Upravljanje obnovom urbanog vodnog sustava

Šentija, Bože

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:059729

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Bože Šentija

Split, 2015.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Bože Šentija

Upravljanje obnovom urbanog vodnog sustava

Diplomski rad

Split, 2015

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	**Bože Šentija**
BROJ INDEKSA:	**474**
KATEDRA**:**	**Katedra za gospodarenje vodama i zaštitu voda**
PREDMET:	**Vodoopskrba i kanalizacija**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: **Upravljanje obnovom urbanog vodnog sustava**

Opis zadatka:

Kandidat ima zadatak da na temelju dostupnih informacija analizira i opiše moguće pristupe, metodologije i smjernice koje se koriste u upravljanju obnovom urbane vodne infrastrukture, a sve kako bi se ostvarili ciljevi održivosti vodnih usluga.

U tom smislu će prezentirati uobičajene metode i aktivnosti, kao i primjere primjene koje se provode u postupku upravljanja urbanom vodnom infrastrukturom, a posebno u procesu obnove iste. Utvrditi će javno dostupne softvere/programe koji se mogu koristiti za ove namjene te će opisati aktivnosti i potrebne podatke da bi se jedan takovi softver mogao primijeniti u našim uvjetima. Na kraju će kritički sagledati primjenjivost naprednih metoda u našim uvjetima te dati smjernice za razvoj sustava upravljanja komunalnom vodnom infrastrukturom. Posebni naglasak će biti na vodnom sustavu grada Sinja.

U zadatku treba dati i odgovarajuća tumačenja, slike, nacrte i sheme nužne za bolje razumijevanje problema, predložene metodologije i aktivnosti, te popis korištene literature.

U Splitu 15.04. 2015.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc. Jure Margeta

Predsjednik povjerenstva
Za završne i diplomske ispite:
Prof. dr. sc. Ivica Boko

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Juri Margeti na pomoći pri pisanju ovoga rada.

Hvala kolegama i prijateljima koji su mi studijski put učinili lakšim i ljepšim.

Posebno hvala mojoj obitelji na velikoj podršci tijekom studiranja.

Upravljanje obnovom urbanog vodnog sustava

Sažetak:

Kako bi se ostvarili ciljevi održivosti vodnih usluga potrebna je metodologija koja donosi integralni multidisciplinarni skup strategija upravljanja infrastrukturom urbanog vodnog sustava. U ovom radu prezentiran je pristup i smjernice koje omogućuju primjenu jedne takve metodologije. U sklopu metodologije koriste se razni softveri/programi za koje je potrebno osigurati ulazne podatke o sustavu. Na temelju toga opisane su aktivnosti koje omogućuju prikupljanje podataka, analizu i praćenje sustava. Na kraju je kritički sagledana primjenjivost naprednih metoda u našim uvjetima s posebni naglaskom na vodni sustav grada Sinja.

Ključne riječi:

Urbani vodni sustav, upravljanje infrastrukturom, analiza sustava, motrenje/praćenje sutava,

Rehabilitation management of urban water system

Abstract:

In order to achieve the objectives of sustainability of water services a methodology is required that provides an integrated multidisciplinary set of strategies to manage infrastructure of urban water systems. The approach and guidelines that permit the application of such methodology have been presented in this paper. The methodology uses various softwares/programs for wich it is necessary to provide input data on system. On this basis, activities that enable data collection, analysis and monitoring systems were described. At the end of paper applicability of advanced methods have been percieved in our conditions with special emphasis on the water systems of the city of Sinj.

Keywords:

Urban water system, infrastructure management, system analysis, system monitoring

S a d r ž a j

1. UVOD ... 3

2. URBANI VODNI SUSTAV ... 4

2.1. Urbani vodni sustav ... 4

2.1.1. Vodoopskrbni sustav ... 5

2.1.2. Sustav odvodnje ... 6

2.2. Razlozi upravljanja urbanim vodnim sustavom ... 8

3. UPRAVLJANJE INFRASTRUKTUROM URBANOG VODNOG SUSTAVA ... 9

3.1. Uvod ... 9

3.1.1. Općenito o upravljanju infrastrukturom (Infrastructure Asset Management - IAM) ... 9

3.1.2. Povijesni pregled, trenutno znanje i praksa ... 9

3.2. Upravljanje infrastrukturom urbanih vodnih sustava ... 11

3.2.1. Integralni pristup IAM-u ... 12

3.3. Učinkovitost, rizik i trošak ... 17

3.3.1. Procjena učinkovitosti ... 17

3.3.2. Procjena rizika ... 18

3.3.3. Procjena troškova ... 19

3.3.4. Strateško, taktičko i operativno planiranje ... 19

3.4. Primjeri iz industrije ... 20

3.4.1. Strateško planiranje ... 20

3.4.2. Taktičko planiranje ... 22

3.4.3. Napomene ... 26

4. SOFTVERI I UPRAVLJAČKI ALATI ... 27

4.1.1. Uvod ... 27

4.1.2. Aware-P ... 27

5. PRIKULJANJE PODATAKA, ANALIZA SUSTAVA ... 33

5.1. Važnost prikupljanja podataka ... 33

5.2. Water and Wastewater Pipe Nondestructive Evaluation and Health Monitoring ... 33

5.3. Metode inspekcije i praćenja sustava ... 36

5.3.1. Pigging Tehnologija PIG (Pipeline Intervention Gadget) ... 36

5.3.2. Acoustic Emission (AE) 38
5.3.3. Eddy Current (EC) 39
5.3.4. Magnetic Flux Leakage (MFL) 41
5.3.5. Visual Inspection 44
5.3.6. Sahara Leak Detection 46
5.3.7. Smart Ball Leak Detection 47
5.3.8. IWA tehnologija 48
5.4. Upravljanje rizikom 49
6. PRIMJENJIVOST METODA UPRAVLJANJA URBANIM VODNIM SUSTAVOM U HRVATSKOJ 52
6.1. Metodologija izrade programa upravljanja urbanim vodnim sustavom u Hrvatskoj 52
6.2. Javna vodoopskrba 52
6.3. Javna odvodnja 53
6.4. Zajednička provedba 53
6.5. Upravljanje urbanim vodnim sustavom grada Sinja 54
6.5.1. Osnovni podaci o sadašnjem stanju i ciljevi 54
6.5.2. Primjenjivost metodologija upravljanja na grad Sinj 55
7. ZAKLJUČAK 56
LITERATURA 57

1. UVOD

Svjetska populacija je dosegla brojku od 7 milijardi ljudi, te sve više ljudi živi u urbanim područjima. U urbanim sredinama javna usluga je od velike važnosti za život ljudi. Urbani vodni sustavi osiguravaju velik dio javnih usluga te tako utječu na razvoj grada, život ljudi i na okoliš. Voda kao prirodni resurs igra ključnu ulogu u urbanim vodnim sustavima. Potreba za vodom se povećava zbog sve većeg razvoja gradova, industrije i povećanja stanovništva. Opskrba pitkom i čistom vodom je od velike važnosti za zdravlje i dobrobit ljudi, za gospodarski razvoj naselja i za očuvanje okoliša. Međutim prilikom iskorištavanja pitke i čiste voda ona se transformira u zagađene vode koje imaju negativni utjecaj na okoliš i vodne resurse. Zbog takvog ciklusa vode u urbanim sredinama, javlja se potreba za kontrolom i integriranim upravljanjem urbanih vodnih sustava.

Upravljanje urbanim vodnim sustavima je složen zadatak koji zahtijeva uravnoteženje više ograničavajućih okvira : financijskih, kadrovskih, infrastrukturnih, zakonskih, okolišnih, kulturnih, civilizacijskih itd. Zbog složenosti sustava, velikog opsega problema i uključenosti više ograničavajućih okvira i djelatnosti potreban je integralni pristup upravljanju urbanim vodnim sustavima. Takav pristup zahtijeva temeljitu analizu sustava, te razvoj upravljačkih alata i metodologija koje će u cjelini uzeti u obzir funkcionalnu povezanost svih elemenata sustava.

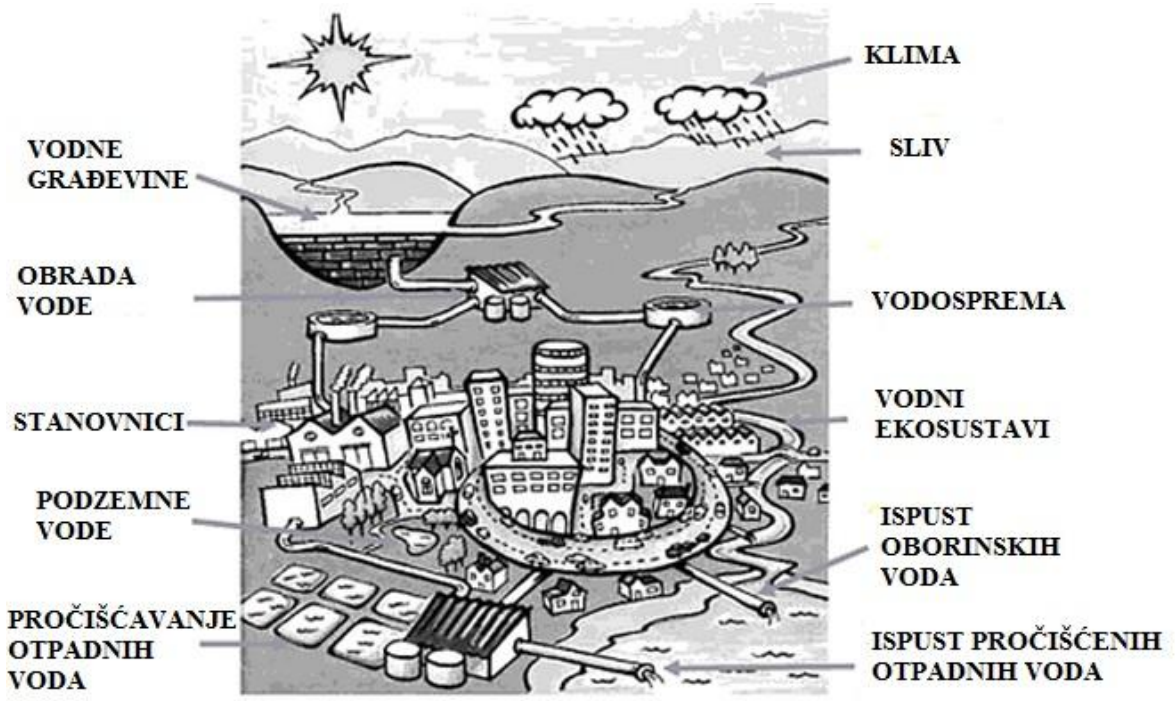
Ulaskom u EU Hrvatska mora unaprijediti urbanu vodnu infrastrukturu, za ove aktivnosti na raspolaganju su velika financijska sredstva koja se trebaju učinkovito utrošiti. Prednosti za dobivanje financijskih nepovratnih sredstava je dobro elaboriran projekt u kojem je polazište dobra analiza stanja i potreba. U ovom radu se opisuje problematika upravljanja urbanom vodnom infrastrukturom te metodologija planiranja i provedbe rehabilitacije i poboljšanja infrastrukture.

2. URBANI VODNI SUSTAV

2.1. Urbani vodni sustav

Urbani vodni sustav je dio prirodnog hidrološkog ciklusa koji uključuje slivno područje grada i izgrađene dijelove prirodnog vodnog sustava na području grada:

- Zahvaćanje, trasnport, čišćenje, distribuciju vode
- Prikupljanje, odvod i pročišćavanje otpadnih voda
- Prikupljanje, dovod i pročišćavanje oborinskih voda
- Kontrolu režima voda vodnih resursa na području grada.



Slika 1. Urbani vodni sustav [18]

Urbani vodni sustav osigurava održivi život u naseljima i gradovima. Sustav u cjelini karakteriziraju četiri osnovna pokazatelja:

- Količina
- Kakvoća vode
- Cijena
- Sigurnost

Od vodoopskrbe se zahtijeva dovoljno vode kakvoće standarda vode za piće, od kanalizacije otpadnih voda brzu i sigurnu odvodnju otpadnih voda s dobrim pročišćavanjem prije ispusta u vodne resurse koja ne ugrožava zdravlje ljudi i ekosustave, a od kanalizacije površinskih voda brzu i cjelovitu odvodnju površinskih voda koja ne ugrožava materijalna dobra i ne stvara nelagodu življenja u naselju te ne ugrožava ekosustave voda. Vodne usluge treba ostvariti trajno uz što nižu, odnosno socijalno prihvatljivu cijenu. [1]

Urbana sredina kao živi metabolizam troši različite resurse i tvari te time generira raznovrsna onečišćenja u tekućem, krutom i plinovitom stanju. U taj proces je uključen urbani vodni sustav u kojem se voda iz vodooprskrbnog sustava doprema za potrebe korisnika i ostale potrebe, te se tranformira u otpadnu onečišćenu vodu koju je potrebno pravilno odvoditi iz urbane sredine. [1]

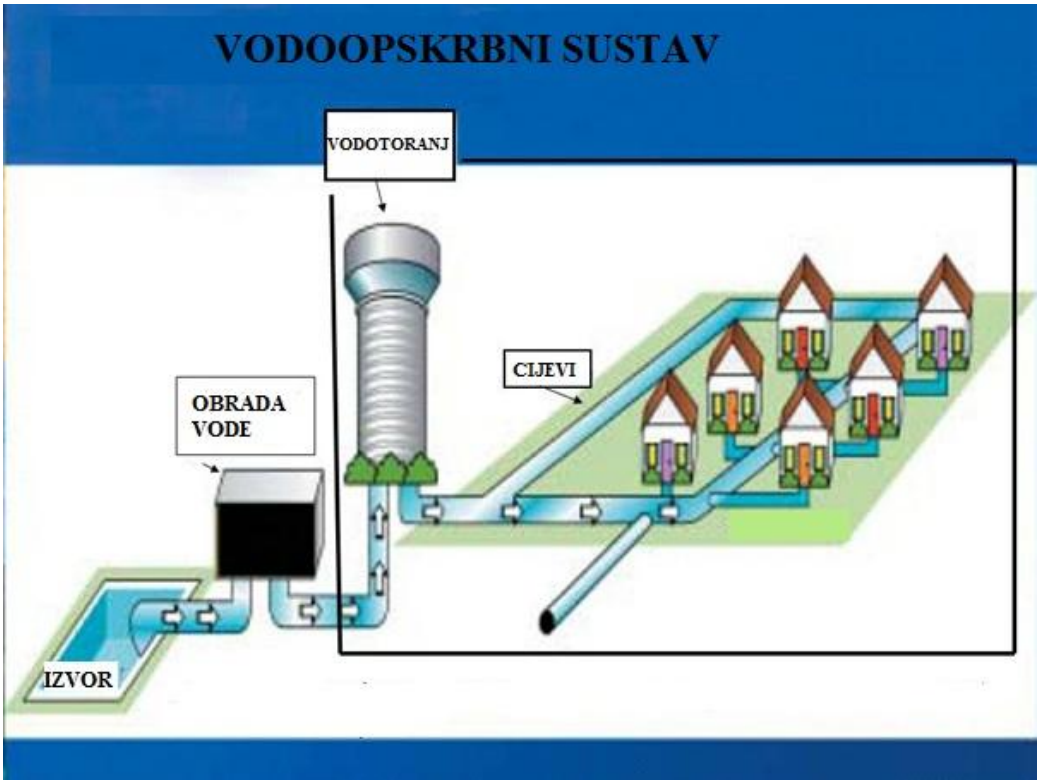
Sve nabrojene komponente urbanog vodnog sustava međusobno utječu jednu na drugu, te na taj način sve skupa čine jednu povezanu funkcionalnu cjelinu. Uzeći u obzir te kompleksne interakcije između komponenata sustava, obično dolazi do negativnih ishoda da bi se maksimizirali pozitivni učinci i minimalizirali negativni. Stoga se traži ravnoteža koja bi zadovoljila svaki dio sustava.

2.1.1. Vodoopskrbni sustav

Vodoopskrbni sustav je sustav objekata i mjera povezanih u funkcionalnu cjelinu s osnovnim ciljem osiguranja dovoljne količine kvalitetne vode na što ekonomičniji način. [3]

Vodoopskrbni sustav čine sljedeće glavne skupine objekata:

- vodozahvat
- crpne stanice
- Uređaji za kondicioniranje vode
- Vodospreme (rezervoari)
- Glavna i razdjelna vodoopskrbna mreža



Slika 2. Vodoopskrbni sustav [3]

Vodoospskrbni sustav je suštinski povezan sa sa ostatkom urbanog vodnog sustava. Npr., većina vode koja teče odvodnim sustavom dolazi iz vodoopskrbnog sustava. Najveći problem koji se javlja kod vodooprskbnog sustava jesu gubici vode. Analizom sustava metoda inspekcije dolazi se do podataka vezanih za curenje vode koji su od velike važnosti za urbani vodni sustav u cjelini. Nakon što se prikupe podaci vezani za vodoopskrbnu mrežu moguće je postaviti model sustava koji bi dao pregled sustava te omogućio olakšan nadzor cijele vodoopskrbne mreže. Takav program bi omogućio također i pregled tlakova i brzina u mreži koji utječu na kriterij učinkovitosti sustava.

2.1.2. Sustav odvodnje

Sustav odvonje je sustav objekata i mjera povezanih u funkcionalnu cjelinu s osnovnim ciljem sakupljanja, odvođenja i pročišćavanja otpadnih voda, te njihovog ispuštanja nakon pročišćavanja, na tehnički što ispravniji i ekonomičniji način. [4]

Sustav odvodnje čine sljedeće glavne skupine objekata:

- Kanalizacijska mreža
- Građevine kanalizacijske mreže (crpne stanice, ulazna i prekidna okna, preljevne građevine, itd.)

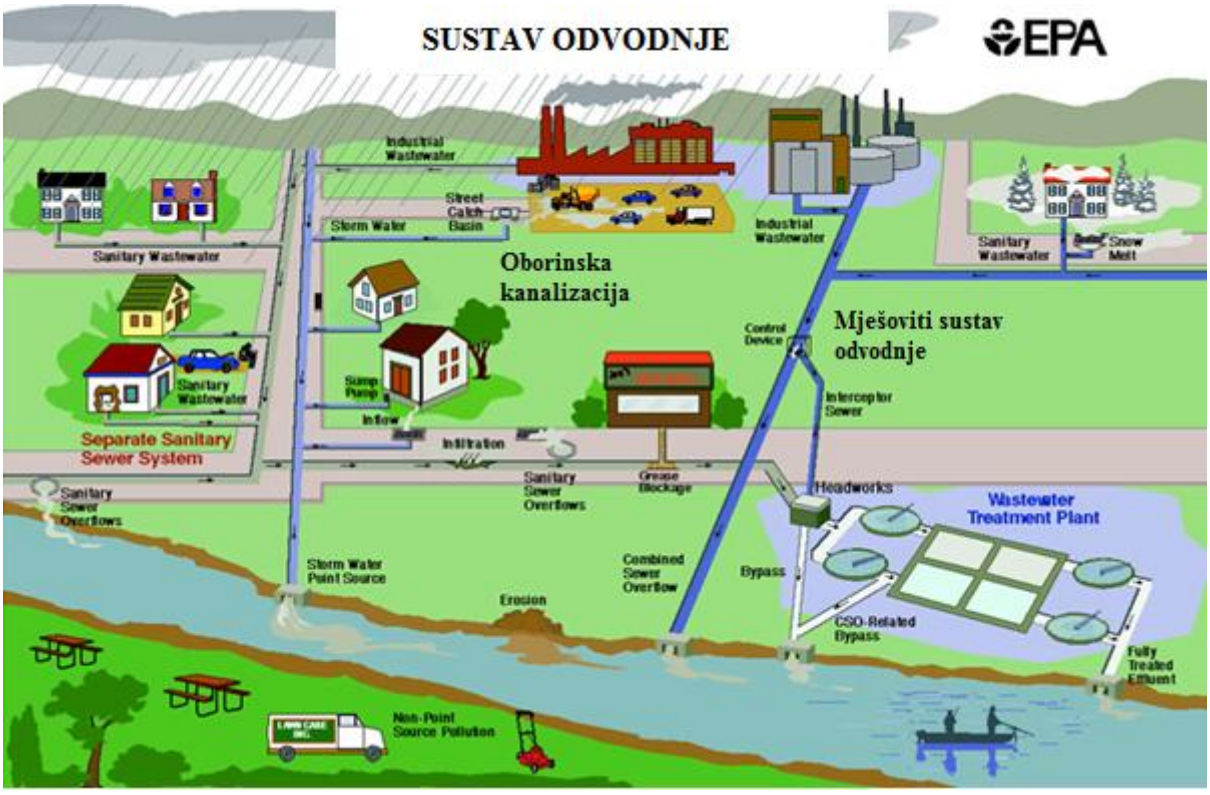
- Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda
- Ispusti

Vrste otpadnih voda u sustavu odvovnje:

- Kućanske – potrošne i fekalne
- Industrijske (tehnološke) – onečišćene i uvjetno čiste
- Oborinske (atmosferske) – od kiše, od topljenja snijega i od pranja ulica

Ovisno o načinu prihvaćanja i odvodnje otpadnih voda sustav odvodnje se dijeli na:

- Mješoviti ili skupni
- Razdijelni ili odvojeni (separantni)
- Polurazdijelni ili djelomično razdijelni
- Kombinirani sustav



Slika 3. Sustav odvonje [4]

Za sustav odvodnje se može reći da je izlazna komponenta urbanog vodnog sustava, te kao takav utječe na ekosustav urbanog područja. Negativni utjecaj otpadnih voda na okoliš i podzemnu vodu potrebno je minimalizirati, te se to postiže pravilnom izgradnjom i upravljanjem sustavom odvonje. Sustav za pročišćavanje otpadnih voda nekad nije dovoljan za osiguranje od onečišćenja jer se dosta problema javlja u cjevovodnoj mreži koja predstavlja

većinu sustava. Zbog zastarjelosti cjevovoda, nepravilnog upravljanja i održavanja mreže javljaju se različite neželjene posljedice. Jedna od tih posljedica je curenje otpadnih voda u tlo i podzemnu vodu. Takvi problemi se rješavaju slično kao i kod vodoopskrbnog sustava metodama analize s kojima se dobiju podaci o nepravilnostima, te se na temelju tih podataka olakšano upravlja sustavom i donose odluke o načinu sanacije ili rekonstrukcije.

