

UPRAVLJANJE INTELIGENTNIM SISTEMIMA VODOVODA I KANALIZACIJE

CONTROL OF INTELIGENT WATER SUPPLY AND SEWAGE SYSTEMS

STANKO STANKOV¹

Pregledni stručni rad

DOI: 10.5937/NIK24491S

Rezime: Komunalna preduzeća u čijem su delokrugu vodosnabdevanje i kanalizacioni sistemi upravljaju složenom, međusobno povezanom infrastrukturom kako bi se osigurao konzistentan pristup dovoljno bezbednoj vodi potrošačima. Za ostvarivanje ovog cilja potrebne su efikasne računarske tehnike za održavanje nadzora i optimalnog upravljanja sistemima za distribuciju vode. U radu se sagledavaju softver i sistemi za upravljanje inteligentnim vodovodnim mrežama, kao deo njihove višeslojne strukture, uključujući nove računarske tehnike zasnovane na veštačkoj inteligenciji. One pružaju isplativa rešenja za složene probleme iz stvarnog života s kojima se konvencionalno računarstvo ne može nositi. Rešenja koja se razmatraju omogućavaju adekvatno upravljanje vodovodnim preduzećima, što doprinosi efikasnom modeliranju i predviđanju ekstremnih događaja i poboljšanju funkcionalnosti vodovodne mreže u svakodnevnim uslovima.

Ključne reči: vodosnabdevanje, inteligentni sistemi, upravljanje

Abstract: Utilities companies whose scope includes water supply and sewage systems manage a complex, interconnected infrastructure to ensure consistent access to sufficiently safe water for consumers. To achieve this goal, efficient computer techniques are needed to maintain monitoring and optimal control of water distribution systems. The paper looks at software and systems for managing intelligent water networks, as part of their multi-layered structure, including new computing techniques based on artificial intelligence. They provide cost-effective solutions to complex real-life problems that conventional computing cannot handle. The solutions under consideration enable adequate control of water supply companies

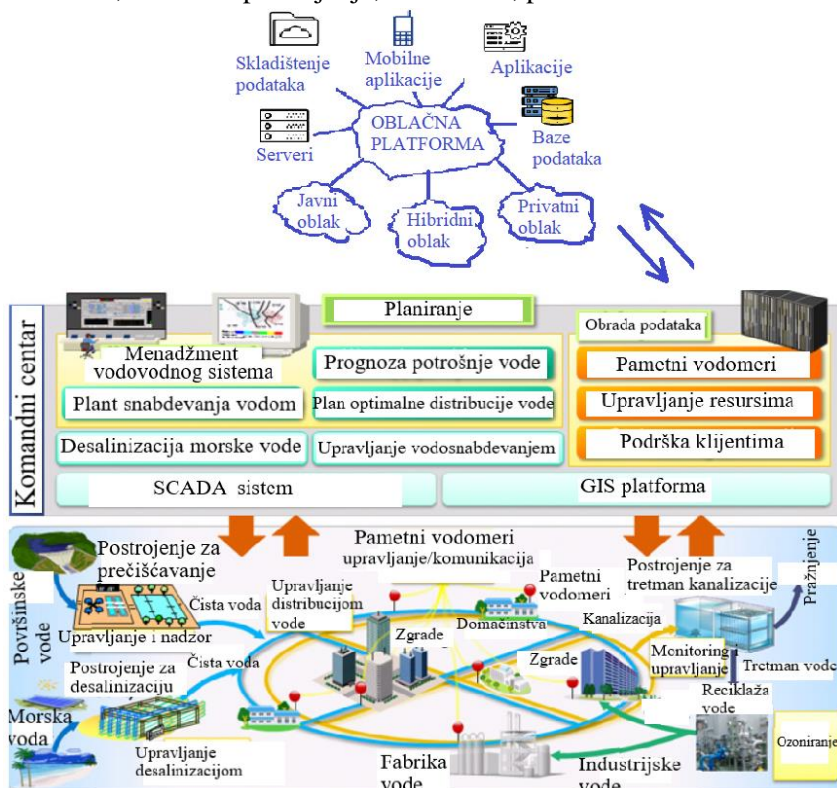
¹ Stanko Stankov, Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 4, Niš, stanko.stankov@elfak.ni.ac.rs, ORCID: 0009-0002-4264-3111

which contributes to efficient modeling and forecasting of extreme events and improving the functionality of the water supply network in everyday conditions.

