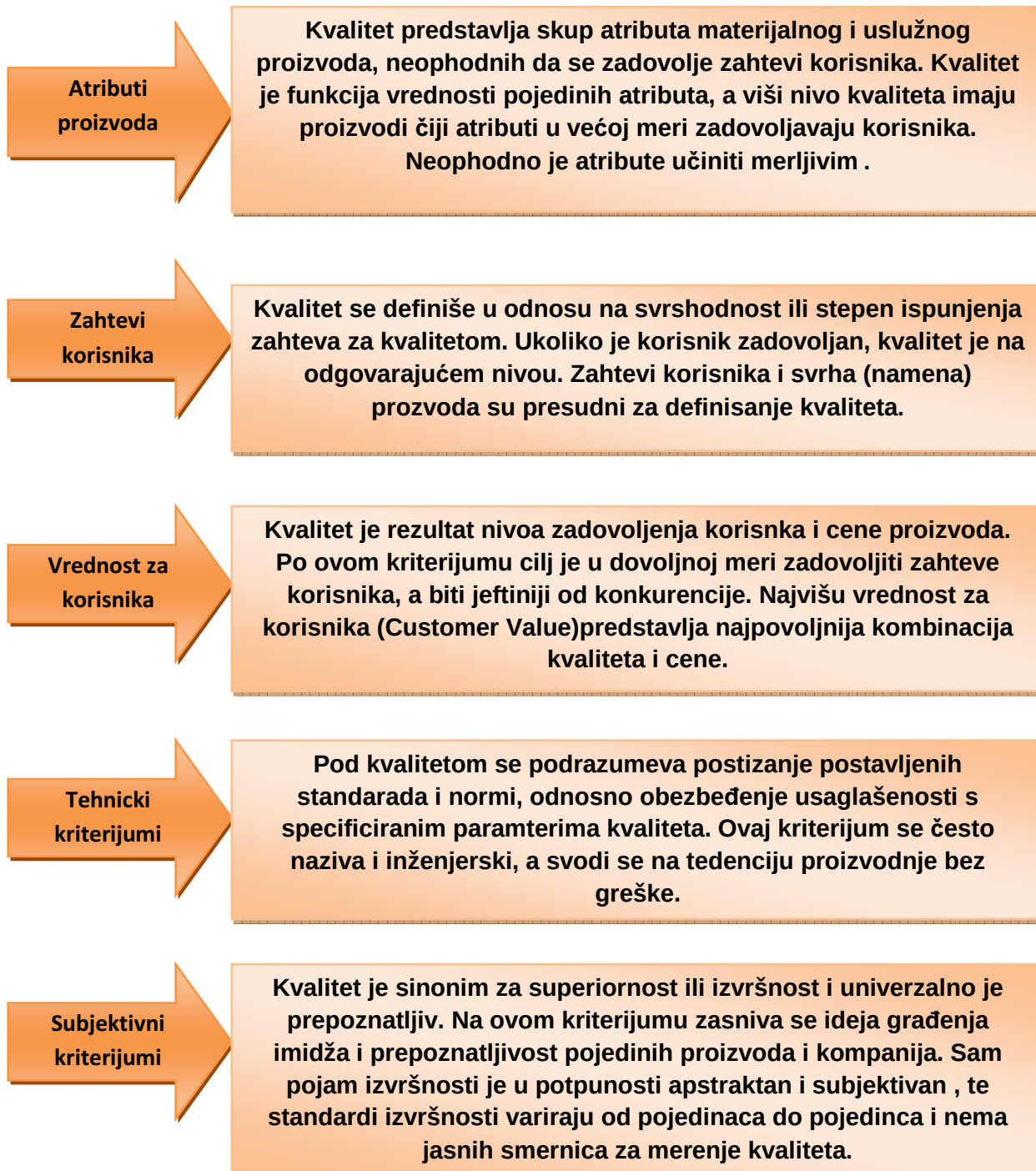


Tabela 2. Definicije kvaliteta po osnovu kriterijuma

### **3.1 TQM – Potpuno upravljanje kvalitetom**

Predlog definicije Totalnog upravljanja kvalitetom, izrađen od strane ISO standarda i glasi. TQM je jedan način vođenja organizacije sa namerom učestvovanja svih saradnika i saradnje među svim grupama u poboljšanju kvaliteta, koje postiže organizacija kod: roba i usluga, aktivnosti i ciljeva, zadovoljstva kupaca, dugoročne rentabilnosti, prednosti za saradnike i usaglasenosti sa zahtevima društva.

TQM - menadžment totalnog kvaliteta predstavlja poslednji primenjeni nivo u menadžmentu kvalitetom. TQM pristup je našao primenu kako u proizvodnji, tako i u pružanju usluga. Pristup obuhvata unapredjenje funkcionisanja organizacije, rada i svakog pojedinca. TQM je koncept upravljanja koji je skovao V. Edvards Deming. Osnova ovog koncepta je da se smanje greške koje nastaju prilikom proizvodnje ili usluga procesa, povećanje zadovoljstva kupaca, efikasnije upravljanje lancem snabdevanja, modernizacija opreme i obuka radnika na najvišem nivou. Jedan od glavnih ciljeva TQM-a je da se ograniče greške jedan na jedan milion jedinica proizvedenih.

Upravljanje totalnim kvalitetom je sistemski pristup upravljanju koji ima za cilj da kontinuirano unapređuje vrednost za kupca projektovanjem i stalnim napredovanjem organizacionih procesa. Stalno poboljšanje i unapređenje se odnosi na proizvode, usluge i organizacione sisteme kojim se ostvaruje poboljšana vrednost za kupce. Inovacije tehnologije, proizvoda, procesa i organizacije, predstavljaju deo ovog strateškog koncepta i orijentacije i savremene organizacije ka poboljšanju i inovacijama u svim aspektima njenog delovanja. Takva organizacija teži stalnim promenama u susret novim zahtevima kupaca, kreiranju novih potreba i poboljšanih vrednosti namenjenih kupcima. TQM predstavlja metod definisanja problema, određivanje uzroka problema, preduzimanje odgovarajućih akcija, proveru efikasnosti akcija, standardizaciju rešenja i daljeg razvoja procesa. To je metod koji obuhvata: spoznavanje potreba i očekivanja kupaca, angažovanje organizacije u celini, analizu svih troškova koji se odnose na kvalitet, stavljanje prioriteta na kvalitet u odnosu na kontrolu („ispravno uraditi prvi put“), razvoj pristupa i procedura koje podržavaju kvalitet i usavršavanje.

Važna načela TQM-menadžmenta totalnog kvaliteta su:

- raditi prema postojećim pravilima
- svaki problem predstavlja novu mogućnost za unapredjenje
- dobiti informaciju kada je najpotrebnija
- prikupiti i razmatrati činjenice
- pridržavati se plana
- eliminisati rasipanja
- poštovati pravila
- vršiti raspodelu zadataka

Osnovni principi primene TQM-a su:

- Potrošači definišu željeni kvalitet proizvoda ili usluga, što predstavlja početnu tačku u implementaciji TQM pristupa.
- Viši menadžeri su u potpunosti odgovorni za strategiju kompanije, vrednost kompanije i postojeću organizacionu kulturu.
- Kvalitet prvenstveno zavisi od dizajna sistema i izvršavanja procesa po najvišim standardima.
- Osnova TQM filozofije je težnja za neprekidnim usavršavanjem i kontinualnim povećavanjem standarda.
- Liderska pozicija u kvalitetu na tržištu se postiže samo ukoliko menadžment jasno definiše ciljeve kompanije.
- Neophodno je potpuno razumevanje ključnog procesa poslovanja i donošenje odluka koje su zasnovane na činjenicama.
- Primenom odgovarajuće edukacije u vidu obuke, svi zaposleni se uključuju u process unapredjenja kvaliteta.
- Ključni delovi sistema kvaliteta obuhvataju proces stvaranja kvaliteta i prevenciju pojave grešaka i nepravilnosti.
- Promenom unapređenja dolazi se do skraćenja vremena trajanja svih procesa.
- Pravilnom komunikacijom se dobavljači kompanije uključuju u ispunjenje ciljeva kvaliteta.

- Projektu porede sa drugim projektima u cilju generisanja ideja za poboljšanje kvaliteta ili uspostavljanja standarda prema kojim bi se merio učinak na projektu.
- Projekat eksperimenta je analitička metoda kojom se, za neki proces, utvrđuje koje promenjive imaju najveći uticaj na dinamičke veličine.

### **3.2 Upravljanje kvalitetom prema standardima ISO 9000**

Najveći broj zemalja širom sveta danas primenjuje sistem upravljanja kvalitetom na bazi međunarodnih standarda ISO 9000. U pitanju su standardi koje je pripremila Tehnička komisija TC 176 Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) koja okuplja organizacije za standardizaciju iz čitavog sveta .

Standard je dokument u kome se definišu pravila, smernice ili karakteristike za aktivnosti ili njihove rezultate (proizvod ili usluga mogu biti taj rezultat) radi postizanja optimalnog nivoa uređenosti. Primena standarda je dobrovoljna. Usaglašenost sa standardima postaje obavezna za proizvođača samo ako se na standard poziva ugovor između proizvođača-isporučioaca i kupca ili tehnički propis.

Kod nas su ovi standardi prihvaćeni kao SRPS – ISO/9000. Implementacija serije standarda ISO 9000 je u funkciji postizanja boljih poslovnih rezultata i konkurentnog nastupa na tržištu. Standardi ne propisuju kako treba da radi svako pojedinačno preduzeće, već ukazuju na osnovne principe i stavaraju odgovarajuću osnovu za poboljšanje kvaliteta se navedenog tiče. Tri poznata standarda ISO 9001, ISO 9002 i ISO 9003 su integrisani u jedan novi: ISO 9001:2000. Ovaj standard precizira zahteve za sistem upravljanja kvalitetom za bilo koju organizaciju kojoj je potrebno da dokaže svoju sposobnost da obezbeđuje konstantno snabdevanje kupaca proizvodima koji ispunjavaju njegove zahteve kao i zahteve odgovarajućih propisa i koja teži ka povećanju satisfakcije kupca. ISO 9001:2000 se koristi za sertifikaciju registraciju i ugovorne svrhe od strane kompanija koje traže priznanje za njihov sistem upravljanja kvalitetom.

