

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Tomažič, T., 2013. Ugotavljanje razmer na javnem hidrantnem omrežju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Steinman, F., somentor Kozelj, D.): 63 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Tomažič, T., 2013. Ugotavljanje razmer na javnem hidrantnem omrežju. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Steinman, F., co-supervisor Kozelj, D.): 63 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
VODARSTVA IN
KOMUNALNEGA
INŽENIRSTVA

Kandidatka:

KATJA TOMAŽIČ

**UGOTAVLJANJE RAZMER NA JAVNEM
HIDRANTNEM OMREŽJU**

Diplomska naloga št.: 218/VKI

**EFFICIENCY ASSESMENT IN PUBLIC HYDRANT
NETWORK**

Graduation thesis No.: 218/VKI

Mentor:
prof. dr. Franc Steinman

Predsednik komisije:
doc. dr. Dušan Žagar

Somentor:
asist. Daniel Kozelj

Član komisije:
prof. dr. Boris Kompare

Ljubljana, 28. 11. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA:

| Stran z napako | Vrstica z napako | Namesto | Naj bo |
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------|
| | | | |

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Katja Tomažič izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Ugotavljanje razmer na javnem hidrantnem omrežju«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 14.11. 2013

Katja Tomažič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.1(1-21)(497.4Ljubljana)(043.2)
Avtor: Katja Tomažič
Mentor: prof. dr. Franc Steinman, univ. dipl. inž.grad.
Somentor: asist. Daniel Kozelj
Naslov: Ugotavljanje razmer na javnem hidrantnem omrežju
Tip dokumenta: diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 63 str., 10 pregl., 8 graf., 34 sl., 21 en., 11 pril.
Ključne besede: hidranti, hidrantno omrežje, javni vodovodni sistemi, merilna negotovost

Izvleček

V diplomski nalogi so predstavljene meritve, s katerimi se ugotavlja ustreznost razmer na javnem hidrantnem omrežju določenega območja. Predstavljena je merilna oprema, merilna tehnika in meritve na konkretnem območju v Ljubljani.

V začetnem delu diplomske naloge je predstavljena zakonodaja Republike Slovenije na področju požarne varnosti iz vodovodnega omrežja. Predstavljeni so tudi različni požarni hidranti, njihove funkcije in načrtovanje gradnje javnih hidrantnih omrežij, oprema za izvedbo požarne meritve ter alternativni viri za oskrbo z vodo za gašenje požarov.

V drugem delu so podani podatki o merilnem območju ter obdelava in analiza meritev, s poudarkom na meritvah pretoka in tlaka. Opisan, izračunan in grafično prikazan je test požarne varnosti določenega območja. V nadaljevanju so podani predlogi za rešitev nastale situacije na izbranem področju, kjer je opisan predlog, kako lahko nastalo problematiko uspešno rešimo.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**UDK:** 628.1(1-21)(497.4Ljubljana)(043.2)**Author:** Katja Tomažič**Supervisor:** prof. Franc Steinman, Ph.D.**Co-Supervisor:** assist. Daniel Kozelj**Title:** Efficiency assesment in public hydrant network**Document type:** Graduation Thesis – University studies**Tools:** 63 p., 10 tab., 8 graph., 34 fig., 21 eq., 11 ann.**Keywords:** hydrants, hydrant network, public water supply systems, measurement uncertainty**Abstract**

The thesis presents measurements for establishing the adequacy of conditions in public hydrant network of a specific area. It presents measurement equipment, measurement technique and measurements in the specific area in Ljubljana. The first part of the thesis presents the legislation of the Republic of Slovenia in the field of fire safety from water supply network. It also presents different fire hydrants, their functions, and planning of building public hydrant networks, the equipment for the implementation of fire measurement and the alternative water supply sources for fire fighting. The second part provides the data on the area of measurement and the processing and analysis of measurement, with the emphasis on the flow and pressure measurements. It includes a described, calculated and graphically displayed fire safety test of a specific area. In the continuation it proposes solutions to the situation in the selected area and describes a suggestion on how to successfully resolve the problems.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Franciju Steinmanu, univ. dipl. inž.grad. in somentorju asist. Danielu Kozelju.

Hvala tudi javnemu podjetju Vodovod – Kanalizacija Ljubljana, da sem lahko uporabila njihove podatke. Zahvala gre tudi gasilski brigadi Ljubljana, ki so mi pomagali pri izbiri literature.

Zahvaljujem se tudi svojim staršema Jasmini in Jožetu, ki sta me skozi vsa leta študija podpirala in spodbujala, da nisem obupala pri mojem izobraževalnem delu.