Key Words: water supply, intelligent systems, control

1. Uvod

Inteligentna vodovodna mreža je potpuno integrisani skup komponenata i rešenja koja na osnovu mnoštva prikupljenih podataka omogućavaju vodovodnim preduzećima da optimizuju sve aspekte distribucije vode, skupljanja otpadnih voda i sistema za njihovo prečišćavanje [1, 2]. Blok šema kompleksnog inteligentnog sistema vodovoda i kanalizacije, koji je povezan sa oblačnom platformom, prikazana je na slici 1. Najčešće se razmatra 5-slojni model inteligentnih vodovodnih mreža. Prvi sloj obuhvata fizičke komponente – izvorišta, brane, akumulacije, cevovod, pumpne stanice, bunarska postrojenja, rezervoare, prekidne komore i dr.



Slika 1. Blok šema upravljanja inteligentnim sistemom vodovoda i kanalizacije
Figure 1. Block diagram of the control of the intelligent water supply and sewerage system

U drugom sloju su uređaji i oprema u polju: senzori koji mere različite parametre poput protoka, pritiska, nivoa i kvaliteta vode, kao i daljinski upravljani uređaji kao što su pumpe, razni elektromotorni pogoni, regulacioni i on/off ventili. Ovi elementi automatizacije instalirani su u pomenutim postrojenjima prvog sloja.

U trećem sloju vrši se akvizicija podataka i komunikacija. Tu su uključeni sistemi za skladištenje i prenos podataka sa udaljenih lokacija, a ti se podaci prosleđuju u slojeve gde se analiziraju i obrađuju. Koristeći dvosmerne komunikacione kanale, komande se vraćaju drugom sloju zahtevajući od senzora da prikupe određene podatke i naloge izvršnim organima (aktuatorima). Deo ovog sloja su npr. fiksna kablovska mreža, radio, mobilne, Wi-Fi i druge komunikacione tehnologije pomoću kojih se vrši prenos podataka. Četvrti sloj obuhvata upravljanje podacima i njihovu vizuelizaciju, pri čemu se prikupljeni podaci obrađuju i prikazuju na interfejsu prilagođenom operateru preko upravljačko-nadzornog sistema (SCADA), geografskog informacionog sistema (GIS) ili drugih platformi za vizuelizaciju mreže. Ovaj sloj takođe stupa u interakciju sa sistemima i alatima vezanih za sajber bezbednost i za podršku poslovnih funkcija kao što su upravljanje narudžbinama i sistemi za informisanje klijenata. Poslednji, peti sloj primenjuje alate koji integrišu softver za analizu podataka i modeliranje koristeći komunikacione kanale i senzore u mreži. Kao rezultat toga, vodovodna preduzeća mogu automatski daljinski da upravljaju mrežom, uključujući praćenje kvaliteta vode u mreži, automatizovano otkrivanje curenja, optimizaciju rada pumpnih postrojenja i dr. Za rešavanje zadataka u ovom sloju mogu dodatno da se koriste mogućnosti veštačke inteligencije (Artificial Intelligence - AI), upravljanja i analize velikih skupova podataka (Big Data), praćenja u realnom vremenu, mekog računarstva (Soft Computing) koje koristi fazi logiku, veštačke neuronske mreže, genetske algoritme u sklopu oblasti evolutivnog računarstva i tehnike bazirane na primeni teorije grubih skupova [3-5]. Ta rešenja se uvode da bi se omogućila procena potencijalnog uticaja promena u mreži, da se reaguju na vreme i razmotre verovatni scenariji.