Najveća vrednost se dobija kada se koristi cela grupa standarda u integrisanom smislu. Preporučuje se da, polazeći sa ISO 9000:2000, preduzeće usvoji ISO 9001:2000 da bi postiglo prvi stepen uspeha. Postupci opisani u ISO 9004:2000 mogu onda da budu sprovedeni sa namerom da sistem upravljanja kvalitetom bude efektivniji u postizanju poslovnih ciljeva.

Standardizacija predstavlja proces utvrđivanja odredbi za opštu i višestruku upotrebu u vezi sa postojećim ili budućim potrebama, a radi postizanja optimalnog nivoa uređenosti u određenoj oblasti.

Rezultati ovog procesa su standardi kao zvanična dokumenta sa zahtevima koji se odnose na proizvod, proces u kome proizvod nastaje ili preduzeće kao poslovni sistem osnovan radi obavljanja određene delatnosti koja stvara vrednost (proizvod ili uslugu) za tržište (korisnike i krajnje kupce) i za vlasnike.

### **3.3 IEEE standardi**

IEEE standardi su dokumenata se razvijaju unutar IEEE društva istandarda Koordinacionog odbora *IEEE Standards Association* (IEEE - SA) standarde. IEEE razvija svoje standarde kroz konsenzus razvojni proces, koji je odobren od strane Američkog nacionalnog instituta za standarde, koji okuplja volontere predstavljaju različite stavove i interese da se postigne finalni proizvod. Postojanje IEEE standarda ne znači da ne postoje drugi načini za proizvodnju, testiranje, merenje, kupovina, tržištu, ili da obezbede druge robe i usluga vezanih za delokrug IEEE standarda.

Svaki IEEE standard je izložen pregledu najmanje svakih pet godina za reviziju ili reafirmaciju. Ovaj standard se odnosi na sisteme koji se koriste za praćenje, prebacivanje i kontrolu električnih aparata u nadzoru ili prisustupne stanice, centrale i moći korišćenja i pretvaranje objekata. SCADA sistem koristi preporučene standarde kao sto je:

- C37.1 - 1994 IEEE Standardna rezolucija, Specifikacija i analiza sistema koji se koriste za SCADA- u i automatsko upravljanje
- 999-1992 PDF IEEE Preporučena praksa za Master SCADA komunikacije
- 1379-2000 , IEEE Preporučena praksa za komunikaciju između podataka udaljenih terminal jedinica i inteligentnih elektronskih uređaja u TS.

### 3.4 Kvalitet SCADA sistema

Ako preduzeće primenjuje TQM, onda SCADA sistem potpomaže efikasno sprovođenje TQM-a u preduzeću. Po definiciji SCADA podrazumeva ceo spektar opreme, sistema i rešenja koja omogućavaju prikupljanje podataka o nekom procesu - udaljenom sistemu, obradu istih, nadzor, i u pojedinim slučajevima i reagovanja na adekvatan način. Sam SCADA sistem mora da primenjuje standarde. SCADA sistem je kičma fabrike, širok sistem izveštavanja. Profesionalna usluga sa veoma malim procentom zastoja i sa veoma malo gubitka proizvodnje. Ona objedinjuje neprimetno ogromne količine podataka, obezbeđujući lako dostupne u realnom vremenu i istorijske podatke proizvodnje za pomoć neposrednom donošenju odluka i stalnom unapređenju poslovanja.

Da bi zadovoljili zahteve jednog preduzeća prilikom uvođenja SCADA sistema treba se rukovoditi kao IT projektom, a on podrazumeva – planiranje, praćenje i kontrola vremena, resursa i troškova po izdanju standarda PMBOK Guide. Prilikom uvođenja SCADA najbitnije je definisati potrebe i zahtve naručioca SCADA sistema. Na taj način se može tačno doći do onoga šta naručilac očekuje od proizvoda ili usluge zbog kojih se projekat i pokreće. Takođe je bitno ostaviti mesta za nadogradnju sistema.

Prilikom izrade projekta mi isporučujemo proizvod koji ima materijalni deo (hardver procesni materijali) i nematerijalni deo (softver, usluga) Kompletan proces implementacije projekta odvija se u sledećim koracima: definisanje projekta, kreiranje sistema, umrežavanje, isporuka opreme, instalacija opreme, testiranje, implementacija, rešenja obuka SCADA osoblja, održavanje u garantnom roku ugovor o podršci produženje garantnog roka.

Da bi zadovoljili onoga kome je SCADA sistem namenjen, treba se rukovoditi dogovorenim kvalitetom, predviđenim rokom uz utrošak materijalnih i ljudskih resursa u planiranim granicama. Upravljanje kvalitetom projekta ima za cilj da obezbedi kvalitet procesa realizacije u svim njegovim segmentima do samog završetka. Pri tome je važno da projektni zadatak ne odstupa od propisanog standard kvaliteta. Upravljanje kvalitetom projekta u načelu predstavlja jednu od faza odnosno podprocesa upravljanja projektom.

Funkcija upravljanja kvalitetom ima tri osnovne komponente: globalnu filozofiju kvaliteta, obezbeđenje kvaliteta i kontrolu kvaliteta.

Za upravljanje kvalitetom na projektu posvećen je standard ISO -04 koji daje smernice za obavljanje tih aktivnosti. Obezbeđenje kvaliteta je posvećen smanjenju mogućnosti greške i postiže se unapred definisanim postupcima i procedurama a to nam omogućuje ISO 9001 – 2000. Realni dokazi kvaliteta su:

**Procedure** – su dokumenti u kojima je detaljno opisana svrha i predmet aktivnosti kao i načini kojim će oni biti valjano obavljeni.

**Dokumentacija** je evidencija rezultata obavljenih ispitivanja.

**Sertifikacija** je dokument u kojem se navodi da je određeni proizvod ili usluga urađena prema zahtevima.

**Kontrola saobraznosti** – vrši proveru objektivnog dokaza i utvrđuje da li sistemi ili neki procedura za obezbeđenje kvaliteta daju potrebe rezultate. Tom kontrolom dolazi se do korekcije postupaka ako dođe do nekih odstupanja.

Po puštanju SCADA u rad veoma je bitno održavanje SCADA sistema. Pravilno održavanje SCADA opreme i softvera je najbolji put ka dobrom radu SCADA 24 časa 7 dana u nedelji i time će se izbeći mnogi problemi. Nastale nove probleme je mnogo lakše dijagnostikovati i rešiti kada je SCADA sistem u redu. Životni ciklus troškova SCADA sistema svode se na minimum držeći sistem stalno dobro održavan. Potrebno je malo vremena za obavljanje poslova održavanja, ali koristi u velikoj meri prevazilazi troškove. Kada je sistem u redu lako je nadograditi SCADA sistem.

Periodično održavanje je najbolje da vrši posebna grupa ljudi (SCADA grupa) a ne IT grupa. Kao deo procesa održavanja, SCADA-administrator može identifikovati i ispraviti probleme ili greške, može posmatrati nenormalno stanje u SCADA sistemu i može da spreči velike krize pre nego što je ikada dese. Svaku i najmanju grešku treba identifikovati i ispraviti da se poboljša trenutno stanje sistema. Čišćenje malih, jednostavnih problema će generalno poboljšati performanse i pouzdanost SCADA sistema, kao i omogućiti administratoru da koristi debug i dijagnostičke alate redovno i to mu omogućava da poveća veštinu sa njima. U tabeli je navedeno poredjenje scada odeljenja i IT odeljenja.

| IT ODELJENJE                                                                                                         | SCADA ODELJENJA                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IT odeljenja određuje pouzdanost pod pretpostavkom da dobiju nekoliko sati planiranih prestanka rada svake nedelje,. | Određuje pouzdanost, pod pretpostavkom neprekidnog rada, bez zakazanog zastoja.                                                |
| Jednu tačku neuspeha je prihvatljivo                                                                                 | Tačku neuspeha je neprihvatljiva                                                                                               |
|                                                                                                                      | Nosi teret odgovornosti za zdravlje i bezbednost u svojoj ulozi Sistem kontroler, kao i motor za nabavku finansijskih podataka |

**Tabela 3. Poredjenje scada odeljenja i IT odeljenja**

Pošto istorija održavanja evidencije može mnogo da pomogne u rešavanju neočekivanih problema ili pružanje podrške da se poboljša stanje SCADA sistema. Održavanje procesa treba da obuhvati sledeće procedure:

**1. Sakupe i prate istinite zapise:** dobro održavanje procesa treba da definišu vrstu informacija preduzeće zahteva za održavanje sistema i praćenje učinka trendove i potrebe za prikupljanje i praćenje. Ovi podaci će biti vrlo dragoceni za buduću upotrebu. Može se koristiti za rešavanje probleme i pitanja koja se mogu pojaviti u budućnosti. S druge strane, nedostatak adekvatnih informacionih sistema može teško da opravda zahteve za bilo kojom SCADA potrebom. Dobro dokumentovane studije slučaja sa velikom količinom sistemskih podataka i obuhvataju kapacitet sistema poređenja, poput upotrebe procesora i sl.

**2. Podrška opreme, održavanje, i zamena akcije:** dobro održavanje evidencije može da pomogne podršku zahtevu za nadogradnju sistema, novi softverskih alata, itd osoblje može da opravda potrebu za novim sistemom u istorijskim podacima prikupljenih tokom procesa održavanja, i može da prikaže trendove u smanjenju SCADA sistema performansi, kao i nedostatak adekvatnih kapaciteta u toku maksimalnog rada SCADA sistema. Ova situacija može izazvati zatvaranje sistema, koji može stvoriti katastrofalne probleme. Pored toga, novi softverski alati mogu pomoći da se SCADA sistem vodi efikasnije i efektivnije.