KAZALO VSEBINE

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Opredelitev osnovnih pojmov | 2 |
| 1.2 | Vsebina naloge | 3 |
| 2 | ZAGOTAVLJANJE POŽARNE VARNOSTI IZ VODOVODNEGA SISTEMA | 4 |
| 2.1 | Pravni vidik zagotavljanja požarne varnosti..... | 5 |
| 2.2 | Ekonomski vidik zagotavljanja požarne varnosti | 5 |
| 2.3 | Tehnični vidik zagotavljanja požarne varnosti | 5 |
| 2.4 | Vrste zunanjih požarnih hidrantov | 6 |
| 2.5 | Premeri hidrantov | 8 |
| 2.6 | Uporaba hidrantov | 9 |
| 2.7 | Osnovna načela vgradnje zunanjih hidrantov | 9 |
| 2.8 | Dimenzioniranje hidrantnega omrežja..... | 13 |
| 2.9 | Meritve pretoka | 15 |
| 2.9.1 | Načini in zasnova merilnikov pretoka | 15 |
| 2.9.2 | Meritve tlaka..... | 21 |
| 2.9.3 | Izračun požarnega bazena..... | 22 |
| 3 | PREIZKUŠANJE ZUNANJIH HIDRANTNIH OMREŽIJ | 24 |
| 3.1 | Tehnična smernica za graditev TSG -1-001:2010 – Naprave za gašenje in dostop do gasilcev..... | 25 |
| 3.2 | Oprema za izvedbo požarne meritve | 26 |
| 3.4 | Ocena negotovosti tipa A | 35 |
| 3.5 | Osnovne enačbe za izračun požarne varnosti s hidranti | 37 |
| 3.6 | Zagotavljanje požarne varnosti in alternativni viri za oskrbo z vodo za gašenje požarov | 39 |
| 4 | PODATKI O OBRAVNAVANEM OBMOČJU TER OBDELAVA IN ANALIZA MERITEV | 47 |
| 4.1 | Opis območja izvajanja meritev | 47 |
| 4.2 | Uporabljena oprema pri obravnavanem območju..... | 47 |
| 4.3 | Meritve tlaka in pretoka na hidrantih v naselju X | 50 |

| | | |
|------------------|--|-----------|
| 4.6 | Ocena negotovosti meritev | 52 |
| 4.7 | Test požarne varnosti | 52 |
| 5 | PREDLOG REŠITVE PROBLEMATIKE OBRAVNAVANEGA OBMOČJA..... | 54 |
| 6 | ZAKLJUČEK..... | 60 |
| VIRI..... | | 61 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Različne dimenzije sesalnih cevi (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 64) | 27 |
| Preglednica 2: Mere za premer cevi (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 65) | 28 |
| Preglednica 3: Standardne veličine za tlačne cevi (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str.65) | 28 |
| Preglednica 4: Dimenzije spojk (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 68) | 30 |
| Preglednica 5: Delitev ročnikov v skupine (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 81)..... | 31 |
| Preglednica 6: Dimenzije navadnega ročnika (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83)... | 32 |
| Preglednica 7: Dimenzije ročnika z zasunom (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83)... | 32 |
| Preglednica 8: Dimenzije univerzalnega ročnika (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 84) | 33 |
| Preglednica 9 : Dimenzija sesalne košare (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 74)..... | 45 |
| Preglednica 10: Tabelarični zapis parametrov negotovosti | 52 |

KAZALO GRAFIKONOV

| | |
|--|----|
| Grafikon 1: Negotovost meritve v odvisnosti od števila meritev | 36 |
| Grafikon 2: Meritev tlaka in pretoka na hidrantih- Naselje X (Vir: Javno podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana): | 51 |
| Grafikon 3: Padec gladine vode v požarnem bazenu, v odvisnosti od časa. | 57 |
| Grafikon 4: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 1 glede na čas izpusta | 57 |
| Grafikon 5: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 2 glede na čas izpusta. | 58 |
| Grafikon 6: Padec gladine vode v požarnem bazenu glede na čas..... | 58 |
| Grafikon 7: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 1 glede na čas izpusta..... | 58 |
| Grafikon 8: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 2 glede na čas izpusta. | 59 |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: Prikaz robnih pogojev za izvedljivo varianto (F. Steinman : Delovanje vodovodnih omrežij kot hidrantnih omrežij. Končno poročilo o projektu, 2004, str. 14) | 4 |
| Slika 2: Hidrantna tablica | |
| Slika 3: Pokrov podzemnega hidranta | |
| (Vir: Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija Ljubljana) (W.Freyunik, Löschwasser-versorgung, 2009, str. 36)..... | 7 |
| Slika 4: Lega podzemnega hidranta in Slika 5: Podzemni hidrant njegovega pokrova (W.Freyunik, Löschwasser- versorgung, 2009, str. 48)..... | 7 |
| Slika 6: Nadzemni hidrant- prikaz dimenzij pri različnih premerih hidrantov | 8 |
| Slika 7: Direktna priključitev na cevovod-podzemni hidrant in direktna priključitev na cevovod- hidrant (po DIN 3221 – 1) nadzemni hidrant z dodatnim zapiranjem (po DIN 3222 - 1) (Požarna varnost, str. 212)..... | 10 |
| Slika 8: Krožni vodovodni sistem (Gradbeniški priročnik str. 463)..... | 12 |
| Slika 9: Vejičasti sistem vodovodnega omrežja (Gradbeniški priročnik str. 463). | 12 |
| Slika 10: Korelacijski ultrazvočni merilnik hitrosti tekočine (W. Boltona, Instrumentation & | 16 |
| Slika 11: Korelacijski ultrazvočni merilec hitrosti tekočine (W. Boltona, Instrumentation & Measurement, 1996, str.210) Dopplerjev merilec pretoka | 17 |
| Slika 12: Izvedba merilnika na principu Dopplerjevega efekta..... | 18 |
| Slika 13: Merilnik delujoč na principu dveh oddajnikov in sprejemnikov (W. Boltona,..... | 20 |
| Slika 14: Sesalna cev (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 64) | 27 |
| Slika 15: Tlačna cev (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 64 in CD | 28 |
| Slika 16 : Stabilna spojka (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 71) | 29 |
| Slika 17: Sesalna spojka (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 70) | 29 |
| Slika 18: Slepa spojka (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 72)..... | 30 |
| Slika 19: Prehodne spojke (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 70)..... | 30 |
| Slika 20: Tlačna spojka – presek (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 68) | 30 |
| Slika 21: Navadni ročnik (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83) | 32 |
| Slika 22: Navadni ročnik z zasunom (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83) | 32 |
| Slika 23: Univerzalni ročnik (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 84)..... | 33 |
| Slika 24: Preizkus hidrantnega omrežja (F. Steinman: Razvoj tehničnih postopkov za pregled hidrantnega omrežja. Končno poročilo za naročnika, 2008, str. 9)..... | 37 |
| Slika 25: Požarni test (Haestad, Walski, Chase, Savič, Water Distribution Modeling, 2001, str. 175) . | 39 |
| Slika 26: Najmanjši možni dinamični tlak na vodovodnem sistemu (1,5 bara) pri odvzemu vode za gašenje požarov (Javni vodooskrbni sistemi v vlogi hidrantnih omrežij, revija Ujma, str. 156). | 41 |
| Slika 27 : Opozorilna tabla za odvzemno mesto požarnega bazena (W. Freynik, Löschwasser- versorgung, 2009, str. 118)..... | 43 |