2. Upravljanje velikim podacima

Velike količine i velika brzina generisanja raznovrsnih podataka zahtevaju nove oblike obrade kako bi se omogućilo poboljšano donošenje odluka, otkrivanje korelacija i događaja i optimizacija operativnih procesa. Veliki podaci generisani u urbanom okruženju su usko povezani sa softverom inteligentnih sistema vodosnabdevanja, koji analizira velike količine podataka, velike složenosti i izražene heterogenosti. U vodovodnim sistemima postoji brz protok podataka koji se dobijaju od pametnih senzora i vodomera. Čak i za relativno mala vodovodna preduzeća generišu se ogromne količine podataka koje treba uskladištiti i dalje analizirati. Zahvaljujući mogućnostima algoritama AI za analizu velikih podataka, ova

preduzeća mogu da maksimalno koriste dostupne podatke kako bi se donele adekvatne odluke, dok istovremeno poboljšavaju pružanje usluga i smanjuju troškove [4]. Kao grana računarske nauke AI se bavi simulacijom inteligentnog ponašanja. U kontekstu obezbeđivanja efikasnog vodosnabdevanja, AI i mašinsko učenje se uglavnom primenjuju na zadatke donošenja odluka, kao što je način na koji vodovodna preduzeća mogu da maksimalno iskoriste dostupne informacije da bi se donele bolje odluke u vezi optimizacije kapitalnih investicija i smanjenja operativnih troškova, uzimajući u obzir društvene i ekološke spoljašnje uticaje na vodovodni system [5].

Sve hidrauličke promenljive u vodovodnoj mreži pokazuju neku vrstu korelacije zasnovane na fundamentalnim hidrauličkim zakonima. Na osnovu njih su razvijeni numerički algoritmi za pronalaženje curenja u mreži, koji imaju za cilj otkrivanje određenih prostornih i vremenskih obrazaca i anomalija u vrednostima parametara poput protoka i pritiska u različitim tačkama vodovodne mreže. Tako se dobijaju informacije o fizičkim i komercijalnim gubicima. Numeričke metode zahtevaju kalibraciju podataka sa senzora u polju. One su isplativa investicija kada SCADA nadgleda sisteme distribucije vode, pri čemu se koriste dva glavna pristupa analizi mreže: analiza fizičkim metodama i pristup zasnovan na podacima [6].

2.1. Analiza fizičkim metodama

Fizičke metode se zasnivaju na kombinaciji statističkih alata, kao što su tehnike procene stanja, analiza pritiska i hidrauličko modeliranje, pri čemu se koriste univerzalni fizički zakoni na osnovu kojih se regulišu mreže za distribuciju vode. Kombinacija podataka i numeričkih modela na kraju omogućava „digitalnom blizancu“ ili „digitalnom ogledalu“ fizičke mreže za distribuciju vode da testira i verifikuje scenarije u realnom vremenu. Iz operativne perspektive fizički zasnovane metode su polazna tačka za digitalnu transformaciju vodosnabdevanja. Početna faza, nazvana hidraulično modeliranje ne zahteva opsežnu analizu velikih podataka. Vodovodna preduzeća treba da imaju standardni hidraulički model koji može s dovoljnom tačnošću da reprodukuje tipične uslove rada vodovodne mreže, koristeći fiksne parametre i potrošnju vode. Kada je takav model već dostupan, preporučljivo je preći na sofisticiraniju metodu koja uključuje verovatnoće zaključivanja zasnovane na vremenski promenljivim ulazima i parametrima.

2.2. Analitičke metode na osnovu prikupljenih podataka

Metode vođene podacima zasnovane su na primeni AI ili algoritama mašinskog učenja kao što su veštačke neuronske mreže, adaptivni neuro-fazi sistemi zaključivanja itd. Ove tehnike, jednom pravilno obučene na velikim skupovima podataka, mogu izvući informacije i otkriti obrasce bez upotrebe mrežnih jednačina. Neke pojave poput pucanja cevi, habanja spojeva, korozije, formiranja biofilma i dr.

još uvek nisu u potpunosti shvaćene i ne mogu se precizno modelirati. U tim slučajevima metode zasnovane na podacima mogu biti od koristi budući da ne zahtevaju veliku tačnost. Na kraju i fizički zasnovane metode i one zasnovane na podacima mogu se kombinovati u „hibridnu metodologiju“ koja pokušava da integriše najbolje od oba pristupa, s jedne strane hidrauličko modeliranje kao prirodnu evoluciju standardne analize vodovodne mreže, i s druge strane suočavanje s velikim podacima uz korišćenje algoritama na bazi AI za sintezu alata nove generacije.

