



Finansira Evropska unija



IPA PROGRAM PREKOGRANIČNE SARADNJE
BOSNA I HERCEGOVINA - CRNA GORA

Standardne operativne procedure za smanjenje gubitaka vode i očuvanje energije u vodovodnim preduzećima



Napomena:

Ovaj dokument je urađen uz pomoć Evropske unije. Sadržaj ovog dokumenta je isključiva odgovornost partnera koji implementiraju projekt i nužno ne predstavlja stanovišta Evropske unije.

IMPRESUM

Projekt:

- ▶ Akcija za povećanje energetske i vodne efikasnosti usluga vodosnabdijevanja

Centar za energiju, okolinu i resurse – CENER 21



Partneri:

- ▶ Crnogorski centar energetske efikasnosti – CCEE



Dokument:

- ▶ *Standardne operativne procedure za smanjenje gubitaka vode i očuvanje energije u vodovodnim preduzećima*

Autori:

- ▶ Prof. dr. Sanda Midžić Kurtagić, Šejla Mahmutović, Muhamed Avdić, Đevad Koldžo

Dizajn:

- ▶ Master Graf Sarajevo

Broj printanih primjeraka:

- ▶ 200

Dostupno na:

- ▶ www.efikasnostvodovoda.com

Autorsko pravo:

- ▶ Umnožavanje i prevođenje u nekomercijalne svrhe su dozvoljeni, pod uslovom da se navede izvor.

Datum:

- ▶ 22.05.2020.

SADRŽAJ

1 UVOD	1
2 PROCEDURE ZA IMPLEMENTACIJU MJERNIH ZONA – DMA	3
2.1 Ciljevi	3
2.2 Regulatorni zahtjevi	3
2.3 Rizici	4
2.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi	4
2.5 Procedure	5
2.5.1 Kriteriji za izbor zone	5
2.5.2 Informacije za operativno osoblje	6
2.5.3 Planiranje DMA	6
2.5.4 Testiranje DMA	7
2.5.5 Odabir mjerača	8
2.5.6 Instalacija mjerača	8
2.5.7 Protupožarna zaštita	8
2.5.8 Upravljanje i održavanje DMA	8
2.5.9 Proračun vodnog bilansa	9
2.5.10 Detekcija curenja	9
2.5.11 Utvrđivanje nivoa curenja	9
2.5.12 Provedba i održavanje rutinskih operacija	9
2.6 Dokumentacija	10
2.7 Zaštita na radu	10
2.8 Reference za izradu procedura	10
3 PROCEDURE ZA PRORAČUN VODNOG BILANSA	13
3.1 Ciljevi	13
3.2 Regulatorni zahtjevi	13
3.3 Rizici	14
3.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi	14
3.5 Procedure	16
3.5.1 Definiranje vremenskog okvira studije	16
3.5.2 Obrada podataka	16
3.5.3 Procedure za pripremu zonskih mjerenja gubitaka	17
3.5.3.1 Definiranje osoblja i raspodjela obaveza i odgovornosti	17
3.5.3.2 Definiranje mjerne opreme i opreme za detekciju gubitaka vode	18
3.5.3.3 Prikupljanje podataka na terenu o potrošačima i potrošačkim vodomjerima	18
3.5.3.4 Prikupljanje tehničkih podataka o ispravnosti ventila i drugih objekata unutar predmetne zone	18
3.5.4 Kontrolno izoliranje mjerne zone	19

3.5.5 Mjerenje gubitaka vode metodom vodnog bilansa	20
3.5.5.1 Princip mjerenja	20
3.5.5.2 Mjerenje hidrauličkih parametara	20
3.5.5.3 Autorizirana potrošnja vode	20
3.5.6 Analiza podataka o fakturiranju	22
3.5.7 Proračun elemenata vodnog bilansa i indikatori uspjeha	22
3.5.8 Analiza upravljanja sredstvima	24
3.5.9 Analiza rezultata Vodnog bilansa	24
3.5.10 Identificiranje curenja koja se mogu otkloniti	25
3.5.11 Određivanje vrijednosti otklonjenih gubitaka	25
3.5.12 Određivanje troškova otklanjanja curenja	25
3.5.13 Izračunavanje troškova detekcije curenja	25
3.5.14 Izvještaj	25
3.6 Dokumentacija	26
3.7 Zaštita na radu	26
3.8 Reference za izradu procedure	26
4 PROCEDURE ZA AKTIVNU KONTROLU CURENJA	27
4.1 Ciljevi	27
4.2 Regulatorni zahtjevi	27
4.3 Rizici	27
4.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi	27
4.5 Procedure	28
4.5.1 Kontinuirani monitoring protoka	28
4.5.2 Kontinuirani monitoring pritiska	28
4.5.3 Kontrola Protoka - Step Testing metoda	29
4.5.3.1 Pripremna faza	29
4.5.3.2 Prva faza noćnog mjerenja	31
4.5.3.3 Druga i treća faza noćnog mjerenja	32
4.5.4 Detekcija curenja (Pred-lociranje)	32
4.5.5 Precizno lociranje kvara uz pomoć geofona	33
4.5.6 Precizno lociranje uz pomoć Korelatora	33
4.6 Dijagram provođenja mjera i procedura za aktivnu kontrolu curenja	34
4.7 Dokumentacija	35
4.8 Zaštita na radu	35
4.9 Reference za izradu procedura	35
5 PROCUDERE ZA PROVEDBU PROGRAMA UPRAVLJANJA VODOMJERIMA	37
5.1 Ciljevi	37
5.2 Regulatorni zahtjevi	37
5.3 Rizici	38
5.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranog osoblja i neophodni resursi	38
5.5 Procedure	39
5.5.1 Tipovi vodomjera	39

5.5.2 Odabir vodomjera	41
5.5.3 Instalacija vodomjera	44
5.5.4 Održavanje i kalibracija	44
5.5.5 Upravljanje podacima provedenog mjerenja i očitavanja	45
5.5.6 Integralno upravljanje vodomjerima	47
5.6 Dokumentacija	47
5.7 Zaštita na radu	47
5.8 Reference za izradu procedura	48

6 PROCEDURE ZA PROVEDBU AUDITA ENERGETSKE EFIKASNOSTI PUMPNOG SISTEMA 49

6.1 Ciljevi	49
6.2 Regulatorni zahtjevi	49
6.3 Rizici	49
6.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi	50
6.5 Procedure	50
6.5.1 Mjerenje na terenu i prikupljanje podataka	50
6.5.2 Evaluacija pumpnog sistema	52
6.5.2.1 Efikasnost pumpnog sistema	52
6.5.2.2 Analiza radnih uslova	54
6.5.3 Identifikacija mjera za povećanje energetske efikasnosti sistema	56
6.5.3.1 Prilagođavanje pumpne opreme stvarnim radnim uslovima	57
6.5.3.2 Instalacija frekventnih pretvarača	58
6.5.3.3 ON/OFF kontrola pumpi	60
6.5.3.4 Promjena prečnika radnog kola	60
6.5.3.5 Zamjena sklopa motor - pumpa	61
6.5.3.6 Program održavanja sistema	62
6.5.4 Evaluacija mjera za poboljšanje energetske efikasnosti sistema	63
6.5.4.1 Evaluacija ušteda energije	63
6.6 Dokumentacija	64
6.7 Zaštita na radu	66
6.8 Reference za izradu procedura	66

POPIS SLIKA I TABELA

Slika 1: Struktura operativnih procedura	2
Slika 2: Tipična konfiguracija mjernih zona	6
Slika 3: Vrste mjernih zona (DMA)	7
Slika 4: Software CalcuLEAKator za proračun vodnog bilansa pristupom „od dna prema vrhu“	16
Slika 5: Ključni koraci za odabir vodomjera	42
Slika 6: Određivanje radne tačke pumpe	55
Slika 7: Određivanje tačke najveće efikasnosti pumpe	55
Slika 8: Oštećenja u različitim područjima rada pumpe	56
Slika 9: Krive performansi za različite veličine radnog kola	61
Slika 10: Tipične krive za dvije pumpe sa različitim Q – H radnim uslovima	62
Tabela 1: Tabela elemenata vodnog bilansa u skladu sa metodologijom IWA	14
Tabela 2: Kategorije uspješnosti vodovodnog preduzeća u upravljanju vodovodnim sistemom	24
Tabela 3: Raspodjela minimalnog noćnog protoka na komponente	29
Tabela 4: Tipovi vodomjera i njihove osnovne karakteristike	41
Tabela 5: Podaci o potrošačima koji se prikupljaju prilikom očitavanja vodomjera	46
Tabela 6: Osnovni podaci o vodomjeru	46
Tabela 7: Preporučena oprema za mjerenje električnih i hidrauličkih parametara	50
Tabela 8: Primjer tabele sa potrebnim informacijama za pumpne sisteme	51
Tabela 9: Radna područja pumpe u odnosu na njenu tačku najveće efikasnosti	56
Tabela 10: Preporučene mjere na bazi evaluacije radnih uslova	57
Tabela 11: Preporučene mjere za prilagođavanje pumpne opreme stvarnim radnim uslovima	58
Tabela 12: Obrazac za praćenje indikatora	59
Tabela 13: Aktivnosti održavanja motora i pumpi uz preporučenu učestalost održavanja	63
Tabela 14: Predložak rasporeda održavanja	63
Tabela 15: Sažetak predloženih kratkoročnih i dugoročnih mjera za povećanje energetske efikasnosti	64
Tabela 16: Poglavlja izvještaja o provedenom auditu energetske efikasnosti i njihov sadržaj	66

SKRAĆENICE

AKC	Aktivna kontrola curenja
BiH	Bosna i Hercegovina
CARL	Trenutni stvarni gubici na godišnjem nivou
CG	Crna Gora
DMA	Mjerna zona
EU	Evropska unija
ILI	Infrastrukturni indeks curenja
IWA	Međunarodna asocijacija za vode
MNP	Minimalni noćni protok
NRW	Neoprihodovana voda
NP	Noćna potrošnja
PPI	Period povrata investicije
SOP	Standardne operativne procedure
SPE	Specifična potrošnja energije
TNE	Tačka najveće efikasnosti
UARL	Neizbježni godišnji stvarni gubici
VFD	Frekventni pretvarači
WHO	Svjetska zdravstvena organizacija

UVOD

Komunalna preduzeća za vodosnabdijevanje u Bosni i Hercegovini (BiH) i Crnoj Gori (CG) suočavaju se sa brojnim izazovima posebno u donosu na ekonomsku situaciju, odnosno ostvarivanje dovoljno prihoda za osiguranje odgovarajućeg tekućeg održavanja i održivosti infrastrukture. Mnoga komunalna preduzeća primaju subvencije iz javnih budžeta kako bi se pokrili redovni troškovi rada i osnovnog održavanja sistema, što dovodi u pitanje dugoročnu održivost i funkcioniranje sistema vodosnabdijevanja.

Često se za ovakvu situaciju krivi politika cijena vode, koji mnogi smatraju nedovoljnom da pokrije sve troškove. No, jedan od ključnih uzroka leži i u činjenici da je nivo neoprihodovane vodeu prosjeku 55% za BiH te 59% za CG. Potrošnja električne energije za pogon starih i neefikasnih energetske (uglavnom pumpnih) sistema je velika i opterećuje rashode komunalnih preduzeća (*Danube Water Program - Water and Wastewater Services in the Danube Region: Bosnia and Herzegovina and Montenegro State of the Sector, 2015.*)

Obje zemlje su svojim strategijama upravljanja vodama predvidjele niz mjera za smanjenje neoprihodovane vode, kao npr.: smanjenje gubitaka vode u vodovodnim sistemima kroz detekciju curenja i gubitaka, ugradnju savremenih vodomjera i njihovog sistematskog očitavanja te otkrivanje nelegalnih priključaka.

Da bi se osiguralo dugoročno smanjenje gubitaka vode i očuvanje energije u sistemima vodosnabdijevanja neophodno je praktično djelovati na lokalnom nivou. Shodno tome, Evropska unija (EU) je u okviru IPA Programa prekogranične saradnje BiH – CG finansijski podržala implementaciju projekta „*Akcija za povećanje energetske i vodne efikasnosti usluga vodosnabdijevanja*“ koja ima za cilj:

- jačanje kapaciteta za provođenje standarda energetske i vodne efikasnosti na lokalnom nivou te
- promociju EU politika i praksi za efikasno korištenje resursa u sektoru vodosnabdijevanja.

Važan instrument za implementaciju projekta jesu i ove *Standardne operativne procedure za smanjenje gubitaka vode i očuvanje energije u vodovodnim preduzećima*.

Standardne operativne procedure (SOP) predstavljaju skup detaljnih uputa koje sastavlja neka organizacija kako bi pomogla radnicima u obavljanju složenih rutinskih operacija. Cilj SOP-a je postići učinkovitost, kvalitetan učinak i ujednačenost performansi, istovremeno smanjujući neusklađenost i nepoštivanje zakonskih propisa.

Standardne operativne procedure za smanjenje gubitaka vode i očuvanje energije u vodovodnim preduzećima poslužit će komunalnim preduzećima da uspostave efikasne procedure za smanjenje gubitaka i povećanje energetske efikasnosti uz istovremeno poštivanje važećih regulatornih zahtjeva.

Dokument se sastoji od ukupno 5 operativnih procedura:

1. Procedure za implementaciju mjernih zona
2. Procedure za proračun vodnog bilansa
3. Procedure za aktivnu kontrolu curenja
4. Procedure za provedbu programa upravljanja vodomjerima
5. Procedure za provedbu audita energetske efikasnosti pumpnog sistema.

Svaka od opisanih procedura strukturno je ista i sadrži 8 potpoglavlja (Slika 1).



Slika 1: Struktura operativnih procedura

PROCEDURE ZA IMPLEMENTACIJU MJERNIH ZONA – DMA

2.1 Ciljevi

Kako vodovodne mreže postaju starije, istovremeno postaju pogodnije za curenje. Osim toga, čak i nove mreže često imaju pukotine, kao rezultat loše instalacione prakse i odabira pogrešnih materijala. U vodovodima koji imaju stotine ili hiljade kilometara cjevovoda, nije jednostavan zadatak locirati naprslinu ili lom, posebno jer su mnoge od njih nevidljive. Ova situacija se vremenom pogoršava, dok u najtežim slučajevima ne bude bilo potrebno smanjiti potrošnju vode za dio dana kada se zatvara snabdijevanje.

Rješenje je ustaljenu praksu pasivne kontrole curenja u vodovodnim preduzećima zamijeniti aktivnom, odnosno stvoriti stalnu kontrolu sistema curenja podijelivši mrežu na zone koje se nazivaju Mjerne zone (eng. District Metered Areas - DMA), kako bi se curenje u svakoj od njih izmjerilo (kvantificiralo) te da se detekcija uvijek može usmjeriti na dio mreže gdje ima najviše curenja. Kada se dostigne unaprijed određeni prihvatljivi nivo curenja, protok u zoni se može nadgledati, kako bi se svako novo curenje odmah identificiralo.

U toku posljednjih 15-ak godina, i tokom primjene u niz zemalja širom svijeta, aktivna kontrola curenja se pokazala uspješnom u dijelu cjelokupnog planiranja smanjenja i naknadnog monitoringa gubitaka. Tehnika Mjernih zona je sredstvo koje dozvoljava efikasno upravljanje curenjem, onazahtijeva duboko razumijevanje i kvalificiran i kompetentan radni tim, kako bi bilo uspješno sprovedeno. Početno kontroliranje curenja korištenjem mjernih zona obično zahtijeva značajna kratkoročna i dugoročna sredstva, kako bi bilo efektivno. U kratkoročnom smislu, neophodna su planiranja i ulaganja u uspostavu mjerne zone, a u dugoročnom smislu, potrebno je sistem održavati u operativnim, kroz stalno prikupljanje i analizu podataka, lokaliziranje i popravljavanje naprslina itd.

2.2 Regulatorni zahtjevi

Uspostavljanje DMA zona ne smije ugroziti niti jedan od tri zahtijevana integriteta vodovodnog sistema:

- Fizički integritet - da su komponente sistema unutar DMA zone u stanju da obavljaju namijenjenu funkciju
- Hidraulički integritet - da je sistem u stanju da osigura zahtijevani nivo usluge po pitanju zahtijevane vrijednosti protoka i pritiska
- Integritet kvalitete vode - da je sistem u stanju da isporuči potrošačima vodu zadovoljavajućeg kvaliteta.

Kvalitet vode će biti ugrožen ako se voda nepotrebno zadržava duže vrijeme unutar sistema. Kvaliteta vode će biti ugrožena u slučaju da je vrijednost pritiska ispod 2,4 bara.

2.3 Rizici

Projektiranje DMA zahtjeva izvrsno poznavanje vodovodnog sistema. Neophodno je postojanje kompletnog, ažuriranog registra vodovodne mreže i topografskih informacija. Nadalje, trebaju biti dostupne informacije o potrošnji vode svake vrste potrošača kao i operativni podaci o protocima i pritiscima, što kod složenijih vodovodnih sistema zahtjeva prethodnu izradu kalibriranog hidrauličkog modela.

Korištenjem kalibriranog hidrauličkog modela će se izbjeći da podjela mreže na zone dovede do smanjenja pritiska i postojanja suvišnih cjevovoda u sistemu što može ugroziti hidraulički i integritet kvaliteta vode.

Održivost procesa implementacije DMA mora biti garantirana dostupnošću dovoljnog osoblja odgovarajuće stručnosti i adekvatnih finansijskih sredstava.

Ključna stavka za upravljanje mjernim zonama je ispravna analiza protoka koja određuje da li postoje pretjerana curenja i signalizira pojavu novih curenja. Oblikovanje mjernih zona je specifično za svaku vodovodnu mrežu uslijed hidrauličkih uslova, kvaliteta vode i propisa. Veličina mjerne zone će uticati na vrijednosti curenja koja mogu biti identificirana. Velike mjerne zone će imati tendenciju da imaju više curenja i potrošača koji troše vodu u toku noći, što znači da će stvarni gubici predstavljati manji postotak minimalnog noćnog protoka, čime smanjuju svoju „vidljivost“.

Podjela velike vodovodne mreže može biti delikatan posao koji, ukoliko nije proveden sa mjerama opreza, može da prouzrokuje problem u snabdijevanju i kvalitetu. Međutim, ukoliko se pravilno pristupi i djeluje, čak i najveće i najkompleksnije mreže mogu da budu uspješno podijeljene, kako svjedoči veliki broj primjera širom svijeta. Potrebno je imati detaljno i temeljno znanje o hidrauličkim operacijama u postojećoj mreži.

2.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi

Osoblje koje će izvršavati aktivnosti na terenu i u kancelariji treba ispunjavati sljedeće uslove:

- poznavanje rada sa računarima (Windows, Linux ...),
- poznavanje rada sa mjeračima protoka i pritiska,
- poznavanje distributivne mreže,
- dobro razumijevanje aspekata vodosnabdijevanja,
- poznavanje korištenja topografskih mapa.

Neophodni resursi podrazumijevaju:

- Posjedovanje GIS-a ili mape zone u razmjeri 1:500 ili 1:1000. Mapa mora biti ažurna sa ucrtanim svim objektima, cijevima, ventilima i priključcima
- Informacije o potrošnji vode
- Operativni podaci o protocima i pritiscima

- Kalibrirani hidraulički model za složene mreže
- Loggeri pritiska
- Vodomjer opremljen data logger-om, ugrađen mjerča protoka
- Da bi se ostvarila izolacija zone na svim izlazima iz zone moraju postojati ispravni granični, sekcioni i ventili na kućnim priključcima
- Unutar zone svi potrošački vodomjeri moraju biti ispravni i baždareni u propisanim vremenu. Podaci o vodomjerima se obično nalaze u finansijskoj službi u vidu "ličnih karti" vodomjera, ili u okviru nekog finansijskog programa.

2.5 Procedure

2.5.1 Kriteriji za izbor zone

Zoniranje se vrši uzimajući u obzir nekoliko kriterija, kako slijedi:

Kriterij	Opis
Troškovi postavljanja VMA	Troškovi postavljanja DMA ovisit će prvenstveno o trošku potrebne izolacije i mjerne opreme. U svrhu izolacije koriste se standardni izolacijski ventili, dok se za mjerenje koriste mjerči protoka. DMA moraju biti oblikovani na takav način da je za postizanje željenih rezultata potreban minimalni broj ventila i mjerča protoka.
Minimalne varijacije u nivou terena preko mjerne zone	U idealnom slučaju, DMA bi se trebao sastojati od jednoličnog terena. Ako DMA ima mnogo varijacija terena, snabdijevanje vodom za sve korisnike pod uniformnim pritiskom bilo bi teško.
Veličina (Geografsko područje i broj korisnika ili veza)	Jedan DMA obično ima između 1000 do 2500 priključaka. Za DMA veće od ovoga, otkrivanje neoprihodovanih gubitaka bilo bi teško, dok će za DMA manje od ovoga troškovi opreme i troškovi održavanja i funkcioniranja nadići ekonomsku izvedivost. Sa druge strane manja zona će omogućiti da se : • Osigura lakši i precizniji monitoring curenja u zoni, • Jednostavnije i efikasnije pronalaženje nelegalnih priključaka.
Topografija	Preporučuje se korištenje normalno dostupnih topografskih karakteristika kao što su rijeke, jezera, varijacije terena, pa čak i glavne ceste za formiranje DMA-a, jer će oni osigurati lako izoliranje.
Izolacija i međusobno povezivanje	Iako bi DMA trebali biti dobro izolirani jedni od drugih DMA-i radi preciznosti mjerenja, oni bi trebali biti međusobno povezani i pomoću izolacijskih ventila (u početku su postavljeni kao zatvoreni i mogu se otvoriti dok reagiraju na neke slučajeve puknuća / prekida cijevi) tako da se voda iz jedne DMA može dovoditi u drugu radi bolje distribucije.

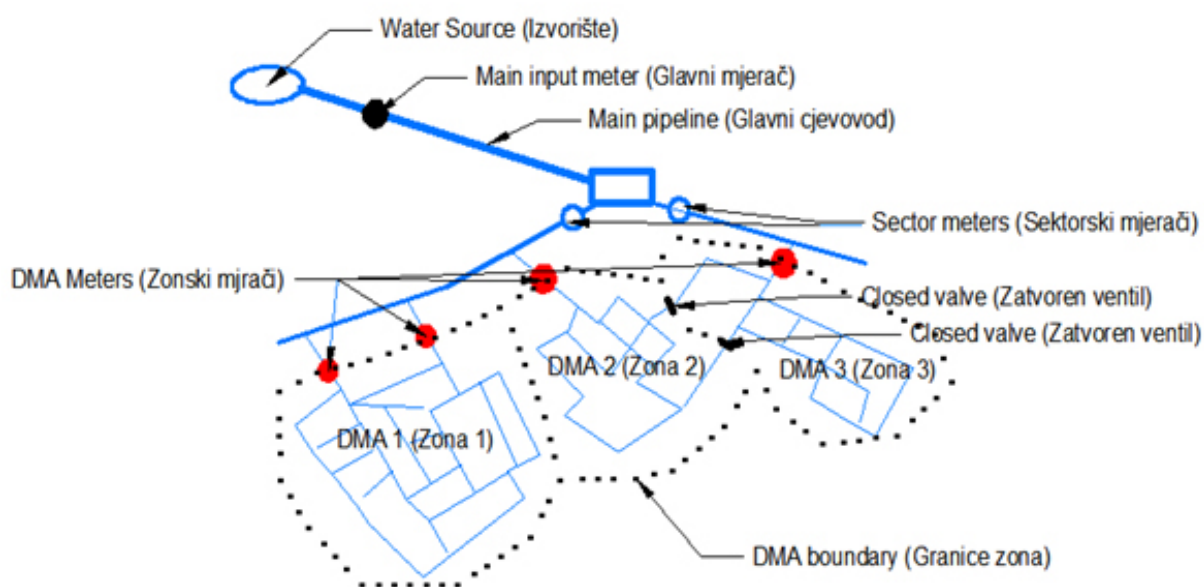
2.5.2 Informacije za operativno osoblje

Svi radnici, tehničari i inženjeri na koje će uticati predstojeće promjene nakon uspostave DMA, moraju biti informisani o planovima i njihovim pojedinačnim zadacima (uključujući obuku ako je potrebno).

2.5.3 Planiranje DMA

Planiranje DMA-a trebalo bi se obaviti pomoću mape distributivnog sistema, uključujući detaljne informacije o svim korisnicima (potrebne količine vode i nivo pritiska), na kojima se ucrtavaju privremene granice DMA. Idealno bi prva faza osmišljavanja DMA sheme trebala uključivati i pregled infrastrukture za vodosnabdijevanje.