| | |
|---|----|
| Slika 28 : Sesalna košara (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 74) | 45 |
| Slika 29: Merilnik pretoka - ustnik Φ 52 zgoraj in ustnik Φ 20 spodaj, kjer je viden tudi merilnik tlaka(Vir: Javo podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana) | 48 |
| Slika 30: Merilnik tlaka Memmy NT (slika levo) in merilnik postavljen na hidrant (slika desno) (Vir: Javno podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana)..... | 49 |
| Slika 31 : Situacijski list naselja X (Vir: Javno podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana) | 50 |
| Slika 32: Merilni list za lokacijo - Naselje X (Vir: Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija Ljubljana). | 52 |
| Slika 33: Slika obravnavanega naselja X v programu Epanet (vir: program Epanet)..... | 56 |
| Slika 34: Prikaz nadmorske višine, ter tlaka na elementih v sistemu..... | 59 |

KAZALO ENAČB

| | |
|---|----|
| Enačba 1: Izračun hitrosti tekočine | 16 |
| Enačba 2: Hitrost ultrazvočnih valov | 17 |
| Enačba 3: Pripadajoča frekvenca ultrazvočnih valov | 18 |
| Enačba 4: Relativna hitrost valov | 18 |
| Enačba 5: Sprejeta frekvenca | 18 |
| Enačba 6: Izračun hitrosti ultrazvočnega valovanja v eno smer | 19 |
| Enačba 7: Izračun hitrosti ultrazvočnega valovanja v drugo smer | 19 |
| Enačba 8: Izračun časa, ki je potreben za ultrazvočno valovanje v drugo smer | 19 |
| Enačba 9: Izračun frekvenc, s katero signali potujejo v obe smeri | 20 |
| Enačba 10: Izračun razlike med frekvencama | 20 |
| Enačba 11: Izračun hitrosti med frekvencama | 21 |
| Enačba 12: Površina požarnega bazena | 22 |
| Enačba 13: Premer požarnega bazena | 22 |
| Enačba 14: Relativna hrapavost cevi | 23 |
| Enačba 15: Reynoldsovo število | 23 |
| Enačba 16: Izguba energije | 23 |
| Enačba 17: Funkcijsko razmerje med vhodno in izhodno količino | 35 |
| Enačba 18: Pričakovane vhodne količine | 36 |
| Enačba 19: Skupna negotovost izhodnih količin | 36 |
| Enačba 20: Koeficienti občutljivosti | 38 |
| Enačba 21: Izračun vode, ki jo mreža daje, če tlak pri iztekanju vode pade pod vrednost p_r | 38 |

» Ta stran je namerno prazna. «

1 UVOD

Vodooskrbno omrežje je sistem za preskrbo z vodo, katero uporabljamo v komunalne namene (vodovod, pitna voda) in v druge namene (industrijska in tehnološka voda).

Ljubljana in bližnja primestna naselja se s pitno vodo oskrbujejo iz centralnega vodovodnega sistema, ki kot razvejana mreža leži pod urbanimi površinami mesta. Vodovodno omrežje sega na severu do Tacna, na zahodu do Brezovice, proti jugu do Iga in na vzhodu do Zaloga. Omrežje je dolgo preko 1100 km, oskrbuje pa več kot 325.000 prebivalcev.

Vodovodni sistemi so pomembna dejavnost občinske gospodarske javne službe varstva okolja, ki je življenjskega pomena iz več razlogov. Področje oskrbe s pitno vodo se obravnava v okviru različnih predpisov, s katerimi se vzpostavlja pravni okvir za uresničevanje javnega in skupnega interesa. Naloge, ki jih opravljajo vodovodni sistemi so:

- dobava ustreznih količin pitne vode,
- dobava vode pod ustreznim tlakom,
- dobava vode ustrezne temperature in kakovosti,
- dobava vode uporabnikom za ustrezno ceno,
- delovanje vodovodnih sistemov kot hidrantnih omrežij v času požara,
- ustrezna raven spremljevalnih storitev za uporabnike,
- ustrezna raven zanesljivosti delovanja vodovodnega sistema,
- dolgoročno naravnan razvoj delovanja vodovodnega sistema.

