

AMR/AMI rešitve za merjenje porabe, zmanjševanje izgub in hidravlično optimizacijo v vodovodnih distribucijskih omrežjih

Kristjan Gašperin, Bojan Likar
Kolektor Sisteh, d.o.o., Šlandrova ulica 10, 1231 Ljubljana-Črnuče
kristjan.gasperin@kolektor.com, bojan.likar@kolektor.com

AMR/AMI solutions for measuring of consumption, reducing of losses and for hydraulic optimization in water distribution networks

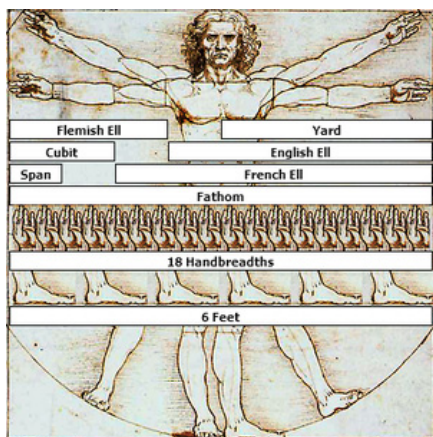
The era of smart devices has brought a series of smart solutions that facilitate and allow us a better overview of any operational system. Water distribution systems, as strategic systems for drinking water supply, are no exception. Also in this field are being used increasingly sophisticated solutions for establishment of a smart distribution networks on the basis of remote monitoring and management of measuring equipment, with a wide range of adjustable performance options, which are becoming a very powerful diagnostic tool. Good diagnostics and good measurements and thus a good knowledge of the distribution system, are the foundation of any optimization. With the help of AMR/AMI solutions and indication of strategic measuring points, together with proper selection of the measuring equipment, we get a powerful tool with a wide range of useful information for the creation of adaptive and resilient distribution networks with an emphasis on automated monitoring of water consumption, the elimination of water losses, overload in certain parts of the network and failures in distribution network.

Kratek pregled prispevka

Doba pametnih naprav je prinesla vrsto pametnih rešitev, ki nam olajšujejo in omogočajo boljši pregled nad katerim koli sistemom delovanja. Vodovodni distribucijski sistemi, kot strateški sistemi za oskrbo s pitno vodo, niso pri tem nobena izjema. Tako se tudi na tem področju uporabljajo vedno bolj dodelane rešitve za postavitve pametnih distribucijskih omrežij, ki na podlagi daljinskega nadzora in upravljanja merilne opreme, z vrsto nastavljivimi možnostmi delovanja, postajajo zelo močno diagnostično orodje. Dobra diagnostika oziroma dobre meritve in s tem dobro poznavanje distribucijskega sistema, pa so temelj vsakršne optimizacije. S pomočjo AMR/AMI rešitev in postavitvijo strateških točk merjenja, s pravilno izbiro merilne opreme, dobimo močno orodje z vrsto uporabnimi podatki za vzpostavitev prilagodljivih in stabilnih distribucijskih omrežij s poudarkom na avtomatiziranem spremljanju porabe vode, odpravljanju vodnih izgub, preobremenjenosti določenih delov omrežja in okvar distribucijskega omrežja.

1 Zgodovina merjenja

V razvoju človeštva imajo merjenje in meritve zelo pomembno vlogo. Že preprosta ljudstva so potrebovala osnovne meritve pri mnogih opravilih: gradnji bivališč, ustrezne oblike in velikosti, oblikovanju oblačil in menjalnem trgovanju s hrano in naravnimi materiali. Enote merjenja so bile tako med zgodnejše izumljenimi orodji človeštva in dolžina ena prvih merjenih količin. Pri določanju enot jim je služila kar uporaba delov človeškega telesa in pojavov iz naravnega okolja kot merilnih instrumentov (glej sliko 1) [3].



Slika 1: Nekateri enote merjenja, povzete po delih človeškega telesa.