2.2. Razlozi upravljanja urbanim vodnim sustavom

Upravljanje urbanim infrastrukturama sve više postaje neizbježna aktivnost. Problem je u tome što budućnost nije ono što se pretpostavlja da će biti. Promjene su sve veće i brže, a ekstremi sve veći, i prirodni i društveno-ekonomski. Na promjene u urbanom vodnom sustavu djeluje više različitih utjecaja:

- Transformacija okoliša, i lokalna i globalna
- Neželjeni trendovi i razvoj, a posebno sve izrazitija urbanizacija velikih gradova i porast sve ekstremnijih zahtjeva
- Zastarijevanje i propadanje infrastrukture zbog nedovoljnih ulaganja
- Sve širi obuhvat sudionika, a posebno sudjelovanje javnosti
- Politički problemi
- Neprilagođenost struke za zadatke u budućnosti zbog spore promjene sadržaja studija
- Nužnost promjene u pristupu, teoriji u praksi koja se ne može ostvariti bez integralnog pristupa
- Špekulacije o budućnosti i trendovima, a posebno ekstremima promjena u okolišu, te rezultati izrazito brzih tehnoloških promjena i inovacija.

Očito je da nije jednostavno ni lako donošenje upravljačkih odluka. Posljedice su različite i na prirodni i na društveni okoliš, a posebno na održivost i stanje samoga vodnoga sustav. Donositelji odluka moraju dobro odvagnuti pri procjeni, odnosno analizirati problem i posljedice. Za ostvarenje održivosti urbanog vodnog sustava potrebno je spoznati cijeli niz dugoročnih alternativa, njihove utjecaje i posljedice. Uporaba upravljačkih alata u ovome može biti veoma korisna. Metodologija Infrastructure Asset Management of urban water system (Metodologija upravljanja urbanim vodnim sustavom) koja dolazi u paketu sa softverom kao što je AWARE-P je jedna od metoda, odnosno upravljačkih alata koja se danas koristi. U nastavku će ova metodologija biti pobliže opisana.

3. UPRAVLJANJE INFRASTRUKTUROM URBANOG VODNOG SUSTAVA

3.1. Uvod

3.1.1. Općenito o upravljanju infrastrukturom (Infrastructure Asset Management - IAM)

Urbana infrastruktura označava one gradske infrastrukture koje podržavaju urbani život i razvoj, bez kojih se taj život ne bi mogao odvijati.

U urbanu tehničku infrastrukturu spadaju:

- Komunalna – vodovod, odvodnja, korištenje voda i zaštita voda, zbrinjavanje otpada
- Prometna – kopnena, zračna i vodna
- Telekomunikacijska – komunikacijsku i informacijsku
- Energetska – elektroenergetski sustavi, plinovodi, itd.

Urbana infrastruktura je podložna starenju i degradaciji, dok se sa druge strane povećavaju društvene potrebe. Kod većine sustava zbog financijskih razloga se obično odgađa održavanje i obnova, što kasnije za posljedicu ima veću potrebu za razumnijim i učinkovitijim planiranjem. Upravo zbog toga javlja se potreba za **upravljanjem infrastrukturom (Infrastructure Asset Management - IAM).** Naime, zamjena i poboljšanje zastarjele i neučinkovite infrastrukture u urbanim sustavima je složena vrlo skupa aktivnost za koju kronično nedostaje novca. Zato je nužno s ograničenim sredstvima poboljšat učinkovitost infrastrukture na optimalan način. To je zadatak IAM-a.

Upravljanje infrastrukturom je integralni, multidisciplinarni skup strategija i aktivnosti za održavanje urbane tehničke infrastrukture. Općenito, metoda se odnosi na stariju infrastrukturu kojoj istječe vijek trajanja, posebno na aktivnosti kao što su održavanje, sanacija i rekonstrukcija. Metoda se koristi softverskim alatima za organizaciju i provođenje strategija s temeljnim ciljem očuvanja i produžavanja vijeka trajanja infrastrukture, koja je vitalna komponenta održavanja kvalitete života u društvu i učinkovitosti u gospodarstvu. [5]

3.1.2. Povijesni pregled, trenutno znanje i praksa

S obzirom na svoje porijeklo u financijskom sektoru, gdje prevladava ekonomski pristup, za prvi značajni napredak u području upravaljanja infrastrukturom (**IAM**) su zaslužni

ekonomisti. Početci metode datiraju u kasne 1980-e u Australiji, gdje je došlo do potrebe za ozbiljnim razmatranjem upravljanja infrastrukturom da bi se izbjeglo pogoršanje javnih usluga. Prof. Penny Burns (Sveučilište u Adelaideu) odigrao je ključnu ulogu ukazujući na važnost tog problema i formaliziranje ključnih zamisli i principa. Australsko vodstvo ustraje u ovom području do danas, kroz indrustrijsku praksu i inicijative organizacija kao što su Institute of Public Works Engineering Australia (IPWEA, www.ipwea.org.au), the National Asset Management Steering Group (NAMS, www.nams.au.com), itd..

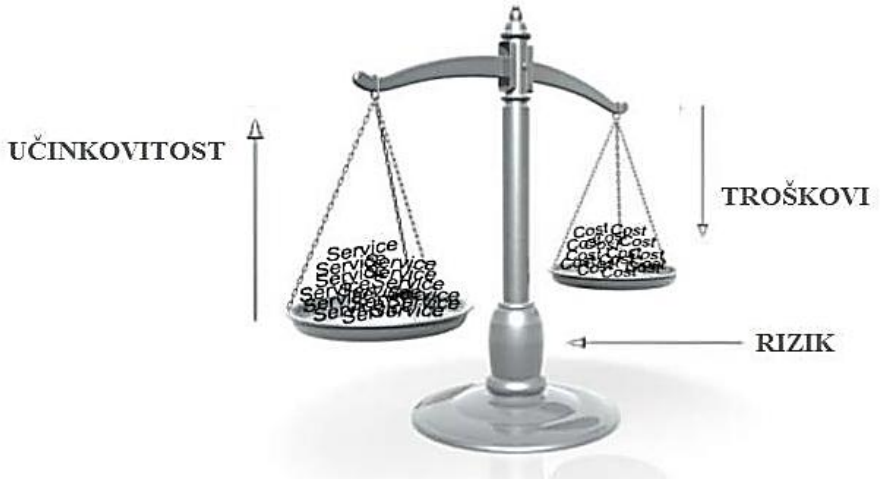
Značajan napredak se također očitovao i u ostalim zemljama, kao SAD-u, u UK-u, Portugalu, itd..

IAM studije provedene u Australiji i Novom Zelandu objedinjene su u „*Priručniku za upravljanje Internacionalnom Infrastrukturnom (International Infrastructure Management Manual)"* koji se stalno revidira i ažurira. Priručnik se koristi za različite vrste javne infrastrukture, daje pregled i objašnjenje svake od IAM funkcija u jednostavnim uvjetima i smjernice i savjete o tome kako obaviti svaku od tih funkcija.

IAM konstantno bilježi znanstveni razvoj, posebno u području informatičkih tehnologija (softveri), ali i povećani interes u prepoznavanju važnosti ovoga područja znanja.

Učinkovito donošenje odluka zahtijeva sveobuhvatan pristup koji osigurava željenu učinkovitost na prihvatljivoj razini rizika, uzimajući u obzir troškove izgradnje, rada i održavanja infrastrukture tijekom vjeka trajanja.

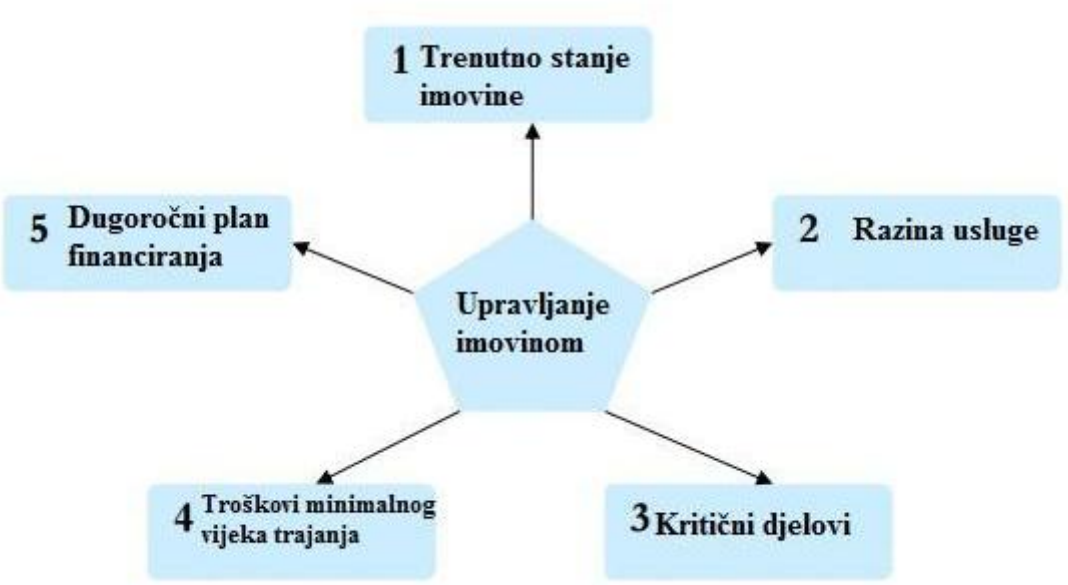
Brown i Humphrey (2005) saželi su ove koncepte definiranjem IAM-a kao "*umjetnost dugoročnog balansiranja učinkovitosti, troškova i rizika* ". [5]



Slika 4. Prikaz balansiranja učinkovitoski i troškova uz određenu razinu rizika

U hidrotehnici, IAM se koristi za analizu i projektiranje mreže, planiranje, izgradnju, optimalno upravljanje i hidrauličku pouzdanost (Alegre i Almeida ed., 2009).

Često se u praksi IAM-u pristupa na površan način koristeći ga samo kao softverski alat bez inženjerskog pristupa i podataka što daje nepouzdane i neučinkovite rezultate.



Slika 5. Temeljna pitanja upravljanja infrastrukturnom imovinom

U Hrvatskoj IAM nije osobito razvijen, vrlo malo je iskustva u primjeni IAM-a, a posebno u upravljanju urbanom vodnom infrastrukturom. To je nasljeđe socijalističkog okruženja u kojem je infrastruktura funkcionirala. Ulaskom u EU sve se mijenja i time pristup upravljanju urbanom infrastrukturom. Stoga će IAM pristup dolaziti sve više do izražaja.

3.2. Upravljanje infrastrukturom urbanih vodnih sustava

Pod urbanima vodnim sustavima podrazumijevamo vodoopskrbu i odvodnju. Primjena IAM medote u urbanim vodnim sustavima se dijelom razlikuje od primjene kod drugih sustava. Razlog tomu je trajna potreba društva za takav tip javne usluge. Naime vodoopskrba i odvodnja mora uvijek funkcionirati kako bi život u gradu bio održiv. Takav tip infrastrukture ne može se zamijeniti odjednom, nego dio po dio. Prema tome sustav se promatra kao funkcionalna cjelina u kojoj pojedinačne faze koegzistiraju tijekom vremena. [5]

Kod vodnih sustava, posebno u vodoopskrbi, zbog mrežne infrastrukture sustav se ponaša dominantno, pa zbog toga često nije moguće odrediti razinu usluge na pojedinim komponentama, već samo na sustavu kao cjelini.

IAM sve više postaje ključna tema u pokretu prema usklađenosti i učinkovitosti zahtjeva za vodoopskrbom i sustavima odvodnje. Održivo upravljanje takvih sustava treba udovoljiti sljedećim zahtjevima:

- Promicanje odgovarajuće razine javnih usluga i jačanja dugoročne pouzdanosti usluga
- Poboljšanje održivog korištenja vode i energije
- Upravljanje rizikom usluge, vodeći računa od potrebama korisnika i prihvaćanju rizika
- Produljenje vijeka trajanja postojeće infrastrukture, umjesto izgradnje nove, kada je to moguće
- Mogućnost prilagodbe klimatskim promjenama
- Poboljšanje investicijske i operativne učinkovitosti
- Opravdanost investicijskih prioriteta na jasan, jednostavan i odgovoran način

3.2.1. Integralni pristup IAM-u

Da bi se izbjegao krivi pristup IAM-u, a samim time i nedostatci nastali takvim pristupom, koristi se integralni pristup potaknut potrebom pružanja adekvatne i održive usluge za dugoročni period.

Integralna metodologija pristupa IAM-u kao procesu upravljanja, temeljenom na načelima PDCA (plan-do-check-act => planiraj-uradi-provjeri-djeluj). PDCA je iterativna metoda upravljanja u 4 koraka koja se koristi u poslovnom svijetu za kontrolu i kontinuirano poboljšanje procesa i proizvoda.

Slika 6. Plan-Do-Check-Act ciklus [5]

Integralni pristup IAM-u također zahtijeva usklađenost između zadataka i ciljeva, te prioriteta i provođenih mjera, koristeći zahtjeve najnovijih standarda o upravljanju imovinom.

Takav pristup posebno uzima u obzir nemogućnost rješavanja mrežne infrastrukture na isti način kao i kod ostalih manje više linearnih infrastruktura, zbog dominantnog ponašanja sustava kao cjeline (pojedini djelovi su ovisni jedni o drugima) i kao cjelina nema ograničen vijek trajanja – cijeli sustav ne može biti zamijenjen odjednom, nego dio po dio ne ugrožavajući njegovo funkcioniranje.

Ova metodologija omogućava procjenu i usporedbu različitih alternativa i intervencija koristeći analize učinkovitosti, troškova i rizika, te uzimajući u obzir definirane zadatke i ciljeve koji se žele postići. Ukratko, cilj integralnog pristupa jest da pomogne službama vodoopskrbe i odvodnje da odgovore na sljedeća pitanja:

- Tko smo mi i koju uslugu isporučujemo?
- Što posjedujemo u smislu infrastrukture?
- Gdje želimo biti dugoročno gledano, vezano za kvalitetu usluge i njenu održivost?
- Kako to ostvariti?

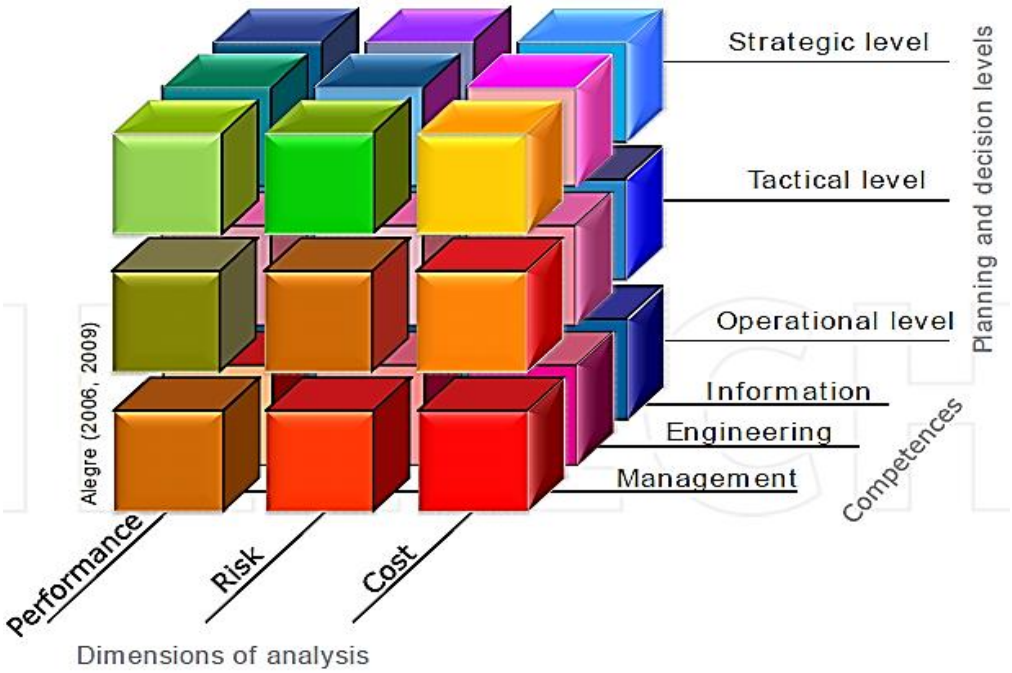
Intervencije i rješavanje problema u gospodarenju s vodnom infrastrukturom se provodi kontinuirano, ali se planira dugoročno (strateško), srednjoročno (taktičko) i kratkoročno (operativno). Sve ove razine moraju biti usklađene da bi razvitak bio dobar.

Zato se IAM-u pristupa na različitim razinama planiranja i odlučivanja:

- strateška razina - potaknuta investicijama, dugoročnim perspektivama i ciljevima;
- taktička razina - gdje menadžeri zaduženi za infrastrukturu trebaju odabrati najbolja interventna rješenja;
- operativna razina - gdje se kratkoročne mjere planiraju i provode.

Također postoji potreba za standardiziranim postupcima za procjenu različitih alternativa intervencija u smislu *učinkovitosti, rizika i troškova tijekom perioda analize*.

IAM se oslanja na 3 glavna stupa nadležnosti koja su međusobno integrirana: poslovno upravljanje, inženjerstvo i informacije. Sve to objedinjeno je na slici 7..