2.3. Meko računarstvo u razvoju i održavanju sistema vodovoda i kanalizacije

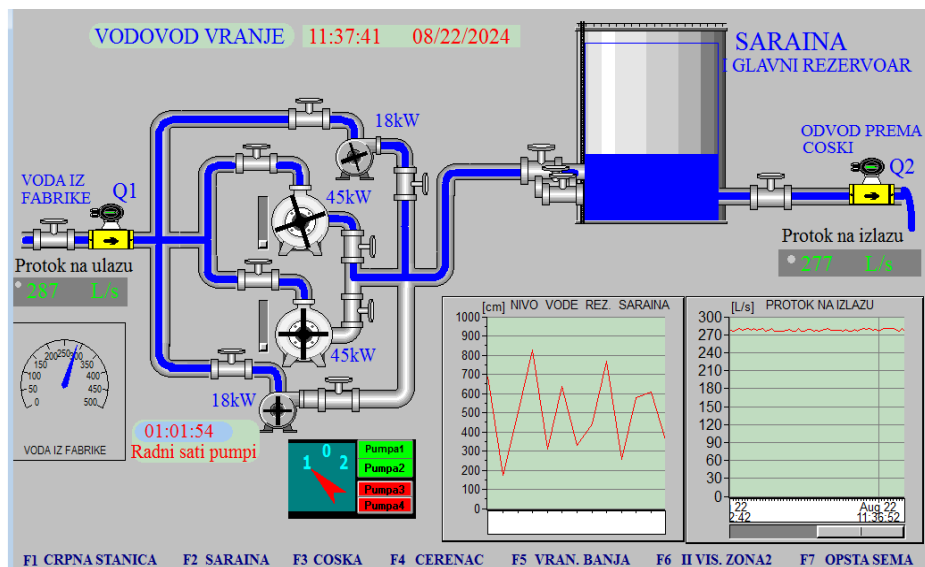
Prethodno navedeni alati, koji uključuju fazi logiku, veštačke neuronske mreže i mašinsko učenje su komponente tzv. mekog računarstva (soft computing). Smatra se poljem u nastajanju u veštačkoj inteligenciji. Takvi računarski alati vrše odgovarajuću obradu velikih podataka generisanih procesima u inteligentnim vodovodnim mrežama i mogu da rukuju složenim bazama podataka.

Osnovni princip mekog računarstva je korišćenje podnošljivog stepena nepreciznosti, neizvesnosti, delimične istine i aproksimacije da bi se postiglo jasno, robusno i jeftino rešenje problema, koristeći funkcionalnost ljudskog mozga kao modela. Glavna prednost ovog načina ogleđa se u izbegavanju visokih troškova tradicionalnih proračuna (hard computing), za koje je karakteristična visoka preciznost.

3. Digitalna transformacija vodovodnih preduzeća

Prvi zadatak vodovodnih preduzeća koja su u procesu digitalizacije sastoji se u analizi postojećih sistema za praćenje vodovodne mreže u pogledu kvantiteta, kvaliteta i dostupnosti podataka. Inicijalna analiza pokazuje da li postoji potreba za dodatnim mernim tačkama ili da li postojeći senzori daju realnu sliku o sistemu distribucije vode [5]. Za vodovodna preduzeća s primenjenim SCADA sistemom, potencijalno operativno poboljšanje zavisice od gustine i karakteristika senzora koji su raspoređeni. Slika 2 prikazuje jedan SCADA ekran pumpne stanice za distribuciju vode preko rezervoara, s dinamikom regulacije nivoa između donje i gornje vrednosti i protoka na izlazu rezervoara [6].

Ova preduzeća moraju pristupiti izazovu digitalne tranzicije počevši od kraja lanca vrednosti (koji su hitni operativni zadaci i koji podaci su potrebni). S obzirom na to, tipičan početni paket za digitalnu transformaciju prvo treba da uključi definisanje operativnih ciljeva i pokazatelja efikasnosti. Pored toga, potrebna je integracija alata za analizu mreže koji obezbeđuju dijagnostiku i podršku pri donošenju odluka za postizanje ključnih indikatora efikasnosti. Takođe, neophodno je u osnovi implementirati SCADA sistem za distributivnu mrežu.