Delovanje javnih vodooskrbnih sistemov kot hidrantnih omrežij predstavlja eno od nalog, ki jih morata zagotavljati, kljub temu, da je vloga v nasprotju s ciljnim stanjem oskrbe s pitno vodo. Zahteve o oskrbi s pitno vodo in zagotavljanje vode za gašenje požarov zahteva vključevanje alternativnih virov vode za gašenje, kljub temu, da so zahteve nasprotujoče. Neusklajeni predpisi in težave, ki izhajajo iz njih pri delovanju vodooskrbnih sistemov kot hidrantnih omrežij, zahtevajo vrednotenje razpoložljivih količin vode za gašenje iz vodooskrbnih sistemov in dopolnjevanje z drugimi viri. Hidravlično modeliranje in iz njih izhajajoče analize zanesljivosti delovanja hidrantnih omrežij, omogočajo načrtovanje ukrepov za izboljšanje stopnje varstva pred požarom.

V diplomski nalogi nas zanima delovanje vodooskrbnega sistema kot hidrantnega omrežja z vodo za gašenje požara in alternativni viri za oskrbo hidrantnega omrežja. V prvem delu moje naloge je

poudarek na teoretičnih osnovah. Obdelana je tudi zakonodaja Republike Slovenije na področju varstva pred požarom in gašenje požarov preko hidrantnega omrežja. V zaključku moje diplomske naloge sledi eksperimentalni del, ki vsebuje podatke in rezultate merilnega območja v Ljubljani. Predstavljeni so nekateri ukrepi za rešitev problematike, kadar je objekt izven dosega gašenje požara iz hidranta.

1.1 Opredelitev osnovnih pojmov

Pojmi so povzeti iz diplomske naloge Meritve na vodovodnih sistemih in ocena merilne negotovosti, 2006, Ulčar, M. Iz diplomskega dela Puhar, D. 2011. Analiza hidrantnega omrežja za namen gasilskega posredovanja ter Grm B., Glavnik A., Tomazin, M., Oblak, J. 2004. Oskrba z vodo za gašenje – končno poročilo 1. dopolnitev

Vodovodni sistem je sistem cevi in objektov, ki zagotavljajo preskrbo s pitno vodo potrošnikom.

Hidrantno omrežje pri gašenju požara je pomembno, da imajo gasilci dostop do vode zagotovljen na območju celotnega objekta. Za to poskrbi hidrantno omrežje z zunanjimi in notranjimi hidranti.

Voda za gašenje je voda, ki jo uporabljamo za gašenje požarov.

Neposredno gašenje požara je gašenje požara z uporabo zunanjega hidrantnega priključka, cevi in ročnika. Ne uporabimo gasilnega vozila in njegove opreme.

Javni vodovodni sistem je sklop objektov, naprav in omrežja, ki so namenjeni pridobivanju, tehnološki obdelavi, transportu in razdelitvi vode porabnikom in je hidravlično ločen od ostalih vodovodnih sistemov. Upravlja ga samo en upravljavec.

Požarni bazen je namenjen zbiranju in skladiščenju predpisanih količin vode za gašenje požara.

Notranji hidranti so priključki za gašenje znotraj stavbe

Zunanje hidrantno omrežje so gradbeni objekti in/ali naprave, preko katerih se voda za gašenje po cevovodih dovaja od samega vira vode za gašenje do zunanjih hidrantnih priključkov, kateri se uporabljajo za neposredno gašenje požara. Nanje se lahko priključijo tudi gasilna vozila, ki imajo vgrajene črpalke ali prenosne gasilne črpalke.

Suho zunanje hidrantno omrežje je zunanje hidrantno omrežje, ki v normalnih razmerah ni napolnjeno z vodo.

Naprava za dvig / spust tlaka je naprava, ki za določeno vrednost zviša / zniža tlak v cevovodu ob stalnem pretoku.

Tlak znotraj cevovoda je nadtlak glede na atmosferski tlak. Ko voda miruje, ga imenujemo statični tlak, pri pretoku vode pa je to dinamični tlak. Statični tlak je vedno višji od dinamičnega.

Statični tlak je nadtlak v cevovodu, ki ga izmerimo, ko medij v cevovodu miruje.

Dinamični tlak je nadtlak v cevovodu, ki nastane preko medija v cevovodu. Dinamični tlak lahko merimo s Pitot – Prandtlovo cevjo.

Obratovalni (delovni) tlak je tisti dinamični tlak, pri katerem je dosežen načrtovani pretok.

ISO (International Organisation for Standardization) je mednarodna organizacija za standardizacijo. Je globalna mreža nacionalnih standardnih teles standardizacije, katerih delo pri pripravi nacionalnih standardov opravljajo tehnični odbori teh teles.

Merilna negotovost je parameter, ki je povezan z rezultati meritev in določa razpršenost vrednosti merjene količine.

1.2 Vsebina naloge

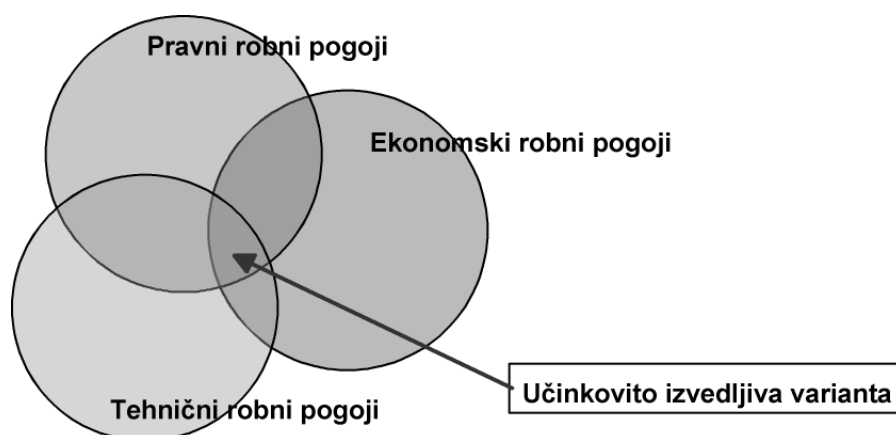
V diplomski nalogi bom poskusila odgovoriti na naslednja vprašanja:

- Kako zagotavljamo požarno varnost iz vodovodnega sistema?
- Kako preizkušamo zunanja hidrantna omrežja? Katere postopke, zahteve, oziroma izvedbe moramo upoštevati? Kaj nam zakonodaja predpisuje pri preizkušanju hidrantov?
- Kakšne hidrante poznamo?
- Kako merimo pretok in tlak ter s katerimi napravami jih merimo?
- Kaj storiti, ko hidrantni test pokaže, da je objekt izven dosega gašenja požara iz hidranta? Katere vire lahko poleg vodooskrbnega sistema še uporabimo v primeru požara?
- Kako izračunati oceno negotovosti meritev?

2 ZAGOTAVLJANJE POŽARNE VARNOSTI IZ VODOVODNEGA SISTEMA

Za doseganje zadostne ter zanesljive oskrbe z vodo, s katero se lahko zagotavlja tudi požarno varnost, moramo poznati osnove oskrbe z vodo. Eden glavnih mejnikov v analizi hidrantnih omrežij je ocena in prikaz nivoja požarne varnosti določenega območja, ki je lahko namenjeno različni rabi in je tudi izpostavljeno različni požarni ogroženosti. Postopek pridobitve pravilne ocene in prikaza nivoja požarne varnosti zahteva zelo natančen pristop k delu, ki se začne s pridobitvijo podatkov o vseh vplivnih parametrih, v tako imenovani GIS obliki s spremljajočimi atributnimi podatkovnimi bazami. Da se lahko zagotovi požarna varnost, je potrebno pridobiti podatke o razpoložljivih virih vode in infrastrukturi, ter podatke o nivojih požarne ogroženosti objektov in ostale podatke, ki so pomembni za zanesljivo požarno varovanje določenega območja.

Pridobljeni podatki in izvedene analize o nivoju požarne varnosti so osnova za nadaljnje delo, to pa zajema iskanje rešitev za zadovoljivo in zahtevano požarno varnost. Faza načrtovanja je faza, v kateri se pojavljajo različni robni pogoji, ki omejujejo prostor možnih posegov in ukrepov. Robne pogoje razdelimo v tri glavne skupine (Slika 1). Pravni pogoj zajema pravice in predpise (tu so vključeni tudi standardi, normativi) za hidrantna omrežja za gašenje požarov, spremlja sisteme za oskrbo z vodo, kakor tudi vidike o varstvu okolja in urejanju prostora. V fazi načrtovanja tehnični robni pogoji določajo zadostne dimenzije cevovoda, zagotoviti morajo zadostne količine vode... Ekonomski pogoji so tisti pogoji, ki zadevajo upravljavce sistema, torej pravne osebe, ki morajo upoštevati ekonomski vidik za uspešno poslovanje in ohranjanje vrednosti infrastrukture.



Slika 1: Prikaz robnih pogojev za izvedljivo varianto (F. Steinman : Delovanje vodovodnih omrežij kot hidrantnih omrežij. Končno poročilo o projektu, 2004, str. 14)

2.1 Pravni vidik zagotavljanja požarne varnosti

S pristopom Republike Slovenije v Evropsko unijo tudi Slovenija, na podlagi predpisov EU, sprejema zakone oziroma podzakonske akte (Vlada, Ministrstvo), kar predstavlja državni nivo predpisov o oskrbi s pitno vodo. Občinski svet sprejema odloke na občinskem nivoju, medtem ko javno podjetje skrbi za distribucijo pitne vode in o svoji dejavnosti poroča občini in državi.

Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 108/2009 z dopolnili) opredeljuje oskrbo s pitno vodo kot obvezno občinsko gospodarsko javno službo varstva okolja. Javno službo oskrbe s pitno vodo je treba izvajati v skladu in na način, kot to določa Zakon o gospodarskih javnih službah (Uradni list RS, št. 32/1993 z dopolnili) ter Pravilnik o oskrbi s pitno vodo, ki je bil sprejet v letu 2006 (Uradni list RS, št. 35/06 z dopolnili, Uradni list RS, št. 41/2008, 28/2011 in 88/2012).

Zakonodaja podrobneje opredeli delitve pristojnosti in odgovornosti za požarno varnost med državo, lokalno skupnostjo in upravljavcem, opredeli javno hidrantno omrežje ter dolžnost upravljavca javnega hidrantnega omrežja.

Zakon o varstvu pred požarom (Uradni list RS, št. 71/93, 87/2001, 110/2002, 105/2006, 3/2007, 9/2011 in 83/20112) v 35. členu predpisuje, da morajo lastniki ali uporabniki stanovanjskih objektov določiti požarni red ter načrt in pripravljenost sredstev v primeru požara. Stanje hidrantnih omrežij se nadzira na podlagi predpisane metodologije, ki jo opredeljuje Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij (Uradni list RS, št. 102/2009 z dopolnili).

2.2 Ekonomski vidik zagotavljanja požarne varnosti

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo (Uradni list RS, št. 35/2006 z dne 4.4.2006) v 38. členu predpisuje, da mora izvajalec javne službe vzdrževati objekte in opremo javnega hidrantnega omrežja, priključenega na javni vodovod, ter zagotavljati vodo za primer požara in za gasilske vaje za preprečevanje požara v okviru vzdrževanja objektov skupne rabe na območju občine, kjer izvaja javno službo, pri čemer se krijejo stroški za to vzdrževanje in zagotavljanje vode iz občinskega proračuna, njegov obseg pa se opredeli v programu oskrbe s pitno vodo.