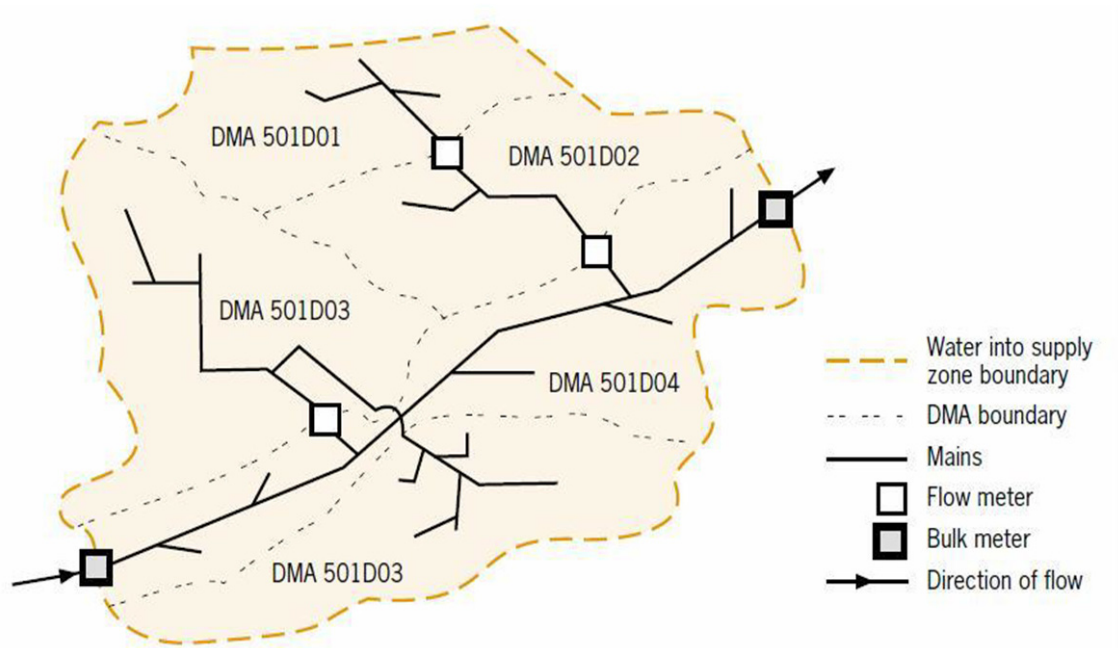
Odabir DMA uslovljen je specifičnošću hidrauličkih uslova u mreži, kvaliteta vode i propisa koji važe za dati vodovodni sistem. Po pravilu, analiza počinje od transportnog cjevovoda (izvorišta) i širi se ka distributivnoj mreži. Cilj je da se, koliko je god moguće, mjerne zone odvoje od transportnih cjevovoda, čime se poboljšava kontrola tako da ne utičena fleksibilnost sistema. Tipičan raspored mjernih DMA zona je prikazan na slici u nastavku.



Slika 2: Tipična konfiguracija mjernih zona

U pogledu vrste DMA mogu biti:

- “separate”, odnosno zone koje su poseban dio sistema i nisu povezane sa drugim zonama (DMA501D01 i DMA501D03 na slici ispod) i
- “kaskadne” kroz koje se vrši snabdijevanje drugih zona (DMA501D01 na slici ispod).



Slika 3: Vrste mjernih zona (DMA)

2.5.4 Testiranje DMA

Nakon zatvaranja zonskih ventila, potrebno je provesti “Zero Pressure Test” kako bi se potvrdilo da je zona izolirana. Test se provodi na sljedeći način:

- Test se izvodi tokom noćnih sati u periodu niske potrošnje.
- Potrošači moraju biti obaviješteni o testu, jer će se pritisak u mreži značajno smanjiti, ili će pak imati vrijednost nula.
- Mjerač pritiska mora biti instaliran(i) na definiranim mjestima.
- Test se pokreće zatvaranjem ulaznih ventila DMA.
- S obzirom da je cilj testa analiza pritiska unutar DMA, kako bi se ubrzao pad pritiska, velika potrošnja može se simulirati otvaranjem hidranta.
- Ako vrijednost pritiska padne na nulu, može se zaključiti da je DMA izolirana. Ako vrijednost pritiska ne padne ili ako se ponovno povisi nakon zatvaranja hidranta, vrlo je vjerovatno da neki od graničnih ventila nije potpuno zatvoren ili da postoji nepoznata veza s susjednom zonom.
- Potencijalno područje međusobnog povezivanja s drugom zonom može se locirati procjenom vrijednosti apsolutnoga pritiska (zbir vrijednosti atmosferskog i manometarskog pritiska).
- Nakon završetka ispitivanja, svi ventili se ponovno otvaraju pri čemu se prate vrijednosti pritiska kako bi se osiguralo uspostavljanje starih svojstava sistema.
- Ako “Zero Pressure Test” ukazuje da je DMA povezana s drugim područjima, tada se moraju otkriti sve međusobne veze, ili se treba izmijeniti dizajn predmetne DMA.

Nakon što se potvrdi i prihvati projektirana DMA zona potrebno je zonu iscrtati, a zonske zatvarače na terenu označiti bojenjem poklopaca šahtova crvenom bojom.

2.5.5 Odabir mjerača

- Odabir mjerača se vrši na osnovu karakteristika cjevovoda i uslova koji su osigurani na mjernom mjestu.
- Mjerenje u DMA zoni mora biti kontinuirano 24h/dan, 365 dana u godini, što znači da mjerač protoka ili vodomjer opremljen data logger-om treba biti ugradbeni, a ne prijenosni.
- Zbog preciznijeg mjerenja, i ukoliko neće biti ugrožen hidraulički integritet, ugrađuje se mjerač za jedan promjer manji od promjera cijevi.

2.5.6 Instalacija mjerača

Prilikom odabira lokacije za mjerenje mora se voditi računa o sljedećem:

- Mjesto na kojem će se graditi okno mora biti suho, a samo okno mora biti dovoljno veliko da se u njemu može lako postaviti mjerni uređaj.
- Ako je moguće okno treba biti u blizini elektro i telefonskih linija kako bi se uređaj mogao napajati strujom i kako bi se eventualno podaci sa mjerača mogli elektronski prenositi na daljinu gdje bi se pohranjivali u PC računar.
- Posebno je važno da lokacija gdje će se vršiti mjerenje bude zaštićena od mogućeg vandalizma ili krađe. O sigurnosti mjernog uređaja treba voditi računa već kod same izgradnje okna. Konstrukcija okna bi trebala biti takva da se mjerni uređaj ne vidi odmah po samom podizanju poklopca.
- Lokacija okna mora biti nizvodno od eventualnih preljeva vode, ili nemjerenih priključaka, jer se takvo mjerenje ne bi moglo uspoređivati sa mjerenjima kod potrošača.
- Ukoliko postoji mogućnost širenja naselja i same distributivne mreže, onda mjesto izgradnje okna mora biti uzvodno u odnosu na to područje.
- S obzirom da se za mjerenja na izvorima koriste elektro-magnetni i ultrazvučni mjerači, ili Wooltmanovi vodomjeri, zajednička osobina svih ovih uređaja je da mogu mjeriti tačno samo ukoliko je profil cijevi potpuno ispunjen vodom. Ispunjenost cijevi vodom u punom profilu je jako važan uslov kada je u pitanju odabir lokacije za mjerenje. Također treba voditi računa da na mjestu mjerenja ne postoji nikakva mogućnost stvaranja zračnih džepova.
- Cijev na koju će biti postavljen mjerač protoka mora biti u pravcu na određenoj dužini uzvodno i nizvodno od mjernog uređaja kako bi se na mjernome mjestu izbjeglo turbulentno tečenje, a zbog čega mjerenje ne bi bilo tačno.

2.5.7 Protupožarna zaštita

- Projektovanje DMA mora uzeti u obzir zakonske propise koji reguliraju minimalne pritiske unutar sistema vodosnabdijevanja, posebno u koliko hidrantska mreža nije odvojena od sistema.
- Uslovi za protupožarnu zaštitu se simuliraju otvaranjem hidrantskih ventila i provjerom hidrauličnih uslova.

2.5.8 Upravljanje i održavanje DMA

- Nakon uspostave DMA, započinje probni rad zone u okviru čega se određuje vrijednost

curenja i eliminacija zaostalih otkrivenih i neotkrivenih curenja. Gledajući dugoročno, vodovodno preduzeće mora uspostaviti rutinske operacije upravljanja i održavanja DMA.

2.5.9 Proračun vodnog bilansa

- Kako bi se izvršila determinacija vrijednosti neoprihodovane vode (eng. non-revenue water – NRW) u predmetnoj DMA potrebno je izvršiti proračun vodnog bilansa pristupom od dna prema vrhu u skladu sa metodologijom Međunarodne asocijacije za vode (IWA), kako je opisano u narednim procedurama za vodni bilans.

2.5.10 Detekcija curenja

- Potrebno je provesti kompleksnu kampanju detekcije (i popravke) curenja unutar predmetne DMA. Kao rezultat ove akcije ulazni protok u DMA trebao bi se sastojati samo od korisne potrošnje i tzv. “pokrivenih” curenja (curenja čija je vrijednost manja od 0,07 l/s pri pritisku od 5 bara).

2.5.11 Utvrđivanje nivoa curenja

- Najpoznatiji metod određivanja nivoa curenja u DMA-u je analiza vrijednosti minimalnog noćnog protoka (MNF). Za dalje informacije pogledajte MNF proceduru.
- Pucanja cijevi uzrokuju nagli porast proticaja, koji se može otkriti stalnim nadzorom ulaznog protoka u DMA. Ako su ulazni mjerači opremljeni sa data logger-ima, ulazni i izlazni protoci se moraju pratiti kontinuirano posebno za vrijeme minimalnih noćnih protoka (između 2:00 i 5:00h). Podaci o protocima moraju se redovno analizirati (najmanje jednom mjesečno) i treba ih uspoređivati sa prethodno izmjerenom referentnom vrijednošću. Ako povećanje nivoa protoka traje neprekidno više od tri dana, promjena je vjerovatno uzrokovana curenjem, a ne nepoznatom korisnom potrošnjom.

2.5.12 Provedba i održavanje rutinskih operacija

- Ključne informacije za svaku DMA se bilježe i crtaju na mapama sistema. Informacije o granicama zona, lokacijama mjerača protoka i pritiska, domaćinstvima i ostalim podacima vezanim za potrošače uvijek treba ažurirati u GIS-u.
- Neophodno je u svrhu održavanja DMA, redovno provjeravati da li su svi granični ventili označeni, zatvoreni i nepropusni.
- Potrebno je voditi evidenciju ispiranja cjevovoda i/ili graničnih ventila koji se otvaraju iz operativnih razloga.
- Zapreminska tačnost mehaničkih brojila mora se provjeravati jednom godišnje, koristeći prijenosni mjerač protoka kao drugi metar, kako bi se osigurala visoka preciznost izmjerenih podataka.
- Pritužbe kupaca zbog niskog pritiska, prekida u snabdijevanju i problema sa kvalitetom vode treba pratiti kako bi se identificirali potencijalni nedostaci DMA-a.

2.6 Dokumentacija

- Ključne informacije za svaku DMA se bilježe i izvlače na mapama sistema. Informacije o granicama zona, lokacijama mjerača protoka i pritiska, domaćinstvima i ostalim podacima vezanim za potrošače uvijek treba ažurirati u GIS-u.
- Analiza rezultata vodnog bilansa se pohranjuje u registar.
- Informacije o detektovanim curenjima i popravkama se unose u bazu podataka.

2.7 Zaštita na radu

- Na pratećim uređajima i hidrauličkoj opremi u DMA, može raditi isključivo obučeno i iskusno osoblje. Posebna pažnja je potrebna za rad u oknima sa ventilima. U tim zatvorenim radnim područjima, radnici moraju biti zaštićeni od klizanja ili pada sa opasnih visina.
- Mora se uzeti u obzir i mogućnost akumulacije opasnih plinova kao što su ugljen-dioksid u zatvorenim prostorima te se s tim u vezi poduzeti odgovarajuće mjere opreza.
- U postupku provjeravanja izoliranosti DMA (Zero Pressure Test) moraju učestvovati minimalno dvije osobe.
- U slučaju javnih radova posebnu pažnju treba obratiti na odvijanje saobraćaja u okolini radnog mjesta. Radno mjesto mora biti jasno označeno i zaštićeno od bilo kakvog vanjskog uticaja. Označavanje mora biti postavljeno u skladu s propisima i zakonima. Policija i druga tijela možda moraju biti obaviješteni o radovima i njihovom trajanju.
- Radovi moraju biti učinkovito izvršeni.
- Zaštita radnog mjesta se mora ukloniti nakon završetka radova.

Prilikom otvaranja hidranata za provjeru hidrauličkih uslova za protupožarne propise ili tokom ispitivanja "Zero Pressure Test" kako bi simulirali visoku potrošnju i ubrzali pad pritiska potrebno je razmotriti:

- Posebne mjere predostrožnosti koje se moraju poduzeti u cilju sprječavanja povreda i oštećenja privatne imovine tokom ispiranja.
- Koristiti vatrogasno crijevo na hidrantima kako bi se usmjerio tok u kanalizaciju ili odvodni kanal. Čvrsta cijev, spojena na otvor za hidrant i okrenuta pod uglom kako bi preusmjerila tok niz kanalizaciju, može oštetiti hidrant.
- Snaga i zapremina vode može da ozlijedi radnike i/ili pješake.
- Ispuštanje vode na saobraćajnicu (ako je neophodno) mora biti kontrolirano kako ne bi ugrozilo bezbjednost saobraćaja.
- Ako je temperatura ispod nule, voda na kolovozu se može zamrznuti i uzrokovati nesreće.
- Posvetiti posebnu pažnju kako bi se izbjegao povrat zagađene vode u vodovodni sistem.

2.8 Reference za izradu procedura

- Koldžo: Handbook on Efficient Measurement and Leak Detection in Water Supply Systems, Civil Engineering Faculty (Hydro Engineering Institute) Sarajevo, 2004.
- Špago, Vucijak, Koldžo, Midžić: "Basis of system management in water supply companies" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2014.

- Hamilton, McKenzie: Water Management and Water Loss IWA book, 2014.
- Špago, Orašanin, Koldžo, Vučijak: "Advanced management techniques for Water Utility Companies" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2016.
- Špago, Orašanin, Koldžo, Vučijak: "Effective Water Utilities Management Techniques" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2016.
- Fanner, Sturm, Thornton, Liemberger, Leakage Management Technologies, U.S. Environmental Protection Agency Washington D.C., 2016.
- Morisson, Tooms, Rogers: DMA Management Guidance Notes, IWA Books, 2015.

PROCEDURE ZA PRORAČUN VODNOG BILANSA

3.1 Ciljevi

Međunarodna asocijacija za vode (eng. International Water Association - IWA) je 1998. godine formirala radnu grupu koja je dobila zadatak da izradi metodologiju proračuna i prikaza gubitaka u mreži, koja može biti primjenjiva u cijelome svijetu, tako što će omogućiti komparaciju vrijednosti (eng. „benchmarking“) gubitaka u različitim vodovodnim sistemima. Ovo nije bilo moguće sa do tada primjenjivanim tehnikama i metodologijama prema kojima su se vrijednosti gubitaka i neoprihodovane vode izražavale u procentima.

Radna grupa je nakon iscrpnih analiza i istraživanja predstavila metodologiju, koja preko odnosa vrijednosti elemenata bilansa vode definira vrijednosti indikatora uspješnosti upravljanja vodovodnom sistemom.

Predstavljena je paleta različitih indikatora uspješnosti koji su podijeljeni u dvije grupe:

- Tehnički indikatori (stvarnih i prividnih gubitaka) uspješnosti i
- Finansijski indikatori (stvarnih i prividnih gubitaka) uspješnosti.

Radna grupa je posebno naglasila grupu tzv. „ključnih“ indikatora uspješnosti koju čine odabrani indikatori iz obje gore navedene grupe, čija primjena se posebno preporučuje i smatra posebno korisnom.

Ovakva metodologija prikaza stanja proizvodnje i potrošnje vode te ukupnih gubitaka se naziva „Vodni Bilans“ (engl. „Water Balance“ po terminologiji IWA ili „Water Audit“ po terminologiji Svjetske banke i Američke asocijacija vodovodnih poduzeća).

Vodnim bilansom se kontrolira i analizira distribucija vode od izvorišta, preko pumpnih stanica, filterskih postrojenja, svih vrsta i tipova cjevovoda pa sve do potrošača. Određivanje vodnog bilansa u pravilnim vremenskim intervalima pruža osnovu za procjenu gubitaka vode.

Metodologija određivanja vodnog bilansa, ili kako se često naziva IWA metodologija, je posljednjih godina postala standard za prikaz gubitaka vode i sve je veći broj zemalja i vodovodnih poduzeća širom svijeta koji je prihvaća kao veoma efikasnju. Ova metodologija također uključuje i prikaz skupa racionalnih indikatora kojima se definiraju specifični atributi za procjenu sistema kao što su prosječni pritisak u sistemu, ukupna dužina cjevovoda i sl.

3.2 Regulatorni zahtjevi

Ne postoje regulatorni zahtjevi za ovu proceduru.

3.3 Rizici

Pri izradi izračunavanja vodnog bilansa, izuzetno je važno imati na umu da tačnost količine gubitaka vode zavisi od tačnosti i kvaliteta podataka korištenih u izračunavanju. Stoga, pouzdano mjerenje svih zapremina vode koji ulaze i napuštaju sistem snabdijevanja je osnovni zahtjev. Izračunavanje vodnog bilansa pretpostavlja da su sve poznate greške uzete u razmatranje, te da je izvršena korekcija.

3.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi

Osoblje koje će izvršavati aktivnosti na terenu i u kancelariji treba ispunjavati sljedeće uslove:

- dobro poznavanje aspekata vodosnabdijevanja i gubitaka vode
- dobro razumijevanje komercijalnih aspekata
- dobro poznavanje korištenja mjerne opreme
- upoznati sa načinom korištenja programskog alata (npr. CalculEAKator).

Da bi se izračunao vodni bilans, neophodno je raditi u skladu sa IWA standardnom terminologijom čiji su elementi vodnog bilansa prikazani u narednoj tabeli.

Isporučena količina vode u sistem	Autorizirana potrošnja	Obračunata autorizirana potrošnja	Mjerena potrošnja	Prihodovana voda
			Nemjerena potrošnja	
	Gubici	Neobračunata autorizirana potrošnja	Mjerena potrošnja	Neoprihodovana voda (NRW)
			Nemjerena potrošnja	
		Prividni gubici	Ilegalna potrošnja	
			Greške mjerenja potrošačkih vodomjera	
			Greške u obradi podataka	
		Stvarni gubici	Curenja na cjevovodima	
			Curenja iz rezervoara	
			Curenja na svim priključcima do potrošačkih vodomjera	

Tabela 1: Tabela elemenata vodnog bilansa u skladu sa metodologijom IWA

Definicije iznad navedenih termina date su u nastavku.

Isporučena količina vode u sistem	Predstavlja izmjerene ulazne količine vode u sistem. U sistemima koje izvoze vodu u velikim količinama jako je bitno da se definiraju količine izvezeno vode, tako što će se količina izvezeno vode oduzeti od ukupne količine vode koja se uvodi u sistem. Isporučena voda = Ulazna voda – izvezena voda
Autorizirana potrošnja	Predstavlja količinu vode koja je potrošena kod registriranih potrošača. Ova potrošnja može biti obračuna ili neobračunata, a u oba slučaja može biti mjerena ili nemjerena. Ovaj element vodnog bilansa također sadrži količine vode koje cure u potrošačkim instalacijama, kao i vlastitu tehničku potrošnju vode vodovoda (ispiranje cjevovoda i filtra i sl.).
Oprihodovana voda	Ovaj element predstavlja količinu vode koja je uspješno isporučena potrošačima, i koja bi trebala da donese prihod u vodovodno poduzeće.
Neoprihodovana voda (NRW)	Predstavlja količinu vode koja ostaje neobračunata i samim tim ne donosi prihod za komunalno poduzeće. Izražava se kao razlika količine isporučene i obračunate vode ili kao zbir ukupnih gubitaka u mreži i neobračunate autorizirane potrošnje. Prilikom definiranja terminologije, radna grupa koja je radila na njejoj izradi je preporučila da se izbjegava ranije korišteni termin „neobračunata voda“ zbog različite interpretacije termina u raznim dijelovima svijeta.
Ukupni gubici	Predstavljaju količinu vode izgubljene na putu od tačke isporuke do potrošača. Izražava se kao razlika isporučene vode i autorizirane potrošnje, a sastoji se od stvarnih (fizičkih) gubitaka (engl. Real Losses) i prividnih (komercijalnih) gubitaka (engl. Apparent Losses).
Prividni gubici	Prividni gubici nastaju uslijed ilegalne potrošnje, grešaka u mjerenju i grešaka u obradi, dok stvarni gubici predstavljaju gubitke koji se pojavljuju kroz razne vrste curenja na svim cjevovodima, curenja i prelijevanja iz rezervoara itd.
Stvarni gubici	Stvarni gubici koji se kod nas često nazivaju i fizičkim gubicima, predstavljaju količinu vode koja u određenom vremenu iscure kroz sve vrste pukotina, otvora ili prelijeva. Klasifikacija ove vrste gubitaka se vrši prema poziciji nastanka unutar vodovodne mreže i prema veličini i vremenu trajanja kvara. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO), četiri ključne grupe faktora utičuna veličinu stvarnih gubitaka: • Dostupnost vode, finansijskih i kadrovskih resursa, • Infrastrukturni uslovi ovisni o materijalima i vrijednostima pritiska, i politici obnove, • Politika kontrole curenja: aktivnost, percepcija i tehnička stručnost i • Institucionalni odnos s obzirom na strukturu propisa i zakona. Ova podjela dokazuje da pristup smanjenju gubitaka mora imati cjelovit pristup jer sama akcija detekcije curenja neće riješiti problem ako su infrastrukturni uslovi u isto vrijeme pogoršani, ili čak i ako su finansijska sredstva dostupna, ona neće imati pozitivan učinak ukoliko vodovodno poduzeće nema izgrađen pristup za upravljanje gubicima u mreži.

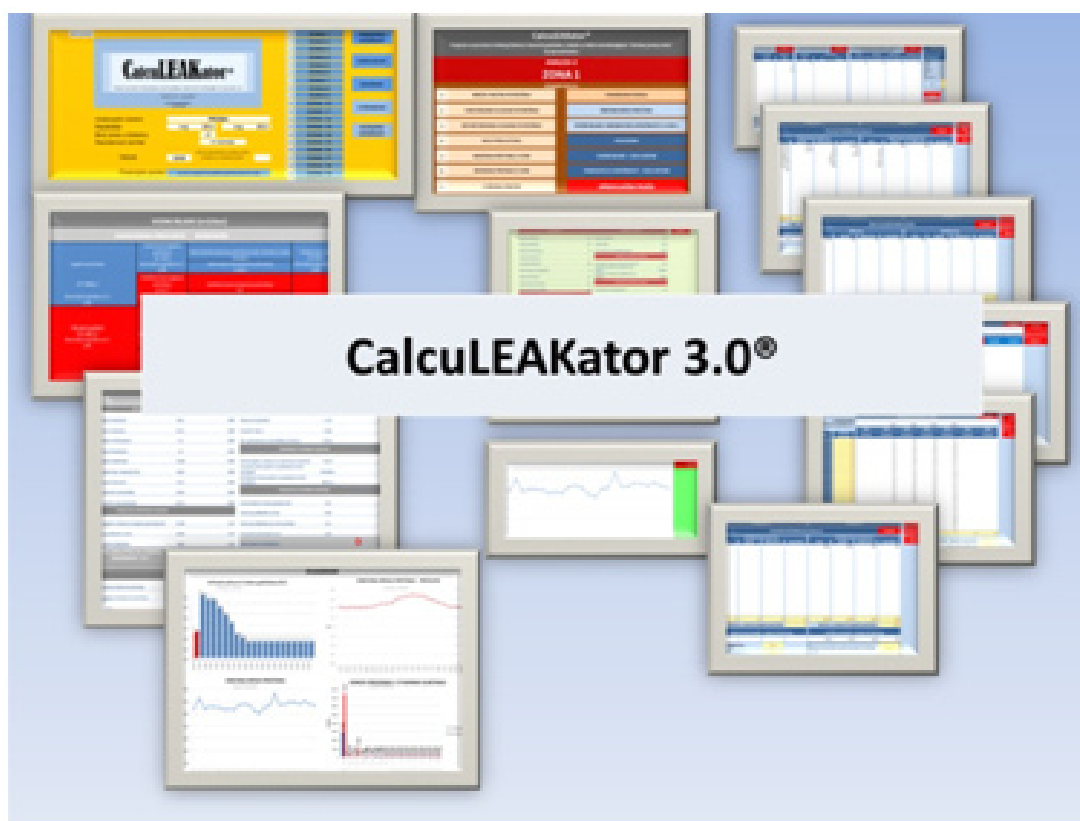
3.5 Procedure

3.5.1 Definiranje vremenskog okvira studije

Vodni bilans je studija koja je vezana za vremenski okvir. Dobar izbor vremenskog okvira omogućit će analizu i evaluaciju ukupne proizvodnje i potrošnje vode. Vodni bilans bi se trebao vršiti na godišnjem nivou kako bi se mogli uskladiti prioriteti, provoditi monitoring napretka, identifikovati nove oblasti sistema na kojima ima gubitaka i definirati novi ciljevi kada je u pitanju održavanje sistema. Preduzeća bi također mogla uzeti u razmatranje i mogućnost uvođenja sistema kontinuiranog monitoringa kako bi se postigli zacrtani rezultati po pitanju detekcije curenja.