Slika 1. Jedan SCADA ekran pumpne stanice u sklopu vodovodnog sistema
Figure 1. One SCADA screen of the pumping station within the water supply system

Važan aspekt je razvoj optimalnog sistema za praćenje kako bi se dobila maksimalna količina podataka na osnovu minimalnog broja strateški postavljenih senzora u cilju minimizacije troškova. Npr. pametni vodomeri su relativno skuplji od konvencionalnih i njihovo učešće u radu većine vodovodnih preduzeća je ograničeno. Međutim, AI algoritmi uključuju alate za klasifikaciju kako bi podijelili kupce u grupe na osnovu obrazaca potrošnje. Broj pametnih vodomera se tada može drastično smanjiti i strateški postaviti tako da su statistički reprezentativni za odgovarajuće obrasce potrošnje vode u pojedinačnim podgrupama.

Informacije iz integrisanih informacionih i upravljačkih sistema su tačnije, bezbednije i pravovremene i pomažu vodovodnim preduzećima da donesu prave odluke za kraće vreme, kao i da preduzmu proaktivne mere. Ako se implementira inteligentni sistem upravljanja mrežom, curenja se mogu predvideti i sprečiti ili brzo locirati i eliminisati, smanjujući gubitke i štedeći sredstva.

U pametnim vodovodnim mrežama, informacije primljene od SCADA sistema u realnom vremenu upozoravaju operatera na abnormalne promene u hidrauličnom modelu mreže. Na osnovu ovih informacija pokreće se specijalizovani softver za nadzor objekata koji može potvrditi prisustvo curenja i potrebu za preduzimanjem odgovarajućih mera. Ista informacija pokreće proveru sistema održavanja, koji je u integrisanim informacionim i upravljačkim rešenjima povezan s GIS platformom.

Upit GIS sistemu identifikuje tačnu lokaciju problema, pokazuje koja mera bi minimizirala efekat na ostatak mreže i na osnovu toga upravljački sistem zatvara ventile da bi izolovao problematičnu zonu.

U pametnim vodovodnim mrežama, integrisani sistemi takođe uključuju bazu podataka klijenata koja identifikuje na koje će od njih uticati data vanredna situacija. Informacije se prenose sistemu za obaveštavanje klijenata kako bi ih upozorili na predstojeće hitne i zakazane popravke. ERP (Enterprise Resource Planning) platforme za planiranje resursa takođe se mogu uključiti u kompletne integrisane sisteme upravljanja objektima vodovoda, gde se podaci za dato curenje mogu konvertovati u tačne informacije o potrebnom vremenu, troškovima i ljudskim resursima za njegovo otklanjanje, a može se analizirati i uticaj konkretne havarije i drugih operativnih parametara na resurse kompanije u kratkoročnom i dugoročnom periodu [5, 6].

3.1. Softver za praćenje i upravljanje u realnom vremenu

Podaci sa senzora i vodomera omogućavaju vodovodnim preduzećima da prate stanje infrastrukture i kvalitet vode u celoj mreži u realnom vremenu. Curenja se mogu brzo locirati, čime bi se smanjio gubitak vode, a naprezanje cevi se može rano otkriti kako bi se preduzele mere za smanjenje rizika od pucanja. Kontinualno praćenje kvaliteta vode u distributivnim cevovodima takođe omogućava rano upozorenje o potencijalnom zagađenju. Automatske procedure tada mogu da reaguju zatvaranjem ventila i/ili isključivanjem pumpi u pogođenim oblastima da bi se sprečile poplave, dalja oštećenja, gubitak vode ili širenje zagađene vode. Podaci sa senzora u realnom vremenu se takođe mogu koristiti za kalibraciju hidrauličnih modela kako bi se zamenio tradicionalni proces kalibracije, koji je dugotrajan i skup. Cilj upravljanja infrastrukturom vodovodnih preduzeća je postizanje dugoročne održivosti i pružanje pouzdane usluge uz ekonomičan pristup. Programeri alata za upravljanje resursima i održavanjem, projektuju softverska rešenja za preventivno i prediktivno održavanje, funkcije praćenja performansi opreme i automatizovane alate za korektivne mere.