2.3 Tehnični vidik zagotavljanja požarne varnosti

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantna omrežja za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/91) je osnovni tehnični predpis, čemu mora hidrantno omrežje ustrezati, da ga lahko spoznamo za tehnično ustrezno hidrantno omrežje, kar je tudi podlaga za uspešen zaključek upravnih postopkov.

Stanje hidrantnih omrežij nadziramo na podlagi predpisane metodologije, ki jo opredeljuje Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij (Uradni list RS, št. 22/95 in njegove spremembe Uradni list RS, št. 102/2009 z dopolnili). Vsako leto se objavlja seznam pooblaščenih izvajalcev za preizkušanje hidrantnih omrežij (Uradni list RS, št. 15/01). Izvajalci izvajajo nadzor hidrantov, vendar pa glede na

kompleksnost vodovodnih omrežij ni mogoče na tako preprost način zagotoviti ustreznosti hidranta oz. hidrantnega omrežja.

Protipožarno ukrepanje, ki temelji na gašenju z vodo, je mogoče zagotoviti na več načinov, kot to določa Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov.

Eden izmed teh načinov je tudi uporaba javnih vodovodnih sistemov tako, da delujejo kot zunanje hidrantno omrežje. Takrat je potrebno presojati o ustreznosti pogojev, pod katerimi bi delovali hidranti pri neposrednem gašenju:

- način delovanja javnega vodovoda v različnih pogojih,
- doseganje standardov delovanja v rednih in izrednih razmerah,
- ocena zanesljivosti delovanja oz. analize tveganj.

Ob teh pogojih je treba upoštevati tudi obratovalne standarde zaradi drugih vidikov ter ekonomsko upravičenost take (požarne) rabe, ki naj ne bi vodila v nesorazmerno povečanje stroškov uporabnikov.

2.4 Vrste zunanjih požarnih hidrantov

Poglavje opisuje podtalni in nadtalni hidrant, katere so njune prednosti in slabosti ter kje in kako so nameščeni. Poleg vrste hidrantov je potrebno določiti premere hidrantov in razdalje med njimi, ki se določijo v odvisnosti od namena, velikosti in podobnih karakteristik, ki so predpisane v zakonodaji kar je v nadaljevanju tudi opisano.

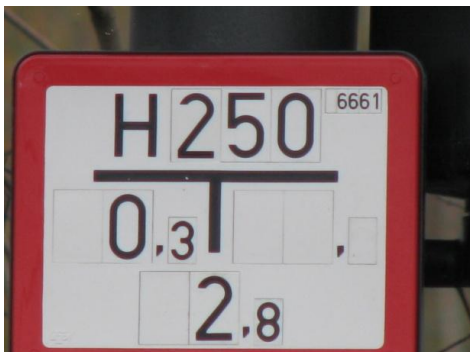
Podtalni (podzemni) hidrant:

Podzemni hidranti so fiksno nameščeni neposredno nad vodovodno cevjo ali pa ob strani cestišča in so povezani z glavno vodovodno cevjo z odcepom premera 60 do 100 mm. Hidrant je vkopan in zavarovan s posebnim litoželeznim ohišjem in je pokrit s pokrovom. Podtalni hidrant je sestavljen iz dvizne cevi z vgrajenim ventilom in glave za namestitev hidrantnega nastavka, kot je prikazano na Sliki 5.

Dobre lastnosti tega hidranta so, da ga lahko namestimo skoraj povsod, saj ne ovira prometa. Gasilec predstavlja podzemni hidrant težavo, saj ga ni lahko najti, priprava za uporabo je zamudna, ker je treba najprej namestiti nastavek in odmakniti kapo podzemnega hidranta. Problematična je njegova lega takrat, ko so poleg njega parkirana vozila, ali pa so hidrantne kape pokrite z ledom in s snegom. Pri podzemnih hidrantih je dobava vode manjša kot pri nadzemnih, ker je svetli premer hidrantnih nastavkov manjši.

Pri uporabi se na hidrant natakne hidrantni nastavek. Hidrant se odpira s posebnim ključem (nekateri podzemni hidranti se odpirajo preko hidrantnega nastavka in ključa, ki je vdelan v nastavek, medtem ko je pri nekaterih ventil nastavljen posebej). Vsak podtalni hidrant mora imeti označevalno tablico, ki

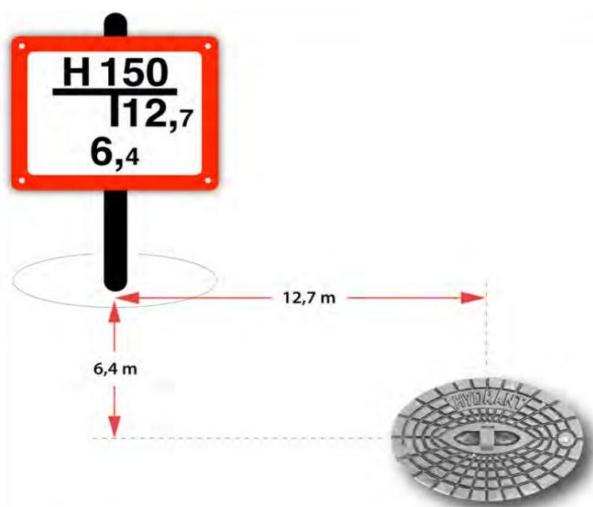
je izdelana po DIN 4066, 1. Del - Opozorilna tablica za vodo za gašenje, saj ga lahko tako lažje najdemo, če ga pokrijejo blato, zemlja, pesek, sneg ali led (Slika 2).