Slika 7. Generalni pristup IAM (dimenzije analize – kompetencije – planske razine) [5]

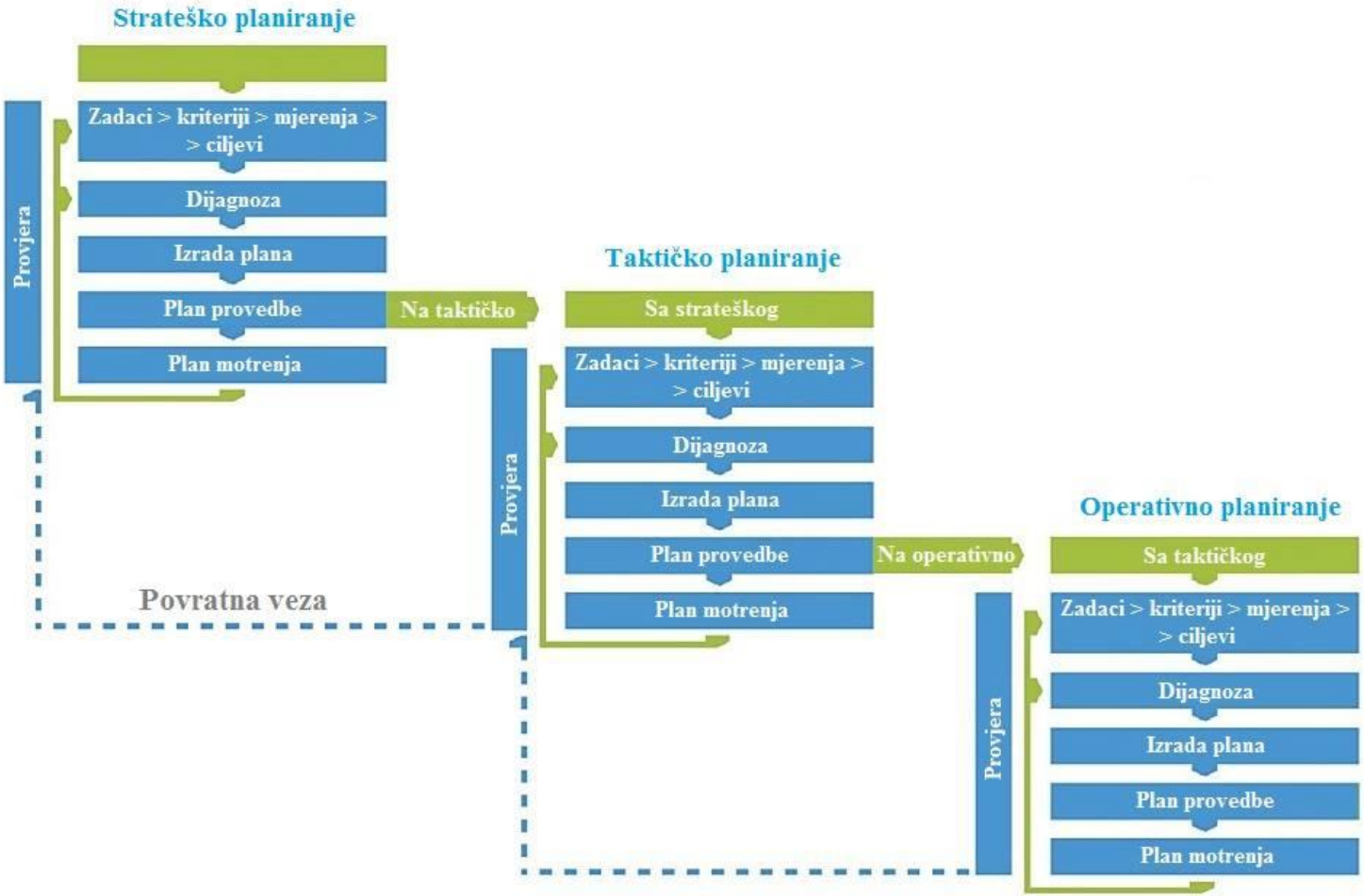
Svaka razina upravljanja i planiranja – strateška, taktička i operacijska, obuhvaća sljedeće faze:

- Utvrđivanje zadataka i ciljeva;
- Dijagnoza stanja i potreba;

- Izrada plana koji uključuje usporedbu i odabir različitih alternativa rješenja;
- Plan provedbe;
- Nadzor i revizija.

Većina poduzeća koristi samo nekoliko faza procesa upravljanja i planiranja. Ono što često nedostaje jest revizijski mehanizam koji mjeri usklađenost sa postavljenim ciljevima, kao i učinkovito usklađivanje između pojedinih razina upravljanja i planiranja.

Može se reći da se IAM ne provodi dosljedno kako je zamišljen već pracijalno zbog čega su i rezultati parcijalni i manje učinkoviti. IAM se dosljedno mora provoditi na svim razinama koje su međusobno povezane, slika 8.. Jedino tako povezane razine osiguravaju održivost sustava te učinkovitost cijelog procesa IAM-a. Znači, jedino se ciljevi mogu ostvariti s minimalno potrebnim resursima.



Slika 8. Proces planiranja na svakoj od razina planiranja [5]

3.3. Učinkovitost, rizik i trošak

Kao što je već navedeno, dugoročni cilj IAM-a jest da osigura:

- Adekvatnu učinkovitost;
- Prihvatljive rizike;
- Što niže troškove.

Procjena učinkovitosti, rizika i troškova su ključni za djelotvoran IAM. To su ključne dimenzije dobre analize. Izostavak jedne od njih ugrožava cijeli postupak.

3.3.1. Procjena učinkovitosti

Učinkovitost predstavlja valjanost odnosno djelotvornost usluge. Procjena učinkovitosti je raširena djelatnost korištena u ekonomiji, sportu i mnogim drugim sferama života kako bi se usporedili i ocjenili subjekti i pojedinci, te da bi se na temelju toga donosile odluke.

Stoga se može reći da je procjena učinkovitosti pristup koji omogućava ocjenjivanje valjanosti procesa ili aktivnosti kroz mjere za povećanje ili planirano ostvarenje učinkovitosti.

Glavne kategorije mjera učinkovitosti uključuju (Sjovold i sur. Izd. 2008.):

- *Pokazatelji učinkovitosti* predstavljaju kvantitativnu mjeru učinkovitosti neke aktivnosti. Izražavaju se kao omjer između varijabli, te može biti razmjeran (npr. %) ili nerazmjeran (npr. $\$/m^3$).

  Primjer: Pojava preljevnog protoka povezanog sa padalinama.

  Definicija – Ukupni volumen preljevanja x 365/volumen oborina, tijekom razdoblja procjene (%/godini)
- *Indeksi učinka,* mogu biti rezultat više zasebnih mjera učinkovitosti (npr. težinski prosjek pokazatelja učinkovitosti) ili rezultat softvera za analizu (npr. simulacijske metode, statistički alati). Za razliku od pokazatelja učinkovitosti, indeksi učinka iskazuju i procjenu (npr. 0 -nema funkciju; 1-prihvatljivi minimum; 2-dobro; 3-izvrsno).

  Primjer – Minimalna brzina toka (m/s) (utjecaj/pokazatelj: kvaliteta vode, utjecaj na vrijeme putovanja i sedimentaciju)
- *Razine učinkovitosti* je mjera veličine učinkovitosti, ali kvalitativne prirode. Izražava se u diskretnim kategorijama (npr. izvrsno, dobro, zadovoljavajuće, loše). Obično se koriste kada kvantitativne mjere nisu primjerene postupku vrednovanja i cilja (npr. procjena zadovoljstva kupaca koristeći ankete)

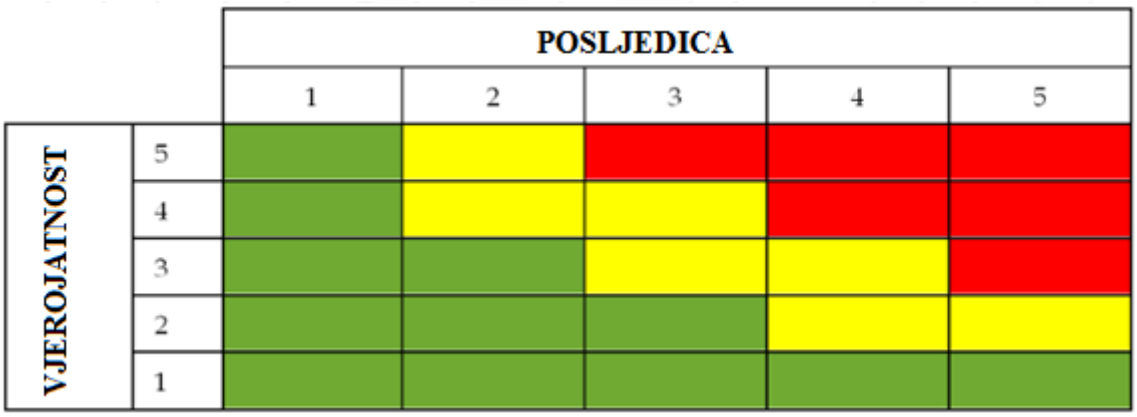
3.3.2. Procjena rizika

Analiza rizika ima široko područje primjene, te se može odnositi na organizaciju u cjelosti, sustav ili podsustave ili na pojedine komponente sustava.

Razvijeno je nekoliko metoda s kojima se provodi analiza rizika, npr: dijagram analize rizika ili pristup temeljen na matricama rizika.

Medota temeljena na matricama rizika je jedna od najraznovrsnijih i najstrukturalnijih metoda prikladnih za analizu rizika s kojima se suočavaju službe vodoopskrbe i odvodnje. Temelji se na detaljnoj analizi posljedica određene razine rizika kroz sastavljanje u određene razrede vjerojatnosti i posljedica.

Slika 9. prikazuje matricu rizika. Tipična klasifikacija izgleda ovako: 1- beznačajno; 2- nisko; 3- umjereno; 4- visoko; 5- neprihvatljivo . Kombinacija vjerojatnosti i posljedica utjecat će na stupanj opreza analitičara: niski ili prihvatljivi rizik (zeleno) ; srednji ili podnošljivi rizik (žuto); visoki ili neprihvatljivi rizik (crveno).



Slika 9. Matrica rizika [5]

Neovisno o tipu kvarova koji se javljaju, oni mogu dovesti do potencijalnih posljedica ne samo u komunalnoj infrastrukturi i uslugama nego i u drugim infrastrukturama. Štoviše, posljedice mogu uključivati društveno-ekonomske poremećaje i utjecaje na okoliš. Stoga, pri procjenjivanju rizika povezanog sa određenim kvarom ili nepravilnosti, više posljedica treba uzeti u obzir. (Tablica 1).

Tablica 1. Posljedice koje treba uzeti u obzir

Područje	Neke od varijabli koje opisuju područje
Zdravlje i sigurnost	Broj i ozbiljnost zaraze koja se javila kod ljudi
Financije	Monetarna vrijednost, funkcija opsežnosti usluge - godišnji operativni proračun
Kontinuitet usluge	Trajanje prekida usluge
Utjecaj na okoliš	Pojava preljevnog protoka povezanog s padalinama, zbrinjavanje mulja, kontinuitet rada uređja za pročišćavanje
Reputacija u javnosti	Broj žalbi, pojava u medijma
Kontinuitet poslovanja	Pojava oštećenja, kapacitet sustava, raspoloživi ljudski resuresi za održavanje i obnovu
Razvoj projekta	Promjene u tjeku projekta (obujam, raspored, proračun)

3.3.3. Procjena troškova

Procjena troškova je također važan dio analize za usporedbu i odabir alternativa intervencija u IAM-u. Sve stavke relevantnih troškova i prihoda, koji se javljaju tijekom analize i koji se razlikuju od statusa quo, treba uzeti u obzir.

Općenito, glavne stavke troškova uključuju:

- *Investicijski troškovi*, izraženi kao određeni iznos u određenom trenutku u vremenu, uzimajući u obzir amortizaciju (funkcija amortizacije mora biti poznata ako nije linearna).
- *Operativni troškovi*, održavanje usluge, osoblje, itd. Operativni troškovi su izraženi kao godišnje vrijednosti, tijekom perioda analize.
- *Prihodi*, bilo kroz jednokratne isplate u određenom trenutku, ili raspodijeljeni tijekom razdoblja analize. Prihodi su također izraženi kao godišnje vrijednosti tijekom razdoblja analize.

3.3.4. Strateško, taktičko i operativno planiranje

Strateško planiranje treba biti temeljeno na viziji i postavljenom cilju organizacije, koji se odnosi na uspostavljanje globalnih i dugoročnih smjernica razvoja.

U prvoj fazi rukovodstvo definira jasne ciljeve, kriterije ocijenjivanja, mjere korištene pri procjeni i konačno, cilj za svaku od mjera. Da bi se uspostavili ciljevi potrebno je stručno znanje i informacije o kontekstu koje je dobiveno prikupljanjem podataka i motrenjem.

Drugu fazu predstavlja dijagnoza koja se sastoji od analize vanjskog konteksta (globalnog) i unutarnjeg konteksta (organizacijskog i infrastrukturnog). SWOT (strenghts-weaknesses-opportunities-threats---prednosti-mane-prilike-prijetnje) analiza je prikladan način za dobivanje rezultata u ovoj fazi.

Treća faza se sastoji od jasnog utvrđivanja, usporedbe i odabira strategije koja najviše udovoljava zadanim ciljevima. Rezultati se objavljuju u jasno definiranom dokumentu (strateški plan).

Taktičko planiranje i donošenje odluka treba biti utemeljeno na strateškim zadaćama i ciljevima. Cilj taktičkog planiranja je određivanje različitih alternativa zahvata koji bi se provodili u srednjoročnom razdoblju (3-5 godina), a u svrhu ostvarivanja usvojene strategije.

Sljedeća faza je iznošenje plana, što je jedan od najtežih procesa jer obuhvaća zahtijevne inženjerske procese pomoću kojih se utvrđivaju i razvijaju izvedive intervencije za svaki od podsustava, nakon čega slijedi procjena svake od intervencija zahvata. Za svaki od podsustava odabire se najbolja intervencija na temelju mjerenja, odabranih zadataka i ciljeva. Skup odabranih alternativa interevencija, kompatibilan sa financijskim sredstvima se tada mobilizira i uključuje u taktički plan.

Posljednje faze taktičkog planiranja obuhvaćaju ugrađivanje, praćenje i periodični pregled plana.

Operativno planiranje je realizacija taktičkog plana na razini planske godine.

Sva tri plana moraju biti međusobno usklađena jer služe ostvarenju usvojene vizije.

3.4. Primjeri iz industrije

3.4.1. Strateško planiranje

Velika većina komunalnih usluga u svijetu je namijenjena za populacije manje od 100000 stanovnika. Većina komunalnih usluga srednje veličine ima prostora za značajno poboljšanje u smislu upravljanja infrastrukturnom imovinom.

Specifični primjer imamo u Portugalu gdje se nailazi na problem starenja sustava, te usluga više nije financijski ni ekološki učinkovita. Kvaliteta usluge, prioriteti ulaganja i

ekološka održivost su ključni IAM pokretači koje bi menadžeri koristili prilikom upravljanja ovim sustavom.

Poduzeće je usvojilo viziju (održivost sustava) i s time u vezi ciljeve i procjenu kriterija u skladu sa odabranim strateškim ciljevima i zadacima. Za svaki od ciljeva odabrana su prikladna mjerenja (indikatori ostvarenja cilja) koja su definirana jedinicama, opisom i specifikacijom. Ciljevi, kriteriji procjene, ostvarenja ciljeva, te jedinice mjerenja veličina ostvarenja za sustav su prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Ciljevi i kriteriji – mjera veličine ostvarenja kriterija

Objectives and criteria	**Metrics**
1. Adequacy of the service provided	
1.1 Service accessibility	Physical accessibility of the service (WS, WW) *Economical accessibility of the service (WS, WW)
1.2. Quality of service provided to users	*Service interruptions (WS) *Quality of supplied water (WS) *Reply to written suggestions and complaints (WS, WW) *Flooding occurrences (WW)
2. Sustainability of the service provision	
2.1. Economic sustainability	*Cost coverage ratio (WS, WW) Connection to the system (WS, WW) *Non-revenue water (WS)
2.2. Infrastructural sustainability	*Adequacy of treatment capacity (WS) *Mains rehabilitation (WS) *Mains failures (WS) *Sewerage rehabilitation (WW) *Sewer collapses (WW)
2.3. Physical productivity of human resources	*Adequacy of human resources (WS, WW)
3. Environmental sustainability	
3.1. Efficiency of use of environmental resources	*Energy efficiency of pumping installations (WS, WW)
3.2. Efficiency in pollution prevention	Sludge disposal from the treatment plants (WS, WW) *Adequate collected wastewater disposal (WW) * Emergency overflow discharges control (WW) Wastewater quality tests carried out (WW) Compliance with discharge parameters (WW)

WS: water supply services; WW: wastewater services; *adopted by the utility to assess the strategic objectives.

Na temelju prethodnog primjera, odnosno primjene IAM metodologije na urbani vodni sustav u Portugalu napravljena je SWOT analiza strateškog plana.

Tablica 3. SWOT analiza

STRENGTHS	WEAKNESSES
- Good information systems on the water supply infrastructures - Sufficient information to assess the water supply systems condition and performance - Strong competence of human resources - Relation between information systems and work orders	- Insufficient information systems on wastewater infrastructures - Financial restrictions - Inadequate tariffs - Poor structural infrastructure condition - Poor functional infrastructure performance - Insufficient historical records - Inadequate quality of data
OPPORTUNITIES	**THREATS**
- Equipment and technologies available to support IAM - Portuguese regulation by ERSAR * - Portuguese legislation related with IAM - Incentives for sustainable use of energy	- Portuguese legislation and regulation by ERSAR* (increase in costs) - Political uncertainties - Economic crisis and financial restrictions - Demographic development uncertainties - Illegal cross connections in wastewater systems
* ERSAR: the water and waste services regulator in Portugal	

3.4.2. Taktičko planiranje

Uzmimo za primjer strateški cilj *Poboljšanja učinkovitosti korištenja ekoloških resusursa (voda i energija) kao što je navedeno (vidi kriterij 3.1).*Stanje raspodjelne mreže vode je opisano sa kvarovima na cijevima i računom elektr. energije korištene za pumpanje vode je veći nego obično; na mreži se javljaju gubici vode te se javljaju lokalni problemi sa tlakom tijekom vršne potrošnje. Postavlja se pitanje:

- Kako bi reagirali?
- Kako bi dokazali da se naše odluke odnose na učinkovito rješavanje strateškog cilja?
- Kako bi se kvantificirao utjecaj naših odluka i naknadnih djelovanja?

U tradicionalnoj AM (asset management) praksi, počeli bi prikupljati podatke o kvarovima, lokacijama gdje se nalaze, učinkovitosti crpki i njihovoj potrošnji. Zatim bi procijenili relativnu važnost svake od komponenata. Kombinirajući ove informacije, prioritizirali bi intervencije unutar proračunskih ograničenja. S time bi odgovorili na prvo pitanje.

Dalje, popravljanjem i zamjenom cijevi bi doprinjeli uštedi vode i energije. Ali da li je to dovoljno? Upravni odbor bi mogao biti manje nego zadovoljan sa tim mjerama, te bi mogli postaviti dodatna pitanja:

- Da li smo obratili dovoljno pažnje na hidrauličke probleme? Da li smo uspjeli razdvojiti razine usluge na pojedine komponente mreže kada je riječ o pritiscima i gubicima vode?
- Kako smo odabrali veličinu i materijal novih cijevi?
- Da li je konfiguracija postojeće mreže (npr. razmještaj i promjeri, lokacija i karakteristike spremnika i crpnih stanica) adekvatna sa energetskog stajališta.

Postavljeni su sljedeći taktički IAM ciljevi:

- Povećanje pouzdanosti sustava u normalnim i nepredvidivim uvjetima (vidi kriterij 1.2, Tablica 2);
- Osigurati ekonomsku održivost (vidi kriterij 2.1, Tablica 2);
- Osigurati infrastrukturnu održivost sustava (vidi kriterij 2.2, Tablica 2);
- Smanjiti gubitke vode (vidi kriterij 3.1, Tablica 2).

Budući da navedeni primjer uključuje samo fizičke intervencije na infrastrukturi, sukladnost gore navedenih taktičkih IAM ciljeva je provedeno kroz sljedeća mjerenja (metriku) učinkovitosti, rizika i troškova:

- **Inv**: investicijski troškovi
- **IVI:** indeks infrastrukturne vrijednosti (IVI, odnos između trenutne vrijednosti i nove(zamijenjene) vrijednosti infrastrukture; idealno bi trebao biti blizu 0.5.
- $\mathbf{P_{min}}$: minimalni tlak u normalnim radnim uvjetima; mjerenje usklađenosti s minimalnim tlačnim zahtjevima na traženim lokacijama.
- $\mathbf{P_{min}^{*}}$: minimalni tlak u nepredvidivim uvjetima rada
- **AC:** postotak ukupne duljine azbestnih cijevi koje treba zamijeniti;
- **RL:** realni gubici na spojevima
- **UnmetQ:** rizik prekida usluge

Vrijednosti i mjerenja su dalje podijeljena u 3 raspona (dobro, prosječno i slabo) na temelju iskustva i pragova postavljenih od strane ključnog osoblja (Tablica 4).