Vsaka kultura je morala imeti enote, s katerimi so merili blago, ki so si ga izmenjavali. To pa za trgovanje ni bilo ugodno, saj se za enoten sistem merjenja niso mogli dogovoriti. Z vse večjim razmahom obrti in trgovine je bila potreba po enotnih merah vedno večja. Težave so reševali tako, da je navadno vladajoči kralj določil obvezno enoto in tako vsaj za večje področje rešil zadrego, vendar nikomur izmed njih ni uspelo popolnoma poenotiti merskega sistema – niti Juliju Cezarju (1. stoletje pr. n. št.), ki je uspel preurediti koledar, niti kasneje angleškemu kralju Henriku I. (1068 - 1135), ki je za merjenje dolžine uvedel jard (0,944 m), ki ga je določil kot razdaljo od nosu do vrha prstov svoje iztegnjene levice, kakor tudi ne kralju Edvardu II. (1284 – 1372), ki je uvedel colo ali

palec (inčo) tako, da je v vrsto postavil tri ječmenova zrna iz sredine klasa [3].

2 Sodobno poznavanje merjenja

Ne glede na dobo, v kateri opredeljujemo merjenje, je rezultat merjenja vedno isti. To je fizikalna količina, kakor danes v fiziki in tehniki pojmujeemo izsledek merjenja. Količina nam daje boljši uvid v poznavanje objekta merjenja, poleg tega pa je osnova za katero koli nadaljnjo delitev, menjavo in trgovanje.

Zgodovinsko gledano se je kar velik preskok zgodil zlasti na področju merilnih instrumentov in načina merjenja fizikalnih količin. Če so prvotno za merilne instrumente uporabljali predvsem dele človeškega telesa in pojave iz narave, ki so dajali le eno meritev (npr. določen del telesa se je uporabljal samo za merjenje dolžine, naravni pojav samo za merjenje mase oz. volumna, itd.), pa so sodobni merilni instrumenti nekakšni "hibridi", ki omogočajo več meritev hkrati (npr. današnji "pametni" vodomeri lahko merijo trenutni pretok, skupno količino, temperaturo, tlak...), predvsem pa omogočajo bistveno hitrejše merjenje, diagnostiko, zgodovino predhodnih meritev, analizo medsebojnega vpliva meritev, skratka "razmišljajo" namesto človeka, poleg tega pa omogočajo še daljinski prenos podatkov merjenja. Zato jih v sodobnem času označujemo s pojmom pametni merilni instrumenti. Prednost tovrstnega "razmišljanja" pametnih merilnih instrumentov je v avtomatizaciji procesov merjenja in analiziranja, ki dajejo objektivne, fizikalno natančne in hitre informacije, kar se najbolje obnese v kritičnih situacijah, ko je za učinkovito reševanje potreben prav hiter odziv na podlagi objektivnih meritev.

3 Razvoj pametnega merjenja (Smart Metering)

Če smo pri razvoju merjenja šli v najzgodnejšo dobo civilizacije, pa je pojav pametnega merjenja bistveno novejši pojav in sega v leto 1972, ko je Theodore George "Ted" Paraskevacos med konstruiranjem Boeinga v

Huntsvillu, Alabama, razvil sistem nadziranja senzorjev, ki je uporabljal digitalni prenos v primerih alarmov za varnost, požar in nujno medicinsko pomoč, omogočal pa je tudi možnost daljinskega odčitavanja merilnih instrumentov za vsa gospodarska podjetja. Na podlagi te tehnologije se je razvila tudi avtomatska identifikacija telefonske številke, poznana kot Caller ID, za katero je leta 1974 prejel tudi priznanje "U.S. patent".

Z razvojem je šel še naprej, tako je leta 1977 razkril Metretek, Inc., s katerim je proizvedel prvo popolnoma avtomatsko, komercialno dostopno postajo za daljinski popis merilnikov in "primitivni" programski paket za sistem upravljanja s temi podatki (glej sliko 2) [3].



Slika 2: Postaja za daljinski popis merilnikov.