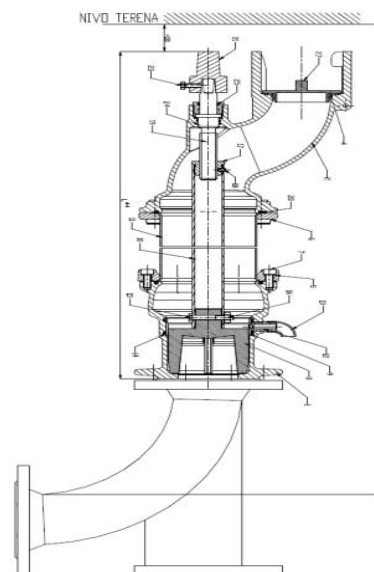
Slika 2: Hidrantna tablica
 (Vir: Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija Ljubljana)



Slika 3: Pokrov podzemnega hidranta
 (W.Freyunik, Löschwasser-versorgung, 2009, str. 36)



Slika 4: Lega podzemnega hidranta in njegovega pokrova (W.Freyunik, Löschwasser-versorgung, 2009, str. 48)

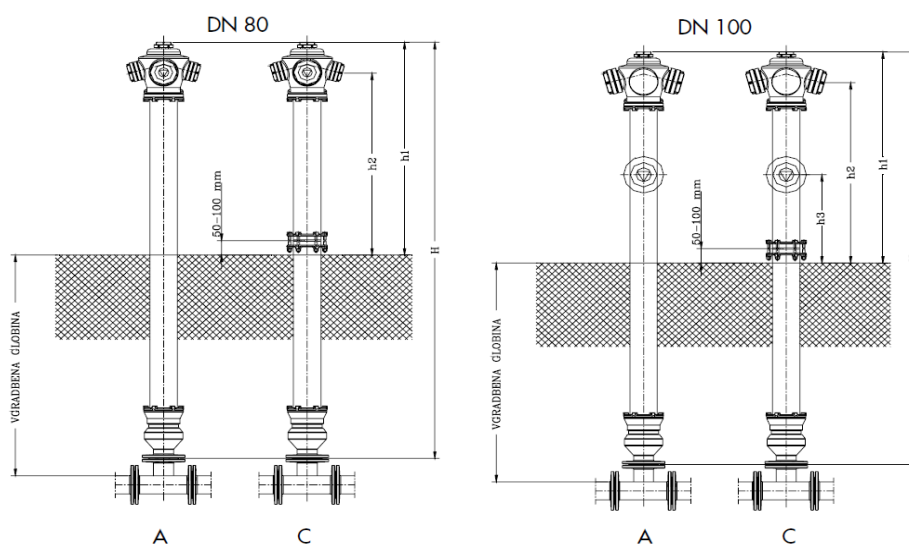


Slika 5: Podzemni hidrant

Nadtalni (nadzemni) hidrant:

Nadtalni hidranti so posebno oblikovane litoželezne vodovodne armature postavljene nad zemljo v višini 80 cm do 150 cm na takih mestih, da ne ovirajo prometa. Običajno imajo dva nastavka za priključitev gasilskih cevi. Slika 6 prikazuje nadzemne oziroma nadtalne hidrante.

Hidrant odpiramo in zapiramo z vrtenjem glave hidrantnega ventila, ki mora ležati tako globoko v zemlji, da pozimi ne zmrzne. Za njegovo odpiranje imamo poseben standardiziran ključ – DIN 3223 (ključ za njegovo aktiviranje armatur). Na nadtalni hidrant ne smemo priključiti sesalnih cevi, saj lahko pride do okvare na vodovodnem omrežju. Za gasilce je nadtalni hidrant ugodnejši kot podzemni, saj je viden od daleč, hitro uporaben in dobavlja več vode. Ločimo več vrst nadzemnih hidrantov, ki se med seboj razlikujejo po premerih priključkov. Investitorjem je nadzemni hidrant pogosto moteč, ker se vanj lahko kdo zadene in ker je dražji. Nadzemne hidrante označujemo z belo- rdečo-belo barvo.



Slika 6: Nadzemni hidrant- prikaz dimenzij pri različnih premerih hidrantov

2.5 Premeri hidrantov

Tehnični pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega vodovodnega sistema (Ur.l. RS, št. 26/2010) v točki 8.8.17 opisuje, da se lahko hidrante uporablja tudi v obratovalne namene: polnjenje, praznjenje, zračenje in izpiranje vodovoda. Lokacije in tip hidrantov se zato določi glede na lokalne razmere in veljavne predpise, vendar je predpisani najmanjši premer hidranta enak 80 mm, ne glede na požarno obremenitev.

Razdalje med nadzemnimi hidranti se določijo v odvisnosti od namena, velikosti in podobnih karakteristik protipožarno varovanega objekta, tako da je možno, da požar gasimo z najmanj dveh zunanjih hidrantov.

Pri odcepu iz vodovodnega omrežja za vgradnjo hidranta se zahteva vgradnja zapornega zasuna za izključitev le-tega na cevovodu. V praksi je večina hidrantov podtalnih. Glava hidranta podzemne izvedbe mora biti minimalno 10 cm in maksimalno 25 cm pod niveleto pokrova cestne kape. Cestna kapa mora biti nameščena tako, da je omogočena neovirana namestitev hidrantnega nastavka in odpiranje s hidrantnim ključem.