**3.Upotreba u Cost-Benefit analizi:** Cost – benefit analiza predstavlja ekonomsku analizu kojom se upoređuju i vrednuju sve prednosti i svi nedostaci nekog privrednog poduhvata ili projekta analizom troškova (cost) i koristi (benefit). Podaci prikupljeni od procesa održavanja može da se koristi kao sredstvo za analizu troškova koristi SCADA sistema. To je dobra prilika da se koriste podaci da bi se opravdala nadogradnja, podrška kadrovske potrebe, softverskih alata, ili drugi uslovi. Vremenom periodičnog održavanja programa će se povećati baza znanja. SCADA osoblje uče raznim SCADA detaljima i bolje uvažavanje sistema. Pouzdanost sistema će se povećati. SCADA administrator će identifikovati probleme i pitanja u sistemu, problemi koji se nalaze mogu se korektivnim akcijama izvršiti, dakle ukupno stanje sistema će se na kraju poboljšati.

Osnovna ideja TQM je ideja modernog sistema za obezbeđenje kvaliteta. On nastoji da umesto starog postupka kontrole delova proizvoda, procesa i podprocesa uspostavi povezani skup metoda i postupaka , odnosno upostavljanje organizacionog sistema u kome će svaki pojedinac da bude odgovoran za kvalitet i valjanost posla koji obavlja, a na osnovu odgovarajućih upustava i procedura.

Organizacije koje imaju SCADA sistem za kontrolu kritičnih procesa suočavaju se sa povećanim nadzorom u odnosu na to radnici koji održavaju SCADA sistem su adekvatno obučeni za rad, održavanje i unapređenje tih sistema. Regulatorne agencije moraju početi da se sa više odgovornosti ponašaju prema organizacijama da prilikom zapošljavanja obezbede dokaz da pojedinci i timovi podržavaju neophodne veštine da bezbedno i efikasno upravljaju i održavaju svoje SCADA sisteme, za određivanje i utvrđivanje tih pojedinaca potrebne su SCADA veštine.

SCADA profesionalci koji obavljaju poslove i poseduju veštine su spoj aktivnosti softverskog inženjerstva i telekomunikacije i inženjerskog principa koji se primenjuju na razne industrijske automatizacije aplikacija, uključujući praćenje i kontrolu distribuiranih procesa. SCADA profesionalci predstavljaju raznolika grupa stručnog i tehničkog osoblja čije formalno obrazovanje varira iz oblasti računarskih nauka na Elektrotehničke – Mašinske ili Građevinske struke, kao i tehničke diplome u oblastima kao što su instrumenti i industrijskih procesi.

Industrija takođe uključuje mnogo talentovanih ljudi, koji su uspešni u svojim SCADA profesionalnoj ulozi, koji imaju formalno srednje akreditovano obrazovanje, ali umesto toga su dobili svoje stručno znanje na radnom mestu obuku i samostalno učenje. Zbog različite tehnologije koje čine SCADA disciplina, nije razumno ili praktično za svakog pojedinca da bude vešt u svakoj SCADA veštini ili tehnologiji. Umesto toga, organizacije moraju da budu u stanju da obezbede tim koji je u stanju da pokriva sve aspekte upravljanja SCADA operacijama.

### **3.5 Standardi i standardizacija SCADA sistema**

Svrha SCADA sistem standarda je da, dizajnerima, konsultanatima i izvođačima da obezbedi jednoobraznost i konzistentnost projekata automatizacije kontrole u objektima. Ovaj pristup, kada se koristi će objediniti i standardizovati sistem kontrole opreme, softvera i dizajna u ugovoru specifikacije i služe kao vodič za buduće nadogradnje.

Da svaki standard bude uspešan, mora se stalno i dosledno primeniti na sve projekte koje se bave direktno ili indirektno sa procesom kontrole. SCADA sistem standarda nije samo spisak proizvoda standardima, vec ceo pristup za projektovanje, navodeći, sprovođenje, i testiranje.

SCADA sistem standardi definišu instalacije i opreme standardima takve kao instalacija metode, interfejs veze, operatera interfejsa, kao i druge tehničke informacije. SCADA sistem Standardi daju izvor tehničkih informacija da promoviše upotrebu projekata, standardne metodologije, instrumenti, oprema, softver i kontrolu SCADA sistem standard, dostavlja prihvatljiviji dizajn prakse i dizajn standardima koji su u skladu sa važećim kodovima. Međutim od svih korisnika se očekuje da vežbaju dobru procenu i nezavisne misli u primeni standarda. Razvoj SCADA standarda od strane grupe korisnika i industrije međunarodnih tela za standardizaciju je omogućilo povećanje "interoperabilnost" na uređaje i komponente u okviru SCADA sistema. Otvoreni protokoli kao što je DNP3 dozvoljava opremi da od više prodavaca komunicira sa SCADA domaćim sistemom "vršnjaka", dok standardi definišu programiranje metode kao što su IEC 61131-3 dozvoljava sistem inženjerima da ponovo koriste kod za logiku operacije i lakše kretanje između konfiguraciju interfejsa.

U Americi su objavljeni standardi koji definišu, izveštaj šifrovanja i autentifikaciju metoda za upotrebu DNP3 SCADA protokola. Energetika razvija IEC 61850 standard koji definiše SCADA komunikacije i uređaja objekata u podstanicama .

Na SCADA domaćem nivou, OPC (otvorena veza preko otvorenih standarda) serije standarda specifikacije široko je prihvaćen. OPC Fondacija se sastoji od velike grupe prodavca. Posvećeni predstavnici obezbeđuju interoperabilnost u industrijskim sistemima automatizacije. OPC standardi uključuju OPC -DA (pristup podacima) , OPC -AE ( Alarmi i događaji) i OPC - HDA (Arhivski pristup podacima). Najnovije generacije SCADA sistema koristi ove OPC standarde da obezbedi napredna povezivanja sa klijentima korisnika. IEEE standardi se najviše primenjuju u bezbednosnim funkcijama SCADA sistema.

SCADA je postao vitalno važno sredstvo za rad, upravljanje i praćenje javnih komunalnih preduzeća širom sveta. SCADA sada ima sve prisutnu ulogu koja obuhvata izgled, svu automatsku kontrolu i upravljanje alarmima, evidentiranje kritičnih procesa podataka i pružanje operaterima daljinski pristup opremi. Međutim, za razliku od mnogih drugih oblasti inženjeringa, SCADA je relativno novije polje sa mnogim svojim karakteristikama koje postaju dostupne u poslednjih 10 do 15 godina. SCADA tek nedavno sazreva kao tehnologija, većina preduzeća imaju tendenciju da imaju širok spektar instalirane SCADA opreme ili mreže koje mogu da značajno razlikuju po starosti, funkcijom skupu, povezivanja i podrške.

Pored toga, većina sistema su parcijalno izgrađena tokom godina veliki broj izvođača, proizvođača, i konsultanti, svaki sa svojim pristupom programiranja. Rezultat toga je da veliki broj komunalnih preduzeća sada se nalaze u kompleksu raznovrstanosti. Opreme kao što su istoričari, čovek-mašina interfejsa (HMIs), interfejs prema operaterima terminala (OITs), programabilni logički kontroleri (PLC), udaljeni terminal jedinica (RTU), i SCADA mrežnu infrastrukturu došao iz različitih proizvođača, a svaki pojedinačni komad opreme je imao svoj način sistema kojima se teško upravlja u smislu poslovanja, održavanja i celokupnog sistema robusnosti programiranja, instalacija, i podrške zahtevima.

Osim toga, preduzeća koja su uvela TQM svojim mukotrpnim izgrađenim postojećim sistemom žele da promene kako bi mogli da uposle novu SCADA tehnologiju i da otklone probleme kao i sve veće zahteve za logovanje podataka u susret regulatornim zahtevima, je stvorio potrebu za jedinstvene SCADA sistemime tj standardizaciju.

Posto Standardizacija predstavlja proces utvrđivanja odredbi za opštu i višestruku upotrebu u vezi sa postojećim ili budućim potrebama, a radi postizanja optimalnog nivoa uređenosti u određenoj oblasti. Tako da je i SCADA postala standardizovana. Jedan od najvažnijih delova standardizacije je izbor SCADA hardver, softver i mrežne platforme za upotrebu. Smanjivanjem varijacija u vašem sistemu, zahteva za obukom kadrova i korišćenje eksternih konsultanata može biti značajno smanjena. Međutim, važno je zapamtiti standardizacija ne mora da znači poreklo sve od jednog proizvođača, a ponekad miks proizvoda od različitih proizvođača je najbolje rešenje. Bez obzira da li ide sa vertikalnim rešenjem od jednog prodavca ili kolekciju proizvoda od različitih proizvođača će zavisiti od specifičnih potreba SCADA sistema. Faktori prilikom odabira SCADA-platforme su:

- Postavljanje funkcije prema potrebama
- Povezivanje sa drugim sistemima
- Cena i dostupnost
- Uticaj na trenutno osoblje u pogledu veština i obuke zahteva
- Podrška lokalnog prodavca
- Proizvođača predložiti mapu puta za buduću podršku i budućim izdanjima proizvoda
- Dostupan lokalni sistem integratori sa potrebnim veština
- Šta su radili u prošlosti
- Jednostavnost je integrisanje sa postojećim sistemom tokom perioda tranzicije

Prelaz iz starog SCADA sistema na novi standardizovani sistem je pažljivo planiranje, kreativnost, kao i naporan rad. Pre preduzimanja standardizacije programa treba razviti SCADA Master plan koji će pomoći fokusiranju svojih vizija i da posluži kao vodič. Odabrati standardizovani hardver, softver i mrežne platforme koristeći SCADA pristup životnog ciklusa kratkoročne uštede nemaju uvek smisla na duži rok. Standardna dokumenata treba da odgovaraju individualnim potrebama.

Prilagoditi nivo detalja šta je potrebno za sprovođenje Master plana i da se sprovede doslednost u novu SCADA platformu. Poenta standarda dokumenata je da rade za vas, a ne obrnuto. Koristiti SCADA Master plan za pomoć razvoju strateškog roka, za ažuriranje starije nestandardne delove SCADA sistema.

Umesto da se žuri sa pokušajem da se unapredi sve odjednom, prioritet dati potencijalu nadogradnje u smislu ciljeva SCADA sistema i rasporedu u skladu sa tim. Koristiti SCADA Master plana kao "živi dokument," i treba pregledati ga najmanje jednom godišnje. Kada nove tehnologije postanu dostupne, pogledati ga u smislu celokupnog životnog ciklusa SCADA sistema i kako to može da stane u SCADA Master plan. Ako tehnologija obećava, treba je uključiti u plan i testirati ga u pilot projekatu a onda razmatranje i proceniti rezultate.