S to pridobitvijo, se je daljinski nadzor merilnih instrumentov samo še stopnjeval in razvijal do te mere, da danes govorimo samo še o pametnih rešitvah daljinskega nadzora s popolnoma avtomatiziranim beleženjem podatkov, analizi, daljinskem prenosu in upravljanju teh podatkov.

4 Pametne tehnologije in vodovodna distribucijska omrežja

4.1 Pomembnost in značilnost pametnih tehnologij

Pomembnost pametnih tehnologij je strnil g. Mike Lawrence, U.S. Department of Energy's Pacific Northwest National Laboratory's associate laboratory (PNNL), direktor za energijo, znanost in tehnologijo, "Lahko investiramo v načine, ki jih poznamo še iz preteklosti, ali pa uporabimo inteligentne

sisteme, da za distribucijo energije napravimo tisto, kar je internet napravil za komunikacije." Rob Pratt, znanstvenik na PNNL pri tem dodaja, "Do sedaj informacijska tehnologija ni beležila pretiranega vpliva na energetske infrastrukturo. Vendar se bo to spremenilo."

Vse cenejša informacijska tehnologija v kombinaciji s poceni širokopasovno komunikacijsko infrastrukturo bosta odigrala pomembno vlogo v postavljanju pametnih omrežij (smart grid).

Pomembnost pametnih tehnologij se da razumeti na osnovi pametnih merilnih instrumentov, ki beležijo detajlne podatke uporabe energije in omogočajo telemetrijo - pametne merilne instrumente se lahko odčitava na daljavo, zaradi česar ni več potrebe lokalnega popisovanja [6].

4.2 Kaj je pametno omrežje?

Pametno omrežje je sestavljeno iz povezav med dobavitelji, distributerji in potrošniki. Dobavitelji in distributerji predstavljajo gospodarska podjetja, za dobavo elektrike, zemeljskega plina in vode.

Trenutno se pametna omrežja omejujejo zgolj na dve veliki področji izboljšave: avtomatiziranega prenosa informacij vključno z real time podatki in standardizacijo omrežja, pri čemer lahko vsi udeleženi sektorji medsebojno komunicirajo. Tovrstne spremembe bodo zmanjšale stroške celotnega sistema in izboljšale učinkovitost celotnega omrežja.

Nekaj koristi pametnega omrežja:

- Daljinski monitoring in nadzor proizvodnje/porabe energije ter vseh sistemskih komponent
- Natančne in periodične meritve z uporabo digitalne tehnologije
- Boljše sprejemanje odločitev potrošnikov glede porabe njihove energije
- Dvosmerna (Two-way) komunikacija med omrežjem in končnimi uporabniki
- Bolj učinkovito upravljanje ponudnikov omrežja

- Implementacija kibernetike varnosti v celotnem sistemu
- Bolj informirano in bolj povezano medsebojno razmerje med dobavitelji in porabniki energije.
- Dolgoročna transparentnost – v današnji dobi digitalizacije je transparentnost nuja in zato neizogibna.
- Računalniško odločanje, ki omogoča hitro odzivnost in razločevanje.

Pri zasnovi in uspešni implementaciji pametne infrastrukture sta trenutno dve oviri:

- Globalna standardizacija - vsi udeleženci pametnega omrežja morajo biti medsebojno povezani. Omogočati mora tudi vsem nadaljnjim ponudnikom možnost vključevanja v pametno omrežje.
- Kibernetika varnost - zagotavljanje varnosti vseh udeležencev pametnega omrežja mora predstavljati najvišjo prioriteto. 15% investicij pametnega omrežja bo šlo prav za zagotavljanje najvišje varnosti vseh udeležencev [6].