3.2. Softver i sistemi za upravljanje kvalitetom vode

Programeri u ovoj oblasti prave softver za upravljanje kvalitetom vode i procedure testiranja, alate za upravljanje uzorcima, identifikaciju zagađivača i modeliranje tokova zagađivača. Prave se planovi za praćenje zagađenja i upravljanje čišćenjem. Na operatorskim panelima za pregled kvaliteta vode uključuju se alarmi uz svetlosnu i zvučnu signalizaciju ukoliko su parametri koji se prate izvan dozvoljenih vrednosti. Sistemi za detekciju događaja se koriste za analizu podataka sa senzora u realnom vremenu upozoravajući operatere kada je kvalitet vode van standarda. Razvoj i implementacija softverskog alata za podzvoniranje se koristi za

pojednostavljenije strukture distributivne mreže organizovanjem korisnika u virtualne podzone/klastere. Uprošćeni grafikon klastera poboljšava razumevanje uticaja topologije mreže na parametre kvaliteta vode, npr. kao što su ukupni nivoi rezidualnog hlora.

3.3. Softver za projektovanje vodovodne mreže

Softverska rešenja za projektovanje mreže i alati za planiranje vodne infrastrukture koriste GIS, projektovanje pomoću računara (CAD) i funkcije mapiranja. Pored toga, koriste se aplikacije za hidraulično modeliranje, simulaciju i analizu. Takav softver je u stanju da odredi lokaciju i trasu vodovodnih mreža, pumpnih stanica i skladišnih rezervoara, pružajući zaštitu od rizika i nepredviđenih troškova. Specijalizovani AI algoritmi mogu da identifikuju optimalne alternative za proširenje mreže. Oni uzimaju u obzir nesigurnost (približnu tačnost) nekih parametara tokom projektovanja, kao što su prognoza stanovništva i prostorni urbani rast, kako bi se obezbedilo racionalno donošenje odluka. Takvi alati pomažu u projektovanju proširenja mreže sa optimalnom konfiguracijom.

4. Mogućnosti automatizacije

Platforme koje koriste podatke od GIS i SCADA sistema i savremena merna tehnika sve više se implementiraju u sisteme vodovoda i kanalizacije, u cilju praćenja potrošnje vode i rada sistema, praćenja trendova i daljinskog upravljanja pumpama i ventilima. Većem delu tehnologije koja je do sada korišćena, nažalost, nedostajale su mogućnosti prediktivnog mrežnog modeliranja i optimizacije sistemske dinamike da bi se predvideo uticaj operativnih ili fizičkih promena na performanse i integritet sistema. Takođe, nedostajali su i alati za prediktivnu analizu da bi se koristili podaci iz merenja za kreiranje prediktivnih modela i trendova, što je onemogućavalo projektante i operatere vodovoda da donose odluke i primoralo ih da se oslanjaju na svoje iskustvo u rekonstrukciji, popravkama i modernizaciji mreža.

Mnoge od novih dinamičkih i analitičkih sistemskih tehnologija koje se razvijaju u potpunosti integrisane su s GIS i SCADA sistemima, smart vodomernima, senzorima i infrastrukturom čime se omogućava optimizacija rada mreže u realnom vremenu.

5. Simulacija mreže u realnom vremenu

Hidrauličko ponašanje distributivnih i vodovodnih mreža i rad objekata integrisanih u njih može se predvideti simulacionim modelima mreže. Preko modela se mogu podesiti i obraditi različiti parametri uslova rada, različiti profili opterećenja, kao i odigrati različiti scenariji razvoja. Pomoću platformi za simulaciju

mreže mogu se odrediti, na osnovu date kombinacije radnih uslova, prediktivne vrednosti pritiska, protoka i kvaliteta vode. Ovi mrežni modeli su zasnovani na osnovnim fizičkim principima kao što su zakon održanja energije i zakon kinetike reakcije.