3.5.2 Obrada podataka

Za potrebe proračuna vodnog bilansa potrebno je pripremit prikladan software kako bi se mogla izvršiti brza i tačna obrada prikupljenih podataka za svaku mjernu zonu i za sistem u cjelini. Za razliku od brojnih besplatnih alata koji se primjenjuju za proračun vodnog bilansa pristupom „od vrha ka dnu“, programski alati koji se mogu koristiti za proračun pristupom „od dna prema vrhu“ su rijetki. Jedan takav alat je CalcuLEAKator a isti se može koristiti na lokalnom (bosanskom) i engleskom jeziku, te se može besplatno preuzeti na Internetu (Slika 4).



Slika 4: Software CalcuLEAKator za proračun vodnog bilansa pristupom „od dna prema vrhu“

3.5.3 Procedure za pripremu zonskih mjerenja gubitaka

Za implementaciju programa mjerenja u odabranoj zoni vodovodnog sistema potrebno je isplanirati i provesti sljedeće aktivnosti:

- definiranje osoblja i raspodjela obaveza i odgovornosti
- definiranje mjerne i opreme za detekciju gubitaka vode
- prikupljanje podataka na terenu o potrošačima i potrošačkim vodomjerima
- prikupljanje tehničkih podataka na terenu o ispravnosti ventila i drugih objekata unutar predmetne zone bitnih za izradu plana i provedbu mjerenja te
- određivanje mjernih mjesta unutar zone i njihova numeracija.

Ove procedure se oblikuju u plan za mjerenje gubitaka, koji se priprema prije početka akcije mjerenja gubitaka. Plan se dodjeljuje svakom članu tima kako bi se upoznao sa svim zahtjevima planirane akcije.

3.5.3.1 Definiranje osoblja i raspodjela obaveza i odgovornosti

Mjerenje gubitaka je skup i odgovoran posao. Za njegovu implementaciju potrebno je odrediti osoblje i izvršiti podjelu zadataka i odgovornosti. Prilikom planiranja broja osoba koje će učestvovati u kampanji mjerenja treba se voditi računa o sljedećem:

- Odrediti adekvatan broj osoblja koji će instalirati opremu. Obično su za ovu aktivnost dovoljna dva uposlenika koji imaju iskustvo za postavljanje i programiranje određene opreme. Dva radnika mogu postaviti 3 prijenosna Ultrazvučna mjerača protoka i tri mjerača pritiska, te izvršiti programiranje istih za manje od dva sata pod uslovom da su sva mjerna mjesta ranije propisno pripremljena.
- Odrediti osoblje koji će za vrijeme mjerenja boraviti uz opremu. Ove osobe će povremeno zapisivati podatke sa uređaja u formular. Zapis se vrši uvijek iz sigurnosnih razloga bez obzira da li je uređaj opremljen sa „data logger-om“ (uređaj za prikupljanje podataka) ili nije. Interval zapisa u formular se određuje unaprijed (određeni vremenski interval, zatvaranje ili otvaranje ventila i sl.). Za svaki uređaj na otvorenome mora se odrediti bar jedna osoba za zapise. Pošto završe sa instalacijom opreme osoblje koje je instaliralo opremu može se pridružiti ovom timu.
- Odrediti broj osoba koji će raditi na otvaranju i zatvaranju ventila. Obično je za ovu operaciju dovoljno odrediti dva radnika (pouzdana jer o njihovom poslu ovisi tačnost svih podataka koje ćemo dobiti mjerenjem). Sve operacije izvode isključivo na zahtjev vođe tima.
- Prilikom očitavanja vodomjera, za očitavanje vodomjera treba odrediti broj osoba dovoljan da izvrši očitavanje svih vodomjera u jednom danu. Prema normama jedan čovjek može prosječno očitati od 70 (u ruralnim) do 100 vodomjera (u urbanim sredinama) na dan, ukoliko se očitavanje vrši na konvencionalan način.
- Osoblje koje se bavi zvučnom detekcijom gubitaka određuje se uvijek u parnom broju i sve aktivnosti izvode u parovima. Za inspekciju mreže (određivanje makro lokacije kvara slušanjem na vodomjerima, hidrantima, ventilima i sl.) jedan par može pregledati do 2,5 km poznate mreže. Za precizno lociranje kvara se ne može tačno odrediti potrebno vrijeme, jer ono zavisi od mnogih subjektivnih i objektivnih okolnosti (vrsta cijevi, dubina cijevi, pritisak, vrsta tla, okolni cjevovodi, smetnje zbog saobraćaja, smetnje zbog morskih talasa, itd.).

3.5.3.2 Definiranje mjerne opreme i opreme za detekciju gubitaka vode

Oprema koju posjeduje vodovodno poduzeće je limitirajući faktor prilikom implementacije mjerenja. Ekipe za mjerenje mora posjedovati sljedeću mjernu opremu:

- prijenosni ultrazvučni mjerač protoka (koristi se samo za privremena mjerenja ako još uvijek nije uspostavljeno kontinuirano mjerenje protoka na ulazu u DMA)
- sondu pritiska sa skupljačem podataka te
- tragač i položaja metalnih i nemetalnih cijevi.

Uz navedenu osnovnu opremu poželjno je posjedovanje i dodatne opreme:

- ultrazvučni mjerač debljine stjenke
- manometar i
- GPS uređaj.

Neophodno je da ekipa za vrijeme rada bude opremljena i sa alatima i opremom kao što su: pumpa za vodu, benzinski agregat, ključevi za otvaranje ventila, ručni alati za podizanje poklopaca na oknima i sl.

3.5.3.3 Prikupljanje podataka na terenu o potrošačima i potrošačkim vodomjerima

Prije početka samih mjerenja u pilot zoni, prikupljaju se podaci (ili se provjeravaju postojeći) kako slijedi:

Ime i prezime lica koje vrši prikupljanje podataka (radnik vodovoda)
Ime i prezime ili naziv potrošača
Broj članova domaćinstva
Broj članova domaćinstva
Proizvođač vodomjera
Serijski broj vodomjera
Adresa gdje se vodomjer nalazi
Datum kada je vodomjer posljednji puta baždaren (nalazi se na plombi)
Indeks potrošnje na vodomjeru (m ³)
Datum i tačno vrijeme očitavanja

3.5.3.4 Prikupljanje tehničkih podataka o ispravnosti ventila i drugih objekata unutar predmetne zone

Na terenu se prikupljaju tehnički podaci na osnovu kojih se pravi plan mjerenja. Za tu svrhu neophodno je prikupiti sljedeće podatke:

- Podaci o cjevovodima - materijal, starost, promjer, način spajanja, historija u pogledu kvarova, radni pritisak, nazivni pritisak).
- Podaci o mjestima pogodnim za instalaciju mjerne opreme – uzeti koordinate i napraviti dvije fotografije. Prva fotografija se snima da se vidi šire područje mjernog mjesta. Druga fotografija treba da pokaže mjerno mjesto iz blizine. Na mjernome mjestu se bilježi i geografska koordinata uz pomoć GPS uređaja.
- Podaci o ventilima - lokacija, promjer, vrsta, način zatvaranja i učestalost zatvaranja. Svaki ventil fotografirati digitalnom kamerom.
- Podaci o mjerачima protoka i vodomjerima - vrsta, promjer, starost, način instalacije, način očitavanja, učestalost očitavanja, historija kvarova.
- Podaci o hidrantima – lokacija i nemjerena potrošnja.
- Redukcioni ventili – lokacija, ulazni i izlazni pritisak.
- Nepovratni ventili – lokacija.
- Zračni ventili – lokacija.
- Buster stanice – lokacija, učestalost rada, način održavanja, pristup.
- Koja se sve zvučna ometanja mogu očekivati o u odabranoj zoni.
- Podaci o uticaju saobraćaja na kampanju mjerenja i zvučnu detekciju gubitaka.
- Podaci o najpogodnijem dobu dana ili noći za provedbu kontrolne zvučne detekcije gubitaka.
- Podaci o najpogodnijem dobu dana ili noći za provedbu preciznog lociranja kvara (neke ekipe za smanjenje gubitaka ovu akciju provode nekoliko dana nakon akcije kontrolne zvučne detekcije ili čak na kraju sedmice).

Mjerna mjesta i ventili se numeriraju prepoznatljivim oznakama. Sve koordinate se prenose u GIS. Koordinate ventila i mjernih mjesta se također mogu unijeti i u Google Earth program, te pomoću njega prije mjerenja upoznati svo osoblje uključeno u akciju sa planom mjerenja. Google Earth daje mnogo pregledniju sliku zone za one koji nemaju iskustvo u čitanju mapa ili ako mape nisu ažurirane.

Vodovod mora biti spreman da momentalno pristupi popravci svakog vidljivog kvara bilo da se on otkrije u ovoj fazi ili poslije za vrijeme akcije zvučne detekcije curenja.

3.5.4 Kontrolno izoliranje mjerne zone

Prije početka monitoringa protoka, zona se izolira zatvaranjem graničnih ventila. U glavno okno se postavlja mjerач protoka i mjerач pritiska na propisnoj udaljenosti nizvodno od ventila u glavnom oknu.

Provjera nepropusnosti zone se sprovodi tako što se zatvori uzvodni ventil u glavnom oknu. Ukoliko pritisak naglo padne na nulu, zona je nepropusna. Ukoliko se to ne dogodi, znači da zona nije nepropusna i mjerenja se ne mogu sprovesti dok se ne otklone uzroci propusnosti zone.

Ukoliko iz nekih razloga nije moguće mjerni uređaj postaviti nizvodno od ventila, ili ne postoji mjerач pritiska, jedini mogući način provjere nepropusnosti zone je da se zatvori ventil, i izvrši provjera kod samih potrošača da li u tom momentu imaju vodu.

3.5.5 Mjerenje gubitaka vode metodom vodnog bilansa

3.5.5.1 Princip mjerenja

Metodom vodnog bilansa je potrebno odrediti razliku između prosječne dnevne količine vode koja je isporučena u mjernu zonu i prosječnog dnevnog zbira svih količina vode očitanih na potrošačkim vodomjerima, i procjene ili privremenih mjerenja za one koji ne posjeduju mjerilo. Rezultat ove razlike predstavlja prosječnu dnevnu količinu gubitaka vode unutar pilot zone. Ukupni gubici vode predstavljaju zbir stvarnih i prividnih gubitaka vode.

Metoda vodnog bilansa se bazira na mjerenju ulaznih količina vode i analizi količina legalne potrošnje vode unutar određene DMA zone. Najbolji rezultati će se postići u koliko je uspostavljeno stalno mjerenje protoka i pritiska (sa zapisom podataka), te usporedba istih sa legalnom potrošnjom vode u istom intervalu od mjesec dana.

U slučajevima kada nije uspostavljeno kontinuirano mjerenje, analiza se vrši korištenjem prijenosne mjerne opreme u dvije etape, a zbog anuliranja dnevne neravnomjernosti potrošnje mjerenja u tom slučaju bi trebala trajati najmanje sedam ili četrnaest dana. Ukoliko je zona jedan industrijski kompleks i sl., koji vodu svakodnevno troši na isti način, mjerenja mogu trajati kraće.

3.5.5.2 Mjerenje hidrauličkih parametara

Za vrijeme dok mjeri protoka i mjeri pritiska u glavnom oknu na ulazu u pilot zonu kontinuirano vrše mjerenje, istovremeno se vrši očitavanje svih potrošačkih vodomjera u pilot zoni i zapisuje vrijeme kada je očitavanje izvršeno. Očitavanje se vrši brzo, ako je moguće u jednom danu. Prosječna norma očitavača vodomjera je 100 vodomjera na radni dan u gradskim sredinama i 70 vodomjera na radni dan u ruralnim sredinama (radni dan = 8 sati). Na osnovu ove norme vrši se procjena potrebnog broja ljudi za očitavanje vodomjera u jednoj pilot zoni. Sva očitavanja se unose u model za proračun gubitaka.

Druga etapa se provodi na isti način, ali najmanje sedam dana poslije prve etape. Period od sedam dana je neophodan iz razloga što potrošači ne troše iste količine vode svaki dan u sedmici. Podaci se ponovo pohranjuju u računar.

3.5.5.3 Autorizirana potrošnja vode

Autorizirana voda je sva ona voda koja se koristi za sve potrebe koje je odobrilo poduzeće. Većina autorizirane vode se fakturira i mjeri, ali ne i sva takva voda. Fakturirana mjerena voda koja se obično prodaje korisnicima uključuje industrijsku, privrednu, stambenu, poljoprivrednu i javnu potrošnju.

Fakturirana nemjerena voda je voda koju potroše potrošači kojima se račun obračunava na osnovu definiranog „paušala“, najčešće izraženog prema broju članova domaćinstva. Nefakturisana autorizirana potrošnja može da se u određenim slučajevima odnosi na vanrednu javnu potrošnju poput pranja ulica, zalijevanja parkova, održavanja groblja, gašenja požara, pranja filtera i cjevovoda i sl. Veoma rijetki su slučajevi da se vrši mjerenje nefakturirane autorizirane potrošnje i

ona obično ostaje neizmjerena. Za određivanje količina autorizirane potrošnje, potrebno je izvršiti detaljnu analizu svih kategorija autorizirane potrošnje.

Identificirane fakturirane mjerene potrošnje

U ovu grupu spadaju svi potrošači kojima se mjeri potrošnja vode i kojima se na osnovu izmjerene potrošnje isporučuje račun za utrošenu vodu. Podaci se uzimaju iz računovodstva vodovoda i priprema se lista potrošnje po zonama (kod većih vodovoda – preko 5000 priključaka) ili po grupama potrošača i zonama (kod manjih vodovoda). Na osnovu ovih podataka vrši se administrativna identifikacija svih korisnika u zonama koji imaju vodomjere i priprema se lista aktivnih priključaka koja sadrži identifikacijski broj, tip i podatak o promjeru vodomjera. Sve analize potrošnje vode se vrše posebno za 4 kategorije potrošača:

- Domaćinstva koji žive u individualnim stambenim objektima ili u stanovima opremljenim vlastitim vodomjerom
- Domaćinstva koja žive objektima kolektivnog stanovanja gdje se više stanova snabdijeva vodom kroz jedan vodomjer
- Pravna lica - mala privreda (prodavnice, frizerski saloni, kafići i sl.)
- Pravna lica - specijalni potrošači (industrijski objekti, bolnice, stadioni i sl.).

Potrebno je izvršiti detaljnu analizu svih vodomjera promjera 50 mm i većih. Analiza je osmišljena kako bi se pronašle nedosljednosti unutar brojila ili naplatnog ciklusa, te kako bi se utvrdile potencijalne greške u mjerenju koje proizlaze iz nepravilnog odabira veličine vodomjera i načina njegove primjene. Analiza uključuje pregled određenog broja malih vodomjera, te izradu programa zamjene starih vodomjera na bazi starosti, vrste i kvaliteta vodomjera kao i kvalitete vode.

Određivanje fakturirane mjerene potrošnje

Na osnovu identificirane mjerene potrošnje čitanjem svih vodomjera unutar DMA u dva kruga (kako je već opisano) izračunava se sva potrošnja vode. U okviru analize „od dna prema vrhu“ proračun se vrši prema definiranim mjernim zonama, a u sljedećim analizama se razrađuje detaljnije tako što se priključci sistematiziraju po veličini vodomjera na mjesečnoj osnovi (ili nekom drugom periodu fakturiranja) tokom trajanja čitavog perioda analize.

Prilagođavanje podataka fakturirane mjerene potrošnje

S obzirom na to da gotovo svaki vodovod posjeduje preveliki broj korisničkih vodomjera, nije isplativo provjeravati i testirati svaki od njih svake godine. Umjesto toga, godišnje se izvrši provjera i testiranje svih vodomjera promjera 50 mm i većih („Test in the place“), dok se kontrola vodomjera manjih promjera vrši metodom slučajnog odabira manjeg broja vodomjera iz različitih zona sistema. Sva očitavanja potrošnja, svakog pojedinačnog potrošača se prikazuje kao srednja potrošnja u l/dan, te se na kraju izračunava zbir svih pojedinačnih potrošnji.

Određivanje autorizirane fakturirane nemjerene potrošnje

Ova aktivnost obuhvata opisivanje načina određivanja količine vode koja se koristi a da se pri tome ne mjeri. Pri odabiru najbolje procedure za spomenutu situaciju, treba uzeti u obzir poteškoće u prikupljanju informacija, neophodan nivo preciznosti, eventualnu dostupnost mjerne opreme, obučenost osoblja itd.

Količina nemjerene vode mora se pažljivo odrediti kako bi se imao tačan audit (bilans). Procjena se ne smije praviti na osnovu autorizirane mjerene potrošnje u istoj kategoriji potrošača, jer po prirodi, potrošnja ove dvije grupe potrošača ne može biti ista a u većini slučajeva nije ni slična. Najbolji način je da se procjena izvrši na osnovu privremenog mjerenja potrošnje kod određenog broja slučajno odabranih potrošača. Ovdje je jako bitno da se potrošaču objasni svrha mjerenja kako ne bi promijenio navike vezane za trošenje vode.

Identificiranje i određivanje autorizirane nefakturirane nemjerene i mjerene potrošnje

Veliki broj vodovodnih poduzeća omogućuje autoriziranu ali nefakturiranu potrošnju vode. Ovo se tipično naziva „autoriziranom nepokazanom upotrebom vode“. Nefakturirana potrošnja vode može uključivati obuku za gašenje i gašenje požara, ispiranje cijevi, ispiranje atmosferskih kanala, pranje ulica, navodnjavanje velikih javnih površina, fontane i česme, bazene, građevine itd.

Za svaku navedenu kategoriju potrošača mora se napraviti kvalitetna procjena potrošnje koja se može bazirati i na instalaciji privremene mjerne oprema ukoliko je to potrebno.

3.5.6 Analiza podataka o fakturiranju

Greške u fakturiranju se mogu izbjeći software-skom analizom podataka koja automatski prati neuobičajeno ponašanje korisnika, kao što su, između ostalog, iznenadna povećanja ili smanjenja potrošnje. U slučaju neispravnosti mjerača preporučuje se formula za izračunavanje potrošnje vode zasnovana na ranijim očitavanjima, periodu godine, broju članova domaćinstva, itd.

Proračun gubitaka vode se svodi na to da se za svakog potrošača izračuna prosječna dnevna količina vode koja je očitana na vodomjeru u l/dan. Kod ovog proračuna se mora voditi računa o vremenu očitavanja. Zbir svih potrošačkih prosječnih dnevnih količina se oduzima od prosječne dnevne količine vode koja je uvedena u zonu.

3.5.7 Proračun elemenata vodnog bilansa i indikatori uspjeha

Neoprihodovana voda kao zapremina: Definira se u procentima u odnosu na količinu vode koja je isporučena u sistem na godišnjem nivou. Može se izračunati vrlo jednostavno iz bilansa vode. Služi samo kao koristan pokazatelj općeg stanja.

Neoprihodovana voda kao trošak: Finansijski indikator koji se definira kao zapremina neoprihodovane vode u odnosu na godišnje troškove upravljanja vodovodnim sistemom. Uključuje različite jedinične troškove za sve komponente neoprihodovane vode.

Prividni gubici prikazani po priključku na dan: Jako značajan indikator koji se mora izračunati a koji definira pripadajuću zapremina prividnih gubitaka po potrošačkom priključku po danu.

Stvarni gubici kao procent: Ovaj indikator je neprikladan za procjenu efikasnosti distributivnih sistema, ali je koristan kao pokazatelj efikasnosti (ili neefikasnosti) korištenja vodnih resursa. Definira se u procentima u odnosu na količinu vode koja je isporučena u sistem.

Stvarni gubici prikazani po priključku na dan: Ovo je jako dobar operativni indikator za definiranje ciljeva smanjenja stvarnih gubitaka vode a izražava se u litrama po priključku na dan.

Stvarni gubici prikazani po priključku na dan po metru pritiska: Indikator veoma sličan prethodnom, ali jako upotrebljiv u sistemima sa različitim vrijednostima pritiska u sistemu. Jako je dobar kao operativni indikator za definiranje ciljeva smanjenja stvarnih gubitaka vode. Izražava se u litrama po priključku na dan po metru vodenog stuba pritiska.

UARL – Neizbježni godišnji stvarni gubici: Ovaj indikator se u literaturi koji su izdala IWA označava kao UARL i definira se kao teoretska referentna vrijednost koja predstavlja najnižu moguću tehničku granicu curenja vode iz cjevovoda, a koju je moguće postići korištenjem najboljih svjetskih tehnologija dostupnim u današnje vrijeme.

Ne preporučuje se da vodovodi nastoje smanjiti vrijednost ovog pokazatelja osim u slučajevima kada je cijena vode enormno visoka. Ovaj indikator je jedan od dva ključna indikatora za proračun ILI indeksa - indeksa infrastrukturnih curenja (ILI – engl. Infrastructure Leakage Index).

UARL se izračunava po empirijskoj formuli:

$$\text{UARL} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \text{ (l/dan)}$$

gdje je:

L_m – Dužina cjevovoda u mreži (km)

N_c – Ukupni broj priključaka u sistemu

L_p – Ukupna dužina priključnih cijevi koje prolaze kroz privatne posjede (km)

P – Prosječna vrijednost pritiska u sistemu (mVs).

CARL – Trenutni stvarni gubici na godišnjem nivou (engl. Current Annual Real Losses): Ovaj indikator predstavlja zapreminu vode koja se izgubi kroz sve vrste fizičkih kvarova na sistemu, bilo da je riječ o otkrivenim ili neotkrivenim kvarovima ili pak greškama operatora (npr. preljevi na rezervoarima). Omjer CARL/UARL definira vrijednost Infrastrukturnog indeksa curenja (ILI).

ILI – Infrastrukturni indeks curenja: indikator koji definira kvalitetu upravljanja vodovodnim sistemom (održavanje, popravke, rehabilitacija), za kontrolu stvarnih gubitaka (curenja). Matematički predstavlja omjer između aktualnih stvarnih gubitaka na godišnjem nivou (CARL) i neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka (UARL).

$$\text{ILI} = \text{CARL} / \text{UARL}$$

Nizak ILI pokazuje da je vodovod uspio curenja u svojoj mreži spustiti prema razini UARL-a, ili do teoretskog donjeg limita koji se može postići.

Minimalna dostižna vrijednost indeksa ILI iznosi 1.

Na osnovu vrijednosti indeksa ILI određuje se kategorija uspješnosti vodovodnog preduzeća (A – najbolje upravljanje, D – najlošije upravljanje). Podjela se vrši i ovisno o razvijenosti zemlje u kojoj se vodovod nalazi. Uslovi za određivanje pripadnosti kategoriji uspješnosti u zavisnosti od vrijednosti koeficijenta ILI su prikazani u narednoj tabeli.

SITUACIJA U RAZVIJENIM ZEMLJAMA		ILI	Litara po priključku na dan				
			(sistem pod pritiskom) sa prosječnim pritiskom od:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
SITUACIJA U RAZVIJENIM ZEMLJAMA	A	1-2		<50	<75	<100	<125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500
SITUACIJA U ZEMLJAMA U RAZVOJU	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1.000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1.000

Tabela 2: Kategorije uspješnosti vodovodnog preduzeća u upravljanju vodovodnim sistemom

Kako je ILI bezdimenzionalni indikator, on je vodeći pokazatelj za „benchmarking“ curenja u vodovodnim sistemima, odnosno za korištenje u komparaciji kvaliteta upravljanja vodovodnim sistemom među vodovodima iz različitih dijelova svijeta.