Ko govorimo o implementaciji pametnih rešitev v vodovodna distribucijska omrežja, moramo upoštevati, da zanimanje za tovrstne implementacije zelo variira glede na geografske značilnosti področja, kjer se nahaja posamezno vodovodno distribucijsko gospodarstvo. Na področjih z bogatimi vodnimi viri še zdaleč niso usmerjeni v "pametno" ravnanje z vodnimi viri, kjer je navadno tudi prodajna cena vode bistveno nižja kot na področjih z omejenimi vodnimi viri. Nizka prodajna cena vode pa pomeni nizke prihodke za upravjalca in s tem manj investicijskih sredstev za nadgradnjo v "pametna" vodovodna omrežja. Popolnoma drugo zgodbo srečamo na geografskih področjih z omejenimi vodnimi viri, kjer je tudi prodajna cena vode bistveno višja, osveščenost pomembnosti vodnih virov pa toliko večja. Dober primer iz prakse s pomanjkljivimi vodnimi viri je zagotovo Izrael, kjer so že v letih 2001 in 2002 začeli postavljati prva pametna distribucijska omrežja z uporabo AMR vodomero, ki so omogočali popolnoma avtomatizirano popisovanje, ki je bolj natančno, zlasti pa hitrejšo. Zaradi tega je bila omogočena

bistveno višja frekvenca popisovanja in s tem tudi več meritev, ki so nudile boljši uvid v sam vodovodni sistem.

4.3 AMR/AMI rešitve

AMR rešitve (Automatic Meter Reading)

AMR rešitev je po definiciji opredeljena kot tehnologija za avtomatizirano zbiranje podatkov o porabi, diagnostiki in podatkov o statusih merilnih instrumentov (voda, plin, elektrika) s prenosom podatkov v centralno podatkovno bazo za namene obračuna, odpravljanja težav na sistemu in nadaljnje analize.

Tovrstna tehnologija se uporablja zlasti zaradi zmanjševanja stroškov periodičnih terenskih popisov merilnih instrumentov (voda, plin, elektrika). Naslednja prednost je v obračunu, ki je osnovan na real-time porabi in ne več na ocenah glede na porabo v predhodnih obdobjih ali na ocenah predvidene bodoče porabe. Real-time podatek skupaj z analizo pa sta v pomoč tako gospodarskim podjetjem kot tudi strankam (odjemalcem) zaradi boljšega nadzora nad proizvodnjo in porabo energentov (voda, plin, elektrika).

Ko govorimo o AMR tehnologijah, s tem označujemo oziroma vključujemo ročni terminal, mobilne in omrežne tehnologije zasnovane na telefoniji (žična in brez žična), radijski frekvenci (RF), ali PLC-jih (power line communication) [1, 2].

Primer iz prakse je zopet Izrael – Petach Tikva (Vrata Upanja), urbano naselje s 75.000,00 porabniki. Kot rešitev se je uporabila AMR rešitev proizvajalca ARAD, Dialog 3G vodomeri za drive-by daljinski radijski popis vodomero (868 MHz). V samo 5 letih so znižali vodne izgube iz 12% na 2% [1]!

AMI rešitve (Advanced Metering Infrastructure)

Poznane tudi kot napredne AMR rešitve. V osnovi AMR pomeni samo elektronsko zbiranje podatkov merjenja za namene obračuna. Z napredkom v tehnologiji so se pojavile tudi nadaljnje možnosti zajemanja, shranjevanja in pošiljanja večjega števila podatkov z merilnega

instrumentna (ne samo meritve) v centralno podatkovno bazo. Pri AMI sistemu se merilni instrumenti nadzirajo na daljavo (dvosmerna komunikacija). V to spadajo dogodki kot so manipulacija, alarm puščanja, nizek nivo baterije ali povratni tok.

AMI je nov termin, ki označuje uporabo AMR komponent, ki na osnovi tehnologije fiksnega omrežja pridejo v neposredno upravljanje gospodarskih javnih služb. Merilni instrumenti v AMI sistemu se označuje kot pametni merilni instrumenti.

Koristi AMI rešitev:

AMI nudi koristi gospodarskim podjetjem, distributerjem in strankam. Koristi se kažejo zlasti v povečani učinkovitosti sistema, detekciji izpada iz sistema, obveščanje o manipulacijah in zmanjšanju začetnih stroškov kot rezultat avtomatiziranega odčitavanja [1, 2].