Na temelju procjenjenih mjerenja i odgovarajućih dijagnoza situacije u godini 0 upućuje na sljedeće probleme:

- *Pouzdanost sustava:* nedovoljna vrijednost tlaka u normalnih uvjetima rada na pojedinim lokacijama; visoka stopa kvarova na cijevima; niska otpornost sustava na rad u nepredvivim uvjetima.
- *Infrastrukturna održivost:* loše stanje (visoka stopa kvarova) azbestno cemetnih cijevi.
- *Gubici vode:* visoka razina curenja.

Tablica 4. Kriteriji definirani preko referentnih vrijednosti

	Good (green)	Fair (yellow)	Poor (red)
Inv (cost units)	[0, 350[	[350, 450[	[450, ∞[
IVI (-)	]0.45, 0.55[	[0.30, 0.45[; [0.55, 0.70[	[0, 0.30]; [0.70, 1]
Pmin (-)	[3, 2[	[2, 1[	[1, 0]
Pmin* (-)	[3, 2[	[2, 1[	[1, 0]
AC (%)	[0, 9[	[9, 15[	[15, 100]
RL (l connection^{-1} day^{-1})	[0, 100[	[100, 150[	[150, ∞[
UnmetQ (m^3/year)	[0, 20[	[20, 30[	[30, 100]

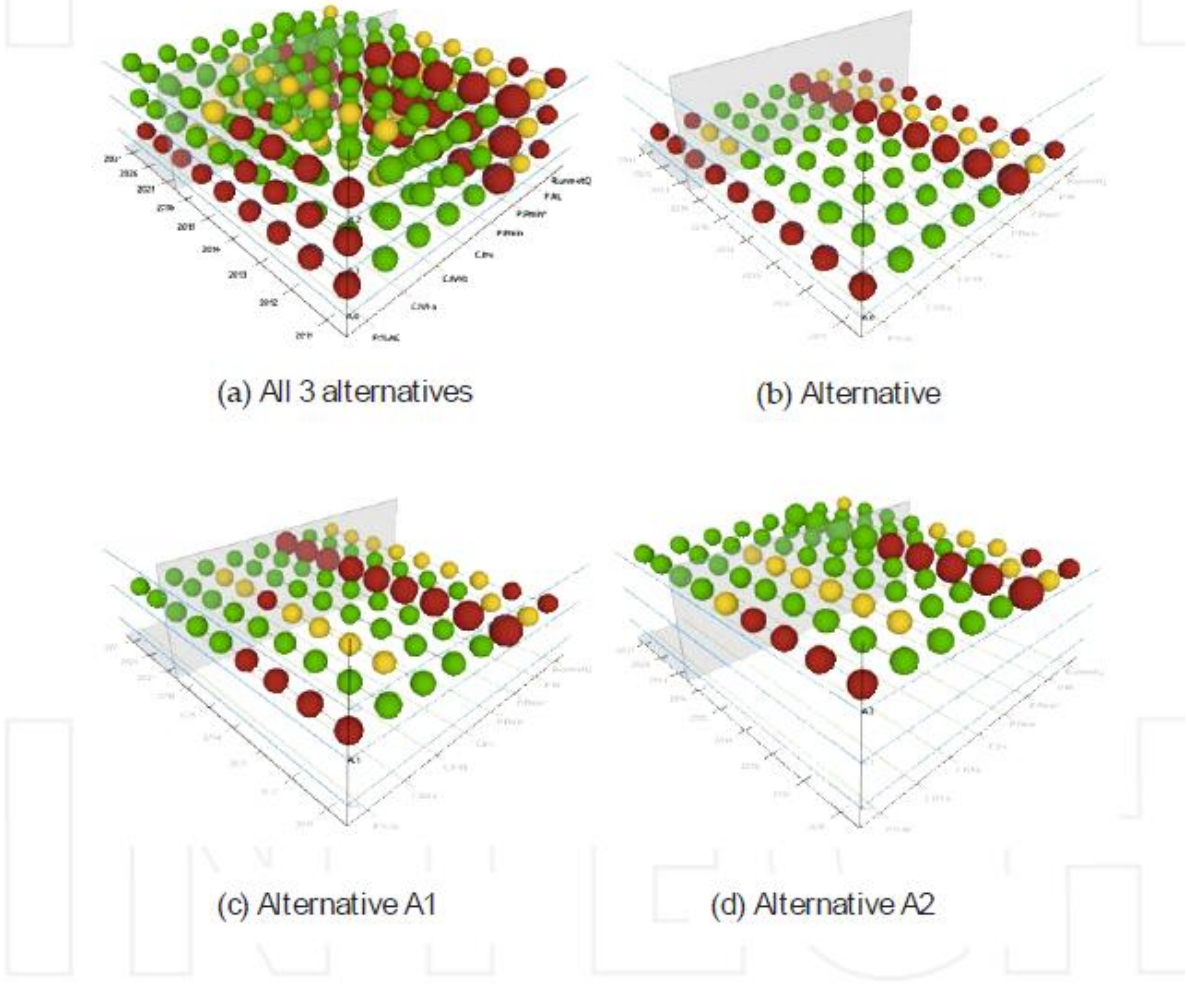
Na temelju analize sustava i dostupnog proračuna došlo se do sljedećih mogućih konačnih rješenja:

- **Alternativa A0** (*status quo*, osnovni slučaj): odnosi se na zadržavanje postojeće mreže, te korištenje kapitala samo u slučaju popravaka uslijed kvarova.
- **Alternativa A1** (*zamjena trenutnih sa istima):* projekt IAM-a koji se sastoji od popisa cijevi koje je potrebno zamijeniti sa HDPE (High-density polyethylene) cijevima istog promjera. Popis je razvijen sa AWARE-P softverom, prateći strategiju zamjene trenutnih sa istim, koristeći analizu kvarova na cijevima i posljedica (kao u FAIL/CIMP) i ELECTRE TRI metodu odlučivanja.
- **Alternativa A2** *(rješenje temeljeno na cjelokupnom sustavu)* projekt IAM-a temeljen na idealnom redizajnu mreže, kao da je nanovo izgrađena. Izgradnja sustava bi trebala uzeti u obzir promjene određenih parametara u budućnosti te taj isti sustav bi bio podložniji nadogradnji u budućnosti. Prilikom redizajna mreže koristile bi se metode zamjene cijevi kao i u alternativi A1, ali bi došlo i do drugih ključnih izmjena i modifikacija. To bi se odnosile na iste cijevi ciljane u A1 ali bi ih zamijenili za cijevima manjih promjera (predimenzioniranost izvorne mreže na pojedinim mjestima).

Svaka od alternativa je procjenjena i analizirana za 5-godišnji plan i 20-godišnji plan. Tablica 5 prikazuje rezultate odabranih mjerenja za 3 alternative u 5. godini. Na slici 5. je 3D prikaz rezultata(vrijeme, procjena mjerenja, alternative postavljene duž lijeve, desne i vertikalne osi).

Tablica 5.

	Assessment metrics						
Alternatives	Inv (c.u.)	IVI (-)	Pmin(-)	Pmin * (-)	AC (%)	RL (l conn^{-1} day^{-1})	UnmetQ (m^3/year)
A0	0	0.47	2.88	0.00	37.2	116	36
A1	274	0.73	2.88	0.00	1.5	52	22
A4	350	0.70	2.99	2.99	8.5	54	18



Slika 10. 3D Prikaz alternativa rješenja [5]

Iskustvo pokazuje da je često jeftinije jednostavno popraviti kvarove na cijevima i nadoknaditi gubitke vode nego ulagati u obnovu sustava. To se može primjetiti u slučaju A0 u 5. godini. Međutim, za ostali dio razdoblja analize (6-20 godine) problemi postaju sve učestaliji, sve manja pouzdanost mreže te se povećavaju gubici vode.

A1 se pokazuje kao bolje rješenje od A0 za uvjete infrastrukturne održivosti, gubicima vode i rizika (IVI, AC, UnmetQ). Investicija je naravno veća, ali je unutar raspoloživog proračuna. Međutim, A1 naslijeđuje nedostatke svojstene postojećem sustavu (A0).

A2 nastoji realno i postupno dovesti postojeću mrežu bliže idealu. Vidi se poboljšanje svih parametara u odnosu na A0 i A1, jedino troškovi ulaganja postaju veći. Ova alternativa (rješenje) prikazuje najbolje dugoročno rješenje. [2]

Donosioci odluke na temelju ovih rezultata mogu odlučiti što je za njih najbolje. Imaju jasan pregled troškova i rezultata učinka svake alternative. Ako se recimo koriste bespovratna sredstva iz EU vjerojatno je alternativa A2 najbolja.

3.4.3. Napomene

Bez obzira na veličinu, složenost, razinu razvoja, komunalne usluge trebaju provesti IAM pristup s kojim bi osigurali održivo upravljanje urbanom infrastrukturom vodnih sustava. Ključne preporuke koje bi trebalo uzeti u obzir prilikom provedbe IAM programa:

- IAM u cjelokupnosti ovisi o ljudima
- IAM nije moguće provesti preko noći. Provodi se korak po korak i što je moguće jednostavno.
- Pouzdani podaci su temelj uspješnog IAM-a.
- IAM se ne rješava sa softverskom aplikacijom.
- IAM je unutarnji proces u komunalnom poduzeću, ali i koristi vanjske stručne savjete.
- Komunalna poduzeća imaju zajedničke probleme i poteškoće, te se uočava povezanost problema i rješenja.
- Make it happen – start today!

4. SOFTVERI I UPRAVLJAČKI ALATI

4.1.1. Uvod

IAM metoda obuhvaća složen skup procesa koje je potrebno obuhvatiti u jednu cjelinu. Složenost tih procesa očituje se u činjenici da uključuju različite grane djelanosti kao što su ekonomija, zaštita okoliša, menadžment, inženjerstvo, itd. Prilikom rješavanja problema obnove urbanih vodnih sustava potrebno je uravnotežiti sve te procese da bi se došlo do najboljeg mogućeg rješenja. Za to se koriste različiti upravljački alati i softverski programi kao što su:

- AWARE-P softver
- PureNET - integrated non revenue water and asset management software
- Cityworks softver
- Accela
- Bentley's integrated urban water and wastewater software solution for utilities

U nastavku će kao primjer značajki programa biti opisan AWARE-P softver koji je usko povezan sa već opisanom metodologijom upravljanja urbanih vodnih sustava (poglavlje 3.).

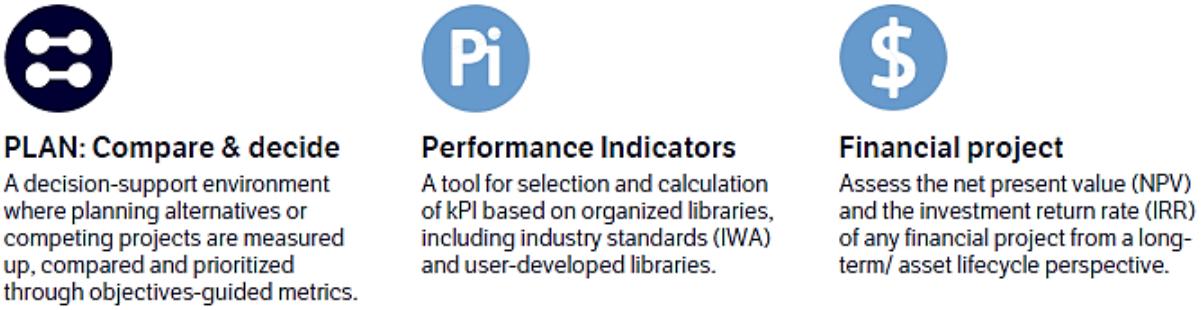
4.1.2. Aware-P

AWARE-P softver dizajniran je da olakša upravljanje infrastrukturnom imovinom urbanih vodnih sustava. Softver je baziran na mnoštvu podataka i procesa važnih za IAM metodu, te pruža organiziran i jednostavan pristup za vrednovanje i uspoređivanje planskih alternativa, koristeći odabrane mjere učinkovitosti, rizika i troškova. [7]

AWARE-P se sastoji od seta alata za analizu koji su usko povezani sa temeljnim parametrima metode IAM.

ALATI su podijeljeni u skupine:

- **Alati za planiranje**



Slika 11. Alati za planiranje (Usporedi i odluči – Indikatori – Financiranje) [7]

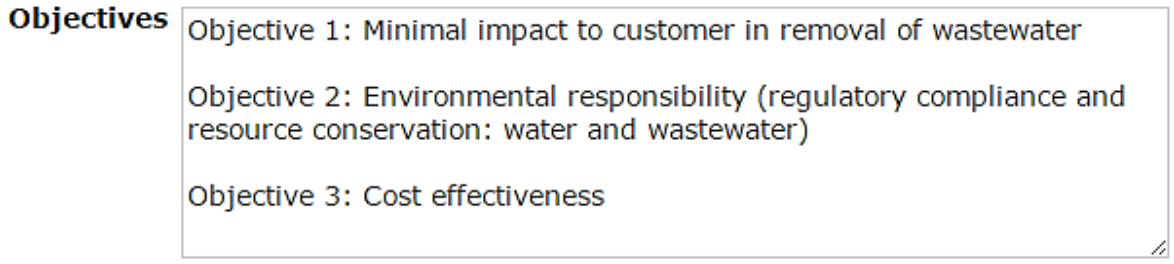
Alati za planiranje obuhvaćaju kratkoročno i dugoročno planiranje. Na temelju ulaznih podataka i postavljenih zadataka i ciljeva, donose se odluke o prioritetu djelovanja i odabiru rješenja. [2]

Na početku je potrebno definirati nekoliko alternativa rješenja:

- **Alternativa A0** (*status quo,* osnovni slučaj): odnosi se na zadržavanje postojeće mreže, te korištenje kapitala samo u slučaju popravaka uslijed kvarova.
- **Alternativa A1** (rehab the force main): rehabilitacija postojećeg stanja, zamjena korodirajućih cijevi sa novim cijevima manjeg promjera.
- **Alternativa A2** (I&I – infiltration & inflow): rehabilitacija postojeće stanja, smanjenje infiltracije i vanjskog dotoka u sustav.

Svaka od ovih alternativa je definirana određenim ciljevima i zadacima preko mjerenja. U nastavku će se opisati postupak definiranja jedne od alternativa.

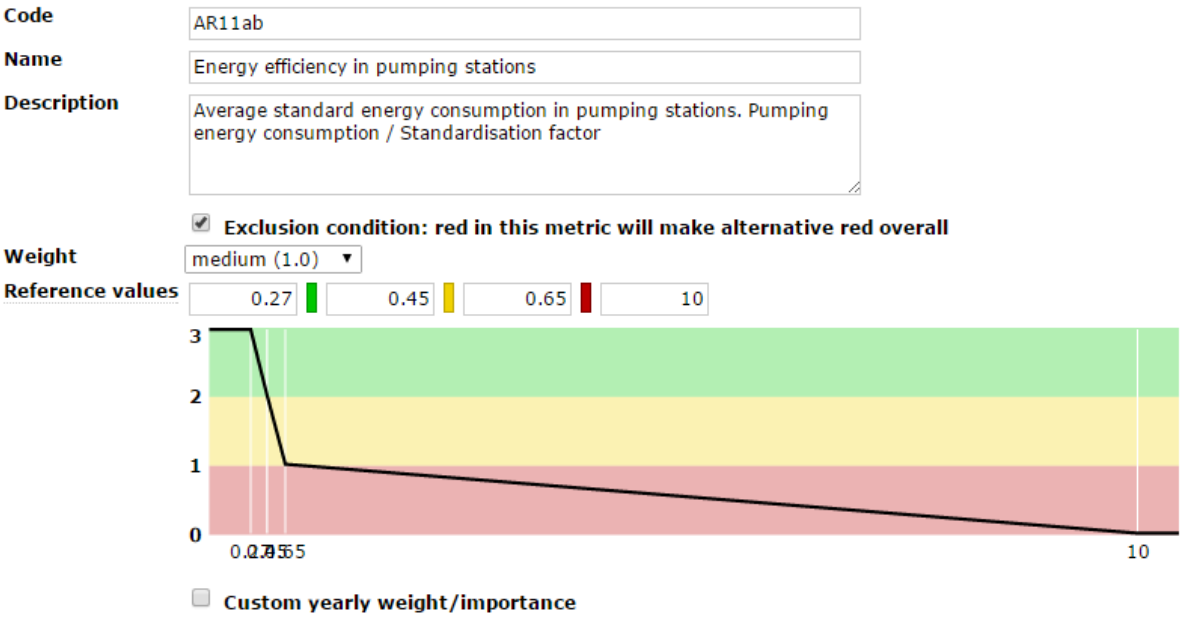
Postavljeni su sljedeći taktički IAM ciljevi:



Slika 12. Taktički IAM ciljevi [8]

Za svaki od ciljeva odabrana su prikladna mjerenja koja su definirana jedinicama, opisom i specifikacijom.

Svako od mjerenja potrebno je precizno definirati tako da mu se odredi određeni težinski koeficijent te se odredi krivulja ponašanja preko referentnih vrijednosti koje su zadane ili se mogu iskustveno zadati. Na slici 13. je prikazano primjer jednog takvog mjerenja.



Slika 13. [8]

Pregled dobivenih alternativa i mjerenja prikazan u tablici poretka prikazanoj na slici 14. Boje prikazuju stanje određenog mjerenja:

- zeleno (2.00 - 3.00) – poželjno
- žuto (1.00 - 1.99) – potrebno poboljšanje
- crveno (0 – 0.99) – nepoželjno

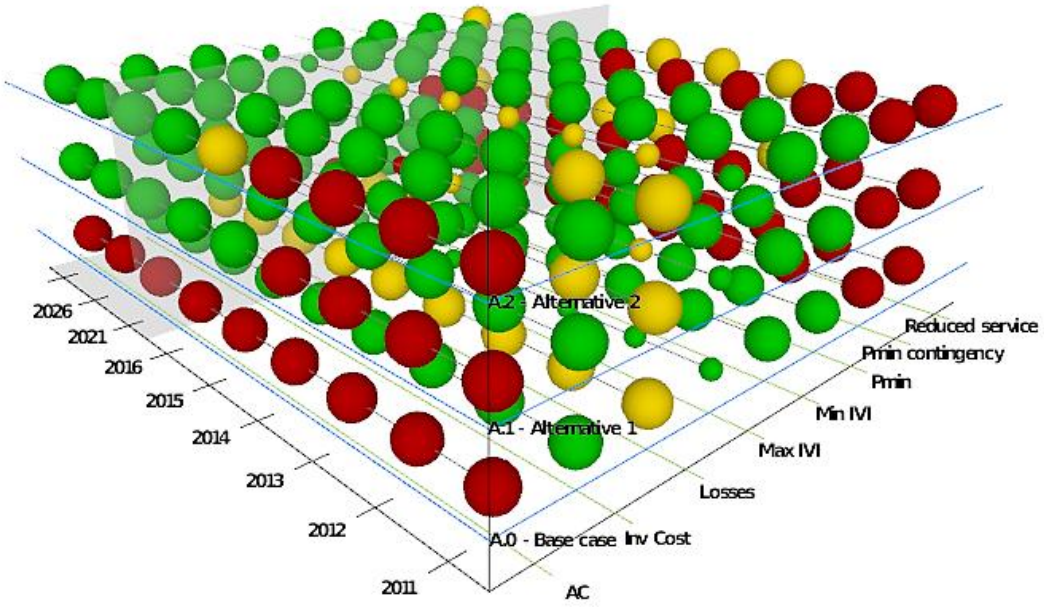
Problem je definiran kroz 3 dimenzije (Alternative => mjerenja => vrijeme).