3.5.8 Analiza upravljanja sredstvima

Tokom istraživanja na terenu, potrebno je obaviti razgovore sa osobljem preduzeća na temu politike, praksi i uslova upravljanja sredstvima. Ta aktivnost će uključivati prikupljanje podataka o:

- Politikama i praksama zamjene i popravaka cijevi i
- Politikama i praksama upravljanja i održavanja postrojenja i opreme.

3.5.9 Analiza rezultata Vodnog bilansa

Rezultati analize bilansa mogu ukazati na gubitke nastale kao rezultat neispravnog mjerenja, neovlaštene potrošnje, curenja na rezervoarima, curenja na glavnim cjevovodima ili cijevima do priključka itd. Kako bi se ustanovilo koje korektivne mjere su isplative, prvo se trebaju otkloniti prividni (komercijalni) gubici jer je voda izgubljena kroz ovu vrstu gubitaka višestruko skuplja u odnosu na onu koja se izgubi kroz stvarne (fizičke) gubitke. Voda izgubljena kroz prividne gubitke je trebala biti prodana po maloprodajnoj cijeni vode, dok se smanjenjem stvarnih gubitaka (uz uslov da je osiguranokontinuirano snabdijevanje vodom svih potrošača) može ostvariti samo ušteda u proizvodnji vode, a koja se izražava kroz proizvodnu cijenu vode.

U sljedećem koraku treba procijeniti vrijednost curenja koja se mogu otkloniti i cijena njihovog otklanjanja. U okviru analize se na osnovu dobivenih vrijednosti indikatora vodnog bilansa donose zaključci i preporuke.

3.5.10 Identificiranje curenja koja se mogu otkloniti

Sva curenja u sistemu se ne mogu otkloniti. Već ranije je opisano da postoji indikator količine vode koja predstavlja neizbježni gubitak (UARL). Kako bi ustanovio procent koji se može otkloniti, prvo se mora doći do saznanja koliki je ukupni procent curenja, a potom utvrditi koliki bi se procent mogao otkloniti.

3.5.11 Određivanje vrijednosti otklonjenih gubitaka

Ušteda vode smanjuje troškove vodovodnog poduzeća. Postoje dva tipa uštede:

- Troškovi nabavke vode i
- Varijabilni troškovi upravljanja i održavanja pri čuvanju, tretiranju i distribuciji vode.

Oba slučaja ne uključuju fiksne troškove. Ušteda je jednaka vrijednosti otklonjenih curenja.

3.5.12 Određivanje troškova otklanjanja curenja

Ovaj korak obuhvata dva dijela:

- Jednogodišnja korist – kako bi se ustanovili koristi od popravka curenja tokom jedne godine, pomnožiti otklonjena curenja sa troškom popravaka curenja
- Dvogodišnja korist – prosječno trajanje curenja prije popravke se procjenjuje na dvije godine, uglavnom u zavisnosti od stanja cijevi i zemljišta i kvaliteta programa za detekciju curenja.

3.5.13 Izračunavanje troškova detekcije curenja

Troškovi provođenja detekcije curenja se procjenjuju na osnovu pripremljenog plana detekcije i popravke curenja.

3.5.14 Izvještaj

Na kraju izrade bilansa se priprema izvještaj, a prema potrebi i prezentacija za donosioce odluka. Izvještaj treba da sadrži sljedeće elemente:

- Opis vodnog bilansa, uz prikaz pokazatelja korištenih za proračun neobračunate vode i 5 usaglašenih indikatora u skladu sa metodologijom IWA
- Pregled i prikaz prikupljenih informacija
- Sveobuhvatnu analizu postojeće situacije
- Pregled mjera i aktivnosti neophodnih za smanjenje gubitaka vode i unaprjeđenje upravljanja i održavanja vodovodnog distributivnog sistema, zajedno sa projekcijom troškova
- Analizu finansijskih indikatora aktivnosti planiranih za budući period u cilju smanjenja gubitaka (pregled očekivanih ušteda), po mogućnosti u formi koja bi odgovarala aplikaciji za potencijalno uzimanje kredita.
- Finalni izvještaj koji će biti u potpunosti usklađen sa preporukama IWA.

Finalni izvještaj predstavlja osnovu za izradu strategije za upravljanje vodnim bilansom i njegovom implementacijom u budućnosti.

3.6 Dokumentacija

- Ključne informacije za svaku DMA se bilježe i izvlače na mapama sistema. Informacije o granicama zona, lokacijama mjerača protoka i pritiska, domaćinstvima i ostalim podacima vezanim za potrošače uvijek treba ažurirati u GIS-u.
- Analiza rezultata vodnog bilansa se pohranjuje u registar.

3.7 Zaštita na radu

- Na pratećim uređajima i hidrauličkoj opremi u DMA, može raditi isključivo obučeno i iskusno osoblje. Posebna pažnja je potrebna za rad u oknima sa ventilima. U tim zatvorenim radnim područjima, radnici moraju biti zaštićeni od klizanja ili pada sa opasnih visina.
- Mora se uzeti u obzir i mogućnost akumulacije opasnih plinova kao što su ugljen-dioksid u zatvorenim prostorima te se s tim u vezi poduzeti odgovarajuće mjere opreza.
- U slučaju javnih radova posebnu pažnju treba obratiti na odvijanje saobraćaja u okolini radnog mjesta. Radno mjesto mora biti jasno označeno i zaštićeno od bilo kakvog vanjskog uticaja. Označavanje mora biti postavljeno u skladu s propisima i zakonima. Policija i druga tijela možda moraju biti obaviješteni o radovima i njihovom trajanju.
- Radovi moraju biti učinkovito izvršeni.
- Zaštita radnog mjesta se mora ukloniti nakon završetka radova.

3.8 Reference za izradu procedure

- Špago, Vucijak, Koldžo, Midžić: "Basis of system management in water supply companies" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2014.
- Hamilton, McKenzie: Water Management and Water Loss IWA book, 2014.
- Špago, Orašanin, Koldžo, Vučijak: "Advanced management techniques for Water Utility Companies" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2016.
- Špago, Orašanin, Koldžo, Vučijak: "Effective Water Utilities Management Techniques" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2016.
- Christensen, Magrande: "Water Audits and Leak Detection", American Water Works Association, Denver 1999.
- Sardinha et al: "Active Water Loss Control", Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A. Lisbon, 2017
- Fanner, Sturm, Thornton, Liemberger, Leakage Management Technologies, U.S. Environmental Protection Agency Washington D.C., 2016.
- Lambert, A. O. and McKenzie R. D.: „Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index“ in Proceedings of the IWA Specialised Conference 'Leakage Management - A Practical Approach' pp. 1- 16, Lemesos, Cyprus, 2002.

PROCEDURA ZA AKTIVNU KONTROLU CURENJA

4.1 Ciljevi

Ova standardna operativna procedura pokriva proces implementacije aktivne kontrole curenja (AKC). Aktivna kontrola curenja je metoda intervencije kojom se vrši smanjenje stvarnih gubitaka vode za koju vodovodno preduzeće raspoređuje sredstva, osoblje i tehničku opremu kako bi aktivno otkrili i popravili curenja koja nisu detektovana. Glavna svrha AKC-a je smanjiti vrijeme trajanja podzemnih curenja kako bi se smanjili stvarni gubici vode.

Ova procedura opisuje korak – po – korak kako pripremiti, provoditi i analizirati mjere AKC-a kao što su „step testing“ mjerenja, mjerenja minimalnog noćnog protoka (MNP) i zvučna detekcija curenja kako bi postali svjesni problema gubitaka i u konačnici smanjili stvarne gubitke i uklonili nivo neoprihodovane vode.

4.2 Regulatorni zahtjevi

Ne postoje regulatorni zahtjevi za ovu proceduru.

4.3 Rizici

Provedba AKC-a zahtjeva adekvatna sredstva, osoblje i tehničku opremu. Bez dostupnosti dovoljno osoblja, opreme i finansijskih resursa, održivost procesa implementacije AKC se dovodi u pitanje. Da bi se postigla efikasnost lociranja curenja, važno je osigurati da su radnici koji rade na detekciji curenja opremljeni ažuriranim kartama sistema i njegovih komponenti. Većina tehnologija zvučne detekcije curenja ovisi o dostupnosti preciznih informacija o materijalu, promjeru i dužiniciji. Loši podaci za unos dovode do greške prilikom određivanja mjesta curenja što dovodi do nezgodnih i nepotrebnih iskopavanja.

4.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi

Osoblje koje će izvršavati aktivnosti na terenu i u kancelariji treba ispunjavati sljedeće uslove:

- poznavanje rada sa mjeračima protoka, loggerima, mjeračima pritiska
- poznavanje korištenja topografskih i mapa distributivnog sistema
- osnovno znanje o rasprostiranju akustičnih talasa i oscilacija cijevi, dubinskim rasprostiranjima zvučnih talasa kroz različite vrste tla

- poznavanje rada sa opremom za akustičnu detekciju curenja (loggeri šuma, korelatori, podni mikrofoni) i
- poznavanje metodologije za analizu podataka dobivenih hidrauličkim mjerenjima.

Sljedeći resursi su neophodni za realizaciju AKC:

- kompletan i ažuran registar mreže i topografske informacije
- mjerač protoka sa data loggerom (instaliran) ili prijenosni mjerač protoka
- loggeri pritiska
- oprema za zvučnu detekciju curenja (geofon/akvafon, korelator, loggeri šuma).

4.5 Procedure

Proces aktivne kontrole curenja se može podijeliti u 4 faze:

1. Kontinuirani monitoring kroz analizu vrijednosti minimalnih noćnih protoka i pritiska unutar DMA, što će omogućiti otkrivanje pojave curenja u ranoj fazi
2. Detekcija curenja - "Step testing" je metoda za otkrivanje cjevovoda ili dijela cjevovoda na kojem se nalazi curenje
3. Detekcija curenja - "Pre-lociranje" je metoda za otkrivanje makro lokacije curenja korištenjem posebnih mikrofona
4. Precizno lociranje curenja (Pinpointing) za utvrđivanje tačne lokacije curenja korištenjem posebne opreme za detekciju curenja (korelatori, geofoni, gasni detektori i sl.).

4.5.1 Kontinuirani monitoring protoka

Pucanje cijevi uzrokuje manje-više nagli porast protoka, koji se može detektovati stalnim nadzorom protoka u DMA. Ako su DMA opremljene instaliranim mjeračima protoka sa loggerima, ulazni i izlazni protoci moraju se pratiti kontinuirano ili najmanje jedan sat tokom minimalnih uslova noćnog protoka (2:00 - 5:00). Podaci o protoku moraju se preuzeti i analizirati redovno (najmanje jednom mjesečno). Metoda minimalnog noćnog protoka (MNP) pogodna je za sisteme gdje se mjerenje vrši kontinuirano. Ova metoda zasnovana je na pretpostavci da autorizirana potrošnja pada na minimum u noćnim satima (2:00 - 5:00). Dakle, stvarni gubici predstavljaju maksimalni procent protoka. Ako ne postoje trajno instalirani mjerači već se za ovu svrhu koriste prijenosni mjerači protoka mjerenje minimalnih protoka mora se pratiti minimalno jednom mjesečno. MNP, odnosno udio legitimne potrošnje treba usporediti sa prethodno izmjerenom referentnom vrijednosti. Legitimna potrošnja se sastoji od noćnog korištenja vode kod rezidentnih potrošača (uglavnom za ispiranje toaleta) i potrošnje nerezidentnih potrošača (administrativni, industrijski, komercijalni ili poljoprivredni korisnici) što može predstavljati veliki procent minimalnog noćnog protoka.

4.5.2 Kontinuirani monitoring pritiska

Vrijednost pritiska u sistemima sa malim iznosom curenja mreže će biti maksimalan u periodu

najniže potrošnje. Visok nivo curenja će uzrokovati povećanje protoka i time smanjiti pritisak. Monitoringom pritiska u mreži se mogu otkriti samo velika curenja, jer mali protok izazvan isto tako malim propuštanjem neće značajno smanjiti pritisak. Informacije dobivene monitoringom pritiska mogu se koristiti za prioritizaciju rada: preporučljivo je započeti akciju detekcije curenja na mjestu gdje je izmjeren maksimalni pad pritiska. Nadzor pritiska vrši se zajedno sa nadzorom noćnog protoka.

4.5.3 Kontrola Protoka - Step Testing metoda

“Step testing” se provodi u kasnim noćnim i/ili ranim jutarnjim satima u vrijeme minimalne potrošnje vode. Princip je da se na ulaznom cjevovodu u zonu ili pod-zonu vrši permanentno mjerenje protoka sa zapisom u kratkim intervalima (1 s do 1 minuta). Za to vrijeme se planski vrši zatvaranje ventila na ranije definiranim cjevovodima i prati se pad protoka izazvan zatvaranjem ventila.

4.5.3.1 Pripremna faza

Općenito se smatra da u je toku noći potrošnja vode minimalna, što znači da u tom momentu izmjerena vrijednost protoka sadrži najveći procent “gubitaka vode”. Ipak, postoje potrošači koji koriste vodu i u toku noći, kao i fontane, vatrogasci ili noćne smjene u industriji. Ovi potrošači se prije početka mjerenja moraju locirati i odrediti njihovu prosječnu dnevnu (odnosno noćnu) potrošnju vode.

Minimalni noćni protok (MNP) Noćna potrošnja	Noćna potrošnja	Noćna korisna potrošnja	Posebna noćna potrošnja
			Rezidentalna potrošnja
			Nerezidentalna potrošnja
		Rasipanje u potrošačkim instalacijama	Curenja unutar objekta
			Curenja izvan objekta
	Stvarni gubici	Curenja koja je moguće detektovati i otkloniti	Neprijavljena curenja
			Prijavljena curenja (koja nisu popravljena)
		Prikriveni kvarovi	Curenja na priključcima
			Curenja na cijevima

Tabela 3: Raspodjela minimalnog noćnog protoka na komponente

Stvarni gubici predstavljaju razliku minimalnoga protoka i procijenjene ili izmjerene noćne potrošnje.

Noćna potrošnja (NP) predstavlja zbir korisne noćne potrošnje i rasipanja vode u potrošačkim instalacijama.

Noćna korisna potrošnja se sastoji od:

- Posebne noćne potrošnje, koja predstavlja zbir pojedinačnih potrošnji koje prelaze definisani prag potrošnje koji je obično između 100 i 500 l/h

- b) Rezidentna noćna potrošnja predstavlja zbir svih pojedinačnih potrošnji u domaćinstvima ispod praga potrošnje
- c) Nerezidentna potrošnja predstavlja zbir svih pojedinačnih potrošnji ispod praga potrošnje a koja se ostvaruju u objektima male privrede i sl.

Rasipanje u potrošačkim instalacijama se može javiti u dva oblika:

- a) Curenja unutar objekta. Najčešće zbog neispravnih vodokotlića, slavina i sl. i
- b) Curenja izvan objekta. Najčešće curenja na vanjskim slavinama ili na potrošačkom servisnom cjevovodu između vodomjera i objekta (u slučaju ako se vodomjer nalazi izvan objekta).

Definiranje vrijednosti noćne potrošnje (NP) vrši se određivanjem svih potrošača sa posebnom noćnom potrošnjom vode. Prilikom mjerenja minimalnoga noćnog protoka svim takvim potrošačima se mora pratiti (mjeriti) potrošnja ili, eventualno, u koliko je to moguće treba ih isključiti iz sistema vodosnabdijevanja, što se može uraditi isključivo uz dogovor sa potrošačem.

Rezidentna i nerezidentna potrošnja se mjeri kod slučajno odabranoga broja potrošača iz različitih kategorija, kao i različitih dijelova sistema ili zone u kojoj se vrši mjerenje, te se može izraziti formulom:

$$NP = \sum PNP + \frac{\sum_1^b RP}{b} \times N_{RP} + \frac{\sum_1^c NRP}{c} \times N_{NRP}$$

gdje je:

- PNP - Posebna noćna potrošnja,
- b - Broj uzoraka u kategoriji rezidentne potrošnje,
- NRP - Ukupan broj priključaka rezidentne potrošnje u zoni mjerenja,
- c - Broj uzoraka u kategoriji nerezidentne potrošnje,
- NRP - Ukupan broj priključaka nerezidentne potrošnje u zoni mjerenja.

Za grubu analizu kod rezidentne noćne potrošnje može se uzeti da je u 6% stanovništva aktivno i da je njihova potrošnja 10 l/osobi/sat.

Cilj "Step Testing mjerenja" je da se odredi raspodjela noćnog protoka u tri komponente gubitaka:

1. rasipanje iza vodomjera (u potrošačkim instalacijama)
2. curenje u priključcima (između sedla priključka i potrošačkog vodomjera) te
3. curenje na glavnim vodovima distributivne mreže.

U tom slučaju, u noćna mjerenja su uključene tri grupe zatvarača:

1. mali zatvarači vodomjera na strani mreže
2. mali zatvarači na sedlima priključaka te
3. veliki ulazni zatvarači na glavnoj mreži.

U pripremnoj fazi za provođenje mjerenja moraju se prikupiti podaci o svim potrošačima po kategorijama:

- “Nerezidenti sa vodomjerom 50 mm i veći”
- “Nerezidenti sa vodomjerima manjim od 50 mm”
- “Rezidenti sa zajedničkim vodomjerom” (zgrade) i “
- “Rezidenti sa vlastitim vodomjerom”.

Prije početka mora biti određen tačan broj potrošača kojima će se vršiti zatvaranje dotoka vode po principu slučajnog uzorka. Prilikom određivanja broja potrošača kod kojih će se vršiti zatvaranje vode, treba voditi računa o vremenu za koje treba da bude izvršeno mjerenje, jer mjerenje mora biti i započeto i završeno u terminu minimalne potrošnje, da bi se što preciznijemogle izmjeriti razlike u protoku koje će nastati prilikom zatvaranja (i otvaranja) određenih ventila. Zbog toga je potrebno provjeriti koji potrošači imaju redovnu noćnu potrošnju vode (pekare, mljekare, industrija koja radi treću smjenu...), jer se takvim potrošačima voda ne smije zatvarati. S obzirom da je u kategoriji “ Nerezidenti sa vodomjerom 50 mm i veći ” teško odrediti koja je to potrošnja vode koja se može smatrati povećanom, prije mjerenja treba izvršiti zatvaranje dotoka vode za sve potrošače ove kategorije, osim onih već navedenih kojima se voda ne smije zatvarati.

Ukoliko je broj potrošača u kategoriji „Nerezidenti sa vodomjerima manjim od 50 mm“ mali, treba izvršiti zatvaranje svih potrošača. Ukoliko je broj potrošača u ovoj kategoriji veliki, treba izvršiti zatvaranje samo onih potrošača kojima je potrošnja u m³/dan najveća.

4.5.3.2 Prva faza noćnog mjerenja

Noćno mjerenje započinje tako što se u glavno okno postavlja mjerni uređaj (elektromagnetni mjerač protoka, ultrazvučni mjerač protoka ili data logger koji se postavlja na vodomjer). Pošto se utvrdi da trenutni protok vode približno odgovara minimalnom noćnom protoku koji je prethodno definiran započinje se sa zatvaranjem potrošača u kategoriji “ Nerezidenti sa vodomjerom 50 mm i veći ”. Potrošački ventili se zatvaraju jedan po jedan sa najmanjim razmakom između dva zatvaranja od 5 min. Prilikom svakog zatvaranja radnici koji vrše zatvaranje će upisati tačno vrijeme kada je ventil zatvoren.

Po zatvaranju svih ventila u ovoj kategoriji pravi se pauza od 10 do 15 minuta, a potom se počinje sa zatvaranjem potrošača u kategoriji “Nerezidenti sa vodomjerima manjim od 50 mm” na isti način kao u prethodnoj.

Po zatvaranju svih predviđenih potrošačkih ventila u ovoj kategoriji ponovo se pravi pauza od 10 do 15 minuta, te se započinje sa zatvaranjem vode za potrošače u kategoriji “ Rezidenti sa zajedničkim vodomjerom ”. Ovo je kategorija u kojoj veoma često postoje velike količine vode koje se rasipaju, te je i u njoj kao i u prethodne dvije potrebno praviti pauze od po 5 minuta između zatvaranja dva ventila.

Napokon ostaje da se zatvore još ventili u kategoriji “ Rezidenti sa vlastitim vodomjerom ”. Obično je u ovoj kategoriji najveći broj ventila za zatvaranje, te se može poslati više ekipa radnika koje će zatvarati ventile, i naravno prilikom zatvaranja svakog ventila zapisati vrijeme kada je ventil zatvoren. Kod zatvaranja ventila u ovoj kategoriji nije potrebno voditi računa o vremenu između

dva zatvaranja, već se zatvaranje vrši u najkraćem mogućem roku. Pad protoka koji se mjeri na instrumentu predstavlja direktno rasipanje vode potrošača.

4.5.3.3 Druga i treća faza noćnog mjerenja

Zatvaranjem svih potrošačkih ventila unutar pilot zone završena je prva faza "Step testing" mjerenja, i nakon pauze od 5 do 10 minuta može se započeti sa drugom fazom u kojoj zatvoreni potrošački ventili i dalje ostaju zatvoreni a uz to se vrši zatvaranje ventila na kućnim priključcima za iste potrošače kod kojih je prethodno izvršeno zatvaranje kućnih ventila. Zatvaranje se vrši na isti način kao i kod zatvaranja kućnih ventila sa zapisivanjem tačnog vremena i sa vremenskim razmacima između dva zatvaranja.

U trećoj fazi se vrši zatvaranje uličnih ili sekcionih ventila unutar zone. Zatvaranje se vrši od najudaljenijeg ventila od mjernog mjesta, prema najbližem. Ventil se mora zatvarati sporo sa pauzama da bi se izbjegla pojava jačeg hidrauličkog udara, koji bi mogao izazvati pucanja cijevi. Međuvrijeme između dva zatvaranja je 10 do 15 minuta, ali je najbolje da se poslije zatvaranja svakog ventila radnici koji vrše zatvaranje jave odgovornom licu koje provode mjerenja i koji se nalazi pored mjernog uređaja. Odgovorno lice će kada na mjernome instrumentu ustanovi da je došlo do stabilizacije protoka dati signal za zatvaranje sljedećeg ventila.

Ukoliko prilikom zatvaranja sekcionih ventila dođe do porasta pritiska koji može ugroziti fizički i/ili hidraulički integritet sistema, ventili se zatvaraju i otvaraju jedan po jedan pri čemu se prati pad/porast protoka.

Po završetku zatvaranja svih ventila svi ventili se ponovo otvaraju na način da se prvo otvara ventil koji je posljednji zatvoren. Veliki ventili se otvaraju polako, a ukoliko ima vremena prave se i vremenski razmaci kao kod zatvaranja ventila.

4.5.4 Detekcija curenja (Pred-lociranje)

Pred-lociranje curenja vrši se osluškivanjem zvukova iz kvara na kontaktnim mjestima u distributivnom sistemu. Pred-lociranje napuknuća obavlja se prisluškivanjem na pristupačnim mjestima kao što su hidranti ili ventili. Približavamo li se mjestu oštećenja razina šuma raste, a smanjuje se ako se od tog mjesta udaljujemo. Za pred-lociranje kvara geofoni posjeduju poseban štapni mikrofoni sa širokim frekventnim opsegom. Kada se vrši pred-lociranje na metalnim cijevima korištenjem geofona sa štapnim mikrofonom frekventno područje koje treba pokrivati je između 500 i 3000 Hz. Kod ostalih cijevi (PVC, PE, PEHD i AC) frekventno područje šuma je između 100 i 700 Hz.

Zvučna detekcija, odnosno raspon između dva mjesta na kojima će se vršiti osluškivanje, u velikoj mjeri zavisi od materijala i promjera cijevi, pa tako:

- Lijevano željezo, daktil i čelične cijevi treba slušati svakih 120 do 180 m
- AC cijevi maksimalno svakih 60 do 80 m

- PVC i PEHD promjera 150 do 200 mm slušati svakih 30 m
- PVC i PEHD promjera 250 mm i većih slušati svakih 10 do 15 m.

Ukoliko se ovom vrstom osluškivanja ne detektuje zvuk, to znači da u tom dijelu cjevovoda nema kvarova. Iskusan operater na ovaj način može provjeriti nekoliko kilometara cjevovoda u jednom danu.

4.5.5 Precizno lociranje kvara uz pomoć geofona

Precizno lociranje kvara se u teoriji vrši nakon kontrole cjevovoda kako je opisano u prethodnom tekstu. Izuzetak je naravno kada postoje elementi koji ukazuju na makro lokaciju curenja (npr. pojava vode ili vlage, pad pritiska, pad protoka, udubljenja u tlu i sl.). Precizno lociranje vrši se na tlu direktno iznad cjevovoda a ukoliko je cijev u mekanom tlu, tada je potrebno postaviti kontaktnu osnovu za mikrofoni. Mjesto na kojem je zvuk najjači je mjesto ispod kojeg se nalazi kvar.