Koristi za gospodarska podjetja:

- Zmanjšanje ne obračunane vode.
- Večja učinkovitost človeških virov.
- Takojšnja detekcija problemov, nedovoljenih posegov, puščanja in katerih koli anomalij v vodovodnem omrežju.
- Večja količina podatkov, omogoča boljše orodje za izvajanje pravih odločitev.
- Izognemo se napakam, ki se pojavljajo pri ročnem popisovanju, identifikacija profila potrošnika.
- Hiter in natančen obračun (povečuje dobiček).
- Takojšnje izboljšave storitev za stranke (transparentnost), zaradi tega krepitev (izboljšanje) podobe podjetja.
- Omogoča potrošnikom boljši pregled nad porabo vode.
- Manj verjetnosti za kontaminacije (okužbe) v omrežju.

Koristi za stranko/ uporabnika:

- Izboljšan obračun in sledljivost/ transparentnost porabe.

Slabosti AMI rešitev:

- Poseg v zasebnost – detajli pri porabi energije (voda, plin elektrika) razkrivajo

mного več o navadah potrošnika, kot pa sam odčitek.

- Večja verjetnost za neavtoriziran vpogled v porabo posameznika.
- Večji riziko zaščite zaradi oddaljenega dostopanja do podatkov.

Naj bo tudi tokratni praktični primer Izrael – Meimei Hadarom, agrikulturno naselje s 13.000,00 porabniki, vendar z več kot 20 milijoni m³ letne porabe vode. Kot rešitev se je uporabila AMR/ AMI rešitev proizvajalca ARAD, Dialog 3G AMI fixed network vodomeri za fiksno daljinsko radijsko popisovanje vodomerov. Rezultat - V samo 2 letih so znižali vodne izgube iz 8% na 2%, kar pomenilo prihranek 1,2 milijona m³ vode na leto! [1]

Zakaj AMR/ AMI rešitve in kaj s tem pridobimo v vodovodnem distribucijskem omrežju?

4.4 Implementacija AMR/ AMI rešitev

Pri implementaciji AMR/ AMI rešitev v vodovodno distribucijsko omrežje se poudarjajo zlasti tri glavne pridobitve:

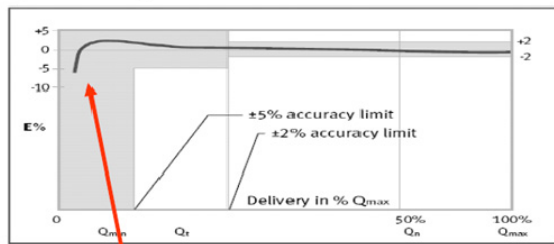
1. Znižanje stroškov.
2. Povečanje prihodkov.
3. Izboljšanje storitev za stranke.

Znižanje stroškov

Stroške znižujemo na več načinov:

- Optimizacija velikosti vodomerov.
Ena od prednosti nadzora vodovodnega sistema 24 ur na dan je v tem, da dobimo popolno sliko dejanske porabe vode. Z analizo dejanske porabe vode lahko optimiziramo velikost vodomera, s čimer zmanjšamo vodne izgube in povečamo prihodke z vsakega vodomera. Pri izbiri optimalnega vodomera moramo upoštevati: velikost porabnika, porabnikov delovni pretok (glej sliko 3) in ali pri porabniku obstajajo velika nihanja v porabi vode. Pomembno pri analizi porabe vode je tudi tip vode v cevovodu, ki vpliva na življenjsko dobo vodomera in s tem na izbiro ustreznega vodomera (pri trdi vodi izberemo manj občutljive vodomere) [1].

Accuracy Curve



Slika 3: Dejanski pretok porabnika mora biti čim bližji Q_n (Q_3) vodomera.

- Naslednje znižanje stroškov je zmanjšanje vodnih izgub.

Voda je življenjsko pomemben naravni vir, zaradi česar ji v zadnjem času posvečamo vse več pozornosti. Tudi svetovna razdelitev vodnih virov opozarja, da je treba z vodnimi viri ravnati karseda skrbno:

Sladkih voda na Zemlji je 2,6%, slanih 97,4%. Sladka voda se naprej deli na tekoče vode (26,9%) in led (73,1%). Tekoče vode pa se delijo še na površinske tekoče (1%) in podzemne vode, podtalnice (99%) [3].