Ako se ispostavi da pravac u kome želite da idete, revidira standarde u skladu sa tim dokumentima treba ugraditi u radni proces. Napisane SCADA standarde, treba koristi za svaki kapitalni projekat bez obzira da li je nova izgradnja ili ažuriranje postojećeg sistema. Da bi radili efikasno, SCADA standardi moraju da budu uključeni kao deo ugovorne dokumentacije za svaki projekat.

#### 4. SCADA sistem u vodosnabdevanju grada

SCADA sistem je primenljiv u mnogim oblastima privrede u ovom radu će biti prikazan primer SCADA-e u vodosnabdevanju grada. Vodosnabdevanje grada vrši preduzeće koje proizvodi i distributira vodu do potrošača. Ono je dužno da obezbedi snabdevanje svih korisnika dovoljnom količinom kvalitetne vode za piće i efikasno odvođenje otpadnih voda u skladu sa ekološkim tehničkim i tehnološkim kriterijumima održivog razvoja. Vodovodi se ralikuju po konfiguraciji terena, broju stanovnika i industrije i klimatskih uslova, ali zajedničko za sve vodovode su: izvorišta, pogon za prečišćavanje vode, distributivna mreža, crpne stanice, rezervoari. S obzirom na kompleksnost vodosnabdevanja gradova a u cilju boljeg funkcionisanja sistema i efikasnijeg korišćenja vodnih resursa SCADA sistem je najbolje rešenje daljinskog nadzora i kontrole vode.

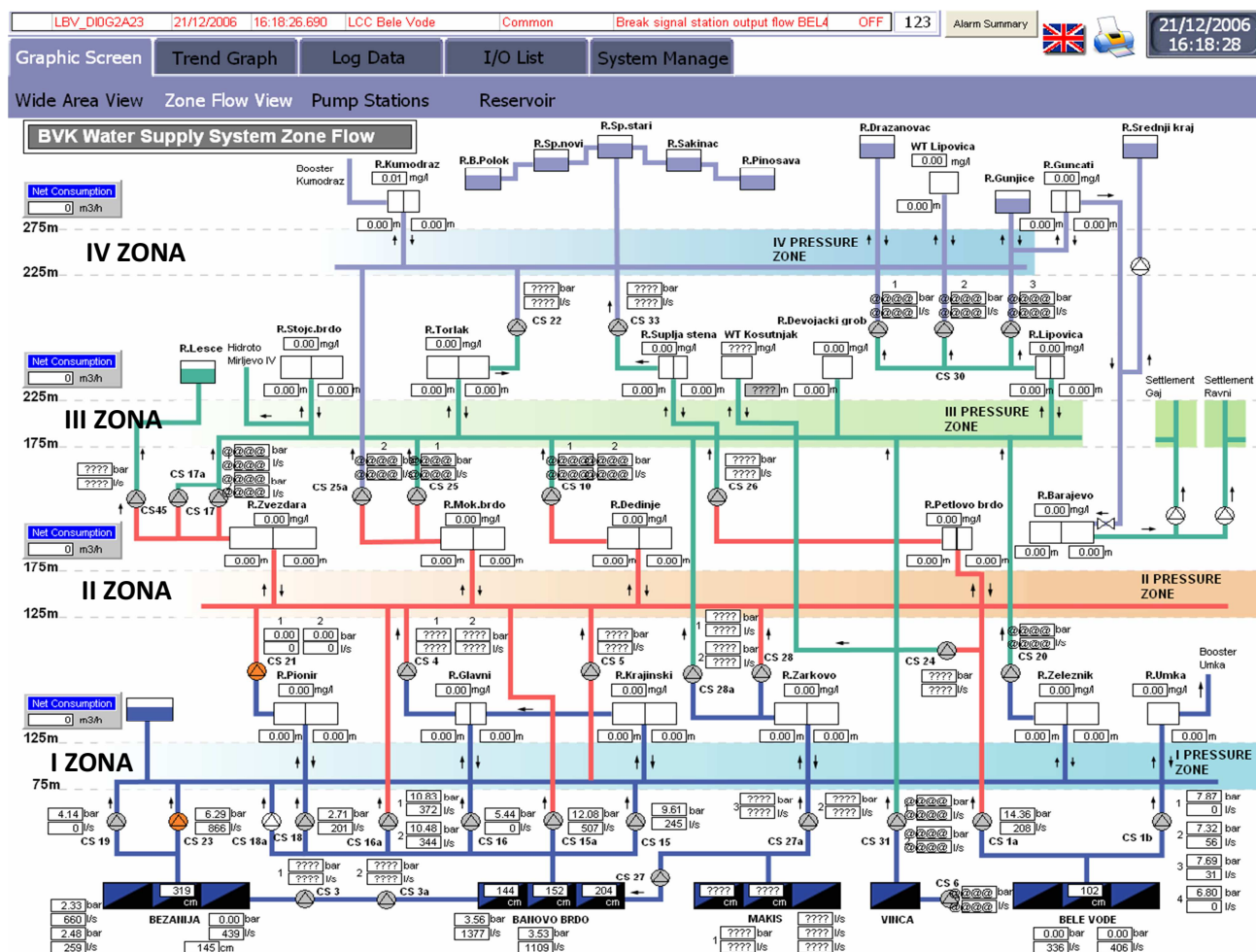
Snabdevanje stanovništva pijaćom vodom Grada Beograda je rašireno na celoj teritoriji grada, to je jedan složeni sistem sa stalnim povećanjem potrošača, zato ćemo navesti neke osnovne podatke o gradu Beogradu da bi se videli kolika je teritorija, konfiguracija terena i broj stanovnika tj kolika je kompleksnost vodosnabdevanja gradom vodom.



Slika 14 Sistem snabdevanja grada vodom

Uže područje Beograda, urbani deo, obuhvata površinu od 36 km<sup>2</sup>, a ukupna teritorija grada iznosi oko 322 km<sup>2</sup>. Obim šire gradske teritorije je 419 km. Najveća dužina u pravcu sever-jug je 92,98 km, a u pravcu istok-zapad 67,50 km. Administrativno je podelje na - 10 gradskih (Čukarica, Voždovac, Vračar, Novi Beograd, Palilula, Rakovica, Savski venac, Stari grad, Zemun i Zvezdara) i 7 prigradskih (Barajevo, Grotska, Lazarevac, Obrenovac, Mladenovac, Sopot i Surčin). Najviša kota Beograda, na užem gradskom području, je na Torlaku (Voždovac), crkva Svete Trojice 303,1 m, dok najnižu kotu ima Ada Huja 70,15 m. Najistaknutiji oblici u reljefu šumadijskog pobrđa su Kosmaj (628 m) i Avala (511 m).

Prema popisu stanovništva iz 2002. godine, na široj teritoriji Beograda živi 1.576.124 stalna stanovnika, a na užoj 1.273.651 stanovnik. Najveća opština po broju stanovnika je Novi Beograd 217.773 stanovnika, a najmanja je Sopot 20.390 stanovnika. Svake godine broj stanovnika se povećava. Vremenske uslovi su veoma bitni u vodosnabdevanju. Ako su suše, velike hladnoće ili poplave proizvodnja vode je smanjena, izdašnost bunara je manja, što može dovesti do nestašica. Takođe i visoke temperature utiču na vodovodni sistem jer je potrošnja vode velika. Često se može čuti u letnjim mesecima apel građanima da racionalno koriste vodu. Na Beograd i okolinu, godišnje padne, prosečno 685 mm padavina. Najveću količinu padavina imaju Maj i Jun. Prosečan broj snežnih dana je 27, dužina zadržavanja snežnog pokrivača je 30 do 44 dana, a debljina iznosi 14 do 25 cm. Najveća insolacija, oko 10 časova dnevno, je u Julu i Avgustu, ako uveličamo ovu mapu videćemo visinske zone, izvorišta. proizvodne pogone crpne stanice i rezervoare.



Slika 15. Šematski prikaz sistema snabdevanja grada vodom

Zbog konfiguracije terena distributivni sistem je podeljen na četiri visinske zone. One su u rasponu od 70 do 325 m nadmorske visine, a postrojenje i rezervoari na 500 m nadmorske visine na Avali. U gradu se nalazi 26 rezervoara kapaciteta 30% max. potrošnje vode u gradu, 26 crpnih stanica, nekoliko hidroforskih stanica, dva vodotornja i pet proizvodnih pogona.

## **4.1 JKP Beogradski vodovod i kanalizacija**

Preduzeće Beogradski vodovod i Kanalizacija je složeni organizaciono - tehnički sistem koji pruža servis građanima 24h svih 365 dana u godini, sa tradicijom preko 100 godina.

**Misija** ovog preduzeća je snabdevanje svih korisnika dovoljnom količinom kvalitetne vode za piće i efikasno odvođenje otpadnih voda u skladu sa ekološkim tehničkim i tehnološkim kriterijumima održivog razvoja.

**Vizija** preduzeća je da pruži vrhunsku uslugu vodovoda i kanalizacije na Zapadnom Balkanu.

**Ciljevi** JKPBVK su zahvatanje, prečišćavanje, transport i distribucija vode za piće korisnicima, prikupljanje i odvođenje gradskih otpadnih voda, zaštita životne sredine, razvoj projektovanje i upravljanje projektima, izgradnja i održavanje sistema, kontrola kvaliteta, saradnja sa gradskom upravom.

**Status JKPBVK** karakteriše činjenica da je u vlasništvu Republike a u nadležnosti Grada Beograda kao osnivača. Pored ostalih zakona koji važe za sva preduzeća za BVK su relevantni i Zakon o komunalnim delatnostima i Zakon o javnim preduzećima i delatnostima od javnog interesa i Zakon o vodama. JKPBVK poslednjih godina radi na smanjenju ukupnog broja zaposlenih i povećanju učešća radnika sa visokom i višom školskom spremom što će dovesti do suštinskog menjanja profila preduzeća. Trenutno ima 2850 zaposlenih od toga preko 300 zaposlenih je sa visokom stručnom spremom.