U 2D verziji se može prikazati na tri načina:

- u određenoj godini (alternative vs. mjerenja) (Slika 14.)
- za određeno mjerenje (alternattive vs. godine)
- za određenu alternativu (mjerenja vs. godine)

Slika 14. [7]

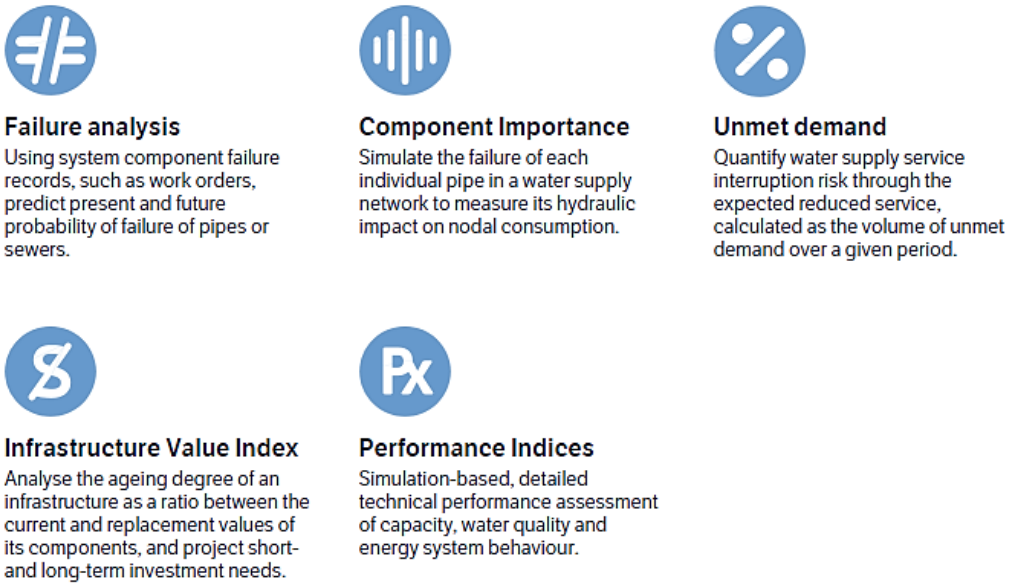
Osim 2D prikaza moguće je prikazati i cjelokupni 3D prikaz, slika 15.



Slika 15. [7]

- **Alati za analizu i predviđanje**

Najveći izazov i IAM-u je iskorištavanje podataka da bi se došlo do najboljih taktičkih i strateških odluka. U ovu kategoriju alata uključeno je dijagnosticiranje trenutnog stanja i predviđanje budućeg ponašanja. [7]



Slika 16. Alati za analizu i predviđanje (analiza rizika – važnost komponenti – nezadovoljena potražnja – vrijednosni indeks infrastrukture – indeksi učinka) [7]

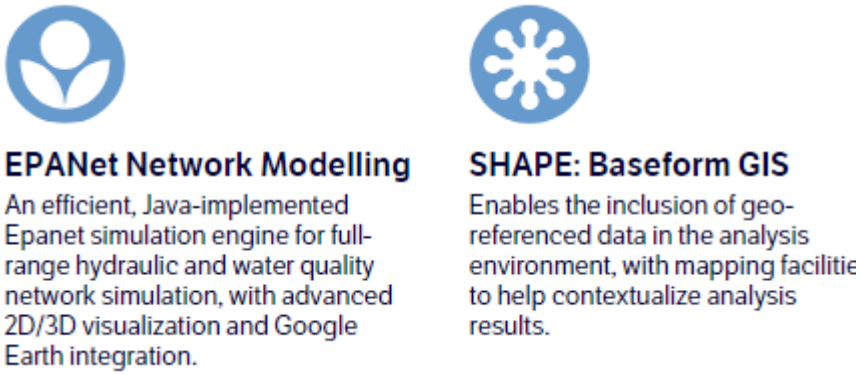
Analiziranjem stanja kvarova, važnosti svake od cijevi i potreba korisnika, može se predvidjeti buduće ponašanje sustava i na temelju toga izbjeći neželjene posljedice.

U poglavlju **5. Prikupljanje podataka, analiza sustava** su opisane tehnologije prikupljanja podataka o kvarovima i oštećenjima na cijevima i načinu upravljanja rizikom kod cijevnih mreža koji se koriste kao ulazni podaci za upravljačke alate i softvere.

- **Prostorni alati**

Sustavi vodoopskrbe i odvodnje su prostorne infrastrukture, te kao takvi imaju određeni geografski položaj. Mrežna i prostorna analiza te pregled i lociranje na karti, ključ su za razumijevanje sustava i položaja u prostoru. Za modeliranje mreže kanalizacije koriste se različiti softveri i softverski dodaci:

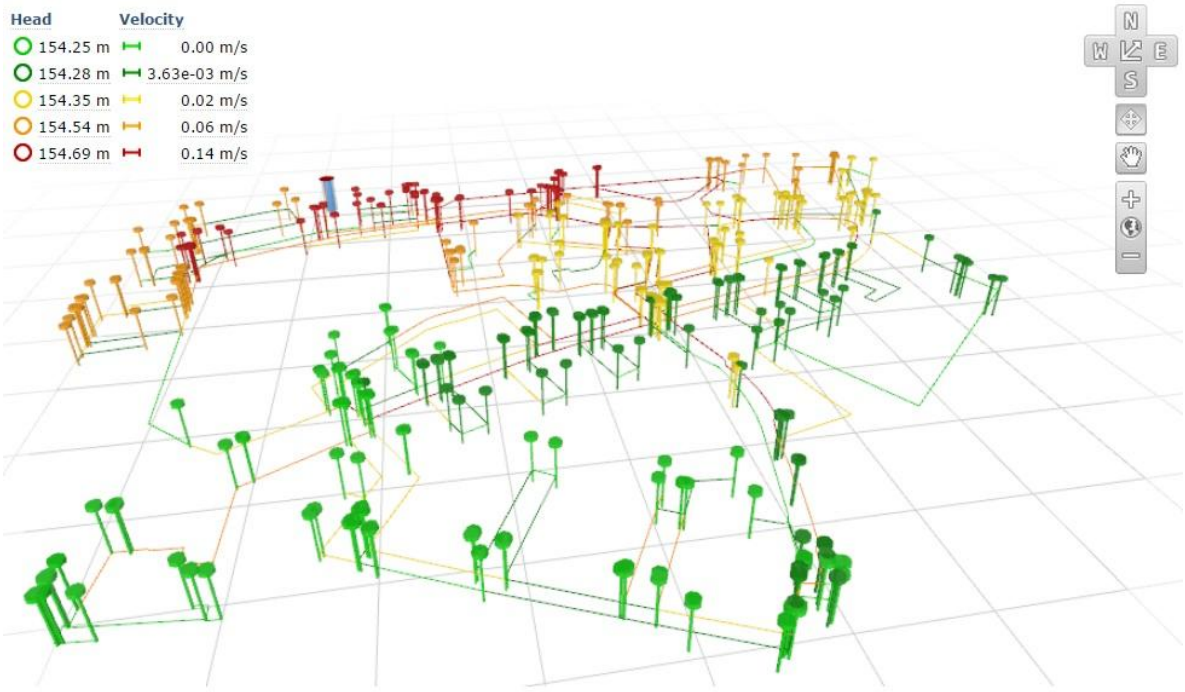
- Civil Tools
- EPA – SWMM
- Hydraflow
- SewerCADD
- EPANet



Slika 17. Prostorni alati [7]

Digitalizacija i mapiranje sustava omogućuje lakše razumijevanje i time upravljanje sustavom. Umjesto korištenja zastarjelih karata sustava, danas je moguće cijeli sustav prikazati u računalnim programima te se na taj način može vršiti:

- Cjelokupna analiza i pregled komponenti sustava,
- Automatsko detektiranje nepravilnosti u sustavu
- Važnost komponenti sustava i rizik otkazivanja i nastanka kvarova
- Simulacijski modeli hidraulike sustava koji omogućuju pregled tlakova i brzina (primjer: slika 18.)
- Planiranje i rehabilitacija: stvaranje, pregled i odabir scenarija obnove sustava



Slika 18. Simulacijski prikaz brzina u vodoopskrbnom sustavu [8]

5. PRIKULJANJE PODATAKA, ANALIZA SUSTAVA

5.1. Važnost prikupljanja podataka

Prethodno opisana metoda sadrži široki spektar komponenata koje su uključene u upravljanje urbanim vodnim sustavom te čine jednu povezanu cjelinu. U nastavku je izdvojen jedan dio iz cjeline koji predstavlja vrlo važnu ulogu pri primjeni ove metode u praksi.

Svaka primjena metodologije upravljanja urbanim vodnim sustavima zahtjeva detaljnu analizu sustava. Pouzdanost i kvaliteta podataka dobivenih analizom omogućava olakšano upravljanje sustavom. Također se ti podaci iskorištavaju prilikom razvijanja modela sustava odvodnje ili vodoopskrbnog sustava koji služe za praćenje sustava.

Analiza sustava obuhvaća veliki obujam različitih podataka. U nastavku će se opisati jedan dio potrebnih podataka i tehnologije koje se koriste pri analizi. Podaci vezani za zdravlje cjevovodne mreže čine važan aspekt analize urbanih vodnih sustava jer zdravlje sustava utječe na rad sustava u cjelini i na rizik otkazivanja sustava u budućnosti.

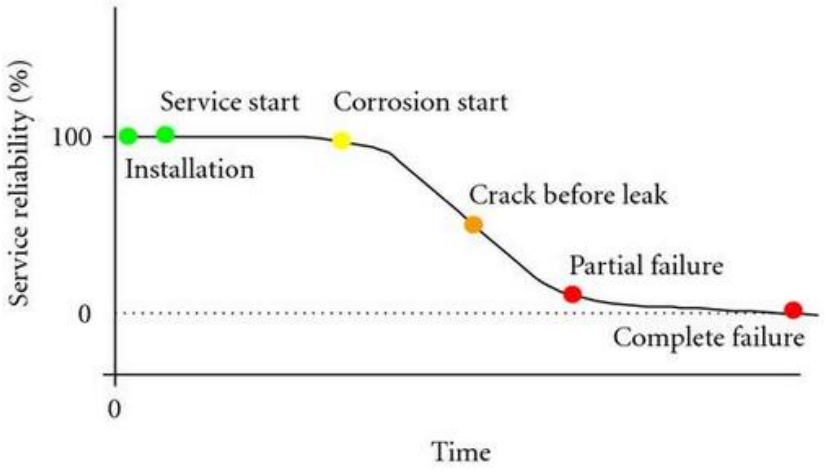
Ovo je najveći problem u Hrvatskoj jer vodno komunalna poduzeća nemaju uređene baze podataka što stvara velike probleme u planiranju njihove obnove.

5.2. Water and Wastewater Pipe Nondestructive Evaluation and Health Monitoring

U urbanim vodnim sustavima mreža cjevovoda predstavlja najveći dio sustava, te je stoga od velike važnosti za sustav u cjelini. Cijevi služe za transport plinova, para, tekućina i čvrstih rasutih materijala. Tijekom povijesti takva vrsta transporta se pokazala relativno sigurna. Kao i kod drugih infrastruktura, cijevi su podložne starenju ovisno o vremenu i nastajanju kvarova i oštećenja uslijed vanjskih utjecaja. Kvarove i oštećenja na cijevima je potrebno locirati u sustavu te na temelju toga odabrati određenu metodu sanacije. [9]

Oštećenje cijevi se može prikazati u više koraka :

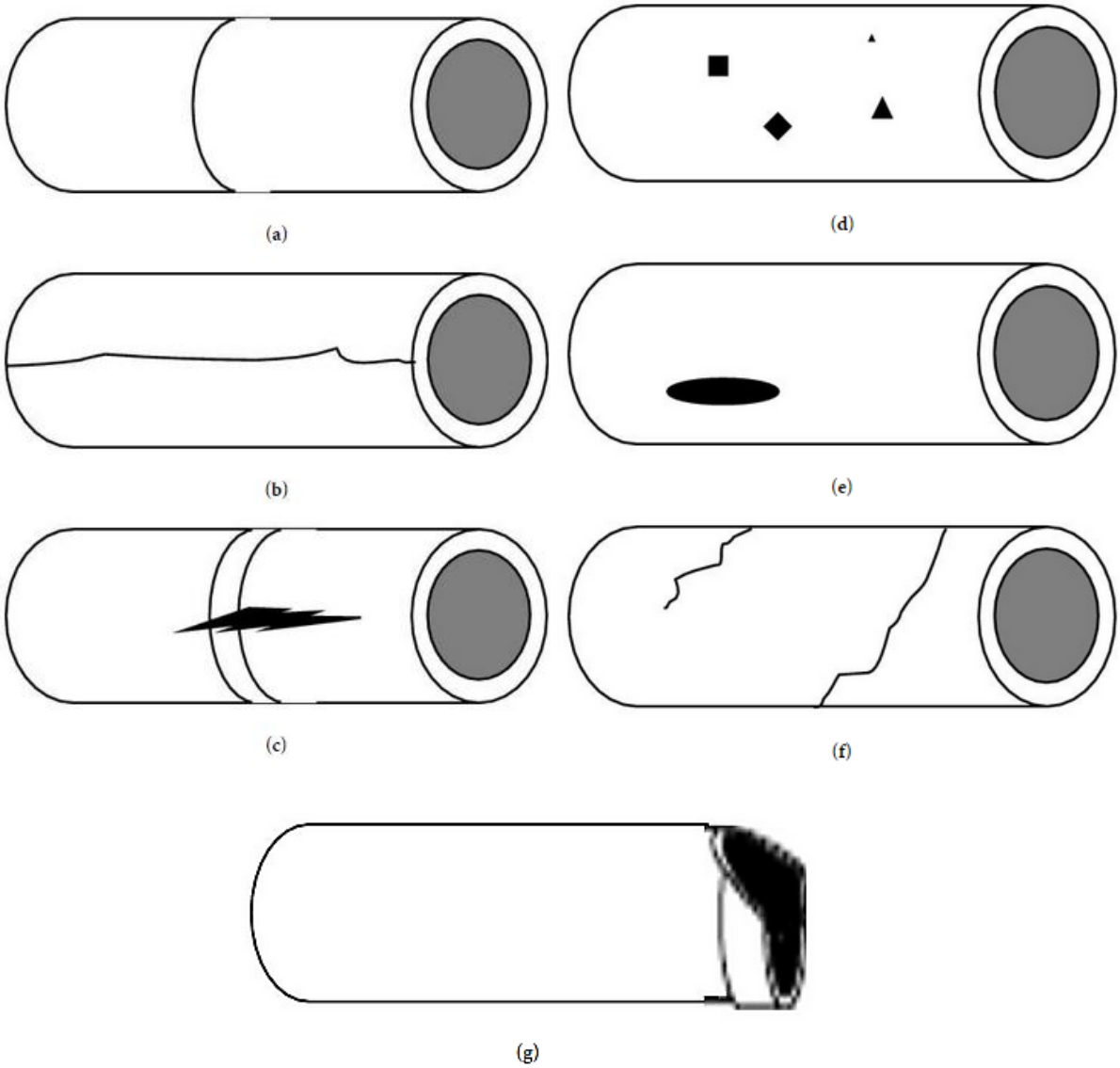
- Instalacija cijevi
- Početak korozije
- Napuknuće prije curenja
- Dijelomično oštećenje
- Potpuno oštećenje



Slika 19. Nastanak kvara na cijevi [9]

Nakon što je cijev bila neko vrijeme u pogonu dolazi do korozije cijevi koja se javlja na površini cijevi, bilo na unutarnjoj ili vanjskoj strani, te doprinosi stvaranju pukotina. Mehanička opterećenja također doprinose stvaranju pukotina. Obično je teže detektirati početne manje pukotine, tek nakon što se povećaju pukotine te dođe do znatne promjene u hidraulici sustava mogu se lako detektirati oštećenja.

Tipovi oštećenja cijevi se klasificirani u 7 kategorija prikazanih na slici 18.: (a) Circumferential cracking; (b) Longitudinal cracking; (c) Bell splitting; (d) Corrosion pitting; (e) Blow-out hole; (f) Spiral cracking; (g) Bell shearing. [9]



Slika 20. Kategorije oštećenja [9]

5.3. Metode inspekcije i praćenja sustava

Danas se obično oslanjamo na nedestruktivne metode inspekcije s kojima bi se otkrili kvarovi i oštećenja. Pouzdanost tih metoda mora biti visoka jer su oštećenja većinom lokalnog karaktera. U inspekciju plinskih i naftnih cjevovoda mnogo je uloženo, te je takva tehnologija poprilično razvijena zbog veličine i važnosti takvih cjevovoda. Urbani vodni sustavi ne dopuštaju tolika ulaganja u tu vrstu tehnologije stoga većina nabrojenih metoda je razvijena i korištena u naftnoj i plinskoj industriji.

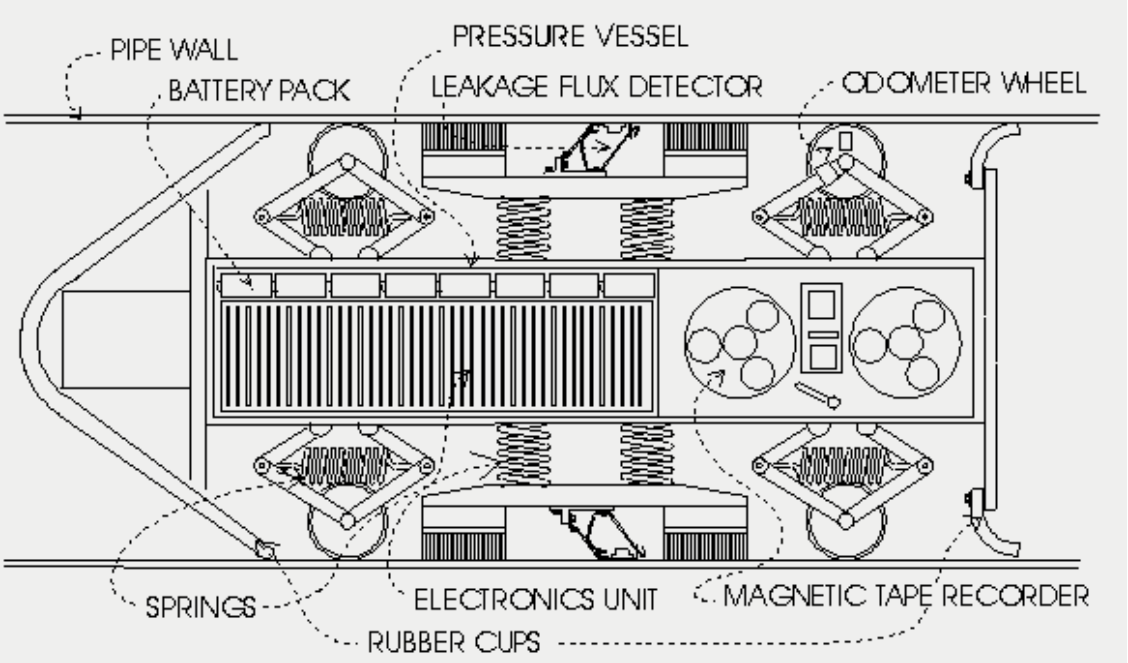
Odabir inspekcijske metode najviše ovisi o veličini cijevi i materijalu. Npr. kod metalnih cijevi se koriste sljedeće metode:eddy currents (EC), elektromegnetic testing (EMT), ultrasonic testing (UT). Kod betonskih cijevi se koriste: acoustic emission (AE), impact-echo (IE), sonar and visual inspection. U nastavku će biti opisana pigging tehnologija koja se koristi u nekim od tehnologije inspekcije.

Podjela nedestruktivnih inspekcijskih metoda:

- elektromagnetske – eddy current, ground penetrating radar, magnetic flux leakage
- mehaničke – acoustic emission, impact-echo, acoustic leak detection
- sonarne i vizualne – CCTV, CCTV sa sonarom, Smart Ball tehnologija, Sahara Leak Detection
- IWA tehnologija

5.3.1. Pigging Tehnologija PIG (Pipeline Intervention Gadget)

PIGGING je proces koji uključuje upotrebu cilindričnog uređaja koji se provodi kroz unutrašnjost cijevi sa ciljem čićenja, inspekcije, distriburanja inhibitora (sredstva za čišćenje u obliku tekućine ili gela). Može služiti i kao čep (Plug) s kojim se izolira jedan dio cijevi. PIG uređaj se može provoditi kroz cijev mehanički ili tokom tekućine.