4.5.6 Precizno lociranje uz pomoć Korelatora

Korelator je visoko sofisticirani uređaj za detekciju curenja u cjevovodima. Osnovni dijelovi su mu centralna jedinica sa procesorom, dvije sonde sa mikrofoni i punjači baterija za svaku sondu i procesor. Sonde su obično označene sa slovima A i B ili sa različitim bojama. Neki korelatori imaju samo jednu sondu dok je drugi mikrofoni priključen direktno na procesor, a neki mogu imati čak tri sonde za kompleksnije slučajeve detekcije curenja.

Da bi uopće bilo moguće raditi sa korelatorom potrebno je dobro poznavati mrežu, odnosno potrebno je posjedovati ažurne mape sistema sa svim priključcima, kao i poznavati materijal i promjer cjevovoda.

Ukoliko su poznati svi prethodno navedeni podaci, sonde se postavljaju na udaljenosti od najviše 250 m ukoliko su cijevi metalne i ne više od 50 m ukoliko su cijevi plastične ili ukoliko su napravljene od azbestnog cementa, što zavisi od vrste i proizvođača i vrste korelatora. Pri postavljanju mikrofoni dovodi sonde u kontakt sa cjevovodom preko postojećih hidranata ili ventila, a u procesor se unose osnovni podaci o cjevovodu.

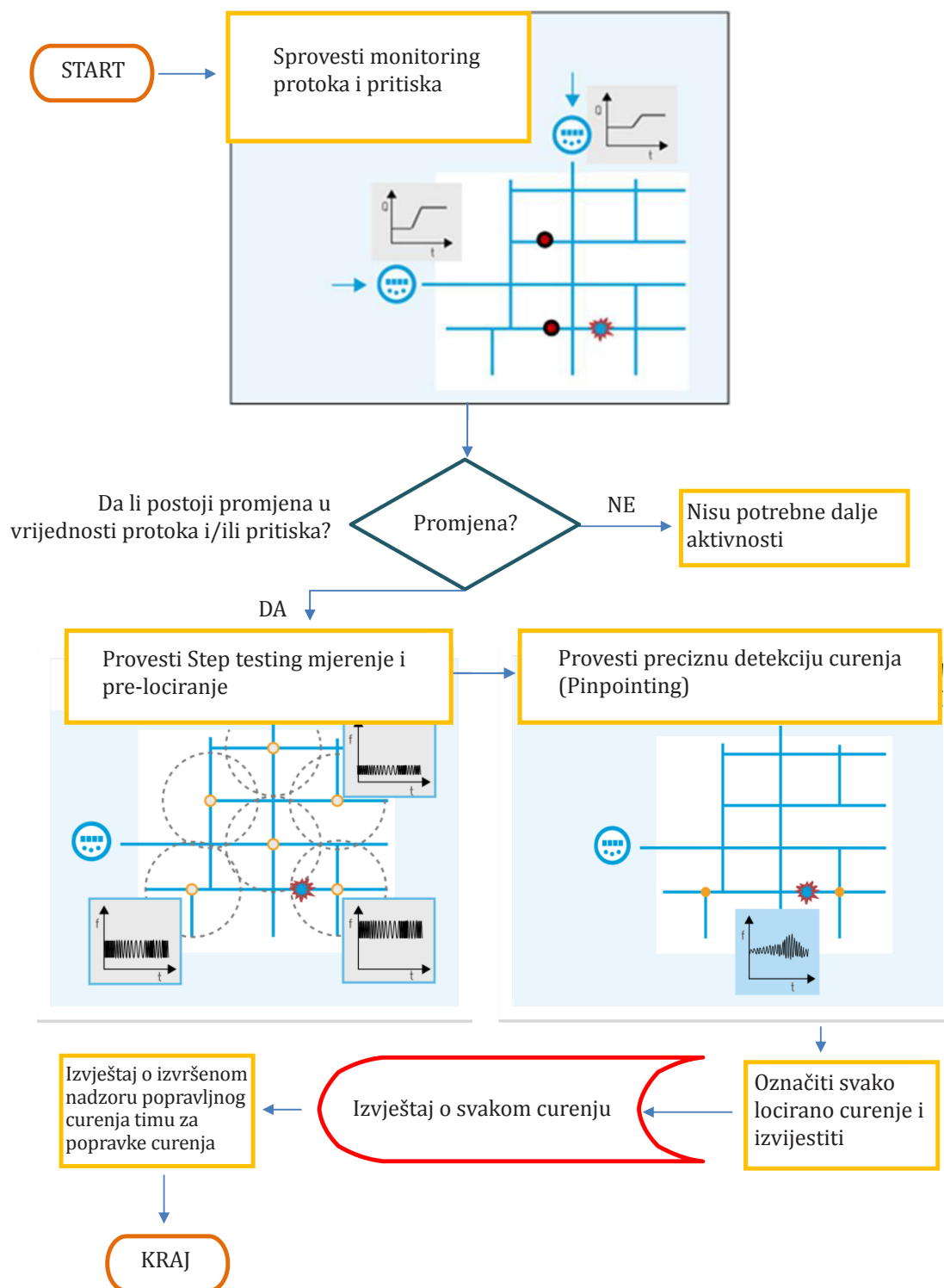
Tokom pripreme korelatora za detekciju, unose se sljedeći podaci:

- dužina cijevi koja se ispituje (u ovu svrhu najbolje je koristiti mjerni točak koji se kupuje zasebno jer nije sastavni dio opreme koja se dostavlja sa korelatorom)
- materijal cijevi te
- promjer cijevi.

Nakon ovoga, korelator je moguće automatski konfigurirati. Iskusniji operatori mogu koristiti i opciju ručnog podešavanja filtera i na taj način dobiti preciznije i pouzdanije podatke.

Metoda nije osjetljiva na interferenciju / buku u pozadini i stoga se može koristiti tokom dana, ali nije tako efikasna na plastičnim cijevima i pri niskom pritisku u sistemu.

4.6 Dijagram provođenja mjera i procedura za aktivnu kontrolu curenja



4.7 Dokumentacija

- Svako curenje mora biti označeno na terenu, a tim za popravak mora odmah biti obaviješten.
- Svako curenje mora biti prijavljeno pomoću izvještaja o nadzoru popravke curenja i odmah se dostavlja timu za popravak propuštanja.
- Podaci mjerenja moraju se uvijek preuzeti iz mjerača protoka i pritiska pomoću adekvatnih softvera ili uz pomoć univerzalnog software Hyper terminal (besplatan za korištenje) te pretvoriti u EXCEL datoteke koje će se spremiti u posebnu mapu (// Naziv servisnog centra / Naziv DMA / MNP / Protok ili / Pritisak). Tako se podaci minimalnih noćnih protoka mogu usporediti s prethodnim mjerenjima.
- Obratiti pažnju da su sva otkrivena curenja zabilježena u GIS mapi / bazama podataka o upravljanju sredstvima za daljnje odluke o rehabilitaciji.

4.8 Zaštita na radu

- Općenito, samo obučeno i iskusno osoblje treba da obavlja posao. Sve radovi treba da obavljaju grupe od po dva radnika.
- Posebna pažnja je potrebna za rad u oknima sa ventilima prilikom instalacije prijenosnih mjerača protoka. U ovim zatvorenim radnim područjima, radnici moraju da se čuvaju od klizanja ili pada sa opasnih visina. U zatvorenim prostorima mora se uzeti u obzir i mogućnost akumulacije opasnih gasova kao što je ugljen-dioksid, i moraju se preduzeti odgovarajuće mere predostrožnosti. Kod testiranja na rezervoarima, tehničari treba da se čuvaju od klizanja ili pada u rezervoar.
- Pažnja prilikom rada na javnim mjestima. U slučajevima rada na javnim mjestima, poseban opreza se mora obratiti na saobraćaj. Radno područje mora biti jasno označeno i zatvoreno od bilo kojeg neoperativnog uticaja. Svi radnici moraju nositi fluorescentnu odjeću. Postavljanje signala mora biti u skladu sa važećim propisima kako bi se obilježila navedena područja. Policija i drugi organi vlasti možda moraju biti obavješteni o radovima i njegovom trajanju.
- Radovi moraju biti efikasno izvršeni, zaštitne ograde trebaju biti uklonjene tek nakon što su sve aktivnosti završene.

4.9 Reference za izradu procedura

- Koldžo: Handbook on Efficient Measurement and Leak Detection in Water Supply Systems, Civil Engineering Faculty (Hydro Engineering Institute) Sarajevo, 2004.
- Špago, Vučijak, Koldžo, Midžić: "Basis of system management in water supply companies" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2014.
- Hamilton, McKenzie: Water Management and Water Loss IWA book, 2014.
- Špago, Orašanin, Koldžo, Vučijak: "Advanced management techniques for Water Utility Companies" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2016.

- Špago, Orašanin, Koldžo, Vučijak: "Effective Water Utilities Management Techniques" (Textbook for PhD program), Civil Engineering Faculty University Dzemal Bijedic Mostar, 2016.
- Christensen, Magrande: "Water Audits and Leak Detection", American Water Works Association, Denver 1999.
- Sardinha et al: "Active Water Loss Control", Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A. Lisbon, 2017
- Fanner, Sturm, Thornton, Liemberger: „Leakage Management Technologies“, U.S. Environmental Protection Agency Washington D.C., 2016.
- Farley, Trow: „Losses in Water Distribution Networks“, IWA Publishing, 2003.

PROCUDERE ZA PROVEDBU PROGRAMA UPRAVLJANJA VODOMJERIMA

5.1 Ciljevi

Vodomjeri su uređaji koji mjere, bilježe i prikazuju zapreminu vode koji prolazi kroz mjerni pretvarač u uslovima mjerenja. Precizno mjerenje protoka je način da vodovodna preduzeća ostvare prihod kojim će da pokriju troškove, pravično naplate uslugu vodosnabdijevanja svakom korisniku, kontroliraju gubitke u sistemu te spriječe nepotrebno rasipanje vode.

Vodomjeri osiguravaju podatke o tome koliko vode je utrošeno te ko i gdje ju je utrošio. Ispravnost navedenih podataka će omogućiti donošenje ispravnih i informiranih odluka u vezi sa poslovanjem, održavanjem, kapitalnim ulaganjima itd. Tačni podaci također omogućavaju izradu računarskih modela za simulaciju sistema isporuke vode, na taj način identificirajući hidrauličke probleme poput niskog pritiska te dajući ključne podatke za buduća proširenja vodovodne mreže. Eventualno nepostojanje ovih podataka ili njihova neispravnost će prouzrokovati manju kontrolu gubitaka, cijene vode i drugih mjera očuvanja vodnih resursa.

Područja s velikim brojem stanovnika često imaju problem pri osiguravanju dovoljne količine vode, naročito u ljetnim mjesecima. Česta posljedica nedovoljne količine vode jesu redukcije koje imaju razarajuće efekte na cjevovode i prateću opremu u sistemu vodosnabdijevanja. U cilju racionalne potrošnje vode preporučuje se ugradnja vodomjera svim korisnicima. Istraživanja u Velikoj Britaniji su pokazala nižu potrošnju u domaćinstvima za 10-15% nakon ugradnje vodomjera.

Usporedbom očitavanja s vodomjera na vodovodnoj mreži i vodomjera krajnjih korisnika moguće je identificirati potencijalne gubitke u vodovodnom sistemu uzrokovane curenjem ili nelegalnim priključcima, što je ključni korak u postizanju vodne efikasnosti. Izmjereni gubici predstavljaju direktnu razliku u profitu, a povećanje profita svakako jeste jedan od najvažnijih ciljeva vodovodnih preduzeća. S tim u vezi, ove procedure imaju za cilj dati smjernice vodovodnim preduzećima za pravilnu implementaciju programa upravljanja vodomjerima koji se sastoji od pravilnog odabira vodomjera, instalacije, održavanja, očitavanja i upravljanja podacima.

5.2 Regulatorni zahtjevi

Regulatorni zahtjevi upravljanja vodomjerima definirani su na osnovu sljedeće važeće zakonske regulative u Bosni i Hercegovini i Crnoj Gori:

- Zakon o mjeriteljstvu BiH (Službeni glasnik BiH, br. 19/01)
- Pravilnik o mjeriteljskim uslovima za vodomjere (Službeni glasnik BiH, br. 26/18)
- Pravilnik o vrstama i načinu označavanja mjerila prilikom verifikacije (Službeni glasnik BiH, br. 67/12)
- Naredba o mjerilima u zakonskom mjeriteljstvu i rokovima verifikacije (Službeni glasnik BiH, br. 67/12 i 75/14)

- Zakon o metrologiji (Službeni list CG, br. 79/08 i 40/11)
- Pravilnik o tehničkim i metrološkim uslovima i postupku ovlašćivanja lica za pripremu vodomjera za ovjeravanje (Službeni list CG, br. 9/13).

Pravilnik o mjeriteljskim uslovima za vodomjere (Službeni glasnik BiH, br. 26/18) i *Pravilnikom o tehničkim i metrološkim uslovima i postupku ovlašćivanja lica za pripremu vodomjera za ovjeravanje* (Službeni list CG, br. 9/13) nalažu da proizvođač definira uslove rada vodomjera te se definiraju dozvoljeni rasponi uslova rada kao što su: raspon protoka vode, temperaturni raspon vode, relativni raspon pritiska vode, najveća dozvoljena greška.

Konkretno uslove za uvođenje vodomjera propisuju nadležna vodovodna preduzeća svojim Odlukama. Najznačajniji regulatorni zahtjevi koji se nalažu zakonskom regulativom i odlukama vodovodnih preduzeća su sljedeći:

- Kako javni, tako i kućni odnosno interni vodomjeri moraju biti izvedeni po važećim tehničkim propisima, standardima i normativima.
- Vodomjerno okno glavnog vodomjera u pravilu mora biti na javnoj površini i lokaciju određuje nadležno vodovodno preduzeće.
- U jednom vodomjernom oknu može biti više vodomjera.
- Za redovno ispitivanje, održavanje, očitavanje i baždarenje glavnog vodomjera zadužen je isporučitelj usluge vodosnabdijevanja, a o čemu obavezno dostavlja podatak/informacije korisniku usluge.
- Vodomjeri tokom upotrebe moraju imati adekvatan žig i plombu uspostavljene od strane isporučitelja usluge vodosnabdijevanja.
- Vodomjeri koji se stavljaju u funkciju, neophodno je da sadrže uputstva koje su potrebna za pravilnu upotrebu mjerila.
- Svaki vodomjer postavljen na kućnu instalaciju iza glavnog vodomjera (spojen u seriju sa glavnim vodomjerom) predstavlja interni vodomjer i sastavni je dio kućne instalacije i dužan ga je održavati potrošač odnosno vlasnik kućne instalacije.

5.3 Rizici

Prilikom odabira tipa vodomjera potrebno je biti izuzetno pažljiv i precizno predvidjeti protok koji će se mjeriti, jer pogrešno odabran vodomjer može dati krive podatke. Često neodgovarajući vodomjeri ne očitavaju mali protok, ili očitavaju protok mnogo veći od stvarnog. Zbog toga je potrebno voditi računa, kako neka od ugovornih strana ne bi bila oštećena. Određeni tipovi vodomjera zahtijevaju da zadata dužina cijevi prije i poslije vodomjera bude prava kako ne bi došlo do poremećaja u profilnoj brzini što može da uzrokuje pogrešno očitavanje potrošnje. Do poremećaja u profilnoj brzini može doći i uslijed smanjenja ili proširenja cjevovoda u neposrednoj blizini vodomjera te ukoliko se u cijevi nađe neka prepreka kao što je hrđa ili talog.

5.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranog osoblja i neophodni resursi

Osoblje koje će izvršavati aktivnosti na terenu i u kancelariji treba ispunjavati sljedeće uslove:

- Poznavanje rada sa računarima
- Poznavanje rada sa mjeracima protoka
- Poznavanje distributivne mreže
- Dobro razumijevanje aspekata vodosnabdijevanja
- Dobro poznavanje lokacije i tehničke specifikacije tipa ugrađenog vodomjera (proizvođač vodomjera, serijski broj vodomjera, adresa gdje se vodomjer nalazi, datum posljednjeg baždarenja vodomjera, (nalazi se na plombi), indeks potrošnje na vodomjeru (m^3), promjer, starost, način instalacije, način očitavanja, učestalost očitavanja, historija kvarova)
- Dobro poznavanje rada softvera daljinskog očitavanja vodomjera.

Za pravilnu provedbu procedura upravljanja vodomjerima neophodni su sljedeći resursi:

- Informacije o potrošnji vode
- Vodomjer opremljen data logger-om, ugrađen mjerac protoka
- Unutar zone svi potrošački vodomjeri moraju biti ispravni i baždareni u propisanom vremenu
- Podaci o vodomjerima se obično nalaze u finansijskoj službi u vidu "ličnih karti" vodomjera, ili u okviru nekog finansijskog programa
- Vodomjeri moraju biti povezani u jedan od sistema daljinskog očitavanja.

5.5 Procedure

5.5.1 Tipovi vodomjera

Vodomjeri se obično dijele u odnosu na mehanizam za mjerenje protoka. S tim u vezi izvršena je opća podjela na mehaničke, elektromagnetne i ultrazvučne. Većina instaliranih vodomjera su mehanički, dok se elektromagnetni i ultrazvučni koriste samo u specijalnim slučajevima, npr. za cijevi veoma velikog promjera gdje je potrebna visoka preciznost u mjerenju. Mehanički vodomjeri su podijeljeni na volumetrijske vodomjere koji protok mjere putem oscilirajućeg klipa i na vodomjere koji protok računaju mjerenjem brzine. Detaljne informacije o svakom tipu vodomjera su date u nastavku.

TIP	OSNOVNE KARAKTERISTIKE VODOMJERA	
VOLUMETRIJSKI VODOMJERI	• Riječ je o vodomjerima s oscilirajućim klipom koji se nalazi na sredini komore i dijeli ju na dva dijela međusobno izolirana. Mjerna komora se kontinuirano puni i prazni u volumenu mjerenja. • Veoma su popularni i većinski su izbor u domaćinstvima. Karakterizira ih preciznost, dugovječnost i pristupačna cijena. Kućište je obično izrađeno od plastike ili mesinga, a unutrašnji dijelovi su plastični. • Osjetljivi su na pijesak ili druge suspendirane materije koje se mogu zadržati u komorama te se stoga preporučuje njihovo korištenje u slučajevima vode visokog kvaliteta kao i postavljanje filtera prije samog vodomjera u cilju njegovog očuvanja. • Jako su osjetljivi na male protoke te su zbog toga preporučljivi za korištenje u domaćinstvima. Prečnici se kreću u rasponu 15-45 mm, mogu da detektuju protoke od 10 l/h pa do 20.000 l/h zavisno od prečnika. • Preciznost počinje da opada starenjem klipa pri čemu dolazi do curenja vode između komora. Mogu da funkcioniraju pri različitim brzinama vode te se mogu postavljati u blizini pumpi ili zavoja bez narušavanja preciznosti.	

TIP	OSNOVNE KARAKTERISTIKE VODOMJERA	
BRZINSKI VODOMJERI	- Osnovni princip rada ovih vodomjera se sastoji u mjerenju brzine protoka vode kroz vodomjer pomoću rotora s krilima. Na osnovu brzine vrtnje rotora se računa potrošnja vode. - Jako su osjetljivi na promjenu toka vode, zbog toga je potrebno osigurati da je cijev prava na propisnoj dužini prije i poslije vodomjera. Također su osjetljivi na promjene u profilnoj brzini koje mogu biti uzrokovane suženjem/proširenjem profila. - Nalaze široku primjenu u domaćinstvima kao i volumetrijski vodomjeri. Obično se izrađuju od mesinga ili plastike. Karakteristične vrijednosti prečnika se kreću u rasponu 15-40 mm, a mogu da detektuju protoke od 15 do 20.000 l/h. - Nedostatak im je što teže registriraju niske proticaje, a pri visokim proticajima greška može da bude i pozitivna i negativna. Registriraju strujanje zraka kao protok, kao i povratni tok. - Vremenom dolazi do habanja mehaničkih dijelova što umanjuje preciznost ovih vodomjera.	
WOLTMANOVI VODOMJERI	- Woltmanovi vodomjeri su brzinski vodomjeri koji koriste rotor sa spiralnim lopaticama, poput propelera ventilatora ili čamca. Kretanje vode čini da se rotor rotira čime se registrira brzina, odnosno protok. - Ovaj tip vodomjera uzrokuje veoma male gubitke u pritisku. Pogodni su za mjerenje potrošnje većeg broja korisnika, kao i na postrojenjima pripreme vode za piće. - Osjetljivi su na sve promjene u profilnim brzinama koje su obično uzrokovane suženjem/proširenjem profila, preprekama u cijevi te ukoliko se nalaze u blizini zavoja. - Širok je dijapazon prečnika Woltmanovih vodomjera i kreće se u rasponu 40-500 mm, što govori da se koriste za mjerenje većih protoka. - Mogu da registriraju protoke u intervalu 450 l/h do 5.000.000 l/h zavisno od prečnika vodomjera. Mana im je što su slabo osjetljivi na niske protoke te često prilikom srednjih protoka registriraju veći protok od stvarnog.	
KOMBINIRANI VODOMJERI	- Kombinirani vodomjeri predstavljaju kombinaciju dva različita vodomjera koji funkcioniraju odvojeno. Sastoji se od glavnog vodomjera koji mjeri veliki protok i vodomjera koji mjeri manji protok, spojenog putem bajpasa. - Sastavni dio vodomjera predstavlja upravljački ventil koji se nalazi na istoj liniji kao i glavni metar, a koji se prilikom niskog protoka zatvara i sav protok se šalje putem obilaznog vodomjera. Kada se protok poveća, otvara se preklopni ventil i voda teče kroz veliki vodomjer, ili u nekim slučajevima kroz oba vodomjera. - Ovaj tip vodomjera registrira najširi interval protoka sa zadovoljavajućom tačnošću. Za glavni vodomjer se obično bira Woltmanov vodomjer, a za obilazne vodomjere volumetrijski ili brzinski. Uslovi instalacije moraju biti zadovoljeni za oba vodomjera. - Kombinacija prečnika ovih vodomjera se obično kreće od 50x20 mm do 140x40 mm registrirajući protoke od 25 l/h do 300.000 l/h zavisno od prečnika. Glavna mana im je visoka cijena te visoki troškovi održavanja.	

TIP	OSNOVNE KARAKTERISTIKE VODOMJERA	
ELEKTROMAGNETNI VODOMJERI	• Elektromagnetni vodomjери su vrlo precizni, a uslov za mjerenje jeste da se brzina kreće u rasponu 0,5-10 m/s. Prednosti elektromagnetnih vodomjera jeste što ne stvaraju nikakav otpor tečenju te ne dolazi do habanja njihovih dijelova, kao ni gubitka pritiska. • Jako su precizni nezavisno od brzine vode, pritiska, temperature itd. Protok mogu da prikažu na ekranu vodomjera ili bilo gdje drugo ukoliko je to potrebno. Mana im je što moraju imati konstantan izvor električne energije te su osjetljivi na strujne udare. • Poželjno bi bilo da se instaliraju na vertikalnu cijev, međutim kako to često nije moguće, postoje određena pravila kako se mogu instalirati na horizontalnu cijev. Cijev treba da je ravna na uzvodnom dijelu 5-10 prečnika cijevi te 3 prečnika cijevi na nizvodnom dijelu.	
ULTRAZVUČNI VODOMJERI	• Preciznost ultrazvučnih vodomjera se povećava s povećanjem prečnika cijevi i kvalitete vode. Mogu se vrlo lako instalirati bez potrebe za zaustavljanjem protoka. Koriste se na cijevima prečnika od 10 mm do 2.000 mm, a optimalne brzine pri kojim daju najpreciznije rezultate se kreću u rasponu 0,5-10 m/s. • Mana ovog tipa vodomjera jeste što je osjetljiv na promjene profilnih brzina, zahtijeva konstantno napajanje električnom energijom te nije pogodan za vode niske kvalitete. Nakupljeni talog u cijevi također može da utiče na preciznost vodomjera, odnosno da ometa rasprostiranje ultrazvučnih talasa. • Mogu se instalirati na sve vrste cijevnih materijala, ali da bi mjerenje bilo tačno potrebno je poznavati debljinu i akustična svojstva cijevi i korištenih premaza. • Preciznost ovih vodomjera zavisi od mnogo faktora koje je teško odrediti na terenu (temperatura vode, svojstva i stanje cijevnog materijala...) te se uglavnom koriste za provjeru i grubu procjenu protoka. Lako su prenosivi i lako se instaliraju što pogoduje ovoj njegovoj primjeni.	