JKPBVK se sastoji od niza hidrotehničkih objekata i organizacionih celina. Po stepenu njihovih međusobnih zavisnosti i integrisanosti BVK sigurno predstavlja najsloženije gradsko preduzeće. Javni vodovod obuhvata: kaptažna postrojenja, instalacije za prečišćavanje vode, crpne stanice, rezervoare, vodovodne tunele, vodovodne mreže sa armaturom i vodovodnim priključcima sa vodomerima i armaturom vodomera. Svi ovi objekti se prostiru 40 km u obimu grada sa 5 visinskih zona.

## 4.2 SCADA u JKPBVK

Poslednjih godina JKPBVK doživljava preporod intezivnom izgradnjom i proširenjem svojih tehničkih sistema uz modernizaciju tehnologije i unapređenje poslovanja. Sve ovo se postiže uz pomoć projekata rekonstrukcije modernizacije i izgradnje koji ima za cilj da se sa nizom promena u svim oblastima rada i poslovanja unaprede operativna i komercijalna efikasnost, kao i da se ojača finansijska samoodrživost našeg preduzeća. Donacijom Vlade Japana SCADA sistem je zaživeo u JKPBVK sa ciljem da obezbedi nadzor nad stanjem vodovodnog sistema (nadzor nad opremom i tehničko tehnološkim parametrima) i omogućavanje daljinsko-ručno i komandovanje i daljinsko-automatsko upravljanje iz komandno kontrolnog centra (KKC)., tj.

- Uredno i sigurno vodosnabdevanja potrošača dovoljnom količinom higijenski ispravne vode uz permanentno praćenje stanja opreme i tehničko tehnoloških parametara,
- Snižavanje eksploatacionih troškova koji se mogu redukovati kroz smanjenje potrošnje električne energije, troškova transporta i potrošnje goriva,
- Snižavanje troškova održavanja kroz pravovremeno otkrivanje kvarova, njihovih uzroka i efikasno planiranje otklanjanja istih,
- Optimalno planiranje proizvodnje i potrošnje vode,
- Smanjenje gubitaka vode kroz praćenje njene potrošnje, kvarova i relevantnih tehnoloških parametara (pritisaka, protoka i nivoa u rezervoarima),
- Mogućnost rada u vanrednim uslovima kada je isporuku vode potrebno prilagoditi mogućnostima, a ne potrebama,
- Kvalitetno planiranje budućeg razvoja bazirano na višegodišnjim kvalitetnim i pouzdanim podacima,
- Pouzdanost sistema, kroz minimiziranje pojava havarija sistemom ranog upozorenja ili kroz minimiziranje njihovih efekata pravovremenim reagovanjem,
- Motivaciju osoblja za primenu novih, savremenih tehnologija.

Prvi rezultati su pokazali uštedu:

- Sprečavanje nenamenskog rasipanja vode.....20%
- Pravovremeno reagovanje na nastale kvarove.....10%
- Troškovi održavanja.....20%
- Pravilan tehnološki razvoj kroz investiciona ulaganja.....5%

Upravljački sistem se sastoji od sledećih celina:

- **Komandno kontrolni centar KKC** koji se nalazi na lokaciji fabrike vode Makiš gde su isporučena dva SCADA sistema (jedan za kontrolu fabrike vode, a drugi za kontrolu perifernih dislociranih crpnih stanica i rezervoara)
- **Sa bunarskog kompleksa bunarskim pumpama** voda se transportuje u rezervoar sirove vode, kroz aerator u filter polja za prečišćavanje. Postoje 12 filterskih polja koja vodu koja dolazi iz rezervoara aeratora filtriraju i transportuju kroz hlorinator u rezervoar čiste vode. Svako filtersko polje ima ventile sirove, čiste vode, prvog filtrata, kanalizacije, vazduha, vode koji se upravljaju elektro pneutmaskim razvodnicima.
- **Filtersko polje** poseduje merenja nivoa u rezervoaru, položaja leptirastog zatvarača čiste vode (pozicija), pritiska, protoka prema gradu, nivoa hlora u vodi, merenja mutnoće vode koje PLC prihvata i preuzima određenje radnje da bi se zadržao zadati algoritam rada fabrike.
- **Pranje filter polja** vazduhom ili vodom realizovano je uz pomoć duvaljki ili pumpi koje se uključuju automatski tokom ciklusa rada.
- **Filterska polja** imaju dva režima rada i to filtriranje i ispiranje (u automatskom modu rada i ručnom modu rada).
- **Na računaru je instalirana SCADA** koja je realizovana tako da operateru pruža mogućnost da zadaje vremena rada pumpe duvanja vazduhom tj. pumpe za pranje vodom, maksimalne, minimalne nivoe,...
- **Operater na SCADA softveru** može pratiti trenutne nivoe rezervoara, trenutnu otvorenosti ventila čiste vode, aktivne alarme u sistemu, mutnoću određenog filter poja...

- **SCADA automatski loguje** sve relevantne podatke prečišćavanja vode tako da tehnolog kasnije može pregledati izveštaje o nivou hlora, nivoa vode u rezervoarima, protoku, pritisku na potisima prema gradu,

U okviru rekonstrukcije mašinskih sala, isporučen je sistem kontrole i upravljanja novoisporučenih pumpi (pomoću frekventnih regulatora i soft startera) koji ima sledeće funkcije:

- Potpuno automatski vodi proces održavanja zadatog pritiska u cevovodu prema gradu vodeći računa o dnevnom i noćnom režimu rada;
- Vodi računa o vremenu rada i habanja pumpi tako da svaka pumpa radi podjednako;
- Na SCADA sistemu prikuplja informacije protoka prema gradu, potrošene vode pranja filtera, a operater na PC računaru može videti sve elemente u sistemu vodosnabdevanja;
- Integriše funkcije zaštita pumpi od pregrevanja, rada na suvo,...

Upravljački sistem GPRS regulacije dislociranih objekta vodovoda (crpnih stanica, rezevoara,..) omogućuje sledeće:

- GPRS komunikacija sa centralnim sistemom u KKC-u SCADA i sa svim udaljenim lokacijama.
- Akvizicija podataka sa rezervoara, crpnih stanica i upravljanje uključenjem, isključenjem pumpi na osnovu signala nivoa, protoka, pritiska.
- Pokrivenost svih lokacija u sistemu vodosnabdevanja sa GPRS sistemom.
- Smanjenje troškova intervencija na teritoriji koju je pokrio GPRS, a koja je oko 70Km, kroz vizuelizaciju nivoa hlora u rezervoarima hlornih pumpi, alarmnih stanja sistema vodosnabdevanja.

Crpne stanice u sistemu vodosnabdevanja:

- PLC vodi proces distribucije vode prema gradu i integriše sledeće funkcije
- Uključuje bunarsku pumpu koje se nalazi dislocirana u bunaru i koja vodu transportuje do rezevoara u crpnoj stanici prateći signale sonde zaštite rada na suvo u bunaru, sonde maksimalnog, minimalnog nivo vode u rezervoaru i preduzima unpred definisane radnje u slučaju pojave ovih signala.

- Uključuje horizontalne pumpe koje crpe vodu iz rezervoara i transportuju je prema gradu vodeći računa o zaštitama motora, redosledu i vremenu rada horizontalnih pumpi obezbeđujući ravnomerno trošenje pumpi.
- Uključuje hlorinator u zavisnosti od potreba sistema za hlorom.

Sve relevantne signale GPRS komunikacijom šalje nadređenom sistemu u KKC- u:

- Na osnovu signala dobijenog sa transmitera pritiska upravlja frekventnim regulatorom koji održava zadati pritisak pokrećući horizontalne pumpe tj. menjajući im protok (brzinu obtanja motora pumpe).
- Upravlja soft starterima koji vode proces mekog starta i mekog zaustavljanja bunarske pumpe, ograničavajući polaznu struju, vodeći računa o zaštiti motora i samog mehaničkog sistema osovine pumpe(sa mekim statrom nema mehaničkih udara na osovinu)

SCADA sistema obuhvata ukupno 155 objekta :

- Glavni kontrolni centar (*MCC - Main Control Centar*) 1 lokacija
- Lokalni kontrolni centri (*LCC - Local Control Centar*) 4 lokacije
- Pumpne stanice A tipa (sa lokalnim SCADA serverom) 14 lokacija
- Pumpne stanice B tipa (bez lokalnog SCADA servera) 14 lokacija
- Bunarske crpne stanice 102 lokacije
- Rezervoari 20 lokacija.

Glavni funkcionalni zadaci postavljeni pred SCADA sistem su :

#### 1. Prkupljanje i arhiviranje podataka

- Prikupljanje *real-time* digitalnih i analognih podataka sa svih objekata povezanih u sistem (oko 10.000 tagova);
- Arhiviranje svih relevantnih informacija dobijenih na osnovu prikupljenih podataka u relacionu bazu podataka;
- Prezentacija *real-time* i arhiviranih podataka putem sinoptičkih ekrana, trendova, grafikona i tabela.

#### 2. Real-time kontrola i monitoring bunarskih pumpi

- Daljinsko upravljanje i monitoring za 65 bunarskih pumpi lociranih na levoj obali reke Save preko LCC Bežanija;

- Daljinsko upravljanje i monitoring za 40 bunarskih pumpi lociranih na desnoj obali reke Save preko LCC Banovo brdo;

### 3. Real-time monitoring distributivnih pumpnih stanica i rezervoara

- Monitoring 27 distributivnih pumpnih stanica povezanih direktno na MCC ili preko nekog od četiri LCC-a;
- Monitoring 20 rezervoara povezanih direktno na MCC
- Hidraulička šema sistema Hijerarhiski, prema toku informacija, arhitektura SCADA sistem podeljena je u tri nivoa. Ovakvu organizaciju diktirale su predviđene funkcije koje je sistem morao da ispuni kao i topologija objekata lociranih u prečniku od oko 40km.