Slika 21. Shematski prikaz PIG uređaja [10]

PIG selekcija se vrši na temelju nekoliko kriterija:

- Tip, lokacija, volumen supstance koji je potrebno ukloniti
- Potrebni tip informacije
- Brzina PIG-a
- Maksimalna distanca koju PIG mora prijeći
- Minimalni radijus i veličina krivina

Za inspekciju cijevi se koristi IPS (Intelligent Pig Surveys) tehnika. Trenutno se nekoliko tehnologija inspekcije nadovezuju na upotrebu PIGGING tehnike: Magnetic flux leakage (MFL) i Sonar testing .

Slika 22. PIG uređaj [10]

5.3.2. Acoustic Emission (AE)

Acoustic emission je nedestruktivna metoda koja se koristi za otkrivanje pukotina u cijevima u kojima se odvija strujanje pod tlakom te doalazi do curenja tekućina i plinova. Turbulencija koja je uzrokovana strujanjem tekućine pod tlakom kroz pukotinu (otvor - orifice) proizvodi energetske valove sonarnih i ultrasonarnih frekvencija. Takvi valovi imaju visoke frekvencije, te su za detekciju potrebni posebni senzori (hidrofoni, akcelerometri). Kao što je navedeno akustičnu emisiju valova proizvodi visoko nestabilno turbulentno polje tlaka na otvoru (pukotini). Uvjet da se ostvari turbulentno strujanje u pukotini jest Re > 1000.

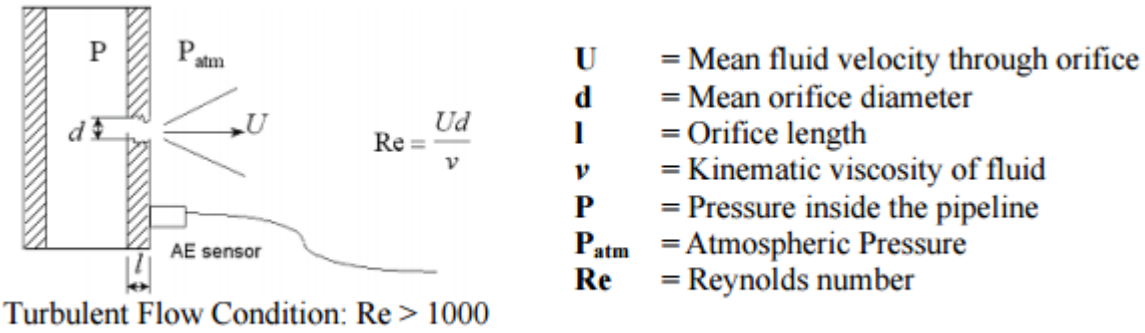


Fig. 1. Leaking flow features.

Slika 23. Značajke toka curenja [9]

AE signali su kontinuiranong tipa, tek kada ima pukotina i oštećenja (curenje) dolazi do promjene u amplitudi signala Jednostavna procjena položaja pukotine može se provesti mjerenjem varijacije amplituda kontinuranog signala na raznim položajima duž cijevi.

Slika 21. prikazuje primjer signala curenja koji se detektira na 4 senzora. Prema prikazanom grafu signal je najprije detektiran na kanalu 3, što znači da je izvor blizu. Vrijeme dolaska signala na kanalima 1 i 4 je otprilike isto, što znači da je izvor približno jednako udaljen. Stoga se može zaključiti da je izvor otprilike na sredini između 2 i 3 kanala.

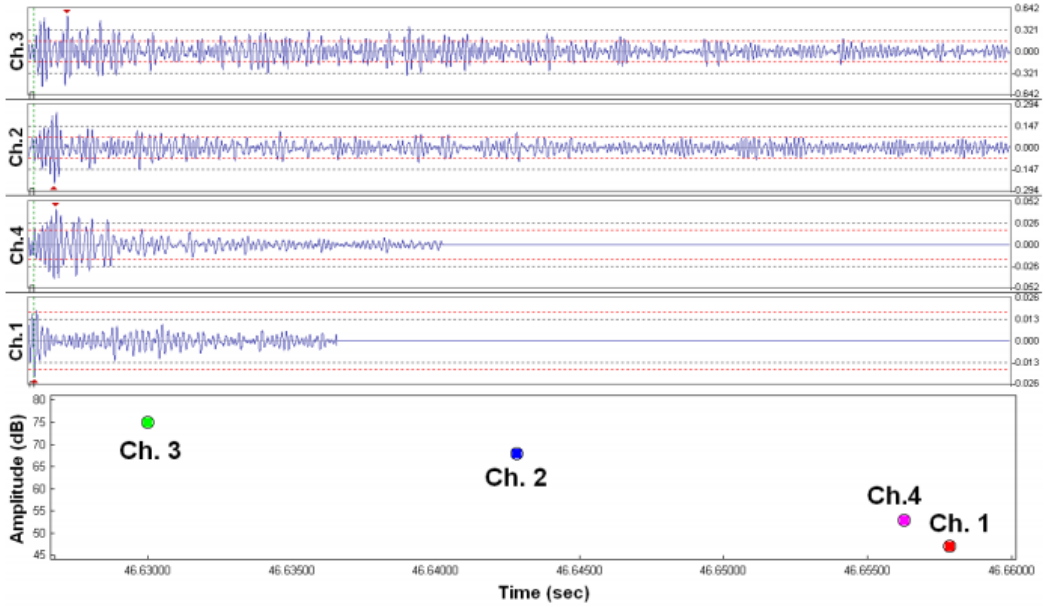


Fig. 3. Waveforms (Top part), and amplitudes vs. arrival times of a leak AE signal on 4 different channels.

Slika 24. [9]

5.3.3. Eddy Current (EC)

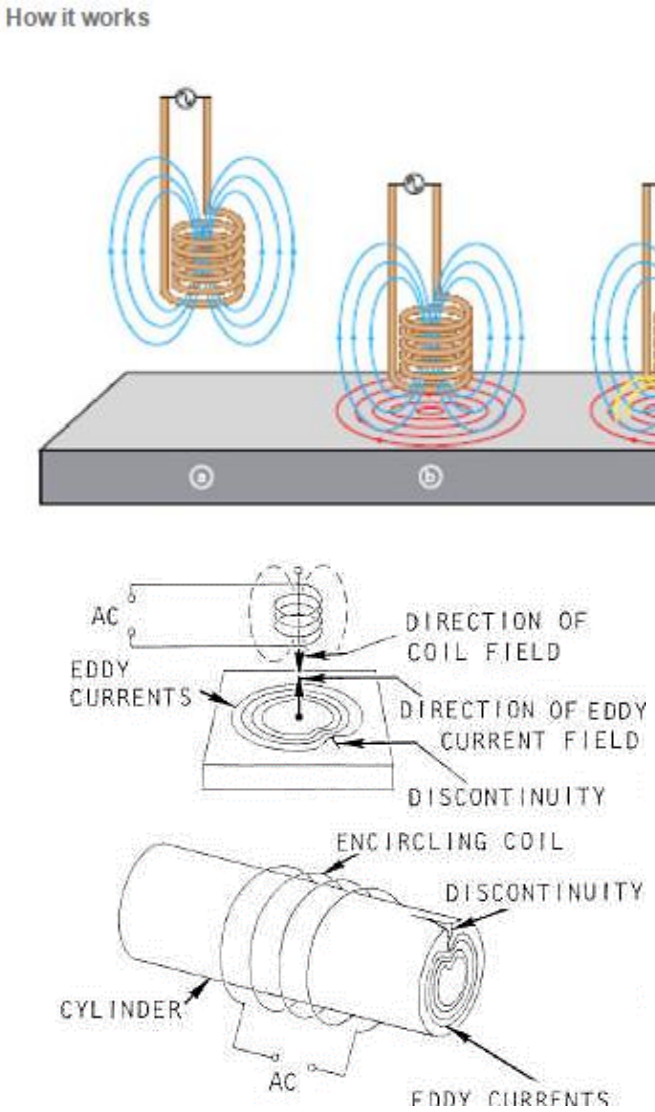
Način inspekcije cijevi pomoću EC koristi magnetsku zavojnicu sa izmjeničnom strujom da bi izazvala magnetsko polje u cijevi koje je ovisno o vremenu. To magnetsko polje uzrokuje stvaranje električne struje u vodljivom materijalu. [9]

Kako funkcionira (Slika 22.):

a- izmjenična struja koja se provodi kroz zavojnicu određenom fekvencijom stvara magnetsko polje oko zavojnice

b- kada se zavojnica postavi blizu električki provodljivog materijala, EC se inducira unutar materijala

c- promjene debljine materijala, oštećenja i nepravilnosti u materijalu dovode do poremećaja u magnetskom polju te se to može prikazati kao mjerenje varijacija u otporu zavojnice.



Slika 25. [9]

Gustoća Eddy struja je najveća u u blizini instrumenta te se za to područje dobije najveća rezolucija rezultata. Standardna debina penetracije (dubina utjecaja) je definirana kao dubina na kojoj je gustoća Eddy struja 37% od površinske vrijednosti koja se smatra najvećom. Eddy struje koje se provode u materijalima velike vodljivosti će biti osjetiljivije na nepravilnosti na površini cijevi, ali će imati manju dubinu penetraciju u materijal.

Faktori koji utječu na osjetljivost, rezoluciju i dubinu utjecaja(penetraciju)

- varijacije u provodljivosti materijala
- magnetska permeabilnost
- frekvencija izmjenične struje (AC)
- geometrija zavojnice

EC metoda se može provoditi unutar ili izvan cijevi. U urbanim vodnim sustavima se većinom koristi RFEC (Remote Field Eddy Current) in-line metoda koja se odvija unutar cijevi. RFEC

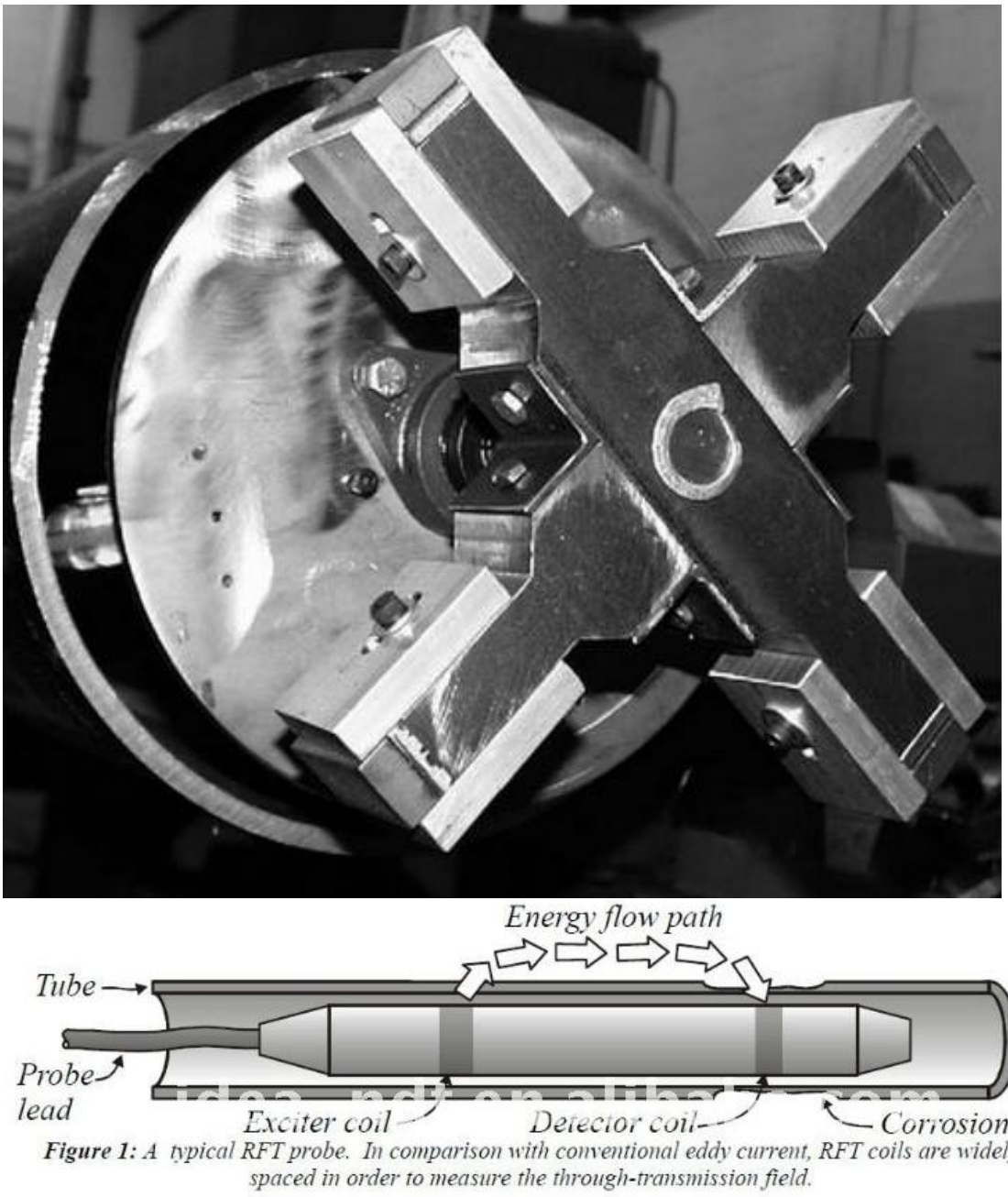


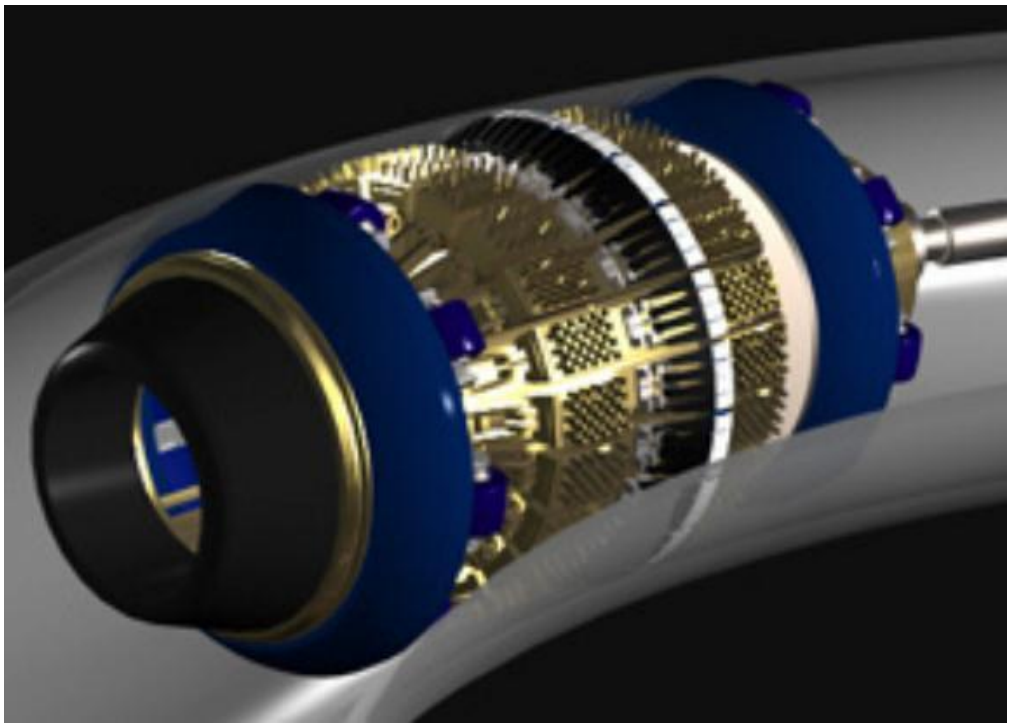
***Figure 1:** A typical RFT probe. In comparison with conventional eddy current, RFT coils are widely spaced in order to measure the through-transmission field.*

Slika 26. EC (eddy current) sustav [9]

5.3.4. Magnetic Flux Leakage (MFL)

.In-line MFL metoda inspekcije metalnih cijevi je jedna od preciznijih metoda koja koristi nedestruktivne elektromagnetske metode da bi u cijelosti skenirala cijev po dužini i promjeru da bi se otkrila oštećenja i nepravilnosti uzrokovana korozijom ili drugim utjecajima.

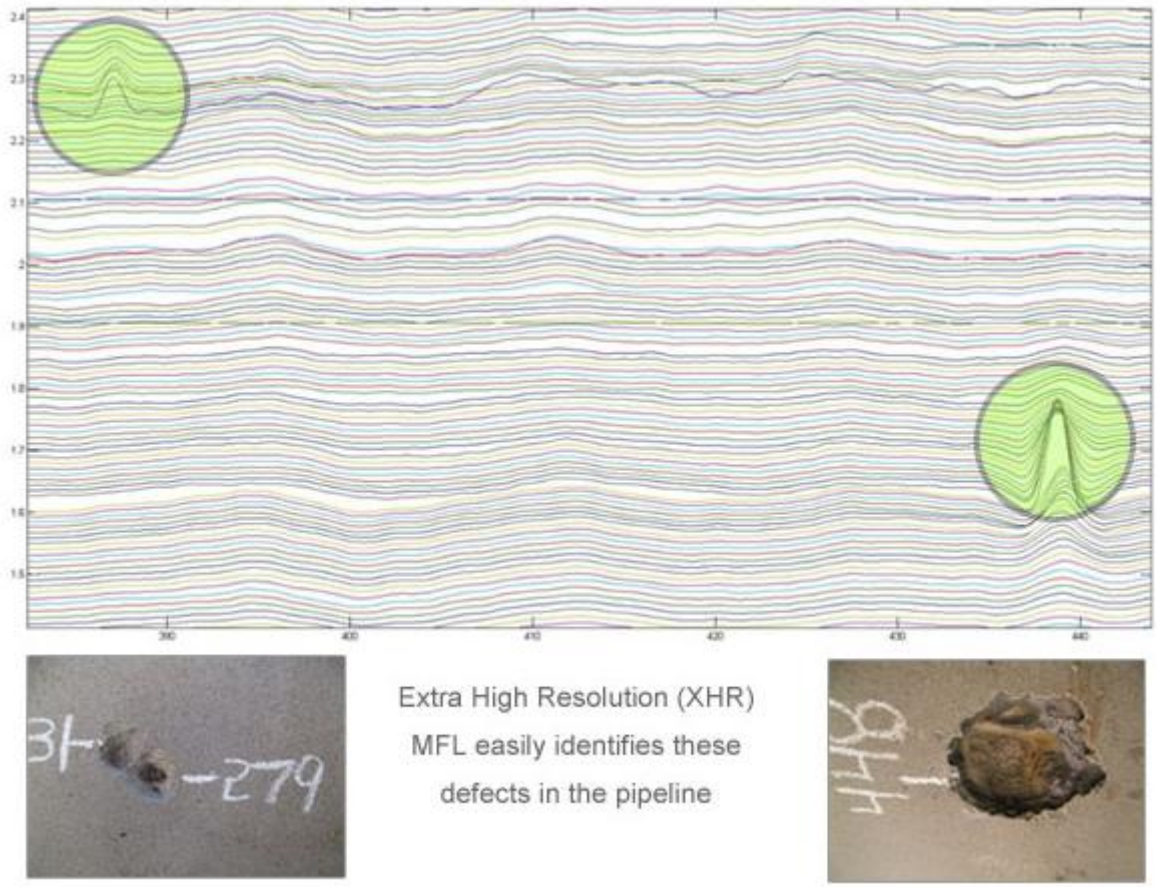
Ova tehnologija, poznata kao "smart pigging" postala je standardna u inspekciji naftnih i plinskih cjevovoda. Kod vodnih cjevovoda ova tehnologija ima ograničenu preciznost zbog korištenja metalnih cijevi čija je unutrašnja površina napravljena od cementnog morta. No i ta tehnologija se razvila te može prodrijeti u cijev do jednog inča.