Prediktivna mrežna simulacija ponašanja hidrauličnih sistema takođe omogućava precizno predviđanje odziva sistema kada menadžment sprovodi određene mere i programe koji se odnose na poboljšanje efikasnosti vodovodnih mreža. To mogu biti mere za optimizaciju kvaliteta vode, pouzdanost hidrauličnih objekata, funkcionalnost fizičke infrastrukture itd. Da bi prediktivno modeliranje u realnom vremenu bilo moguće, simulacioni modeli mreže moraju imati ažurirane informacije o statusu vodovodnog sistema i objekata. Pošto se savremenim vodovodnim mrežama upravlja preko SCADA sistema i drugih telemetrijskih platformi, da bi se obezbedio tok ažuriranih infrastrukturnih podataka koji se u kratkim intervalima unose u mrežni model, preporučuje se da se on sinhronizuje sa ovim sistemima. Mrežni modeli omogućavaju simulaciju ponašanja vodovodnih objekata čak i kada su SCADA ili telemetrijski sistem oflajn. Zahvaljujući alatima za prediktivno modeliranje, operateri vodovodnih objekata mogu u realnom vremenu da dobijaju obaveštenja o nastanku događaja drugačije prirode koji utiču na rad i efikasnost vodovodnih mreža, kao i da preduzmu pravovremene mere za rešavanje problema i kritičnih situacija pre nego što dostignu svoj maksimum.

Kroz ovakvu prediktivnu dijagnostiku sistema mogu se generisati i uporediti različiti razvojni scenariji u slučaju neočekivanog događaja, kao i predvideti npr. koji su tačno klijenti pogođeni i kako će na njih uticati. Modeli prediktivnog modeliranja su odličan alat za predviđanje efekta različitih mera koje planira operater vodovoda, kao što su potpuno isključivanje opreme, zaustavljanje pumpi u određenoj zoni, izvođenje remontnih aktivnosti itd.

6. Sajber zaštita

Sve informacione i komunikacione tehnologije, uključujući AI platforme, zahtevaju aktivne i aktuelne mere zaštite od napada hakera. Sajber bezbednost je od posebnog značaja u vodosnabdevanju jer je voda kritičan resurs s visokim rizikom po javno zdravlje i zato što preduzeća za vodosnabdevanje upravljaju bazama poverljivih i ličnih podataka korisnika. Bez odgovarajućih mera, inteligentne vodovodne usluge su izložene povećanom riziku od sajber napada jer mogu biti utočište za hakere. Veštačka inteligencija podiže sajber bezbednost na veće nivoe koristeći algoritme dubokog učenja primenjene na analizi ponašanja za otkrivanje neuobičajenih radnji i upotrebom robota lovaca (AI alati koji neprestano traže pretnje i uče iz njih). Naravno, ovde treba istaći i blockchain tehnologiju kao glavni alat u sajber zaštiti podataka korisnika.

Blockchain je baza podataka koja se ne nalazi na jednom mestu, već je čine manje baze (blokovi) koje su međusobno digitalno povezani, a koji sadrže informacije o digitalnim transakcijama bilo koje vrste: od vlasničkih listova, preko podataka iz knjige rođenih, do ugovora kojim se regulišu autorska prava [7]. Prilikom njihove razmene nema nikakvog regulatora osim same mreže koja sadrži informacije o svim transakcijama ikada izvršenim.

Dakle, za razliku od klasične online baze podataka, blockchain tehnologija omogućava komunikaciju s nekoliko računara (servera) između kojih se transakcija odvija.

Bezbednost oblačne infrastructure postiže se određenim merama:

- Pouzdano upravljanje pristupom ključ je za obezbeđenje okruženja korisnika u oblaku. Princip najmanje privilegija je vodeći princip, koji obezbeđuje minimalni nivo pristupa potreban za svakog korisnika ili aplikaciju.
- Potrebno je izvršiti enkripciju podataka u mirovanju i u procesu prenosa da bi se osetljive informacije zaštitile od neovlašćenog pristupa.

Kontinualno praćenje okruženja korisnika u oblaku može pomoći u identifikaciji potencijalnih pretnji i neobičnih aktivnosti. Implementacija sistema potpomognutih veštačkom inteligencijom za otkrivanje upada i analizu pretnji u realnom vremenu.

- Redovne procene ranjivosti mogu da identifikuju potencijalne slabosti u infrastrukturi oblaka. S testovima prodora, mogu se simulirati napadi u stvarnom svetu i proceniti sposobnost organizacije da se odbrani od njih.
- AI i mašinsko učenje menjaju računarstvo u oblaku poboljšavajući efikasnost, skalabilnost i performanse. Oni doprinose poboljšanju operacija kroz prediktivnu analizu, detekciju anomalija i automatizaciju. Međutim, sve veća prisutnost i dostupnost takvih alata takođe izlaže usluge u oblaku širem spektru rizika.
- AI će drastično transformisati bezbednost u oblaku, uvodeći novu generaciju inteligentnih rešenja koja mogu autonomno da analiziraju velike količine podataka kako bi otkrile i sprečile pretnje u realnom vremenu.