Na prvom, najvišem, nivou nalazi se MCC (Main Control Centar) u kome se prikupljaju, prezentuju i skladište informacije sa svih objekata povezanih u sistem. Na ovoj lokaciji instalirano je ukupno 6 servera i 4 radne stanice :

- **Master SCADA server** predstavlja glavni SCADA server u sistemu. U njemu se nalaze real-time podaci prikupljeni sa svih objekata u sistemu. Pored prezentacije real-time podataka za radne stanice (oko 400 ekrana) ovaj server ima i funkciju da generiše sve vrste grafičkih i tabelarnih izveštaja na osnovu arhiviranih podataka;
- **Master SQL server** odgovoran je za skladištenje svih tipova informacija prikupljenih u MCC-u i četiri LCC-a u relacionu bazu podataka radi njihove kasnije prezentacije i analize;
- **Backup SQL server** je redundantni SQL server u sistemu, a podatke replikacijom dobija od master SQL servera;
- **DC (Domain Control) server** zadužen je za ispravan domenski rad celog SCADA sistema sa svim servisima koje jedan ovako složen sistem zahteva;
- **GPRS (General Packet Radio Service) server** ima ulogu komunikacionog servera i zadužen je da prikuplja podatke sa svih objekata koji su samo putem GPRS mreže povezani na MCC. Prikupljene podatke ovaj server prosledjuje master SCADA serveru;

- **WEB server** distribuira i prezentuje preko Interneta real-time i arhivirane podatke u SCADA i SQL serverima svim autorizovanim korisnicima.

**Drugi, srednji, hijerarhiski nivo** predstavljaju četiri LCC-a (Local Control Centar). Svaki LCC ima funkciju da prikuplja, prezentuje i skladišti u lokalu informacije sa objekata koji čine tehnološki zaokružene celine, kao i da informacije dalje prosledjuje MCC-u. Na sve četiri lokacije instalirano je ukupno 10 servera i 4 radne stanice :

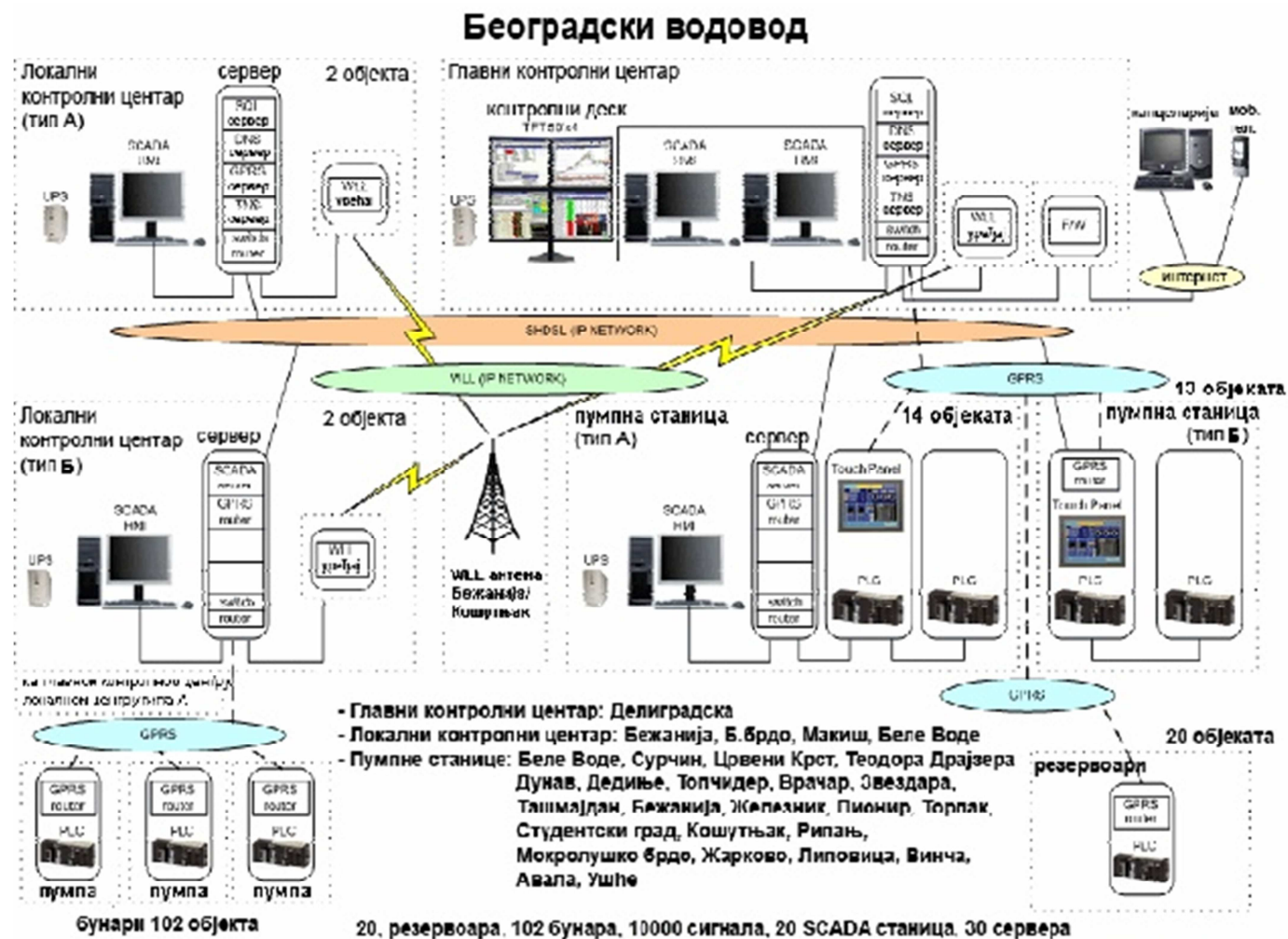
- **Lokalni SCADA/SQL serveri** za prezentaciju real-time i arhiviranih podataka u lokalu instalirani na svakom od četiri postojeća LCC-a.
- **Lokalni/redundantni DC serveri** instalirani na LCC Bežanija i LCC Banovo brdo;
- **GPRS serveri** za prikupljanje podataka sa bunarskih crpnih stanica na levoj i desnoj obali Save instalirani na LCC Bežanija i LCC Banovo brdo;
- **TN (Telecommunication Network) server** zadužen za nadzor nad celokupnom telekomunikacionom mrežom SCADA sistema sa svim pripadajućim komunikacionim linijama i uređajima;

**Na trećem, najnižem nivou**, nalaze se sami objekti povezani na neki od četiri LCC-a ili direktno na MCC. Pored upravljačkih elektro i komunikacionih ormana na važnijim distributivnim pumpnim stanicama instalirani su i lokalni SCADA/SQL serveri i radne stanice. Glavnu opremu na objektima čine :

- 59 upravljačkih elektro-ormana proizvedenih i ispitanih po IEC 60439-1/ IEC 60204-1 standardima;
- 14 serverskih rack-ova sa pripadajućim SCADA radnim stanicama;
- 126 novih PLC-ova kao i oko 80 postojećih na kojima su izvršena aplikativna prilagodjenja kako bi mogli biti povezani u sistem;
- 25 touch operater panela;
- 20 analizatora hlora;
- 26 L3 switch-a, 32 SHDSL router-a i 149 GPRS router-a;

Svi objekti povezani su u jedinstveni telekomunikacioni sistem baziran na Ethernet-u. Na bunarskim crpnim stanicama kao i rezervoarima razmena podataka sa nadređenim centrima realizovana je putem Internet-a uz pomoć GPRS router-a. Za sve distributivne pumpne stanice realizovani su redundantni komunikacioni putevi.

U zavisnosti od lokacije i raspoloživosti primarne komunikacione linije realizovane fiber-optičkim kablovima, SHDSL, ADSL ili WLL konekcijom, a sekundarni komunikacioni putevi realizovani su preko Internet-a pomoću GPRS router-a.



Slika 16. Konfiguracija SCADA sistema

GPRS tehnologija ima najčešću brzinu prenosa podataka 40 kbps što je više nego dovoljno da se relativno brzo prenese zahtevana količina podataka u našem sistemu SCADA aplikacija, ima ulogu komunikatora sa GPRS terminalima i uspostavljenim konekcijama vrši prenos i arhiviranje prikupljenih podataka. Podaci se smeštaju u posebno kreiranu bazu podataka, obavlja se njihova obrada i daje se periodičan izveštaj Ispred

GPRS rutera mobilnog operatera se nalazi tačka pristupa odgovarajućoj zatvorenoj mreži korisnika a da bi joj pristupili postoji parametar koji definiše prava prolaska GPRS paketa ka odgovarajućim privatnim destinacijama.

To je zapravo APN (Access Point Name), koji jednom dodeljen garantuje siguran pristup kompanijskoj LAN mreži, i samo terminali sa datim APN-om imaju pristup. Neki podaci iz SCADA sistema JKP BVK se mogu videti na web stranici ovog preduzeca kao i dnevni bilten.

„U četvrtak 30 avgusta 2011.godine na postrojenjima za prečišćavanje vode Beogradskog vodovoda proizveden je 644578 kubnih metara vode ili prosečno 7460 litara u sekundi. Potrošnja vode bila je 615609 kubnih metar vode ili prosečno 7125 litara u sekundi. U prvoj visinskoj zoni Beogradskog vodovodnog sistema potrošnja je iznosila 315568 kubnih metara u drugoj 163739, u trećoj 98553 u četvrtoj 5239, u južnom pravcu 25082, u pravcu Avala 4235 i u pravcu Vinča 3193 kubnih metara vode. U petak 31.avgusta 2011.godine ispunjenost rezervoara u 6 sati iznosila je 80,5%. U prvoj visinskoj zoni rezervoari su bili ispunjeni 82,2%, u drugoj 79,4%, u trećoj 83,7%, u četvrtoj 80,4%, u južnom pravcu 66,3% i u pravcu Avala 41,5%,,

### **4.3 Bezbednost i ugroženost SCADA sistema**

Prelaskom sa patentiranih tehnologija na više standardizovane tehnologije otvoreno je rešenje povećanje broja veza između SCADA sistema, kancelarijskih mreža i interneta a to je učinilo SCADA sistem osetljivim na napade. Shodno tome, bezbednost pojedinih SCADA sistema, se vide kao potencijalno ranjivim na sajber napade.