Tabela 4: Tipovi vodomjera i njihove osnovne karakteristike

5.5.2 Odabir vodomjera

Jako je bitno odabrati adekvatan tip vodomjera i ispravnu veličinu. Kupnja i instalacija vodomjera iziskuju troškove koji mogu znatno da porastu ukoliko prvobitni odabir nije adekvatan. Također, jeftiniji vodomjери obično imaju kraći životni vijek i skuplje održavanje što se u konačnici pokaže neisplativim. Odabir vodomjera na osnovu promjera cijevi je učestala praksa koja je često nepravilna zbog predimenzioniranosti vodovodne cijevi. Potrebno je pratiti sistematičan postupak za odabir optimalnog vodomjera koji je prikazan na slici 5. Da bi se maksimizirala korist instalacijom vodomjera, važno je vodomjer instalirati na lokacijama koje će potpomoći upravljanje sistemom na tehničkom, finansijskom i upravljačkom nivou. Uobičajeno je da se vodomjer instalira na sljedećim lokacijama:

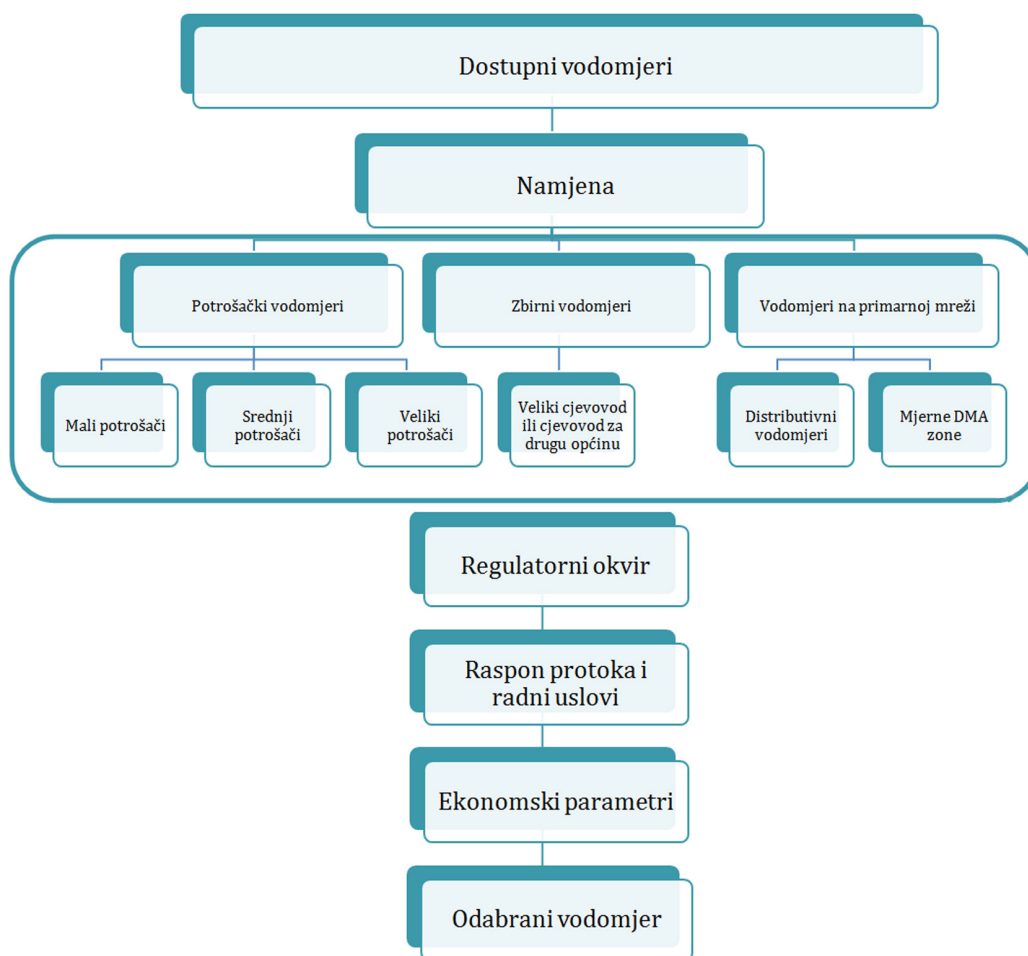
- Na zahvatu sirove vode, zavisno od zahvata instalira se na pumpnoj stanici, na mjestu zahvata ukoliko je moguće ili neposredno prije postrojenja za pripremu vode za piće
- Na izlazu iz postrojenja za pripremu vode za piće, kako bi se ustanovilo da nema gubitaka u postrojenju
- Mjesta odvajanja cjevovoda za veći broj korisnika ili cjevovodi koji transportiraju vodu u druge općine

- Mjesta u sistemu gdje je važno znati količinu vode koja se distribuira, kao što su rasteretni rezervoari, pumpne stanice itd.
- Vodomjeri koji služe za uspostavljanje mjernih (DMA) zona
- Kod krajnjih potrošača.

Nakon donošenja odluke da se vodomjer instalira na određenoj lokaciji, neophodno je razmotriti namjenu vodomjera. Razlikuju se tri osnovne namjene i to:

- potrošački vodomjeri
- veliki vodomjeri
- vodomjeri na primarnoj mreži.

Potrošački vodomjeri mjere isporučenu vodu različitim korisnicima te kao takvi predstavljaju prihod vodovodnim preduzećima. Neophodno je da registriraju tačnu potrošnju pošto sva neoprihodovana voda predstavlja direktan gubitak profita. Potrošačke vodomjere je moguće podijeliti na dvije kategorije, mali vodomjeri (prečnik < 25 mm) i veliki vodomjeri (prečnik > 25 mm). Iako velika većina korisnika ima instalirane male vodomjere, preko 50% potrošnje otpada na velike korisnike kao što su industrije, poljoprivredna gazdinstva itd. Jako je bitno da se ovi vodomjeri češće održavaju, jer u njihovom slučaju greška u mjerenju znači veliki gubitak prihoda.



Slika 5: Ključni koraci za odabir vodomjera

Zbirni vodomjeri se koriste u slučaju transporta vode sa izvora ili transporta velikih količina vode od dobavljača, kao i za transport vode na područje druge općine. Zbog toga što se mjeri transport velikih količina vode, potrebna je izrazita preciznost kako bi se izvršila pravična naplata između ugovornih strana.

Vodomjeri na primarnoj mreži su neophodni za tehničke i upravljačke ciljeve, zbog potrebe procjene i upravljanja gubicima, obrazaca pumpanja, utroška energije, zahtjevima za vodom itd. Služe za uspostavljanje DMA zona, odnosno za upravljanje gubicima vode u sistemu. Oni vodomjeri koji ne služe za uspostavljanje DMA zone, a koriste se za identifikaciju određenih obrazaca u potrošnji se nazivaju distributivni vodomjeri.

Zakonski propisi koji definiraju uslove za vodomjere u BiH su definirani Pravilnikom o mjeriteljskim uslovima za vodomjere (Službeni glasnik BiH, br. 26/18), a u CG Pravilnikom o tehničkim i metrološkim uslovima i postupku ovlašćivanja lica za pripremu vodomjera za ovjeravanje (Službeni list CG, br. 9/13). Navedeni pravilnici nalažu da proizvođač definira uslove rada vodomjera te se definiraju dozvoljeni rasponi uslova rada kao što su: raspon protoka vode, temperaturni raspon vode, relativni raspon pritiska vode, najveća dozvoljena greška.

Odabir vrste vodomjera se obično vrši iskustveno, međutim često naizgled isti cjevovodi imaju jako različite uslove tečenja. Nakon instalacije vodomjera sve daljnje promjene su skupe, a ponekad ih je jako teško izvršiti. Zbog toga je prilikom **odabira vodomjera** potrebno posvetiti pažnju svakom cjevovodu pojedinačno.

Sljedeći faktori uslovljavaju odabir vodomjera:

- očekivana potrošnja
- trenutni pritisak i dostupna količina vode, kao i planirani pritisak i količina vode
- dozvoljeni gubitak pritiska
- najveća i najniža vrijednost protoka
- maksimalna i minimalna dozvoljena temperatura.

Svaki korisnik posjeduje određene obrasce potrošnje vode koje vodomjer treba da zadovolji. Da bi se ti obrasci definirali, prvo je potrebno odrediti prosječni godišnji protok korisnika. Navedena vrijednost može biti određena očitanjima s već postojećeg vodomjera, na osnovu potrošnje sličnih korisnika itd. Drugi korak je određivanje vršnog protoka koji se definira kao maksimalni satni protok u danu najveće potrošnje u godini. Ovu vrijednost u domaćinstvima moguće je izračunati pod pretpostavkom istovremenog korištenja svih slavina, ili u industriji za rad pri maksimalnom kapacitetu. Jako je bitno da protok preopterećenja nikada ne bude veći od maksimalnog dopuštenog te da se samo kratkotrajno javljaju protoci približni gornjoj dopuštenoj granici. Ukoliko se protok kreće u donjim granicama raspona vodomjera, vodomjer treba da bilježi protok praveći grešku u zakonski dozvoljenim granicama. Svaki vodomjer funkcioniše ispravno samo pri određenom rasponu pritiska te je neophodno ispitati uslove na terenu kako previsok pritisak ne bi oštetio vodomjer. Ovo obično nije problem u gravitacionim vodovodnim sistemima, dok korištenjem pumpi može doći do hidrauličkog udara koji dovodi do oštećenja. Zahtijevani pritisak može biti ograničavajući faktor prilikom izbora vodomjera, odnosno nekada je potrebno izabrati vodomjer koji će prouzrokovati minimalne lokalne gubitke kako bi vodosnabdijevanje na visokim kotama iza vodomjera bilo neometano.

Posljednji kriterij za sve vodomjere koji su ispunili prethodno navedene kriterije jesu ekonomski kriteriji. Za određivanje najpovoljnijeg vodomjera u obzir se uzimaju:

- Cijena vodomjera – jako bitan faktor, ali ne i jedini. Jeftiniji vodomjeri često imaju kraći životni vijek.
- Cijena instalacije – povezana je sa uslovima ugradnje. Prilikom zamjene vodomjera, novom vodomjeru često ne odgovaraju postojeći uslovi ugradnje što će dovesti do povećanja troškova.
- Životni vijek – bitan faktor koji diktira koliko često će se vršiti zamjena vodomjera. Često je isplativije odabrati skuplji i kvalitetniji vodomjer koji će imati duži životni vijek.
- Cijena neregistrirane potrošnje vode tokom životnog vijeka – jeftiniji vodomjeri mogu biti manje precizni u odnosu na skupe, a razlika u cijeni neregistrirane potrošnje vode tokom životnog vijeka je bitan parametar pri odabiru vodomjera.
- Cijena očitavanja vodomjera – vodomjeri sa data loggerom predstavljaju skuplju početnu investiciju, ali cijena očitavanja vodomjera je jednaka nuli.
- Cijena održavanja.

5.5.3 Instalacija vodomjera

Nakon što je odabran tip vodomjera, potrebno ga je instalirati. Pravilno instaliranje je ključno za ispravno funkcioniranje vodomjera, jer svaka greška može dovesti do velikih gubitaka prilikom obračuna vode za naplatu. Stručno osoblje treba da posjeduje potrebni alat za kvalitetno instaliranje vodomjera te treba da su adekvatno obučeni. Osnovni koraci koje je potrebno pratiti prilikom instaliranja vodomjera su:

- Provjeriti da li je vodomjer okrenut ispravno, strelica okrenuta u pravcu protoka
- Vodomjer instalirati na horizontalnu, odnosno vertikalnu cijev zavisno od preporuka proizvođača
- Vodomjer instalirati tako da bude omogućen pristup za očitavanje, servisiranje ili testiranje
- Zaštititi vodomjer od smrzavanja i drugih uticaja koji bi ga mogli oštetiti
- Osigurati minimalan gubitak pritiska u sistemu
- Uzvodno i nizvodno od vodomjera osigurati dovoljnu dužinu prave cijevi prema preporukama proizvođača
- Instalirati filter za prikupljanje suspendiranih čestica prije vodomjera u cilju prevencije oštećenja vodomjera, ukoliko je to preporuka proizvođača
- Uzvodno i nizvodno od vodomjera instalirati izolacijske ventile
- Vodomjeri koji koriste električnu energiju treba da imaju uzemljenje
- Nakon instaliranja testirati na vodonepropusnost.

5.5.4 Održavanje i kalibracija

Vodomjeri imaju tendenciju pogoršanja s godinama, što rezultira očitanjem netačne potrošnje. Često su mjerači oštećeni ili uopće ne bilježe potrošnju vode što rezultira netačnim informacijama o potrošnji vode, a to dalje utiče na reviziju sistema i napore u otkrivanju gubitaka.

Periodi verifikacije/baždarenja u BiH su definirani Naredbom o mjerilima u zakonskom mjeriteljstvu i rokovima verifikacije (Službeni glasnik BiH, br. 67/12 i 75/14) u kojoj je navedeno da je verifikacije za vodomjer hladne vode pet godina. Prema važećim zakonima u većini zemalja uključujući i Crnu Goru, vodovodno preduzeće je dužno izvršiti baždarenje vodomjera prečnika do 40 mm u roku od najviše pet godina te vodomjera prečnika većih od 40 mm u roku od najviše

tri godine. Korisnik vodomjera može uvijek zatražiti kontrolni pregled vodomjera ukoliko postoji sumnja da vodomjer potrošnju vode ne registrira ispravno. U interesu vodovodnih preduzeća jeste da se redovno vrši održavanje vodomjera kako bi se izvršila pravična naplata usluge vodosnabdijevanja. Iz razloga što gubici na velikim vodomjerima znače i velike greške, preporuke vodećih stručnjaka jesu da se kalibracija velikih vodomjera vrši najmanje jednom godišnje, kao i kalibracija 10% najvećih potrošača. Navedene mjere će dovesti do smanjenja neoprihodovane vode što će rezultirati povećanjem prihoda vodovodnog preduzeća. Zamjena vodomjera preporučena je barem jedanput u 15 godina.

Najčešći problem koji se javljaju kod vodomjera su:

- Suspendirane čestice uzrokuju zaglavljenje ili oštećenje mehanizma vodomjera ili začepljenje filtera.
- Pritužbe nakon zamjene ili kalibriranja vodomjera uzrokovane zbog curenja na spoju vodomjera i cijevi, blokiranjem dotoka te prikazanom povećanom potrošnjom
- Vandalizam ili krađe vodomjera
- Oštećenja na vodomjerima zbog velike brzine protoka zraka pri ponovnom punjenju cijevi vodom
- Pritužbe potrošača zbog sumnji na greške u vodomjerima
- Korodiranja unutrašnje strane vodomjera zbog prisustva soli teških metala.

Prema važećem zakonu u BiH i Crnoj Gori, vodomjeri se mogu baždariti samo u ovlaštenoj laboratoriji za ispitivanje i kalibraciju vodomjera. Baždarenje na mjestu ugradnje još uvijek nije zakonski regulirano, ali može poslužiti za testiranja na terenu. Ukoliko se navedenom metodom utvrdi neispravnost vodomjera, isti se šalje u ovlaštenu laboratoriju na baždarenje. Važna stavka prilikom održavanja vodomjera jeste voditi evidenciju o ispitivanjima za buduće reference. Ispitivanje trendova tačnosti vodomjera može pomoći u prepoznavanju područja problema i usmjeriti program testiranja.

5.5.5 Upravljanje podacima provedenog mjerenja i očitavanja

Podaci dobiveni provedenim mjerenjima mogu se koristiti u sljedeće svrhe:

- sistem naplate za usluge vodosnabdijevanja
- bolje upravljanje sistemom i
- buduće planiranje proširenja i poboljšanja sistema vodosnabdijevanja.

Proces prikupljanja podataka ogleda se kroz korake očitavanja podataka sa brojila, verifikaciju tačnosti očitnog podatka i upotrebu istog za buduće potrebe.

Upravljanje i obrada podataka u većini slučajeva se radi preko posebnih softverskih paketa. Očitavanje vodomjera može se vršiti na dva načina i to:

- mehaničkim putem (direktno očitavanje) i
- automatski - daljinsko očitavanje.

Prilikom vršenja očitavanja jako je važno isto vršiti kontinuirano za isti unaprijed određeni interval očitavanja. Za očitavanje mehaničkih vodomjera koriste se ljudski resursi i transportna sredstva, a vremenski interval u većini slučajeva predstavlja mjesečno očitavanje brojila. Očitavanje se vrši odlaskom direktno na lokaciju brojila. Podaci se upisuju u već adekvatno određene obrasce za mjerenje. Mjesečnim očitanjima kvarovi na distributivnoj mreži otkrivani su u dugom vremenskom

periodu, što je za poslovanje društva negativno: značajno istjecanje vode – gubici, više potrošenog vremena za otkrivanje kvarova, obavješćavanje stanovništva o zatvaranju vode, ispiranje cjevovoda i dezinficiranje nakon otklonjenog kvara. Mjesečnim očitanjem neravnomjernosti ili kolebanja u potrošnji vode u zoni otkrivalo se jednom ili dva puta mjesečno te je vremenski period od otkrivanja gubitka vode do saniranja propuštanja u distributivnoj mreži iznosio od 25 do 40 dana. U cilju otklanjanja navedenih nedostataka mnoge države, pa i BiH i CG, su pristupile procesu zamjene postojećih mehaničkih kontrolnih vodomjera sa novim vodomjerima sa daljinskim očitavanjem i prijenosom podataka putem tehnologije GSM kartica. Koncept daljinskog očitavanja bazira se na ultrazvučnom mjerenju protoka vode i napajanje uređaja sa integriranom baterijom trajnosti do 15 godina. Također omogućuje GSM prijenos podataka, a vodomjer je konstrukcijski riješen na način da voda nesmetano prolazi kroz tijelo vodomjera, bez zapreka i rotirajućih dijelova, kao što je to slučaj kod klasičnih mehaničkih višezlaznih ili klipnih vodomjera. Prednost GSM tehnologija prijenosa podataka ogleda se kroz geografsku razvedenost na vodoopskrbnom području odnosno visinskim razlikama terena. Podaci koji se prikupljaju prilikom očitavanja vodomjera i pohranjuju u bazu podataka prikazuje sljedeće tabele.

R. br.	Stavka	Opis
1	Broj računa	Jedinstveni broj računa potrošača
2	Ime potrošača	Puno ime i prezime potrošača
3	Podaci o lokaciji	Naziv grada, adresa, poštanski broj
4	Zona	Naziv zone dijela grada u kojoj se vodomjer nalazi
5	GIS podaci	GIS kod lokacije potrošača
6	Telefon	Broj telefona potrošača
7	Namjena lokacije	Oznaka namjene lokacije (npr. individualno ili kolektivno stanovanje i industrijsko područje)
8	Podaci o objektu	Površina i spratnost objekta
9	Tarifa	Oznaka strukture osnove i potrošne tarife

Tabela 5: Podaci o potrošačima koji se prikupljaju prilikom očitavanja vodomjera

R. br.	Stavka	Opis
1	Serijski broj	Serijski broj ugrađenog vodomjera
2	Broj vodomjera	Broj ugrađenih vodomjera na datoj lokaciji
3	Broj stambenih jedinica	Broj stambenih jedinica koje opslužuje vodomjer
4	Datum instalacije	Datum ugradnje vodomjera i početka rada istog
5	Broj cifara	Broj cijelih cifara na brojčaniku vodomjera
6	Jedinica mjerenja	Obično se izražava u m ³
7	Veličina vodomjera	Obično se izražava u mm
8	Prosječna potrošnja	Prosječna dnevna potrošnja za dati mjesec
9	Vrijeme očitavanja	Datum i vrijeme očitavanja brojila
10	Vrsta očitavanja	Opis načina očitavanja brojila (npr. mehanički, automatizirano ili procjena)
11	Količina	Očitana količina potrošene vode za dato mjerenje (m ³ ili l/s)

Tabela 6: Osnovni podaci o vodomjeru

Nakon provedbe aktivnosti na očitavanju ugrađenih vodomjera i pohrane prikupljenih podataka u bazu podataka, neophodno je izvršiti verifikaciju uzetih podataka u cilju otklanjanja potencijalnih greški prilikom očitavanja.

Greške se ogledaju kroz sljedeće: greške u očitavanju, datumu i vremenu kada je trebalo da se izvrši očitavanje, greška promjene brojila i prebacivanju sata i prilikom propuštenog (zaboravljenog) očitavanja vodomjera od strane angažiranog osoblja. Kontrolom (verifikacijom) provedenih mjerenja najčešće se utvrđuje funkcionalnost vodomjera što omogućuje pravovremeno otklanjanje nedostataka i poboljšanje usluge vodosnabdijevanja.

5.5.6 Integralno upravljanje vodomjerima

Osnova upravljanja vodomjerima se sastoji od analize podataka prikupljenih putem vodomjera kako bi se razumjele performanse vodomjera u sistemu, napravile strateške odluke i razvili akcioni planovi. Zavisno od potreba vodo vodnog preduzeća mogu se izvršiti razne analize, kao npr. identifikacija pogrešno dimenzioniranih vodomjera, razvijanje modela za predviđanje performansi različitih tipova vodomjera, analize kada i kako izvršiti zamjenu vodomjera itd.

Jako je bitno donijeti dobar plan zamjene vodomjera zbog direktnog uticajana prihode. Životni vijek manjih vodomjera (<50 mm) se obično kreće od 12 do 20 godina, dok je životni vijek većih vodomjera (>50 mm) između 5 i 10 godina. Navedeni podaci se mogu iskoristiti za izradu npr. desetogodišnjeg plana zamjene vodomjera. Jedan od načina za izradu plana jeste proračun perioda otplate, gdje se računa potrebno vrijeme za povrat investicije. Troškovi se sastoje od troškova nabavke i instalacije vodomjera, a prihod ostvaren ovim ulaganjem se dobija u razlici očitavanja novog i starog vodomjera, odnosno u razlici naplaćene usluge vodosnabdijevanja. Za određivanje tačnog povećanja prihoda potrebno je odrediti krivu greške novog vodomjera i usporediti je sa krivom greške zamijenjenog vodomjera.

5.6 Dokumentacija

- Za svako mjerenje protoka, potrebno je popuniti izvještaj o rezultatima mjerenja
- Podaci mjerenja moraju se uvijek preuzeti iz mjerača protoka pomoću adekvatnih softvera ili uz pomoć univerzalnog software Hyper terminal (besplatan za korištenje) te pretvoriti u EXCEL datoteke koje će se spremirati u posebnu mapu (// Naziv servisnog centra / Naziv DMA / MNP / Protok ili / Pritisak)
- Izvještaj o izvršenim ispitivanjima i rezultatima provedenog održavanja/popravke vodomjera.

5.7 Zaštita na radu

- Općenito, samo obučeno i iskusno osoblje treba da obavlja posao. Sve radovi treba da obavljaju grupe od po dva radnika.
- Posebna pažnja je potrebna za rad u oknima sa ventilima prilikom instalacije mjerača protoka. U ovim zatvorenim radnim područjima, radnici moraju da se čuvaju od klizanja ili pada sa opasnih visina. U zatvorenim prostorima mora se uzeti u obzir i mogućnost

akumulacije opasnih gasova kao što je ugljen-dioksid, i moraju se poduzeti odgovarajuće mjere predostrožnosti.

- Radovi moraju biti efikasno izvršeni.
- Zaštita radnog mjesta se mora ukloniti nakon završetka radova.

5.8 Reference za izradu procedura

- American Water Works Association: „Water Meters – Selection, Installation, Testing, and Maintenance“, 2012.
- Kobus van Zyl: „University of Cape Town, Introduction to integrated water meter management“, 2011.
- Water Loss Sarajevo: „Testiranje velikih vodomjera u mjestu“, 2012.
- Institut za mjeriteljstvo BiH: Pravilnik o mjeriteljskim uslovima za vodomjere (Službeni glasnik BiH, br. 26/18)
- Ministarstvo ekonomije CG: Pravilnik o tehničkim i metrološkim uslovima i postupku ovlašćivanja lica za pripremu vodomjera za ovjeravanje (Službeni list CG, br. 9/13)

PROCEDURE ZA PROVEDBU AUDITA ENERGETSKE EFIKASNOSTI PUMPNOG SISTEMA

6.1 Ciljevi

Energetski audit može biti vrlo koristan alat za razvijanje temeljitog osnova za identificiranje područja neefikasnosti i za usmjeravanje mogućnosti uštede energije u ekonomski isplativom smjeru. Porijeklo energetskog audita je europski standard EN 16247 koji opisuje postupak provođenja audita kao „sistemske inspekcije i analizu potrošnje energije u zgradi, sistemu ili organizaciji s ciljem identificiranja energetskih tokova i potencijala za poboljšanje energetske efikasnosti i njihovo izvještavanje“.