Skupni volumen vseh voda na Zemlji je 1400 milijonov km³, od tega je razpoložljive čiste vode le 9 milijonov km³. Sama dejstva dajejo jasno sliko, da je globalna redukcija porabe vodnih virov neizogibno dejstvo.

Kljub zelo skrbnemu ravnanju z vodnimi viri pa še vedno beležimo ogromne vodne izgube v vseh vodovodnih distribucijskih omrežjih, predvsem zaradi [3]:

- zastarelosti distribucijskih omrežij in hidravličnih naprav (cevi, zaporni ventili, regulacijski ventili, merilniki pretokov, merilniki tlaka...). Pri tem nastajajo velike fizične vodne izgube, navadno več kot 40% celotnega obsega.
- zastarele tehnologije, zastareli management in odsotnost intervencij rednega in izrednega vzdrževanja.
- Preživetih načrtovanj vodovodnih omrežij, ki so danes precej bolj kompleksni kot so bili v fazi načrtovanja zaradi rasti samih vodovodnih omrežij, ki v preteklosti navadno niso bile niti predvidene.
- Nekontroliranih porab energije.

Koliko vode izgubljam in kje jo izgubljam prikazuje naslednja tabela (slika 4):

Skupna količina celotnega omrežja	Avtorizirana poraba vode	Obračunan a avtorizirana poraba vode	Izmerjena in obračunana poraba vode	OBRAČUNANA VODA
		NE obračunana avtorizirana poraba vode	NE izmerjena, vendar obračunana poraba vode	
Vodne izgube		Očitne vodne izgube	Izmerjena, vendar NE obračunana poraba vode	NE OBRAČUNANA VODA
		REALNE vodne izgube	NE izmerjena in NE obračunana poraba vode	
			Neavtorizirana poraba vode	
			NE natančni vodomeri	
			Izguba vode in prelivi vode v vodnih rezervoarjih	
			Izgube vode na zasebnih priključkih do vodomera	

Slika 4: Več kot 50% skupne količine vode celotnega omrežja je NE obračunane.

Optimizacija - Kaj storiti, da zmanjšamo vodne izgube in povečamo učinkovitost vodovodnega distribucijskega omrežja?

- Uporaba monitoringa tlaka in pretoka in njuna optimizacija
- Implementacija upravljalških numeričnih modelov, kalibriranih na izmerjenih podatkih
- Iskanje puščanj z lokalizatorji in merilnimi napravami (glej sliko 5) [3].



Slika 5: 1900, prve akustične naprave za detekcijo vodnih izpuh.

Pri distribuciji vode in načrtovanju optimalnega distribucijskega omrežja naletimo na **zahtevne prepreke**:

- Meritve še zdaleč niso tako enostavne, saj je potrebno upoštevati, da je vodovodni

distribucijski sistem živ in zaprt sistem, predvsem pa gre za sistem, ki je neviden ("skrit v tleh"), zaradi česar s prostim očesom ne zaznamo nikakršnih težav na samem sistemu.