Pouzdana funkcija SCADA sistema u modernoj infrastrukturi može biti od ključnog značaja za javno zdravlje i bezbednost. Takvi, napadi mogu direktno ili indirektno ugroziti javno zdravlje i bezbednost ljudi. U JKP BVK se polaže velika pažnja bezbednosti SCADA sistema i svakodnevno se radi na poboljšanju bezbednosti. SCADA sistemi su se razvili u poslednjih nekoliko godina i sada su zasnovani na otvorenim standardima i COST proizvodima. Većina proizvođača SCADA softvera i hardvera su prihvatili Transmission Control Protocol – Internet protokole ( TCP-IP ) i Ethernet komunikacije, ima dosta i onih koji su zatvoreni i u svoje vlasničke protokole TCP – IP pakete.

Otvoreni standardi su napravili za industriju da lakše integriše različite sisteme ali i rizik da manje tehničko osoblje dobije pristup i kontrolu nad ovim industrijskim mrežama

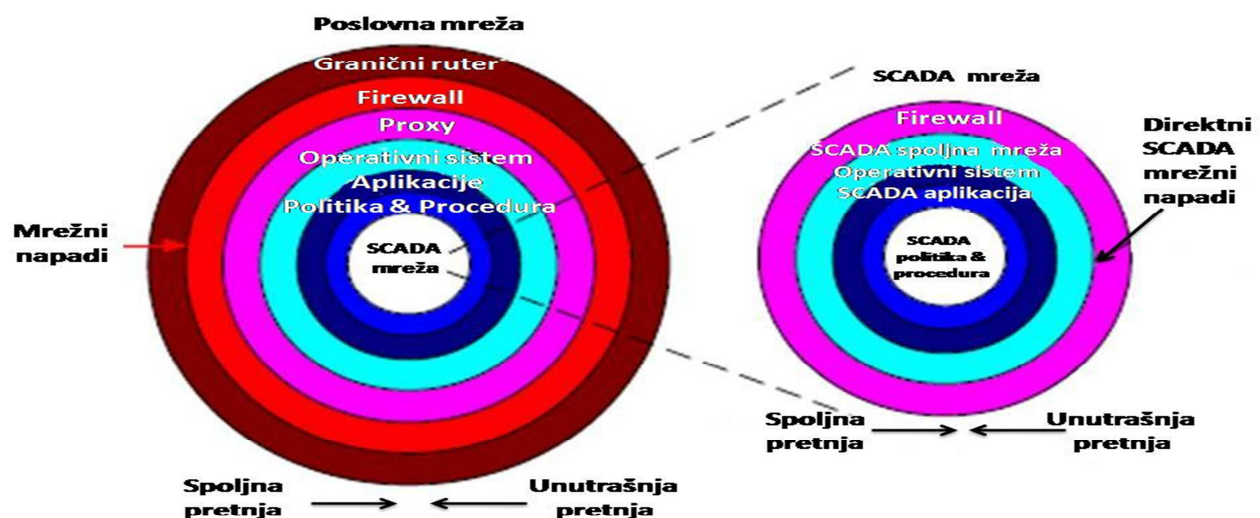
U današnjem poslovnom okruženju unutrašnje mreže se koriste za sve poslovne komunikacije, uključujući i SCADA sistem. SCADA sistemi su takođe ranjivi na mnoge iste pretnje kao i bilo koji TCP/IP baziran na tom sistemu. SCADA Administratori i industrijski sistem analitičari, su razmišljali da industrijsku mrežu odvoje od poslovne mreže da bi bili bezbedni od spoljašnjih napada PLC i RTU su obično povezani sa specifičnim mrežama i protokolima kao što su RS-232, RS – 485, MOBBUS4 i DNP koji su obično povezani preko telefonskih linija, zakup privatnih sistema koji će obezbediti kružni put FRAME RELAI KOLA, satelitske sisteme, lincencirani širi spektr radio i drugih token-ring bus topološkog sistema. Često daje SCADA Administratoru lažni osećaj sigurnosti jer prepostavljaju da u ovi uređaji krajnje zaštićeni od ovih ne-korporativnih mrežnih veza.

Bezbednost u industrijskoj mreži može biti ugrožen na mnogim mestima duž sistema i najlakše kompromitivan na SCADA sistemu ili kontrolnoj sobi. SCADA računar loguje podatke iz nekih pozadinskih spremišta baze podataka nekom putanjom pristupa bazi podataka a to znači da postoji put nazad u SCADA sistem i eventualno krajnji uređaj kroz njihovu poslovnu mrežu. Kada je poslovna mreža ugrožena onda svakom uređaju baziranom na IP ili računarskom sistemu se može pristupiti. Ove veze su otvorene non-stop da omoguće stalno evidentiranje, što pruža priliku za napad na SCADA sistem. Nekoliko napada koji se mogu desiti na SCADA sistem su:

- Korišćenje Denial of Service ( DoS ) napada da sruše SCADA server koji vodi do zastoja sistema i gubitak poslovanja
- Brisanje sistemskih datoteka na serveru (SCADA sistem zastoja i gubitka Operacije )
- Postavljanje Trojanca i uzeti potpunu kontrolu nad sistemom (steći potpunu kontrolu nad sistemom i biti u mogućnosti da se izdaju bilo kakve komande dostupne na operatere)
- logovati tastere od operatera i dobiti korisničko ime i lozinku (priprema za buduće obaranje)
- logovanje kompanijske osetljive operative podatke za ličnu upotrebu ili konkurenciju ( gubitak korporativnog sticanja prednosti nad konkurencijom).

- Promena tačke podataka ili zvesti operatera da pomisli da je kontrolni proces van kontrole i da se mora isključiti (iznenadni zastoji i gubitci podataka preduzeća)
- Izmeniti sve prijavljene podatke u udaljenim sistemskim bazama podataka (gubitak podataka preduzeća )
- Koristiti SCADA server kao odskočna tačka za klevetu i kompromituju ostale komponente sistema unutar korporativne mreže. (IP Varka).

Preduzeće mora da zaštiti svoju infrastrukturu tj. da napravi svoju bezbednosnu strategiju koja uključuje konkretne korake da SCADA sistem bude zaštićen. Razvijanje odgovarajuće SCADA bezbednosne strategije uključuje analizu više slojeva poslovne mreže i SCADA arhitekturu, uključujući firewall, proxy servere, operativne sisteme, slojeve sistemskih aplikacija, komunikaciju, politiku i procedure. Strategija za SCADA bezbednost treba da dopuni mere bezbednosti tj. sprovode poslovnu mrežu bezbednosti Slika 17 ilustracije prsten odbrane tipične poslovne mreže i njegov odnos sa SCADA mrežom. Uspešni napadi mogu da potiču od bilo koje internet veze preko poslovne mreže na SCADA mreži, ili iz internog napada unutar poslovne kancelarije. Alternativno napadi mogu da potiču iz SCADA mreže sa obe aplikacije (uzvodno) ili nizvodno (RTU) puta.



Slika 17. Veza između Poslovne i SCADA mreže

Većina poslovnih mreža uvode brojne bezbednosne kontramere da bi zaštitili svoje mreže. Neke od njih sa kratkim opisom njihovih funkcija su sledeći:

- **Border Router and Firewalls** - Granicni ruter i *firewall*, pravilno konfigurisan i koordiniran može zaštititi lozinke, adrese, datoteke i jos mnogo toga. Međutim bez ojačanog operativnog sistema, hakeri mogu direktno da prodru u privatne interne mreže ili naprave Denial of Service uslov.
- **Proxy Servers**– je Internet server koji se ponaša kao zaštitni zid u posredovanju saobraćaja između zaštićene mreže i interneta. Oni su od ključne važnosti za ponovno kreiranje TCP / IP paketa pre nego što ih prenesu u ili iz resursa aplikativnog sloja Hiper Tekt Transfer (http) protokola i Simple Mail Transfer Protocol (SMTP). Međutim zapošljavanje proxy server neće eliminisati opasnost od napada aplikativnog sloja.
- **Operating Systems**- Operativni sistem može biti ugrožen prilikom nadogradnje, dok je aktivan na internet mreži. To je zbog činjenice da su operativni sistemi srž svakog računarskog sistema i njihov dizajn i operativne karakteristike su poznate širom sveta. Kao rezultat toga, operativni sistemi su glavna meta za hakere .
- **Applications** - napad aplikativnog sloja, tj. tampon prekoračenja, crvi, trojanski konj, zlonamerni programi i prijavljen kod - Ks5, može onespособi antivirusni softver i zaobici zaštitni zid kao da nije ni postojao .
- **Policies and Procedures**- Pravila i procedure predstavljaju temelj bezbednosne politike infrastrukture. Oni uključuju zahteve od korisnika da izabere bezbedne lozinke koje se ne zasnivaju na rečniku reči i da sadrži najmanje jedan simbol, veliko slovo i broj, i treba da bude više od osam znakova. Korisnicima ne treba biti dozvoljeno da koristi imena svoje supruge, deteta ili kućnog ljubimca ili svoje ime kao svoju lozinku. Navedena lista je zajednička za sve subjekte koji imaju poslovnu mrežu.

Sledeća lista predlaže načine koji pomažu u zaštiti SCADA mreže u saradnji sa poslovnom mrežom.