Audit uključuje fazni pristup koji započinje upitnikom, nakon čega slijedi obilazak sistema (eng. „walk-through“) a potom se prelazi na složenu i detaljnu procjenu potrošnje energije i evaluacije radnih uslova. Rezultat audita je sveobuhvatni izvještaj koji opisuje preduzeće u kontekstu upravljanja energijom, nalaze audita i mogućnosti za poboljšanje energetske efikasnosti. Detaljne preporuke se daju sa tehničkog, organizacijskog i finansijskog aspekta. Ove procedure se fokusiraju na pumpe kao najveće potrošače energije u sistemu vodosnabdijevanja te imaju za cilj prikazati korake u provedbi audita energetske efikasnosti pumpnog sistema polazeći od prikupljanja podataka i potrebnih mjerenja, preko evaluacije sistema i njegovih radnih uslova, do identifikacije mjera za poboljšanje efikasnosti i kreiranje akcionog plana na bazi nalaza i proračuna finansijskih indikatora.

6.2 Regulatorni zahtjevi

Zakon o energijskoj efikasnosti Federacije BiH (Službene novine Federacije BiH, br. 22/17), Zakon o energetske efikasnosti Republike Srpske (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 59/13) te Zakon o energetske efikasnosti Crne Gore (Službeni list Crne Gore, br. 29/10) obavezuje jedinice lokalne samouprave na donošenje trogodišnjih programa poboljšanja energetske efikasnosti koje uključuju i sistem vodosnabdijevanja. Nije naglašeno da se moraju provoditi energetski audit za navedeni sistem. Na osnovu člana 17. Zakona o energetske efikasnosti Ministarstvo ekonomije Crne Gore donijelo je Uputstvo o mjerama energetske efikasnosti i smjernicama za njihovo sprovođenje kojim se daju uputstva o potencijalnim mjerama za poboljšanje energetske efikasnosti sistema vodosnabdijevanja koje su jedinice lokalne samouprave obavezne da uključe u svoje trogodišnje programe i jednogodišnje planove poboljšanja energetske efikasnosti.

6.3 Rizici

Opće očekivanje je da detaljni auditi obično zahtijevaju značajnije količine podataka, upotrebu mjerne opreme i kvalificirano osoblje. Međutim, preliminarni audit (audit na osnovnom nivou) ne znače niži nivo kompetencije auditora. Osoblje koje provodi audit treba da poznaje sistem i način njegovog funkcioniranja, neovisno o nivou detaljnosti audita.

6.4 Zahtijevane kvalifikacije angažiranoga osoblja i neophodni resursi

Osoblje koje će izvršavati aktivnosti na terenu i u kancelariji treba ispunjavati sljedeće uslove:

- Dobro poznavanje aspekata vodosnabdijevanja i gubitaka energije u pumpnim sistemima
- Dobro razumijevanje komercijalnih aspekata
- Dobro poznavanje korištenja mjerne opreme
- Poznavanje rada na računaru (Ms Office – Excel i Word ili njima slični programi).

Mjerenja i analize primjenjive za audit prvenstveno su namijenjene utvrđivanju područja neefikasnosti i potencijala za napredak u sistemu. Preliminarni audit uglavnom ne uključuje korištenje opreme za mjerenje protoka, pritiska i snage. Rezultati ovakvog audita mogu biti dobar vodič preduzećima da odrede opseg detaljnog audita, odnosno na koje dijelove sistema se potrebno fokusirati pri detaljnijim analizama. Detaljni audit uključuje mjerenja navedenih parametara kako bi finalni rezultati bilo što precizniji pouzdaniji jer se na osnovu njih pripremaju akcioni investicioni planovi i buduće intervencije na sistemu. Za oba tipa audita, zahtjeva se stručno osoblje koje ima iskustvo i vještine da implementira korake audita.

6.5 Procedure

6.5.1 Mjerenje na terenu i prikupljanje podataka

Precizan sistem za mjerenje i nadzor omogućava timovima za energetske efikasnost da postanu svjesni problema i uskih grla u sistemu, identificiraju uzrok problema i poduzmu mjere za njegovo rješavanje. Sistemi za mjerenje i nadzor omogućili su mnogim vodovodima da smanje potrošnju energije za 10%. Na kvalitet podataka značajno utiče kvantitet, kvalitet i razmještaj mjerne opreme. Da bi se održala tačnost, mjernu opremu treba redovno provjeravati i po potrebi ponovo baždariti. Faktori koje treba razmotriti pri odabiru mjerne opreme su vrsta instrumenta za dati parametar, prijenosna oprema u usporedbi sa stacionarnom, tačnost u usporedbi sa troškovima, radna sredina (na primjer fizička opterećenja ili mogućnost korozije). Tabela 7 daje rezime preporučenih tipova instrumenata za ključne parametre koji se mjere za potrebe evaluacije pumpnog sistema.

Sva mjerenja treba obaviti obučeno osoblje u normalnim radnim uslovima (ne pri pokretanju pumpe). Da biste izbjegli potencijalne opasnosti, slijedite interne sigurnosne postupke i smjernice.

Preporučena mjerna oprema		Cilj mjerenja	Tačnost
Protok	- Elektromagnetni mjerac protoka	Odrediti radni protok pumpe Q	veća od 1%
Pritisak (u usisnom i dovodnom dijelu)	- Manometri za manje pumpe - Elektronski senzori pritiska pouzdaniji su i precizniji za veće pumpe	Odrediti napor pumpe H	veća od 0,5%
Snaga	- Ampermetar - Voltmetar - Mjerac faktora snage	Odrediti snagu i izračunati efikasnost pumpe η	(prema EN 50160) za testna mjerenja: tačnost veća od 1%

Tabela 7: Preporučena oprema za mjerenje električnih i hidrauličkih parametara

Neizostavna faza u provedbi energetskeg audita jeste prikupljanje podataka s ciljem razumijevanja stvarnih (za razliku od potrebnih) radnih karakteristika sistema:

- Podaci trebaju biti što je moguće noviji.
- Provjerite nivo pouzdanosti podataka i izvršite terenski obilazak da biste prikupili i verificirali podatke.
- Prikladno je koristiti i alternativne baze podataka, poput onih dostupnih na Internetu.
- Potrebno je prikupiti podatke o kompletnoj pumpnoj opremi kako biste identificirali one dijelove pumpnog sistema koji troše najviše energije ili su energetske neefikasni, da biste potom u narednim koracima audita analize usredotočili upravo na tu opremu.
- Tabela 8 sadrži podatke koje je potrebno prikupiti za postizanje takvog razumijevanja.

Stavka	Pumpa	Komentar
Proizvođač		
Model		
Serijski broj		
Godina		
Tip pumpe		
Prečnik radnog kola		
Kriva pumpe		
Fotografije #		
Stavka	Motor	Komentar
Kapacitet (HP)		
Voltaža (V)		
Brzina (RPM)		
Efikasnost motora		
Tip motora		
Okvir i broj motora		
Stavka	Mjerenja	Komentar
Električna mjerenja		
Mjerenje protoka		
Mjerenje pritiska		
Stavka	Radne karakteristike	Komentar
Broj radnih sati		
Metoda kontrole protoka		
Metoda kontrole pritiska		
Informacije o održavanju		
Q – H kriva sistema		
Nivo buke i vibracije, posebno kavitacija		
Ostale zabilješke		

Tabela 8: Primjer tabele sa potrebnim informacijama za pumpne sisteme

6.5.2 Evaluacija pumpnog sistema

Jedna od najvećih tačaka gubitka energije u sistemu snabdijevanja vodom događa se kada se električna energija pretvara u mehaničku pomoću pumpnog sistema. Stoga je važno dijagnosticirati različite aspekte koji mogu prouzrokovati prekomjernu potrošnju energije, istovremeno tražeći povoljne mogućnosti uštede. Ključni aspekti koji se analiziraju u okviru pumpnog sistema su:

- efikasnost pumpnog sistema i
- analiza radnih uslova.

6.5.2.1 Efikasnost pumpnog sistema

Ukupna efikasnost pumpi (η) je najvažniji pokazatelj energetske performanse pumpnog sistema. Opisuje efikasnost pretvorbe električne energije u hidrauličku energiju. Općenito, sistem je energetski efikasniji ako pruža više usluga za isti unos energije ili iste usluge za manji unos.

Ciljana efikasnost za pumpne sisteme (horizontalna pumpa+motor)

60 – 70% za manje pumpe (50 – 50 m ³ /h)	(motor 85 – 90%, pumpa 70 – 75%)
75 – 85% za veće pumpe	(motor 95%, pumpa 87– 89%)

Ukupna efikasnost uzima u obzir efikasnost motora i pumpe. Formula za proračun je data u nastavku:

$$\eta = \frac{P_{pumpe}}{P_{el}} = \frac{\rho \cdot g \cdot (H_d - H_s)}{P_{el}} = \frac{Q \cdot H \cdot 100\%}{367 \cdot P_{el}}$$

Vrijednost Q (protok pumpe) bazira se na mjerenjima. Vrijednosti ρ i g gotovo su konstantne u tipičnom rasponu radne temperature. Ukupna visina dizanja H računa se na temelju mjerenja pritiska, a na bazi sljedeće jednačine:

$$H = (p_d - p_s) \cdot 10,3 [m]$$

gdje je:

p_d pritisak izmjeren u odvodnom kanalu (bar)

p_s pritisak izmjeren u usisnom kanalu (bar).

Alternativni način izražavanja ukupne efikasnosti je specifična potrošnja energije (SPE) po m³ zapremine vode i m visine dizanja.

Računa se dijeljenjem potrošnje električne energije za rad pumpe ili grupe pumpi (pumpna stanica) sa zapreminom vode koja se pumpa i visinom dizanja:

$$SPE \left[\frac{kWh}{m^3 m} \right] = \frac{E_{el} \cdot 1000}{Q \cdot t \cdot H}$$

Ukoliko je vrijednost SPE ispod 4 Wh/(m³·m) to ukazuje na dobru efikasnost individualne pumpe ili pumpne stanice od iznad 70%.

U nastavku je dat primjer proračuna efikasnosti pumpi.

$$Q = 114 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$p_s = 0,92 \text{ bar}$$

$$p_d = 8,4 \text{ bar}$$

$$H = (8,4 \text{ bar} - 0,92 \text{ bar}) \cdot 10,2 \text{ m/bar} = 76,3 \text{ m}$$

(Napomena: 1 bar = 10,2 m H₂O)

Brojilo električne energije:

$$09:48 \text{ h} \quad 45.456.179 \text{ kWh}$$

$$10:18 \text{ h} \quad 45.456.197 \text{ kWh}$$

Potrošnja električne energije i mehanička snaga pumpe:

$$E_{el} = (45.456.197 - 45.456.179) \text{ kWh u } 30 \text{ min} = 18 \text{ kWh,}$$

$$\text{odnosno } 36 \text{ kWh za } 1 \text{ h. Dakle, } P_{el} = 36 \text{ kW}$$

Ukupna efikasnost pumpe η

$$\eta = \frac{Q \cdot H \cdot 100\%}{367 \cdot P_{el}} = \frac{114 \cdot 76,3 \cdot 100\%}{367 \cdot 36} = 66\%$$

Specifična potrošnja energije SPE

$$SPE = \frac{E_{el} \cdot 1000}{Q \cdot t \cdot H} = \frac{18 \cdot 1000}{114 \cdot 0,5 \cdot 76,3} = 4,1 \left[\frac{Wh}{m^3 m} \right]$$

Da bi se ispravno proračunali pokazatelji efikasnosti pumpnih sistema, potrebno je pratiti korake opisane u nastavku.

Preduslov: Provjerite jesu li svi potrebni mjerni uređaji dostupni i funkcionalni:

- Manometar ili logger na ispusnoj (odvodnoj) strani pumpe (stanice)
- Manometar ili logger na usisnoj strani pumpe (stanice)
- Mjerač protoka ili brojač (s brojačem će vam trebati mnogo duže jer morate snimiti očitavanje brojača (početno) i nakon 30 minuta izračunati protok u [m³/h])
- Mjerač snage za mjerenje potrošnje energije u kW. Ako je dostupan samo mjerač u kWh, npr. na malim pumpnim stanicama, preporučuje se mjerenje najmanje jedan sat. Tokom mjerenja pumpa treba raditi u stabilnim uslovima. Kad se očita brojač kWh, mora se zabilježiti tačno vrijeme, uključujući i sekunde.

Postupak mjerenja: Izmjerite sljedeće parametre za različite kombinacije pumpi:

- pritisak na usisnoj strani p_s
- pritisak na ispusnoj strani p_d
- protok Q [m³/h]
- električna snaga P_{el} [kW] ili potrošnja energije E_{el} [kWh].

Pustite da se mjerenje stabilizira nekoliko minuta prije nego što očitavate parametre. Uvijek izmjerite konfiguraciju bez rada pumpi kao i sa radom svih pumpi.

Trajanje: Ovisno o konfiguraciji koju treba analizirati, mjerenje će trajati oko 1 do 3 sata.

Analiza podataka:

- Unesite sve rezultate mjerenja, uključujući mjerne jedinice u Excel ili sličan program
- Pretvorite u jedinice: m³/h za protok i mH₂O za napor pumpe/pritisak
- Izračunajte ukupnu visinu dizanja H na bazi pritisa na usisnoj i ispusnoj strani pumpe, uzimajući u obzir lokalne gubitke
- Pretpostavite vrijednost linijskih gubitaka u pumpnoj stanici između 0,5 m – 2 m
- Potom izračunajte ukupnu efikasnost pumpe te specifičnu potrošnju energije.

6.5.2.2 Analiza radnih uslova

Neophodno je provjeriti da li pumpe i dalje rade unutar područja „najbolje prakse“ ili „bolje prakse“ za kraća razdoblja kako bi se garantirao dug životni ciklus s visokom efikasnosti. Provjera projektnih specifikacija u odnosu na stvarne radne uslove važni su zadaci audita energetske efikasnosti.

Korak 1. Određivanje radne tačke sistema

Prvenstveno je potrebno odrediti Q – H karakteristiku analiziranog pumpnog sistema (tzv. krivu sistema). Navedena kriva predstavlja zavisnost napora H u funkciji protoka Q pumpe pri konstantnoj brzini radnog kola. Napor (pritisak, visina dizanja) predstavlja izvršen rad na jedinici zapremine fluida u radnom kolu pumpe. Napor je mjera razlike pritisa između usisne i odvodne cijevi i predstavlja se u metrima.

Za dobivanje krive sistema mogu se koristiti rezultati mjerenja pritiska i protoka, a dobiveni pri mjerenju za različite kombinacije rada pumpi, uključujući konfiguracije u kojima sve pumpe rade te kada nijedna pumpa ne radi. Oblik krive sistema opisan je sljedećom jednačinom:

$$H=H_s + k \cdot Q^2$$

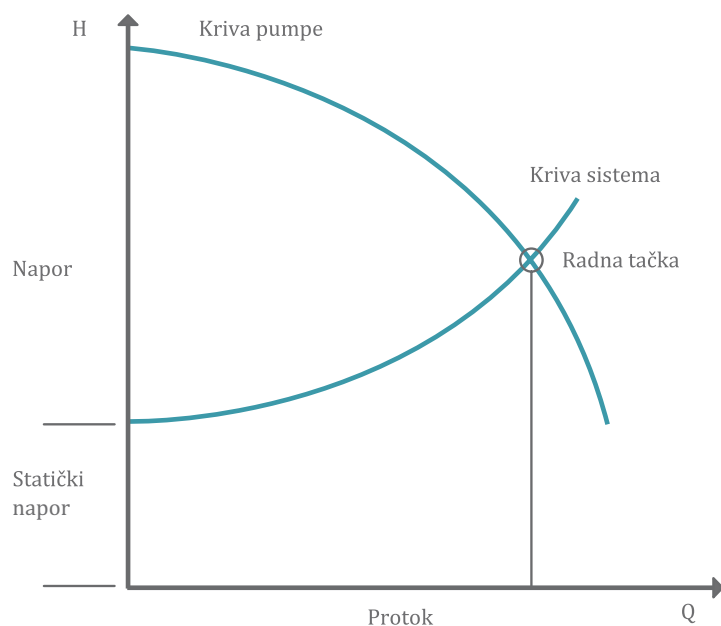
gdje je:

H_s - visina dizanja (visina sistema) (m)

k - konstanta koja opisuje ukupne karakteristike sistema (uključujući sve gubitke otpora)

Q - protok vode (m³/h).

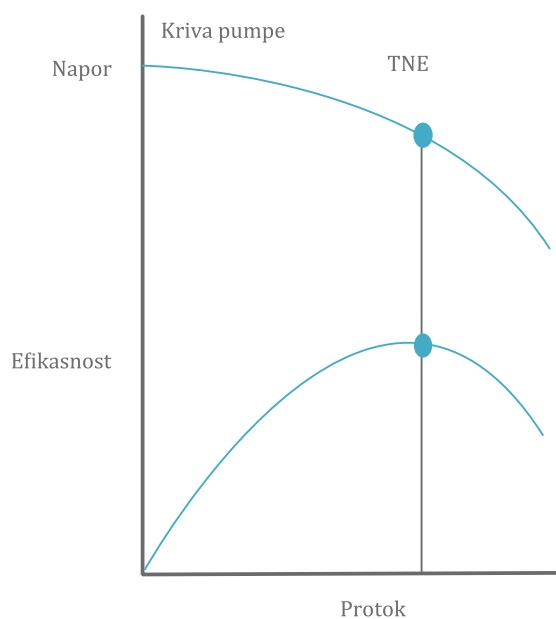
Naredni korak jeste dodavanje krive pumpe na Q – H dijagram na bazi tehničke specifikacije pumpe koja se analizira. Tačka u kojoj se ukrštaju kriva sistema na koju je pumpa priključena i kriva pumpe naziva se radna tačka. Vodovodni sistem će raditi u tački gdje kriva pumpe presijeca krivu sistema.



Slika 6: Određivanje radne tačke pumpe

Korak 2. Određivanje tačke najveće efikasnosti (TNE)

U sljedećem koraku potrebno je pronaći tačku najveće efikasnosti (TNE), jer je ovo optimalna radna tačka u kojoj pumpa radi sa najvećim stepenom efikasnosti, odnosno ostvaruje troškovno optimalne uslove u kontekstu energetske efikasnosti i održavanja. TNE se može naći u dokumentaciji proizvođača analizirane pumpe. TNE se nalazi na krivoj pumpe pri njenoj maksimalnoj efikasnosti kako je to prikazano na narednoj slici.



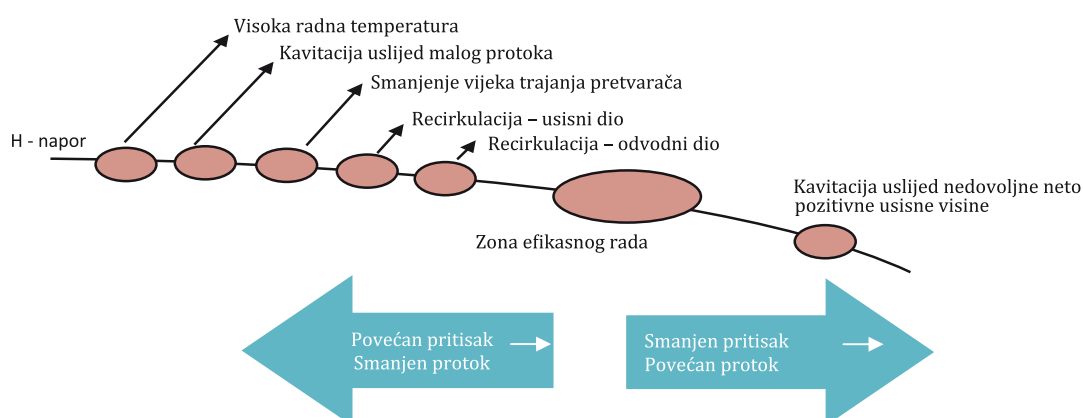
Slika 7: Određivanje tačke najveće efikasnosti pumpe

Korak 3. Evaluacija sistema

U praktičnim se primjenama ne može očekivati kontinuirani rad pumpu pri njenoj TNE, jer pumpni sistemi obično imaju promjenljiv protok i zahtjeve po pitanju visine dizanja. Odabir pumpe čija je TNE blizu uobičajenog radnog opsega sistema može rezultirati značajnim uštedama troškova rada. Različita radna područja pumpi sažeta su u sljedećoj tabeli na bazi koje možete ustanoviti u kojem području djeluje analizirana pumpa.

Opis	Područje	U odnosu na TNE
Preporučeni radni uslovi	Najbolje prakse	-10% to +5% od TNE
Preporučeni radni uslovi (postoji mogućnost za poboljšanjem)	Bolje prakse	-20% to +10% od TNE
Poboljšajte rad najboljom ili boljom praksom, jer su u ovom rasponu radni uslovi zadovoljavajući i to samo za ograničen vremenski period	Dobre / zadovoljavajuće prakse	-30% to +15% od TNE
Izbjegavajte rad pumpi u ovom području jer može doći do oštećenja brtve, oštećenja na ležaju, oštećenja rotora, kavitacije i oštećenja motora	Loše prakse	Izvan

Tabela 9: Radna područja pumpe u odnosu na njenu tačku najveće efikasnosti



Slika 8: Oštećenja u različitim područjima rada pumpe

Rezultat evaluacije sistema često pokazuje da pumpa zapravo radi izvan područja dobre ili čak bolje/zadovoljavajuće prakse. Ovakav način rada pumpi smanjit će im vijek trajanja, smanjiti energetske efikasnosti i uzrokovati dodatna oštećenja. Stoga je važno prilagoditi način rada pumpe ili pumpne stanice shodno rezultatima evaluacije sistema.

6.5.3 Identifikacija mjera za povećanje energetske efikasnosti sistema

Postizanje najboljih rezultata u povećanju energetske efikasnosti pumpnog sistema zahtijeva optimizaciju performansi i prikladnosti pumpi kao i njihovu kontrolu. Definiranje ograničenja vašeg trenutnog sistema ključ je pronalaska optimalnog rješenja za postizanje energetske efikasnosti. Nakon evaluacije sistema i definiranja ograničenja, slijedi korak identifikacije optimalnih mjera.

Kontrola i upravljanje	- Uzmite u obzir pogone promjenjive brzine za upravljanje protokom radije no prigušne ventile - Stavite senzore pritiska i protoka na lokacije koje će pomoći u osiguravanju ispunjenja zahtjeva procesa bez viška utrošene energije za pumpanje - Osigurajte kontinuirano praćenje indikatora energetske performanse - Osigurajte mjerenje parametara (kao što su protok, kWh)
Podešavanje performansi pumpnog sistema	- Izbjegavajte bajpas linije - Izbjegavajte prigušne ventile - Optimizirajte upotrebu pogona korištenjem frekventnih pretvarača
Pumpe i motori	- Osigurajte visoku efikasnost motora - Osigurajte visoku efikasnost pumpe - Osigurajte da pumpa djeluje blizu svoje TNE – tačke najveće efikasnosti - Nemojte predimenzionisati pumpu - Osigurajte pravu veličinu radnog kola - Osigurajte pravi tip pumpe (aksijalna, centrifugalna itd.) - Osigurajte kompatibilnost s pogonima s promjenjivom brzinom
Rad i održavanje	- Uspostavite i provodite program kontinuiranog održavanja

6.5.3.1 Prilagođavanje pumpne opreme stvarnim radnim uslovima

Na bazi evaluacije sistema, opisane u prethodnom poglavlju, identificira početne mjere za poboljšanje rada pumpi koje rade izvan dobre prakse, kako je to prikazano u narednoj tabeli.

Previsok H – prenizak Q	Prenizak H – previsok Q
- Smanjite broj pumpi koje rade - Osigurajte da je usisni dio slobodan - Osigurajte da su ventili potpuno otvoreni - Povećajte veličinu cijevi - Smanjite curenja na usisnoj strani cjevovoda - Provjerite rad ventila - Povećajte dotok vode	- Prigušni ventil - Ispitajte ispravnost ugradnje radnog kola - Provjerite i smanjite curenja u ispusnom cjevovodu - Zamijenite pumpu

Tabela 10: Preporučene mjere na bazi evaluacije radnih uslova

Definirajte najmanje dvije tačke na Q – H krivoj u okviru kojih pumpna oprema radi. Procijenite karakteristike instalirane opreme u kontekstu ispunjavanja stvarnih radnih uslova. Naredna tabela sadrži odgovarajuće mjere koje se mogu poduzeti za povećanje energetske efikasnosti na temelju opažanja.