- Ko se načrtuje distribucijski sistem in čeprav se dobro preračuna MAX pričakovani tlak, se z leti lahko spreminja – cevi zmanjšujejo notranji diameter (usedline se nabirajo na stenah cevi), priključenih je vedno več končnih odjemalcev (omrežje se širi), in po nekaj letih/ desetletjih je sistem lahko precej drugačen od osnovne kalkulacije, kar lahko povzroči okvare sistema!
- Poleg tega je pri načrtovanju distribucijskega sistema vedno potrebno upoštevati tudi dejstvo, da je v cevovodih vedno prisoten tudi zrak, zaradi česar moramo upoštevati, da se voda in zrak različno obnašata glede na:
 - a) *Gostoto* (specifični volumen, cm³/g) se pri zraku precej spreminja glede na tlak in temperaturne spremembe v cevovodu – če podvojimo temperaturo, podvojimo specifični volumen zraka (1 g zraka ob višji temperaturi potrebuje večji volumen). Če podvojimo tlak, se volumen zraka razpolovi, a pri tem obdrži konstantno maso.
 - b) *Dinamično viskoznost* (upornost tekočine na pretok; višja viskoznost, višja upornost na pretok). Voda je 1000-krat bolj viskozna od zraka, kar vpliva na hitrost pretoka. Zrak ima zaradi manjše viskoznosti bistveno hitrejši pretok od vode v podobnih pogojih. To lahko močno vpliva na odčitavanje vodomero, pri čemer je treba izpostaviti prednost pametnih ne-mehanskih vodomero (npr. ultrazvočnih), ki že zaznavajo zrak v cevovodu in ga ne registrirajo. Zaradi viskoznosti, ki je 1000-krat manjša od viskoznosti vode, se zrak giblje 1000-krat hitreje. Mehanski vodomeri imajo obilčajno propeler, ki se vrtil, ko skozenj teče voda. Ta propeler ne razlikuje med tekočinami, ki ga poganjajo. Ker je pretočna hitrost zraka mnogo višja in ko gre zračni mehur skozi vodomero, požene propeler mnogo hitreje kot voda. Posledično vodomero registrira višjo porabo kot sicer.

Ljudje, ki živijo v bolj poseljenih naseljih na vrhu hriba se lahko soočajo z nerealno visokimi računi za porabo vode, ker živijo v okoliščinah, kjer je prisotnost zračnih mehurjev zelo velika verjetnost. Pri veliko mehanskih vodomero so notranji sestavni deli v celoti iz plastike. Ko se ti plastični sestavni deli zavrtijo z veliko hitrostjo, proizvedejo vročino. Voda ni samo hladilni medij, pač pa tudi lubrikant. Zrak teh lastnosti nima, zaradi česar se zaradi visoke temperature ob vrtenju lahko stopijo plastični sestavni deli. Rezultat je okvarjen vodomero.

c) *Topnost zraka v vodi*. Topnost in temperatura: višja temperatura manjša je topnost zraka v vodi (več mehurčkov). Topnost in tlak, višji je tlak, večja je topnost zraka v vodi (manj mehurčkov). Zračni žepi, ki se nabirajo v cevovodu, fizično ovirajo pretok, včasih celo formirajo zračne bloke, ki popolnoma zaustavijo pretok, kar pomeni tudi velike izgube energije. Poleg tega zračni mehurji, ki se formirajo na vrhu cevi, predstavljajo ugodne pogoje za rast žvepljenih bakterij, ki proizvajajo žveplovo kislino, ta pa uničuje skoraj ves cevni material, razen plastike.

d) *Dejstvo je, da je zrak vedno prisoten in to vpliva na meritve*. Če vzamemo zrak iz vode (npr. da se zviša temperatura vode) je to enako, kot da je del pretoka vzeti iz vodne raztopine (npr. pri porastu od 15 °C – 30 °C se 0,49% zraka izloči iz vode (mehurčki); če je pretok npr. 1000 m³/ dan, se 4.8 m³/ dan zraka vsak dan razpusti iz vode.

- Naslednja prepreka pri zasnovi distribucijskega omrežja je kavitacija, ki je odvisna od izparitvenega tlaka vode - pri 1 ATM=14,5 PSI=1 bar, voda zavre pri 100 °C. Velikokrat se zgodi, da je tlak v cevovodu manjši kot 1 bar, npr. če imamo tlak 0,02 bar v cevovodu, voda zavre že pri 20 °C, kar je sobna temperatura. Tekočina izpari pri vseh tlakih (v cevovodu nastaja plin), ki so nižji od tlaka izparevanja, stabilna pa bo pri vseh tlakih, ki so višji od tlaka izparevanja.