Slika 27. Smart PIG sa ugrađenom MFL tehnologijom inspekcije [9]

Kako funkcionira :

Koriste se magneti koji privremeno magnetiziraju metalnu cijev, te se promjene u magnetskom polju snimaju i analiziraju. Magnetski tok je uniforman gdje ne postoje nepravilnosti na površini cijevi. Ako postoje nepravilnosti i oštećenja kao što su udubljenja, korozija i druge vrste oštećenja na unutrašnjoj ili vanjskoj strani cijevi magnetski tok postaje iskrivljen te se ta iskrivljenost mjeri sa Hall Effect senzorima.

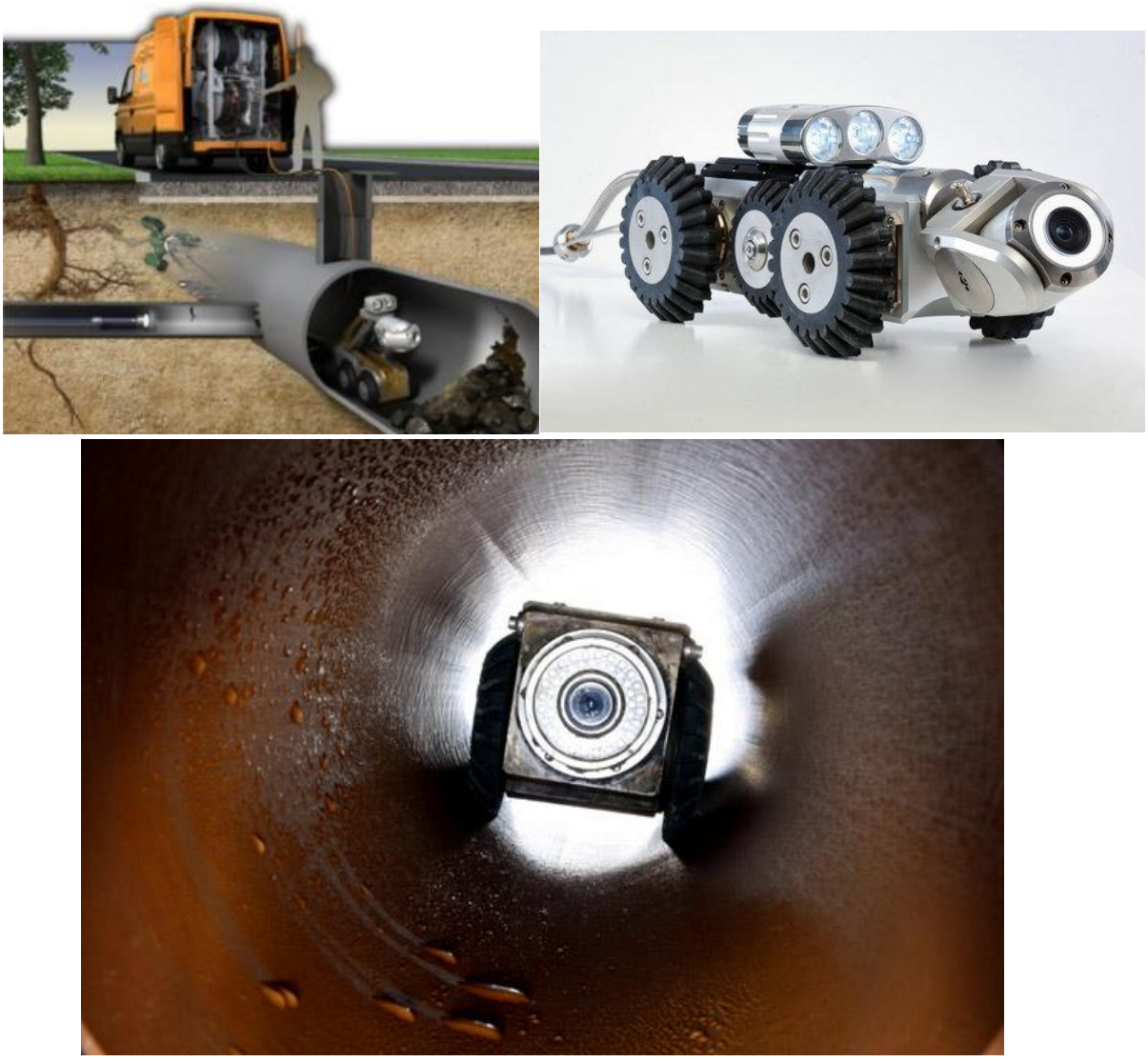


Slika 28. Rezultati oštećenja dobiveni MFL tehnologijom [9]

5.3.5. Visual Inspection

Vizualne metode inspekcije se baziraju na upotrebi CCTV-a (closed-circuit television). CCTC je standardna tehnologija za nedestruktivnu inspekciju unutrašnjeg stanja kanalizacijskih i oborinskih cijevi koja uključuje upotrebu robota na kojem je instalirana rotirajuća kamera i oprema za osvjetljenje. CCTV opremom upravljaju certificirano osoblje koje je obučeno za kontrolu robota i interpretaciju video snimaka.

CCTV tehnologija omogućuje otkrivanje anomalija na unutrašnjoj površini cijevi, pruža veliku količinu podataka u obliku slika i ilustrativni prikaz strukture. CCTV je ograničen na dobivanje podataka samo na površini cijevi iznad površine toka.

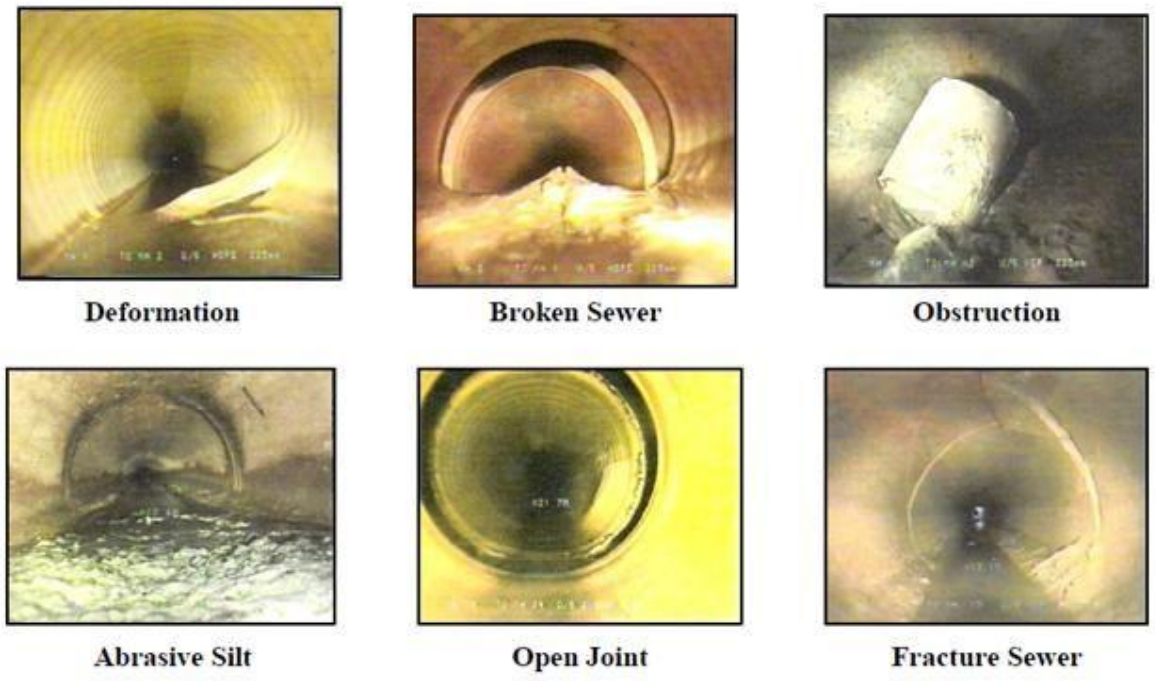


Slika 29. Prikaz CCTV opreme [11]

CCTV može otkriti nepravilnosti kao što su:

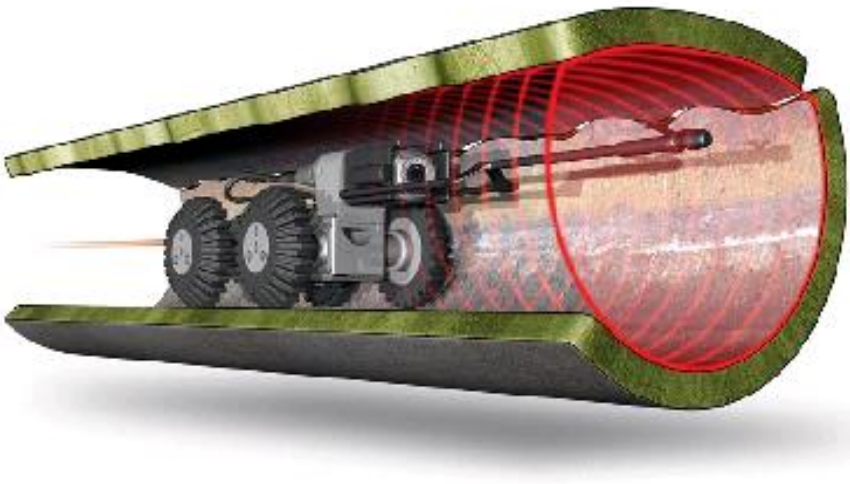
- longitudinalne/obodne pukotine
- lomove i deformacije
- površinske abarazije
- prodor korijena biljaka
- inkrustracija

Svakoj od cijevi se pripisuje određeni broj i ozbiljnost nepravilnosti te se na temelju toga dobije ocjena stanja cijevi definirana skalom 1-5. CCTV snimke zahtjevaju interpretaciju opaženih nepravilnosti, stoga je razivijeno nekoliko softvera koji to omogućuju (AQUA-selekt, AQUA-WertMin).



Slika 30. Primjeri nepravilnosti i oštećenja unutar cijevi [11]

Također su razvijeni sustavi koji uključuju CCTV i sonar tehnologiju. Sonar mjeri vrijeme potrebno izvoru zvuka (prasak) da prijeđe put od izvora do promatranog položaja i natrag. Poznavajući brzinu zvuka kroz određeni medij, može se lako izračunati udaljenost od izvora do promatranog položaja. Takav sustav je u mogućnosti da vrši inspekciju cijevi iznad površine toka (CCTV) i ispod površine toka (sonar).

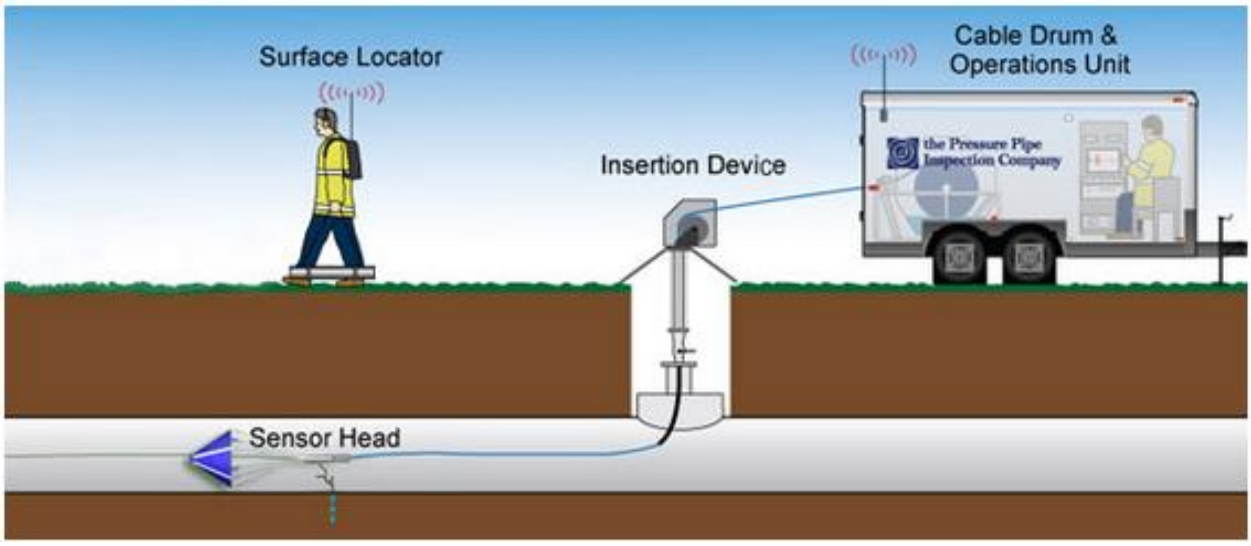


Slika 31. CCTV sa sonarom [12]

5.3.6. Sahara Leak Detection

Jedna od prvih tehnologija koja omogućuje uživo praćenje i inspekciju vodnih cjevovoda velikog promjera, te kompleksnih cjevovodnih mreža u urbanom području bez da se prekida usluga. Ova tehnologija omogućuje detekciju:

- Curenja
- Zarobljenog zraka
- Strukturalna oštečenja



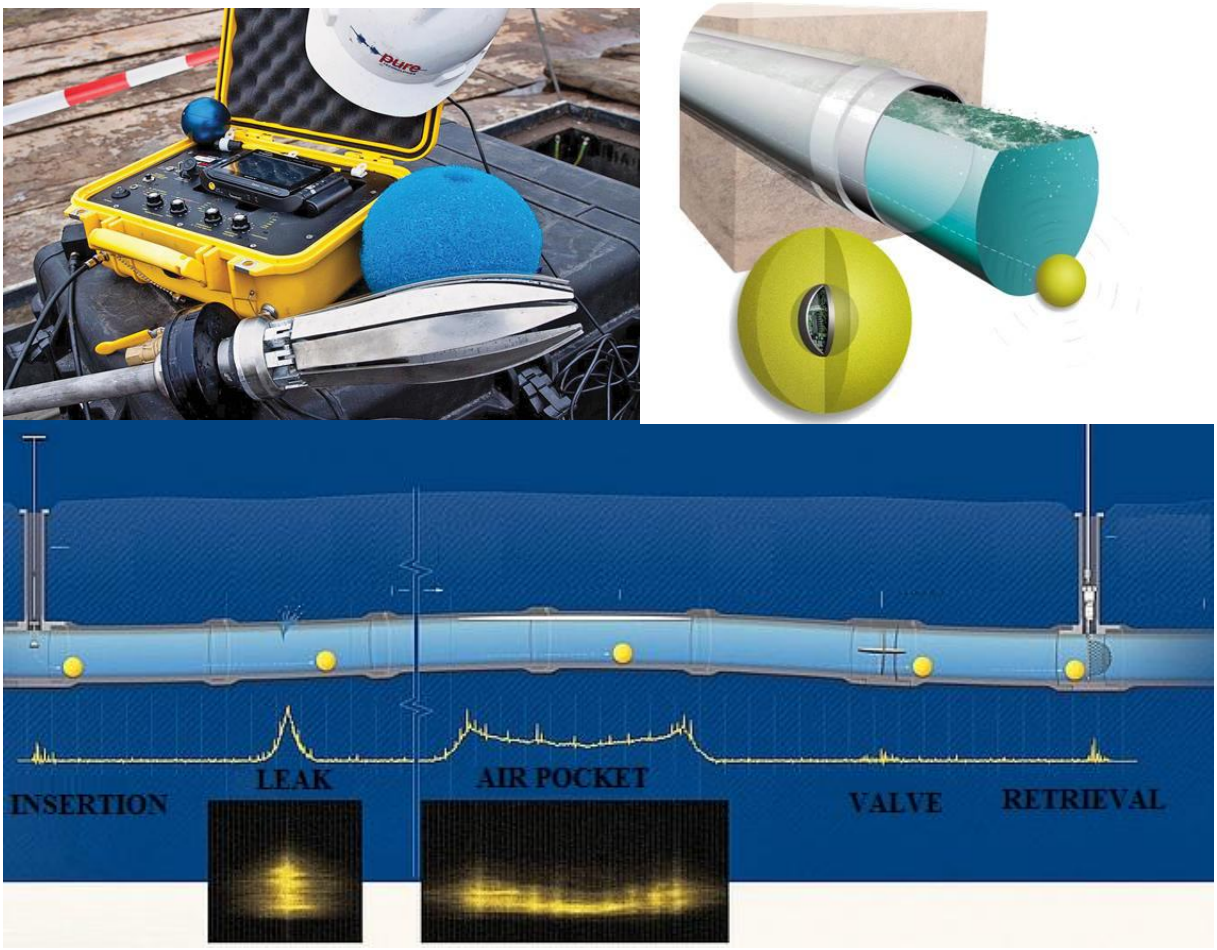
Slika 32. Shema Sahara Leak Detection metode [2]

SAHARA alat je privezan na površini i kontroliran od strane operatora da bi omogućio preciznu kontrolu i inspekciju sustava. Najprije se ubacuje Sensor Head alat unutar cijevi otvor promjera 50 milimetara. Zatim se otvara mali padobran koji sa već postojećim tokom vode unutar cijevi omogućuje alatu da se kreće kroz cijev. Na alatu je postavljen zvučni senzor koji omogućuje lociranje mjesta curenja. Također je na alat postavljena i CCTV kamera.

Slika 33. Sahara Leak Detection [12]

5.3.7. Smart Ball Leak Detection

Vrlo jednostavna tehnologija koja uključuje korištenje alata u obliku loptice koja se ubacuje u cjevovod te je pogonjena sa već postojećim tokom vode unutar cijevi. Alat je opremljen sa zvučnim senzorom koji omogućuje lociranje curenja unutar cijevovoda.

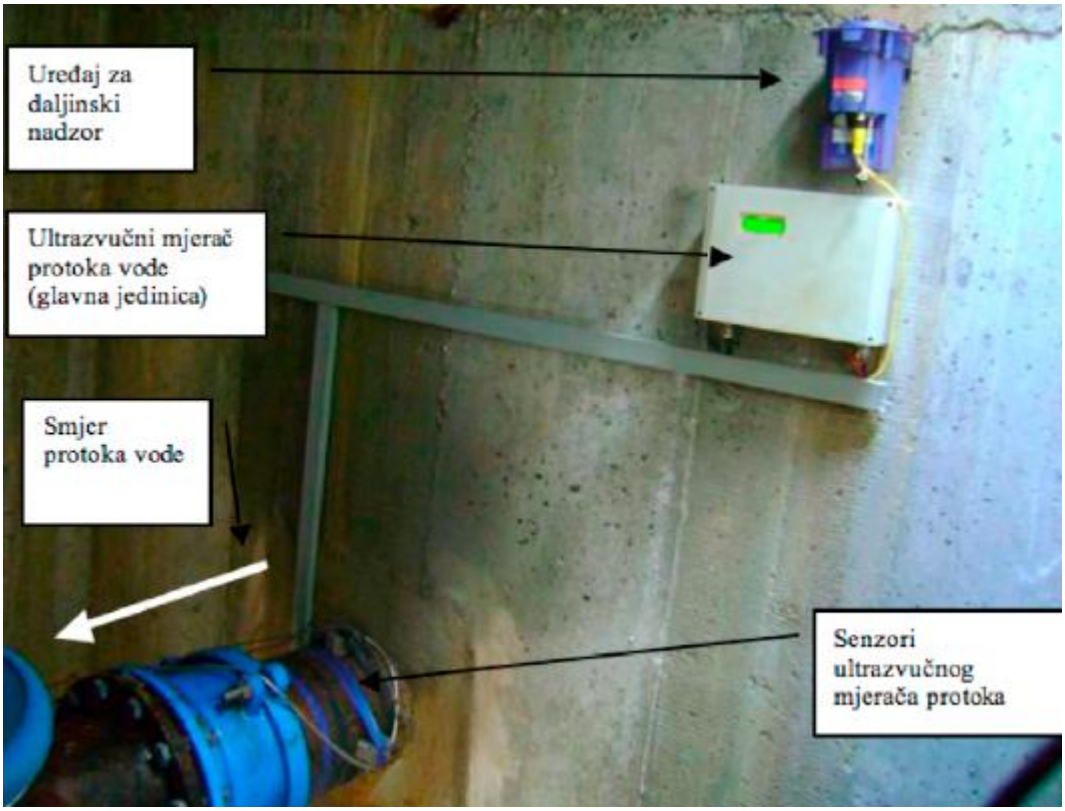


Slika 34. Smart Ball Leak Detection [12]

5.3.8. IWA tehnologija

Primjena uređaja i opreme za neposrednu detekciju mjesta curenja poznata je i u aktivnoj primjeni već dugi niz godina. Međutim u današnjim sustavima nije dovoljno učinkovita primjena samo te osnovne opreme (geofoni i korelatori). Sve se više uviđa da u aktivnostima ispitivanja je velika korisnost primjene prijenosnih mjerača protoka i uređaja za mjerenja tlaka. Pored spomenutog važno je istaknuti danas već široko poznatu korisnost kontinuiranog mjerenja unutar sustav (zone, vodospreme, itd.) i regulacije tlaka koja se sve više prepoznaje kao nezaobilazna mjere prevencije u sustavu. Već su ranije u tekstu spomenute računalne tehnologije koje kako na svjetskom nivou tako i kod nas sve više dobivaju na važnosti. Njihov daljnji razvoj vodi ka upotrebi veoma naprednih tzv. genetičkih algoritama koji će omogućiti djelomičnu a možda kasnije i potpunu automatizaciju upravljanja sustavom. U našem kontekstu ističem potrebu za primjenom programa za analizu stanja u sustavu i izračun

pokazatelja a što je vrijedan alat kako za one koji tek započinju sa aktivnijim djelovanjem u domeni smanjenja gubitaka vode, tako i za druge naprednije, kojima će omogućiti daljnja unaprjeđenja.