7. Zaključak

Primarni cilj implementacije pametnih tehnologija upravljanja vodama je optimizacija rada sistema, a ne oslanjanje samo na kapitalna poboljšanja. Na osnovu tekućih investicija u tehnologije akvizicije, arhiviranja i obrade podataka u realnom vremenu i raznih telemetrijskih sistema inteligentni vodovodni sistemi mogu proširiti rutinsko modeliranje mreže na mogućnosti projektovanja i planiranja za različite programe reagovanja na havarije i održavanje, daljinsko otkrivanje curenja,

ukupnu optimizaciju potrošnje energije, predviđanje prekida cevovoda, smanjenje emisije ugljen dioksida i efikasnije upravljanje kvalitetom vode. Performanse sistema za distribuciju vode i vodosnabdevanja se najbolje mogu proceniti kroz metode praćenja i simulacije u realnom vremenu koje signaliziraju potencijalne kvarove dovoljno rano da bi operaterima obezbedili vreme da efikasno reaguju i minimiziraju ekonomske posledice i zdravstvene rizike.

Pametne vodovodne mreže igraju važnu ulogu u sprovođenju kontinualnog praćenja sistema, lociranju područja s nedovoljnim kapacitetom, evaluaciji različitih pristupa rešavanju problema i kvarova, pokretanju programa kontrole u slučaju kritičnih havarija, optimizaciji vremena odziva i efikasnosti kriznih mera, kao i u uspostavljanju adekvatnih osnova za merenje i poboljšanje performansi sistema.

Na osnovu ulaganja u sisteme za akviziciju, arhiviranje i obradu podataka u realnom vremenu i različitih telemetrijskih sistema, pametne mreže proširuju rutinsko modeliranje na mogućnosti planiranja i preduzimanja mera za hitne slučajeve i održavanje, daljinsko otkrivanje curenja, predviđanje prekida cevovoda, ukupnu optimizaciju potrošnja energije, smanjenje ugljen dioksida i efikasnije upravljanje kvalitetom vode.

8. Literatura

- [1] Stankov S, Sistem nadzora i upravljanja postrojenjem za prečišćavanje vode, časopis *Vodoprivreda*, broj 4-6, vol. 50, str. 319-332, Srpsko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje, Beograd, 2018.
- [2] Stankov S, Water Purification in the Process Industry, *Trideset sedmi međunarodni kongres o procesnoj industriji PROCESING 24*, Beograd, 29-31 maj, zbornik radova, str. 121-140, DOI: 10.24094/ptk.024.121, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera Srbije, SMEITS, Društvo za procesnu tehniku Beograd, 2024.
- [3] Stankov S, Antić D, Petronijević M., Danković N, Automatizacija vodozahvata i mehaničkog prečišćavanja vode u fabrici vode „Mediana 2“, časopis *Procesna tehnika*, broj 2, decembar, godina 30, str. 18-22, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera Srbije (SMEITS), Beograd, 2018.
- [4] Stankov S, Big Data in Water Supply and Sewerage System, journal *Acta Technica Corviniensis–Bulletin of Engineering*, Tome XV, Fascicule 1 [January – March], pp. 21-25, University Politehnica Timisoara, Faculty of Engineering Hunedoara, Romania, 2022.
- [5] Stankov S, Razvoj upravljačko nadzornih sistema – izazovi i tendencije, časopis *Bakar*, vol. 46, No. 2, str. 43-56, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor, 2021.

- [6] Stankov S, Control of Pumping Stations in Water Supply Systems, časopis *Voda i sanitarna tehnika*, godina XLI, br. 3-4, juni–septembar, str. 47-54, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo Beograd, 2011.
- [7] Stankov S Security and protection of supervisory control systems in light of industry 4.0, *19th International Conference Man and Working Environment - Occupational and Environmental Safety Engineering & Management*, Proceedings, pp. 299-306, Faculty of Occupational Safety, Niš, November, 24-25. 2022.