Na koncu je potrebno omeniti tudi probleme in okvare, ki nastanejo zaradi odsotnosti zraka v

vodovodnem sistemu, torej pojav vakuumskih pogojev. Kjerkoli cevne povezave niso dobro zatesnjene in na mestih, kjer so razpoke ali globoke praske, vacuum vsrka vse kar je v bližini cevi. Če je cev v blatu, zemlji, se bodo le-ti vsrkali v cevovod, kar lahko ogrozi zdravje odjemalcev. Če pa je cevovod dobro zatesnjen, potem vacuum lahko povzroči sesedanje cevi, fittingov..., kar povzroči okvaro in puščanje (glej sliko 6) [4].



Slika 6: Sesedanje cevi zaradi vakuuma.

Povečanje prihodkov

- *Nadziranje oskrbe z vodo* – ugotavljanje vodnih izgub. Z nadziranjem vodovodnega sistema omogočimo vodovodnim podjetjem takojšnjo zaznavo vodne kraje (izgube). S pomočjo pametnih merilnih tehnologij lahko prekinemo oskrbo z vodo, takoj ko je zaznana kraja vode.
- *Analiza potrošnje* - eno od vprašanj s katerimi se ukvarja AMR sistem je dejanska potrošnja vode. Danes se večina analiz oskrbe z vodo izvaja na črpališčih s SCADA sistemi, ki uporabljajo statistične analize. Z implementacijo AMR omrežja lahko enostavno nadziramo črpališča in distribucijsko omrežje v linearnem razmerju med potrošnjo in dejanskim povpraševanjem. To nam omogoči prilagajanje potrošnje dejanskemu povpraševanju, zaradi česar privarčujemo tudi na energiji.
- *Manj napak v popisovanju:*
 - Radijski avtomatski popis vseh vodomero – izniči možnost človeškega faktorja (napačno branje/ prepis številčnice).
 - AMR sistem omogoča beleženje porabe vode 24 ur na dan, brez potrebe pošiljanja popisovalcev na teren.

- Težko dostopne lokacije – nekateri vodomeri so v težko dostopnih jaških, poleg tega v nekaterih primerih popisovalcem ne dovolijo dostopa do vodomera.
- Zmanjšanje vodnih izgub in s tem povečanih prihodkov od prodaje vode - real time monitoring vodovodnega omrežja omogoča nadziranje vodnih izgub v stanovanjih, v blokih, v ulici, v območju (DMA) [1].

Izboljšanje storitev za stranke

- Odčitavanje vodomero on-line; kadarkoli se lahko preveri obračunano porabo, kakor tudi trenutno porabo.
- Zgodovina porabe – kadarkoli se lahko dostopa do zgodovine porabe in primerja porabo posameznih dni, mesecev, let...
- Uporabniku prijazne aplikacije, kot npr. Read Your Meter, kjer stranka preko spleta/ smart phone aplikacije s svojim uporabniškim imenom in geslom dostopa do vpogleda v stanje vodomera kjerkoli in kadarkoli.
- Izboljšanje odnosa s strankami, saj ima stranka ves čas dostopno preverljivo informacijo o porabi, poleg tega plačuje po dejanski porabi, ki stranki omogoča bolj racionalno porabo vode [1].

5 Literatura

- [1] Dan Winter, ARAD case studies (Petach Tikva, Meimei Hadarom, AMR/AMI metering solutions), ARAD presentations (ARAD domestic watermeters, ARAD waterworks, ARAD Dialog 3G, Slika 3), ARADtechnologies, Israel 2002-2005.
- [2] ARAD ltd., drive-by, walk-by, fixed network, MDM software (<http://arad.co.il/solution>), ARAD, Israel 2012-2014.
- [3] Franco Massenelo, presentation on water losses (presentation, Slike 1, 2, 4, 5), BM Technologie Industriali, Italija 2012.
- [4] A.R.I. airvalves ltd., presentation (A.R.I. general, Slika 6), A.R.I. airvalves ltd, Israel 2011.
- [5] Smartmeters.com, website (what is the importance of smart technologies, how smart meters work, what is a smart grid, what are smart meters, bc hydro touts smart meters), <http://www.smartmeters.com/>, 2014.