- **SCADA Firevall** – SCADA sistem može biti ugrožen koristeći slične metode hakerisanja, SCADA sistemi idu na dole zbog drugih internih softverskih alata ili zaposleni koji su dobili pristup u SCADA sistemu, često bez ikakve namere skinu ove sisteme i prave greške. Iz tih razloga, preporučuje se jak firevall zaštita najmanje dva sloja zaštitnog zida između SCADA sistema umrežavanja i interneta.
- **SCADA Internal Network Design-** SCADA mreža bi trebalo da bude podeljena, isključenje vršiti u sopstvenim IP adresa segmentima koristeći pametne prekidače i odgovarajuća podzakonsko -maskirnu tehnike za zaštitu Industrijske automatizacije, kao što su fajl i print komande. Objekti koji koriste wireless i Ethernet Vired Ekuivalent Protokol (VEP) trebalo bi da promene podrazumevano ime na service Set Identifier (SSID). To će zahtevati od korisnika sa bežične kartice da zna ime od SSID i ima odgovarajući ključ za šifrovanje za bežične mreže.
- **SCADA Server Operating Systems** - Jednostavno instaliranje zaštitnog zida ili segmentiranje SCADA IP adresa neće obezbediti bezbednu infrastrukturu SCADA. Iskusi haker može da zaobiđe firevall često sa lakoćom, pa čak i da koristi adresu Resolution Protocol (ARP), zamku komunalnog preduzeća da ukrade Media Access Control (MAC) adrese. Haker može promeniti IP tehniku obmane da manevriše kroz mrežu. Operativni sistemi koji koriste SCADA aplikaciju moraju se održavati. SCADA aplikacije na Windows NT, 2000 ili KSP moraju biti nadograđene od najnovijih propusta, i sve podrazumevane naloge i administratorne račune treba ukloniti ili preimenovati. SCADA aplikacija koje rade u UNIX, LINUX, Novel, ili bilo kojem drugom operativnom sistemu (OS), takođe moraju biti održavani.
- **SCADA Applications-** u okviru SCADA same aplikacije se mora vršiti bezbednost. Trojanski konji i crvi mogu se ubaci da napadnu aplikaciju sistema, a mogu se koristiti i za manipulaciju podataka ili izdavanje komandi na serveru. Bilo je slučajeva da trojanski konji potpuno simuliraju aplikaciju. Operator ili korisnik misli da je kliknuo na komandu da prestane rad pumpe, ali je zapravo klikom na dugme počeo da briše ceo hard.

Metodologije za ublažavanje ove vrste situacijama su : upotreba anti-virus softver pokrenut na računaru na kojem je SCADA aplikacija instalirana; takođe onemogućavanje neovlašćenu instalaciju softvera osim ako korisnik ima administratorski pristup.

- SCADA Policies and Procedures- daljinsko upravljanje nadzor upravljanje lozinkama itd. može značajno uticati na ranjivost SCADA objekata u okviru SCADA mreže zato je potrebno pravilno razvijati pravila i procedure koje se sprovode za poboljšanje bezbednosti SCADA sistema .

## REZIME

Današnje vreme je odlikovano brzim tempom razvoja nauke tehnologije i civilizacije u celini. Cilj ovog rada je da prikaže jedno moderno rešenje daljinskog nadzora i upravljanja u nekom sistemu pogotovo velikim kao sto su vodoprivrede, elektroprivrede itd... i istovremeno zadovoljiti današnje zahteve razvoja privrede kao što su fleksibilnost, efikasnost, pouzdanost, sigurnost, preciznost. U radu je prikazan SCADA sistem koji možemo definisati kao skup namenskih, prostorno distribuiranih, međusobno povezanih računarskih modula, čiji je zajednički cilj ostvarenje funkcija nadzora i/ili upravljanja fizičkim procesom u realnom vremenu

Osnovna funkcija SCADA sistema je ciklična akvizicija digitalizovanih vrednosti različitih fizičkih veličina koje određuju stanje proizvodnog tehnološkog procesa. Formiranjem baze merenih podataka u računar, stvara se osnova za proveru i prikaz trenutnog stanja fizičkog procesa, odnosno za vršenje efikasnog nadzora nad njim. Istovremeno primenom ugrađenog upravljačkog algoritma moguće je odrediti i zahtevati korektivne aktivnosti, tj. izvršiti upravljanje nad fizičkim sistemom. Specifična namena SCADA sistema nameće određene zahteve koji ovakve računarske sisteme izdvaja od ostalih. SCADA sistem opšte namene mora ispuniti : rad u realnom vremenu, distribucija računarskih resursa u okviru SCADA-e i postizanje maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti.

Struktura SCADA sistema odlikuje prostornom distribucijom autonomnih računarskih komponenti, koje su komunikacionom mrežom spregnute u jedinstven sistem. Razmenom poruka između njih ostvaruje se međusobna kooperacija u ostvarenju zajedničkog cilja. Obzirom na visoke troškove prekida rada procesnog sistema usled eventualnog otkaza računarskih komponenti, važan zahtev koji SCADA sistem mora zadovoljiti je postizanje maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti. Komunikacija mora biti brža i pouzdana što nam omogućava GPRS. Protokoli za komunikaciju u SCADA sistema su napravljeni isključivo za rad u uslovima smanjene pouzdanosti komunikacije, kao i da omoguće siguran prenos podataka garantujući pouzdano dopremanje podataka do željenih destinacija.

Periodičnim održavanjem SCADe mogu se preduprediti buduće skupe popravke ili katastrofalni problemi koji se javljaju na SCADA sistema. To će smanjiti količinu vremena za neplanirani sistem zatvaranja i frustraciju osoblja zbog nepouzdanog sistema. Primena standarda i standardizacije omogućava povećanje "interoperabilnost" na uređaje i komponente u okviru SCADA sistema. Savremeni razvoj nauke i tehnike posebno računarskih sistema, omogućio je potpunu automatizaciju opštih procesa proizvodnje uvođenjem u SCADA sistem. Kompjuterizacija procesa eliminisala je učešće čoveka u mnogim teškim, jednoličnim, monotonim, i ponavljajućim poslovima. Upravljanjem sa daljine radnik se takođe udaljava iz opasnih i po zdravlje štetnih radnih zona, zato je potrebna nova veština zaposlenih koji će raditi na SCADA sistemu.

Sadašnji zahtevi u privredi za povećanom efikasnošću a posebno u komunalnom preduzeću recimo vodovoda zahteva povezanje sigurnosti njihovih sredstava i proizvoda. Znaci SCADA sistema sada mora biti proaktivan i mora uključiti puno upravljanje podacima i bezbednost. Povećanje efikasnosti u poslovanju i bezbednosti u SCADA sistemu zahtevaju povećani monitoring tj. Povećan nadzor uz veću bezbednost zato naredne generacije SCADA sistema treba da urade više nego da prikupe i dostave podatke oni takodje moraju da upravljaju podacima većih saobraćajnih opterećenja da obezbede komunikaciju saobraćaja između različitih uređaja i korisnika, upravljanje online kofiguracionim procesa da bi se izbegle izazvane sistemske greške (većina sistemskih kvarova dolazi kod sistema održavanja/nadogradnje). Upravljanje prikupljanje podataka na ekranu, skladištenje i pristup korisnicima drugih poslovnih sistema, uključujući događaj (važni događaji mora dobiti odmah pažnju). SCADA sistem za praćenje mora da sadrži fizičku bezbednost mesta – korišćenjem video nadzora i instrumente detekcija, npr.kvalitet vode koristeci online analizatore, vreme u skladištu ( starot neiskorišćene vode) da bi se izbegle bakterijske kontaminacije i zdravlja komunikacijskog linka i opreme polje.

## Literatura

1. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems, Office of the Manager National Communications System, October 2004
2. Distribuirani upravljački sistemi; Zajedničke karakteristike nadzorno-upravljačkih (SCADA) sistema, Skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.
3. VIEW 4, Sistem za nadzor, upravljanje i akviziciju pogonskih podataka; Opis sistema, Institut Mihajlo Pupin, Beograd, 2010.
5. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology Keith Stouffer Joe ,Falco Karen Kent
6. Industrijski sistemi i protokoli – SCADA
8. G. Mitchell, "Technology Advances Power Integrated Control", Control Engineering
9. Compartmentalization of Protocols in SCADA Communication, International Journal of Advanced Science and Technology, Dong-joo Kang and Rosslin John Robles, July, 2009
10. Securing SCADA Infrastructure Communications, University City Blvd, Charlotte, NC 28223, Yongge Wang and Bei-Tseng Chu, August 5, 2004
11. Securing SCADA system, Ronald L. Krutz,2010
12. Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and Industrial Control Systems Security, Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, Keith Stouffer, Joe Falco, Karen Kent, September 2006
13. Introduction to GPRS for SCADA and telemetry, Airlink communications, April 2005
14. Secure SCADA and engineering access communications: a case study of private and public communication link security, David Dolezik, Kevin Carson and Kevin Leech, Laboratories in Pullman, Washintog USA 2010
15. North American Electric Reliability Council, *Security Guidelines for the Electricity Sector*, June 14, 2002
16. Izvestajni podsistemu okviru SCADA sistema,14. Simpozijum – Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu, J.Dragutinovic, E.Veljkovic, 2008 godine
17. Supervisory control and data acquisition scada system for command control, communications, computer,intelleigence, surveillance and reconnaissance\*C4ISR\*Facilities, 21.january 2006

## Web izvori

18. [http://spvp.zesoi.fer.hr/2001/scada/spvpSCADA1.htm#\\_Toc508735469](http://spvp.zesoi.fer.hr/2001/scada/spvpSCADA1.htm#_Toc508735469)
19. <http://sr.wikipedia.org/wiki/SCADA>
20. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Scada\\_std\\_anim.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Scada_std_anim.gif)
21. <http://futuraonix.in/download/scada.pdf>
22. [http://www.ing.unisi.it/biblio/ebook/sistemi\\_scada.pdf](http://www.ing.unisi.it/biblio/ebook/sistemi_scada.pdf)
23. <http://www.scribd.com/doc/7203762/I3E-Standard-for-SCADA-and-Automation->
24. <http://www.aeso.ca/rulesprocedures/8818.html>
25. [http://www.aeso.ca/downloads/SCADA\\_Standard\\_Final.pdf](http://www.aeso.ca/downloads/SCADA_Standard_Final.pdf)
26. [http://www.aeso.ca/downloads/Letter\\_SCADA\\_Standard\\_Response\\_to\\_Comments](http://www.aeso.ca/downloads/Letter_SCADA_Standard_Response_to_Comments) 22.
- [http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/pdms/FunkcionalniZahteviZaSCADA\\_Softver](http://www.kelm.ftn.uns.ac.rs/literatura/pdms/FunkcionalniZahteviZaSCADA_Softver)
27. <http://www.thecqi.org/Knowledge-Hub/Resources>
28. <http://www.mikrokontrol.co.rs/sr/proizvodi/siemens/ti-automation>
29. <http://www.mikroe.com/sr/magazine/2broj/2broj4.htm>
30. <http://www.scadasystems.net/>