Slika 35. IWA tehnologija [13]

Tehnologija regulacije tlaka također je u velikom razvoju i treba istaći rješenja napredne regulacije tlaka (višestruke vrijednosti tlaka određene vremenom ili trenutnom potrošnjom) upravljane elektronski ili hidraulički. Posebna novina su rješenja samoučećih sustava automatske kontrole tlaka koji se samostalno prilagođavaju stvarnim prilikama u sustavu. [13]

5.4. Upravljanje rizikom

Unutar urbanog vodnog sustava postoji konstantni proces popravljanja i zamjene zastarjelih cijevi da bi se spriječili kvarovi. Korištenjem rizika otkazivanja i prioritiziranja potreba za zamjenom ili popravkom cijevi olakšava se proces popravka i zamjene kod poduzeća koja imaju ograničen novčani proračun. Rizik se definira kao kombinacija vjerojatnosti pojave kvarova i posljedice kvarova na uslugu. Vjerojatnost kvarova uključuje:

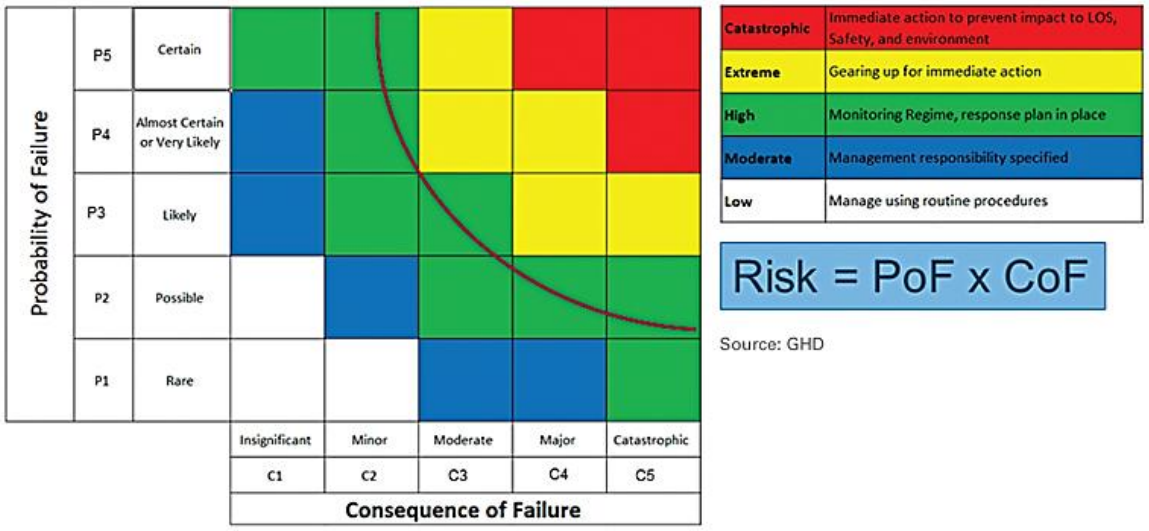
- Fizičko stanje cjevovoda (pukotine, udubljenja, korozija,...)
- Starost i vijek trajanja cijevi

- Povijesni pregled kvarova na cjevovodu
- Kapacitet/učinkovitost

Posljedica kvarova je mjera utjecaja na zajednicu i korisnike, te se odnosi na:

- Zdravlje
- Sigurnost
- Razinu usluge

Ocjena rizika (vjerojatnost x posljedica = rizik) je podijeljena u kategorije zamjene i popravka koristeći matrice rizika.



Slika 36. Primjer matrice rizika (Rizik = Vjerojatnost x Posljedica) [14]

Na temelju ulaznih podataka o stanju cjevovoda koji se mogu dobiti sa metodama inspekcije, svaka od cijevi u cjevovodnoj mreži je određena sa stupnjom rizika nastanka kvara. Također se mora uzeti u obzir važnost cijevi i spojeva, npr, duža cijev je važnija od kraće jer prilikom kvara duže cijevi negativne posljedice su veće, također važnost cijevi i spojeva ovisi o položaju cijevi u mreži, o tlakovima, itd. AWARE-P softver važnost svake komponente mreže računa tako da usporedi potražnju koju mreža može zadovoljiti kada je neka od cijevi u kvaru i ukupnu potražnju koju isporučuje netaknuta mreža (bez kvarova). Dalje se na temelju važnosti svakoj od cijevi pridaje težinski koeficijent. Na slici 30. je prikazana cjevovodna mreža vodoospkrbnog sustava i prikaz rizika nastanka kvarova na svakoj od cijevi.

Slika 37. Prikaz analize kvarova na vodoopskrbnoj mreži (uzeto iz AWARE-P softvera) [7]

6. PRIMJENJIVOST METODA UPRAVLJANJA URBANIM VODNIM SUSTAVOM U HRVATSKOJ

6.1. Metodologija izrade programa upravljanja urbanim vodnim sustavom u Hrvatskoj

Program se formalno temelji na Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva koji sadrži dogovorene aktivnosti i rokove vezane uz njihovu provedbu.

Zadovoljavanje zahtjeva iz vodno-komunalnih direktiva otežano je mnogim jedinicama lokalne samouprave (u čijoj je nadležnosti organiziranje javne vodoopskrbe i odvodnje, putem isporučitelja vodnih usluga), jer se u njihovoj provedbi moraju pomiriti dva međusobno suprotstavljena čimbenika. Prvi je obveza provedbe vodnokomunalnih direktiva (uz prednosti, poboljšanje standarda, bolje higijensko/zdravstvene uvjete i dr.), koja zahtijeva velika ulaganja, a drugi je realna, financijska mogućnost ili nemogućnost da se preuzeta obveza i izvrši. Prostorna raspršenost stanovništva, te različiti stupnjevi opće gospodarske razvijenosti dodatno usložnjavaju problem. Razlike između potreba, obveza i mogućnosti su različite na različitim razinama sustava, stoga je nužno pri raspodjeli tereta uspostaviti kriterije za procjenu koji dio tereta, kojim korisnicima i kojem području se kroz cijenu usluge smije dodati a da bude financijski ostvariv. [17]

6.2. Javna vodoopskrba

Javnu vodoopskrbu karakterizira složena situacija. Isprepleteni su

- zahtjevi propisa o vodi za piće koja se isporučuje putem organizirane vodoopskrbe, ne nužno i javne vodoopskrbe,
- način na koji se odvija javna vodoopskrba, putem velikog broja isporučitelja vodnih usluga koji često dijele nadležnost nad tehničko-tehnološkom vodoopskrbnom cjelinom,
- činjenica da se dio isporuke vode za piće obavlja putem neadekvatno organiziranih tvrtki ili udruga građana, što otežava kapitalna ulaganja i održavanje takvih sustava te dovodi u pitanje sigurnost vodoopskrbe,
- potreba stanovništva za priključenjem te strateško opredjeljenje da se povećanje opskrbljenosti i izvrši, kao i

- potreba za unaprjeđenjem postojećeg sustava ili organizacije na vodoopskrbnom području[9] i uslužnom području isporučitelja vodnih usluga.

Analiza stanja i zahtjeva rezultirala je uspostavom kriterija za vrstu i obuhvat ulaganja u javnu vodoopskrbu:

- **Kriterij I**, osiguranje/unaprjeđenje kvalitete vode za piće u sustavima kojima se opslužuje više od 50 % stanovnika prema propisanim standardima i rokovima,
- **Kriterij II,** razvoj koji osigurava povećanje priključenosti, naročito u naseljima gdje je ista ispod 80%, te povećanje kvalitete i sigurnosti usluga.

Program predviđa ulaganja po Kriteriju I do potpunog zadovoljenja, dočim se ulaganja po Kriteriju II prilagođavaju mogućnostima na uslužnom području.

6.3. Javna odvodnja

Javnu odvodnju karakteriziraju visoki ali jasni zahtjevi za pročišćavanjem otpadnih voda, a za diskusiju su obuhvat javne odvodnje koji ovisi o isplativosti takvog načina organiziranja odvodnje, te s tim u vezi i postotak priključenosti.

Kriteriji za vrstu i obuhvat ulaganja u javnu odvodnju[13]:

- **Kriterij I**, pročišćavanje otpadnih voda prema propisanim standardima i rokovima,
- **Kriterij II,** razvoj i osiguravanje priključenosti na javne sustave, te povećanje kvalitete i sigurnosti usluga.

Program predviđa ulaganja po Kriteriju I do potpunog zadovoljenja u odnosu na postojeće potencijalno opterećenje, dočim se ulaganja po Kriteriju II prilagođavaju mogućnostima na uslužnom području.

6.4. Zajednička provedba

Usko povezani, sustavi vodoopskrbe i odvodnje komunalnih otpadnih voda, s međusobno ovisnom izračunu količina isporučenih usluga upućuju na zajedničku analizu provedbe, odnosno zajedničko upravljanje. Pri tom se ne zanemaruje zasebna analiza u izvedbenom smislu. Provedba vodno-komunalnih direktiva najveći utjecaj ima na cijenu vodnih usluga, koja prije svega mora ovisiti o socijalnoj prihvatljivosti iznosa koji plaćaju građani. Troškove upravljanja urbanim vodnim sustavima sa sobom nose ostale troškove poput

amortizacije, troškove pogona i održavanja za novoizgrađene vodne građevine, PDV, troškove kreditnih zaduženja i sl. Analiza troškova izgradnje i ostalih troškova, izrađena u sklopu Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva, ukazala je da u ukupnoj strukturi troškova provedbe vodno-komunalnih direktiva, troškovi izgradnje iznose svega 25 % do 50 % ukupnih troškova (ovisno o godini realizacije). Ovime se ukazuje kako veliku pažnju treba posvetiti i troškovima koji prate investicijska ulaganja u upravljanje urbanim vodnim sustavima. U Hrvatskoj se sve više koristi nova tehnologija za analizu i mapiranje cjevovoda (CCTV i IWA tehnologija) te se tako približava integralnom pristupu upravljanja urbanim vodnim sustavom. [17]

6.5. Upravljanje urbanim vodnim sustavom grada Sinja

6.5.1. Osnovni podaci o sadašnjem stanju i ciljevi

Za vodoopskrbu područja grada Sinja voda se crpi s vodocrpilišta Ruda i Kosinac. Prosječna starost mreže je 40 godina, a gubitci su veliki i iznose preko 50 %, te su tlakovi na nekim područjima mreže previsoki. Na području Sinju priključenost na vodoopskrbu iznosi 98%, a prosječna potrošnja po stanovniku iznosi 138 l/dan/po potrošaču. Na postojeću mrežu odvodnje u gradu Sinju, prema podacima od djelatnika „Vodovoda i odvodnje Cetinske krajine“, priključenost iznosi oko 56%, dok ostala naselja nemaju odvodnju. Cijena vodne usluge sastoji se od varijabilnog dijela, fiksnog dijela, raznih naknada i PDV-a. Varijabilni dio cijene vodne usluge za vodoopskrbu iznosi 3,85 kn/m3, za odvodnju 0,39 kn/m3, a za pročišćavanje 0,39 kn/m3. Fiksni dio cijene vodne usluge za vodoopskrbu iznosi 12,98 kn po potrošaču, te za vodoopskrbu i odvodnju i pročišćavanje 18,56 kn po potrošaču. Na ovo treba dodati naknadu za korištenje voda, naknadu za zaštitu voda i PDV. Treba napomenuti da se u skorašnje vrijeme očekuje povećanje cijene vode.

Što se tiče ciljeva koje je potrebno ostvariti, teži se smanjenju gubitaka u cjevovodnoj mreži optimalnu razinu, te se teži obnovi sadašnjeg stanja odvodnje i povećanju priključenosti na sustav odvodnje. Problem sa gubicima se većinom odnosi na ilegalne priključke na vodoopskrbnu mrežu. Također se javlja problem sa neplaćanjem računa određenih ustanova koje iskorištavaju ovu vrstu javne usluge. U sustavu odvodnje također postoji problem ilegalnih priključaka, te tako fekalna kanalizacija dospijeva u oborinsku koja na nekim mjestima teče u otvorenim kanalima te se tako javlja nesnošljivi smrad na određenim mjestima u gradu.

6.5.2. Primjenjivost metodologija upravljanja na grad Sinj

Iz priloženog se može vidjeti da stanje urbanog vodnog sustava grada Sinja nije dobro. Nepravilno upravljanje sustavom, nedostatak financijske moći i nedostatak stručnosti ne doprinosi poboljšanju stanja. Stoga se javlja potreba za pravilnim i integralnim upravljanjem urbanim vodnim sustavom. Sama volja i želja za poboljšanjem stanja do prije par godina nije bila dovoljna zbog nemogućnosti ulaganja i nedostatka financija. Ulaskom u Europsku Uniju to stanje se promijenilo. Naime Europska Unija financijski doprinosi pri izgradnji i upravljanju urbanih vodnih sustava. No i danas kada je dostupna financijska moć ponovno se teži kratkoročnim rješenjima, te se ne sagledava budućnost urbanog vodnog sustava, odnosno kasnije praćenje i održavanje sustava. U prošlosti su se urbani vodni sustavi olako shvaćali zbog bogatstva čiste vode koja se nalazi u Hrvatskoj te se praktično nije trebalo brinuti o ovakvoj vrsti javne usluge. No danas ovaj tip usluge postaje sve važniji i povezaniji sa više aspekata života u urbanim sredinama. Stoga se svi problemi koje nagomilaju pri nepravilnom upravljanju bacaju na teret građana jer se većinom u tim situacijama povećavaju cijene ovakve vrste javne usluge.

Na temelju rečenog može se zaključiti da u gradu Sinju, pa tako i u drugim urbanim sredinama u Hrvatskoj zasada nije moguće u potpunosti primijeniti moderne metodologije upravljanja urbanim vodnim sustavom. No, pristup upravljanju urbanim vodnim sustavima se treba mijenjati. Potrebno je stvoriti programe koji će omogućiti usvajanje znanja i stručnosti u ovome području, te tako izučiti postojeće i buduće inženjere.

7. ZAKLJUČAK

Urbani vodni sustav objedinjuje sustav vodoopskrbe i odvodnje. Znatne promjene koje se događaju u svijetu sve više utječu na urbani vodni sustav te taj sustav više ne uzima u obzir samo vodoopskrbu i odvodnju nego se počinju nadovezivati mnogi drugi aspekti života u urbanim sredinama. Stoga upravljanje urbanim vodnim sustavom postaje složen zadatak koji zahtijeva uravnoteženje više ograničavajućih okvira: financijskih, kadrovskih, infrastrukturnih, zakonskih, okolišnih, kulturnih, civilizacijskih itd.

Infrastructure Asset Management (IAM) of urban water systems je jedna od metodologija koja donosi integralni multidisciplinarni skup strategija upravljanja urbanim vodnim sustavom. Takav integralni pristup upravljanju omogućuje uravnoteženje svih komponeneta i ograničavajućih okvira urbanog vodnog sustava.

Razvojem tehnologije, upravljanje urbanim vodnim sustavom postaje olakšano, te korištenje upravljačkih alata i softvera postaje nezaobilazno. Danas ti alati omogućuju širok spektar mogućnosti od koji su: pregled komponenti sustava, postavljanje planskih alternativa, mapiranje i digitalizacija sustava.

Međutim za kvalitetno i pravilno upravljanje sustavom i korištenje softvera potrebno je prikupiti dovoljno podataka o sustavu. Metodama inspekcije i praćenja sustava omogućuje se takva analiza sustava. To sve dovodi do digitalizacije sustava koji se ažurira te kao takav predstavlja jednostavan i organiziran pristup upravljanju urbanim vodnim sustavom.

Program upravljanja urbanim vodnim sustavom je u nekim državama u svijetu već na snazi. Međutim u Hrvatskoj se dosta sporo implementira ovaj program. Razlog tomu su slabo postavljeni temelji, uplitanje politike i nestručnih osoba. Stoga zbog neorganiziranosti pa tek onda financijske nemoći se u urbanim sredinama teži kratkoročnim rješenjima pri upravljanju urbanim vodnim sustavom.

U Hrvatskoj je napravljeno nekoliko koraka naprijed što se tiče tehnologija inspekcije i praćenja sustava, no još postoji zaostatak u planiranju, odabiru rješenja i postavljanju ciljeva. Da bi došlo do promjena najprije je potrebno isključiti iz ovog procesa uplitanje nestručnosti te se okrenuti usvajanju novih znanja i vještina koje bi pomogle pri organiziranosti i pravilnom pristupu. Implentiranje programa upravljanja urbanim vodnim sustavom ne dolazi preko noći stoga je od ključne važnosti obrazovanje sadašnjih i budućih generacija inženjera u ovome polju stručnosti.

LITERATURA

[1] Rozić, Ž., Margeta, J., Knezić, S. (2007). Modeliranje urbanog vodnog sustava, GRAĐEVINAR, 59 (2)

[2] Margeta J. (2007). Promjene u svijetu i gospodarenje urbanim vodnim sustavom, GRAĐEVINAR

[3] http://info.grad.hr/!res/odbfiles/1823/predavanja/1.2-pi.pdf

[4] http://info.grad.hr/!res/odbfiles/1823/predavanja/2.2-pi.pdf

[5] Helena Alegre and Sérgio T. Coelho (2012). Infrastructure Asset Management of Urban Water Systems, Water Supply System Analysis - Selected Topics, Dr. Avi Ostfeld (Ed.), ISBN: 978-953-51-0889-4,InTech,DOI:10.5772/52377.

[6] http://baseform.com/np4/home

[7] http://baseform.com/np4/apps/awareApp.html

[8] http://baseform.com/np4/trial.html

[9] Piervincenzo Rizzo, "Water and Wastewater Pipe Nondestructive Evaluation and Health Monitoring: A Review," Advances in Civil Engineering, vol. 2010, Article ID 818597, 13 pages, 2010. doi:10.1155/2010/818597

[10] http://smartpigs.net/

[11] http://www.envirosight.com/

[12] https://www.puretechltd.com/technologies-brands/purenet

[13] http://www.juricakovac.com/images/Problematika_gubitaka_vode_u_vodoopskrbi-_svjetski_trendovi_i_dostigni_a__Jurica_Kova__fullpaper_v3UTVSI.pdf

[14] Shaikh, F. (2010). Aging Infrastructure and Decreased Budgets: How local governments can use technology to maximize ROI on infrastructure assets in 2010 and beyond, Retrieved April 2, 2010, Retrieved from WaterWorld: http://www.waterworld.com

[15] Ispass, A. (2008). A Practical Approach to Implementing Asset Management. *2008 WEF Utility Management Conference*. Tampa.

[16] Pollard, S. (2007). *Risk Management for the Water Utility Sector*. IWA Publishing.

[17] http://www.mps.hr/UserDocsImages/SAVJETOVANJA%20ZI/2015/Visegodisnji%20program%20gradnje%20KVG_listopad_2014.pdf

[18] Data Requirements for Integrated Urban Water Management: Urban Water Series - UNESCO-IHP, Tim Fletcher, Ana Deletic