Tip pumpe	Pozicija radne tačke	Mjera
Vertikalna višestepena pumpa	Iznad krive pumpe	Povećavajte stepen pumpe sve dok se kriva ne prilagodi radnim uslovima
		Zamijenite radno kolo novim, većeg prečnika
	Ispod krive pumpe	Smanjujte stepen pumpe sve dok se kriva ne prilagodi radnim uslovima
		Smanjite prečnik rotora tako da se kriva pumpe prilagodi radnim uslovima
Horizontalna pumpa	Iznad krive pumpe	Zamijenite radno kolo novim, većeg prečnika
	Iznad krive pumpe	Smanjite prečnik radnog kola tako da se kriva pumpe prilagodi radnim uslovima

Tabela 11: Preporučene mjere za prilagodavanje pumpne opreme stvarnim radnim uslovima

6.5.3.2 Instalacija frekventnih pretvarača

Dva su česta problema koja ćete sresti u vašim pumpnim sistemima, a oba rezultiraju nepotrebnom potrošnjom električne energije za pumpanje:

- Mnogi su bajpas ventili sistema otvoreni, voda nepotrebno recirkulira
- Potreba za pretjeranim prigušivanjem uslijed čega se povećava napor sistema da bi smanjio protok.

Ukoliko uočite ovakve situacije, uobičajena metoda poboljšanog upravljanja jeste upotreba uređaja sa promjenljivom brzinom koja se preporučuje za sisteme u kojima se voda dovodi direktno u distribucijsku mrežu, potražnja vode je promjenjiva, a evaluacija sistema je ukazala na visok potencijal uštede energije. Podešavanje brzine pumpe, predstavlja najefikasniji način kontrole protoka. Smanjenjem brzine smanjuje se količina energije koja se predaje fluidu, a samim tim smanjuje se i količina električne energije koju treba dovesti električnom motoru. Frekventni pretvarači (eng. variable frequency drivers – VFD) su najpopularniji predstavnici uređaja sa promjenljivom brzinom. VFD uređaji podešavaju frekvenciju i napon napajanja motora i na taj način mijenjaju brzinu motora. Ukoliko je zahtjev protoka relativno konstantan, druga alternativa može biti smanjenje prečnika radnog kola ili zamjena radnog kola, što je opisano u poglavlju 6.5.3.3.

Poduzmite sljedeće korake za ispravnu provedbu mjere ugradnje VFD-a i izračunavanje ušteda:

Korak 1. Odaberite prikladnu opremu i razmotrite njenu potrošnju energije dok radi bez frekventnih pretvarača. Također uzmite u razmatranje vrijednosti pritiska i protoka tokom 24 sata i bilježite podatke o pritisku u odvodnom kanalu (kg/cm^2), protoku (m^3/s) i električnoj snazi motora (kW) na satnoj osnovi (pogledati tabelu u nastavku).

Datum	Vrijeme hh:mm:ss (najmanje 24 sata)	p_d (kg/cm ²)	Q (m ³ /s) i	P_{el} (kW)

Tabela 12: Obrazac za praćenje indikatora

Korak 2. Odaberite optimalni radni pritisak za svaki sistem distribucije vode na temelju sljedećeg:

- Optimalni radni pritisak je najniži pritisak na kojem bi sistem mogao pružiti usluge u bilo kojoj tački mreže, a obično je to najniža vrijednost registrirana tokom monitoringa. Ova vrijednost se mora provjeriti na terenu ili hidrauličkim simulacijskim modelom kako bi se utvrdilo da li se voda još uvijek dobavlja na najvišim tačkama mreže.
- Ako je najmanji zabilježeni pritisak dovoljan da voda dosegne sve tačke u mreži, to je onda optimalni radni pritisak.
- Ako najmanji zabilježeni pritisak nije dovoljan da voda dosegne sve tačke u mreži, pritisak treba povećavati sve dok voda ne dosegne sve tačke mreže.

Korak 3. Izračunajte uštedu energije u skladu sa sljedećim:

- Za svaki zapis snimljen tokom monitoringa, izračunajte smanjenje pritiska na odvodnom dijelu pomoću jednačine u nastavku:

Ukoliko je $p_{op} > p_r \rightarrow \Delta p_r = 0,0$

Ukoliko je $p_{op} < p_r \rightarrow \Delta p_r = p_r - p_{op}$

gdje je:

p_{op} – optimalni radni pritisak (kg/cm²)

p_r – registrirani radni pritisak tokom monitoringa (kg/cm²)

Δp_r – razlika između registriranog i optimalnog pritiska (kg/cm²).

- Za svaki zapis snimljen tokom monitoringa, koristite sljedeću jednačinu za izračunavanje uštede snage s instaliranim pogonom promjenjive brzine za održavanje pritiska na optimalnom nivou dobivenom u prethodnom koraku:

$$\Delta P_e = \frac{\Delta p_r \cdot Q \cdot 9,81}{\eta}$$

gdje je:

ΔP_e – ušteda električne snage (kW)

Δp_r – smanjenje pritiska (mwc)

Q – protok (l/s)

η – ukupna efikasnost (motora-pumpa)

- Potom izračunajte uštede energije koristeći jednačinu:

$$\Delta E = \sum_{i=2}^{n_{lm}} \frac{(\Delta P_{e,i} + \Delta P_{e,i-1})}{2} \cdot (h_{r,i} - h_{r,i-1})$$

gdje je:

ΔE – ušteda električne energije za period monitoringa od 24 sata (kWh)

$\Delta P_{e,i}$ – ušteda električne snage u registru i (kW)

$h_{r,i}$ – vrijeme u registru i (h)

n_{lm} – broj registara u periodu monitoringa

h – sati ili vremenski period u monitoringu (h)

- Nakon što se procijene ušteda električne energije, izračunajte iznos ulaganja potreban za provođenje ove mjere i ekonomsku analizu projekta.

6.5.3.3 ON/OFF kontrola pumpi

Optimalno opterećenje motora/pumpi može se ostvariti ugradnjom frekventne regulacije na jednom ili dva motora čime se pokrivaju promjenljiva vršna opterećenja. Ostali motori/pumpe koji pokrivaju srednja i osnovna opterećenja mogu biti opremljeni ON/OFF upravljačkim uređajima vodeći računa o njihovoj međusobnoj ravnomjernoj upotrebi, kako bi se produžio njihov radni vijek.

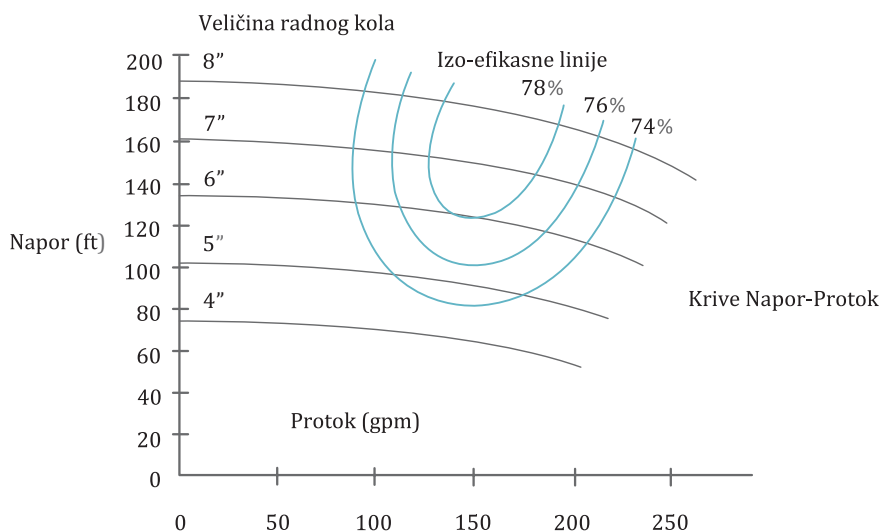
Upotrebom kontrole ON/OFF, protok se kontrolira jednostavnim uključivanjem i isključivanjem pumpe. Da bi bila izvodljiva mora postojati rezervoar za skladištenje u sistemu. Rezervoar omogućava neprekidan tok u sistem dok je rad pumpe isprekidan. Za vrijeme rada pumpe, dok se puni rezervoar, pumpa je izabrana tako da radi u svom optimalnom režimu, a kada se isključi ne postoji potrošnja električne energije.

Ako je ovakav rad sistema dozvoljen, prvenstveno se misli na isprekidan rad pumpi i ON/OFF kontrolu, ovaj način predstavlja jedno jednostavno i efikasno rješenje.

Može se iskoristi i vrijeme kada je jeftina tarifa električne energije i vršiti punjenje rezervoara. Na smanjenje troškova može se uticati izborom pumpe koja ima manji protok, ako dozvoljava konkretna situacija. Korištenjem pumpe sa manjim protokom umanjuju se gubici uslijed trenja kroz cjevovode i smanjena je potrošnja pumpe. Loša strana ove kontrole, je povećano zagrijavanje motora i potreba za motorom koji je sposoban za isprekidan pogon. Uključivanje i isključivanje izaziva hidrauličke udare na cjevovod i doprinosi povećanju troškova održavanja.

6.5.3.4 Promjena prečnika radnog kola

Za svaku pumpu obično postoji nekoliko veličina radnog kola dostupnih kod proizvođača. Slika 9 prikazuje različite performanse, a samim tim i TNE za različite veličine radnog kola. Veličinu radnog kola treba odabrati za najveću efikasnost iz izo-efikasnih linija za radne uslove protoka i napora. Ako TNE nije moguće postići dostupnom veličinom radnog kola, može se provesti mjera smanjenja prečnika radnog kola.



Slika 9: Krive performansi za različite veličine radnog kola

Smanjenjem prečnika radnog kola smanjuje se energija koja se daje fluidu, a samim tim i protok i napora sistema. Ova se opcija ponekad koristi kada kod proizvođača nije na raspolaganju veličina radnog kola potrebnog za osiguravanje rada pumpe blizu njene TNE. Jedina druga alternativa bilo bi korištenje veličinom i efikasnošću manjeg radnog kola od proizvođača pumpe ili zamjena cijelog sklopa pumpe. Smanjenje prečnika radnog kola treba uzeti u obzir u slučaju bilo kojeg od sljedećih stanja:

- Mnogi su bajpas ventili sistema otvoreni, što ukazuje da je višak protoka dostupan za opremu sistema
- Potreba za pretjeranim prigušivanjem da bi se kontrolirao protok kroz sistem
- Visok nivo buke ili vibracija ukazuje na preveliki protok.

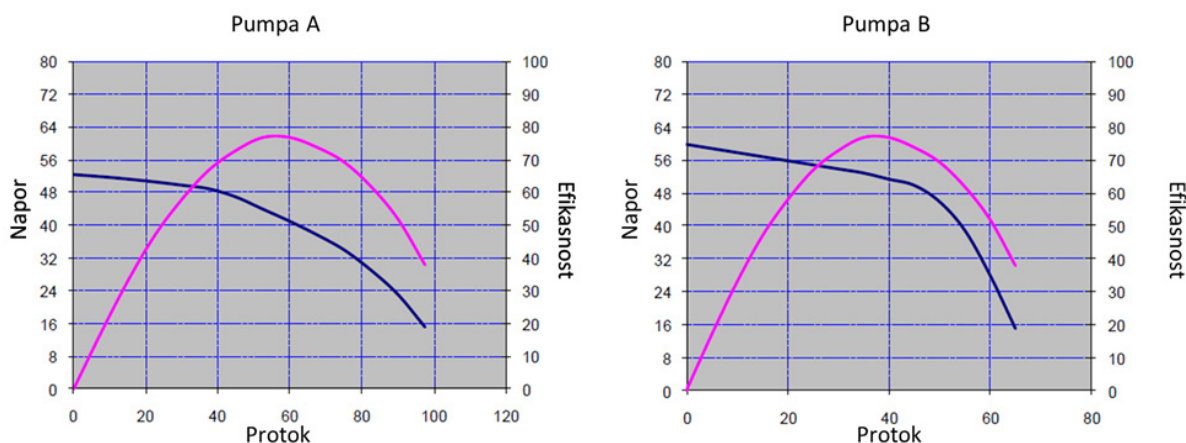
Poznato je da pumpa u praksi radi daleko od svoje TNE. Smanjenje prečnika radnog kola treba ograničiti na oko 75% najvećeg prečnika radnog kola pumpe, jer prekomjerno smanjenje može rezultirati neusklađenim radnim kolom i kućištem. Kako se prečnik radnog kola smanjuje, dodani zazor između kola i fiksnog kućišta pumpe povećava recirkulaciju unutarnjeg protoka, uzrokujući gubitke i smanjujući efikasnost pumpanja.

Smanjivanje prečnika radnog kola se ne može vršiti dok je pumpa u funkciji, kao što je to slučaj sa prigušnim ventilom i bajpas ventilom.

6.5.3.5 Zamjena sklopa motor - pumpa

Ova se mjera preporučuje kada je mehanička efikasnost znatno niža od optimalne, a potencijal za uštedu energije je veći od 20%. Potencijalne uštede veće su kod komercijalno dostupne opreme. Važno je i zasebno pregledati stvarne i procijenjene vrijednosti efikasnosti elektromotora. Opći pristup je da ako potencijal za poboljšanje efikasnosti motora prelazi 5%, čime se povećavaju potencijalne uštede, sklop motor-pumpa treba biti zamijenjen. Da biste povećali šanse za uspjeh u energetskej efikasnosti i uštedi energije, odaberite pumpu prateći sljedeće preporuke:

- Ne računajte nerealne faktore sigurnosti i ne uključujte neprikladne podatke u specifikaciju.
- Ako će pumpa raditi u više od jedne radne tačke na Q – H krivoj, odaberite je tako da obje tačke daju „razmjerno visoku efikasnost“. Slika 10 ilustrira ovu preporuku pomoću dviju pumpe s različitim Q – H uslovima. Pumpa B ima ravnu krivu i prikladna je za česte promjene dinamičkog nivoa, dok bi pumpa A bila povoljnija kada je dinamički nivo stabilniji.



Slika 10: Tipične krive za dvije pumpe sa različitim Q – H radnim uslovima

6.5.3.6 Program održavanja sistema

Loše održavane pumpe obično su između 5% i 10% manje efikasne od dobro održavanih pumpi. Stoga preventivni program održavanja treba biti dio energetskog audita. Sastoji se od popisa opreme i postrojenja, aktivnosti i učestalosti izvršenja (Tabela 13) te rasporeda programa održavanja (Tabela 14). Glavne prednosti efikasnog programa održavanja sistema uključuju povećani kapacitet pumpanja, povećanu pouzdanost opreme, efikasnije i bolje planirano poslovanje, bolju usluga stanovništvu, niže troškove rada i upravljanje, duži vijek trajanja opreme, smanjenje troškova ulaganja i održavanja te uštedu energije.

Oprema	Preporučena mjera	Učestalost održavanja				Po prekidu rada
		Dnevna	Sedmična	Mjesečna	Godišnja	
Motori	Čišćenje zavojnica sa dielektričnom masti/sredstvom				x	
	Podmazivanje ležajeva		x			
	Zamjena aksijalnih ležajeva				x	
	Podešavanje kape				x	
	Brušenje i bojenje kućišta				x	
	Mjerenje i analiza električnih parametara		x			
	Mjerenje i analiza mehaničkih vibracija				x	
	Ispitivanje oštećenja na izolaciji				x	
	Ispitivanje otpora zavojnice				x	
	Termografska analiza			x		

Oprema	Preporučena mjera	Učestalost održavanja				Po prekidu rada
		Dnevna	Sedmična	Mjesečna	Godišnja	
Pumpe	Podmazivanje ležajeva i nosača ležajeva		x			
	Podmazivanje vratila		x			
	Podešavanje srednje posude za sjedište				x	
	Zamjena usisnih čaša na ležajevima					x
	Podešavanje poravnanja vratila					x
	Zamjena ležaja					x
	Mjerenje i analiza mehaničkih vibracija				x	
	Mjerenje i analiza ulaznog i izlaznog pritiska pumpe			x		
	Mjerenje i analiza protoka			x		
	Nadgledanje sajli za pumpe			x		

Tabela 13: Aktivnosti održavanja motora i pumpi uz preporučenu učestalost održavanja

Nakon popisa opreme, naredni korak je kreiranje rasporeda održavanja pri čemu je važno navesti odgovornu osobu za svaku od aktivnosti i voditi evidenciju o završenim aktivnostima što će poslužiti kao osnova za poboljšanje. Naredna tabela daje predložak rasporeda održavanja.

Postrojenje	Oprema	Aktivnost	Odgovorna osoba	Datum															
				Sedmica 1				Sedmica 2				Sedmica 3				Sedmica 4			

Tabela 14: Predložak rasporeda održavanja

6.5.4 Evaluacija mjera za poboljšanje energetske efikasnosti sistema

6.5.4.1 Evaluacija ušteda energije

Nakon što se utvrde prijedlozi za poboljšanje energetske efikasnosti potrebno je odrediti specifikacije i aktivnosti neophodne za promjenu opreme, uključujući nove efikasnosti kao i gubitke u sistemu kako bi se evaluirale potencijalne uštede koje se očekuju nakon provedbe mjere.

Budući da prijedlozi za uštedu uključuju nabavku opreme, materijala i radnu snagu, u proračunima je potrebno odrediti odgovarajuću investiciju za svaki od pumpnih sistema. U obzir se moraju uzeti svi troškovi te raščlaniti svaki predloženi element na nabavku, ugradnju i radnu snagu.

Potom se za svaku od mjera računa period povrata investicije (PPI) prema sljedećoj jednačini:

$$PPI=I/U$$

gdje je:

PPI – period povrata investicije (god)

I – ukupna investicija potrebna za implementaciju mjere (EUR ili lokalna valuta)

U – ukupna ekonomska ušteda (EUR ili lokalna valuta godišnje).

Nakon izračuna uštede i perioda povrata investicije, pripremite sažetak predloženih mjera u jednoj tabeli kakva je prikazana u nastavku.

Opis mjere	Stvarna potrošnja		Uštede (1)		%	Investicija (3)	Period povrata investicije (4)
	Energija (kWh/god)	Račun za energiju (EUR/god)	Energija (kWh/god)	Očekivani račun za energiju (EUR/god)			
Ukupna ušteda (5)							

Tabela 15: Sažetak predloženih kratkoročnih i dugoročnih mjera za povećanje energetske efikasnosti

Legenda:

- (1) Godišnje uštede energije i troškovi za svaku mjeru koji su rezultat sabiranja ekonomske i energetske uštede svakog pumpnog sistema i ostatka opreme na koju se mjera primjenjuje
- (2) Postotak uštede prema vrsti mjere, izračunato dijeljenjem godišnje uštede energije u odnosu na godišnju potrošnju za svaku mjeru
- (3) Procijenjeni ukupni investicioni trošak za svaku mjeru
- (4) Procijenjeni period povrata investicije
- (5) Ukupna ušteda i postoci dobiveni ili (a) sabiranjem svih mjera ili (b) prema vrsti mjera radi razlikovanja mjera uštede energije od uštede energije koja proizlazi iz hidrauličkog rada.

6.6 Dokumentacija

Posljednji korak audita energetske efikasnosti je priprema izvještaja koji sadrži komentare i zaključke audita, s naglaskom na mogućnosti uštede energije i potrebne radnje za njihovu provedbu. Izvještavanje se temelji na sljedećim europskim standardima:

1. EN 16247-1 Energetski audit, 1. dio Opći zahtjevi
2. EN ISO 14414:2017 Energetska procjena pumpnih sistema.

Tabela 16 daje sažetak informacija koje treba da sadrži jedan kvalitetan izvještaj.

Izvršni sažetak	• Dati osvrt na ciljeve i opseg provedenog audita, rezultate evaluacije sistema i preporuke. Ovdje je posebno značajno istaknuti ključne preporuke za uz obrazloženje, razumljivo i uvjerljivo. • Tabelarni (ili eventualno dijagram) prikaz godišnje uštede energije i novca koji se može ostvariti implementacijom predloženih mjera.
Cilj i opseg audita	Ovdje opišite: • Ciljeve: pružiti opće razumijevanje potencijalnih područja uštede (što bi se moglo očekivati od audita) ili podržati prijedlog kapitalnih troškova za značajnu obnovu ili redizajn. • Opseg: može biti u rasponu od jedne komponente jednog pumpnog sistema ili potpunog audita svih pumpnih sistema.
Opis analiziranog pumpnog sistema	Procjena stanja pumpnog sistema trebala bi se izvršiti u vrijeme provedbe audita i treba sadržavati sažetak sljedećih osnovnih podataka: • Opći podaci za elektromehaničke instalacije (oprema i radni uslovi) • Pregled sistema snabdijevanja vodom (karakteristike pumpi, motora na bazi podataka prikupljenih sa terena o starosti, radnom pritisku i protoku itd.)
Analiza potrošnje energije	Predstavite prikupljene i analizirane podatke u kontekstu potrošnje energije i radnih uslova. Opis treba biti popraćen grafikonima za bolje razumijevanje i treba sadržavati sljedeće: • Godišnja potrošnja energije • Ukupni energetske bilans • Mjesečne promjene u potrošnji energije i troškovima • Rezultati mjerenja električnih i hidrauličkih parametara neophodnih za proračun efikasnosti pumpnog sistema • Određivanje efikasnosti sklopa motor-pumpa i specifična potrošnja energije • Analiza rada pumpi: Koristeći podatke o dizajnu pumpe i relevantne raspoložive krive pumpi, opišite mogućnosti rada pumpe u odnosu na zahtjeve sistema i stvarnu potražnju. Referirajte se na krive pumpi i / ili podatke koje ste prikupili u fazi audita koji se odnosi na prikupljanje dostupnih podataka. • Identifikacija ključnih mjesta za poboljšanje, odnosno fokusa narednog koraka audita.

Preporuke za implementaciju mjera i troškovi	Prikažite rezultate evaluacije sistema i zapažanja (radni uslovi, efikasnost motora i pumpi, regulacija). Obratite pažnju i na probleme pronađene u instalaciji i održavanju. Zatim preporučite mjere uštede energije pomoću sljedećih referentnih tačaka: • Preporuke – pružiti jasan i koncizan opis radnji koje treba poduzeti kako bi se ostvarila očekivana ušteda. • Procjena ušteda – Opišite pretpostavke i proračune kako biste postigli procijenjene mogućnosti uštede. • Procjena investicije – Objasnite pretpostavke i proračune kako bi se postiglo ulaganje potrebno za provedbu preporuke (mjere). • Finansijska analiza – Objasnite kako je planirana mjera troškovno isplativa; opravdajte to indikatorom period povrata investicije.
Akcioni plan	Napraviti akcioni plan implementacije mjera u skladu sa sljedeća 3 prioritetna nivoa: • Kratkoročne mjere (npr. izmjena radnih uslova) • Srednjoročne mjere (npr. modifikacija opreme, održavanje i / ili remont) • Dugoročne mjere (npr. zamjena opreme - pumpe, motora). Svaka akcija treba biti popraćena podatkom o investiciji, identifikovanim izvorom finansiranja kao i osobi/sektoru odgovornom za provedbu mjere.

Tabela 16: Poglavlja izvještaja o provedenom auditu energetske efikasnosti i njihov sadržaj

6.7 Zaštita na radu

- Osigurajte da je oprema za mjerenje u ispravnom stanju
- Obavijestiti operatera opreme / nadzornika / rukovoditelja / inženjera postrojenja na kojim mjestima koja će vršiti mjerenja
- Pregledajte radno područje prije nego što započne rad kako biste identificirali potencijalne opasnosti i njihove kontrole
- Slijedite ispravni postupak provođenja energetske audita
- Slijedite sigurnosne postupke ukoliko radite sa električnom energijom, gdje je primjenjivo.

6.8 Reference za izradu procedura

- Sustainability Victoria: „Energy Efficiency Best Practice Guide Pumping Systems“, 2009.
- Sustainable Energy and Climate Change Initiative: „Evaluation of Water Pumping Systems: Energy Efficiency Assessment Manual First Edition“, 2011.
- ACWUA Energy Efficiency Task Force: „Guidelines on Energy Efficiency in Water and

Wastewater utilities“, 2015.

- Energy Management Association of New Zealand: „Pumping Systems Audit Standard: A standard for the auditing of the energy efficiency of electric motor-powered pumping systems used for liquid transport“, 2016.
- Parlament Federacije Bosne i Hercegovine: Zakon o energijskoj efikasnosti Federacije BiH (Službene novine Federacije BiH, br. 22/17)
- Vlada Republike Srpske: Zakon o energetskej efikasnosti Republike Srpske (Službeni glasnik Republike Srpske, br. 59/13)
- Skupština Crne Gore: Zakon o energetskej efikasnosti Crne Gore (Službeni list Crne Gore, br. 29/10)