Hidranti se morajo vgrajevati (zasipavati s peskom frakcije 16–32 mm) tako, da pri zaprtem hidrantu morebiti iztekajoča voda odteče iz telesa hidranta (varovanje proti zamrznitvi).

2.6 Uporaba hidrantov

V cevovode se vgrajujejo podzemni hidranti DN 80:

- na frekventnem območju, kjer je veliko prometa in lahko nadzemni hidranti ovirajo promet,
- na prometnih površinah so razvodni cevovodi in je tam možna direktna priključitev na razvodni cevovod.

Da lahko vgradimo podzemne hidrante DN 100, je potrebno požarno soglasje.

V cevovode se vgrajujejo nadzemni hidranti, če so :

- večje stavbe;
- industrijska območja;
- območja izven prometnih površin;
- kjer je možno, da podzemne hidrante zasuje snežni plaz s streh ali pobočij;
- pri obsežnih stavbah:
 - morajo biti vidni od daleč,
 - možna takojšnja uporaba,
 - možna takojšnja uporaba brez nastavkov;
- za objekte, pri katerih je potrebno zagotoviti večji pretok.

2.7 Osnovna načela vgradnje zunanjih hidrantov

Odmiki med hidranti

Ko postavljamo hidrante na javnih površinah, moramo upoštevati naslednje medsebojne razdalje:

- odprto stanovanjsko področje do 120 m,

- zaprto stanovanjsko področje do 100 m,
- ulice s poslovno dejavnostjo do 80 m,

vsakokrat merjeno vzdolž ulice.

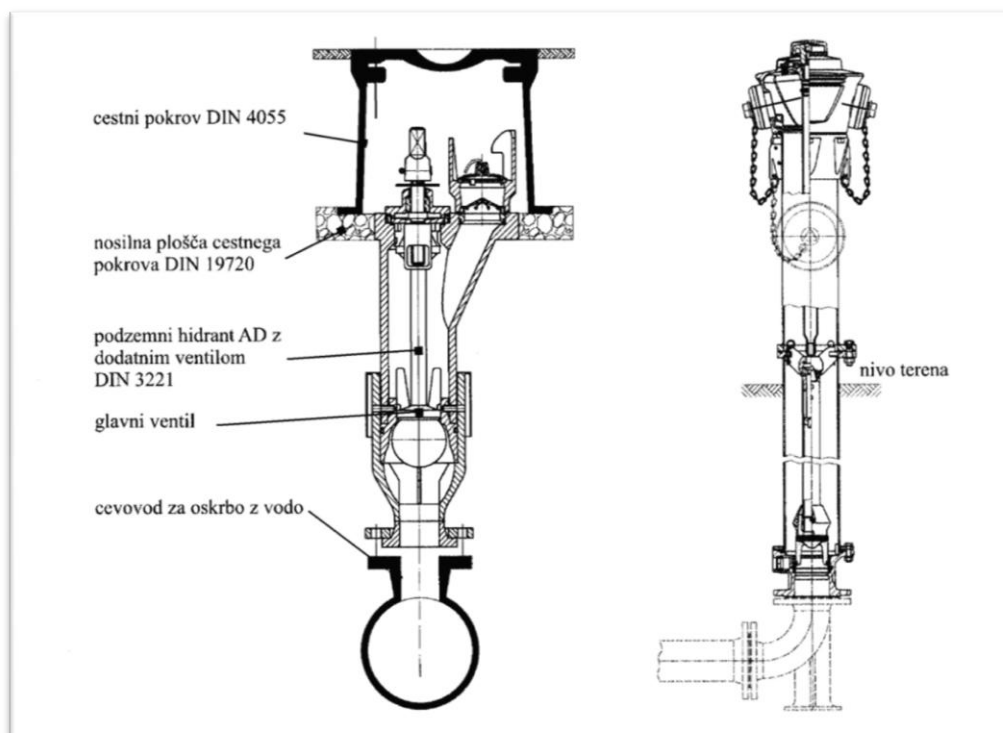
Hidranti so razporejeni zunaj cestišča, njihova razporeditev je takšna, da je možno požar na objektu gasiti z najmanj dveh zunanjih hidrantov. Razdalja med hidrantom in samim zidom objekta mora biti najmanj 5 m, ne sme pa biti v porušitvenem območju objekta.

Priključitev hidrantov

Hidrante lahko priključujemo na cevovod:

- neposredno, sploh kadar so v izvedbi z dodatno armaturo,
- stransko, z dodatno armaturo, lahko tudi brez nje in z vmesnim zapiranjem.

Slika 7 nam ponazori priključitev hidrantov na cevovod



Slika 7: Direktna priključitev na cevovod-podzemni hidrant in direktna priključitev na cevovod-hidrant (po DIN 3221 – 1) nadzemni hidrant z dodatnim zapiranjem (po DIN 3222 - 1) (Požarna varnost, str. 212)

Če je le možno, naj bodo hidranti nadzemni, zmeraj nezasedeni in dostopni. Le v izjemnih primerih se lahko namestijo podzemni hidranti, če ni možna postavitev nadzemnega hidranta. Ko se to zgodi, moramo odločitev utemeljiti.

Sama globina vgradnje hidrantov je odvisna od lege cevovoda, ki naj bi bila med 0,8 m in 1,5 m. Predno začnemo z njihovo montažo, je potrebno hidrante higiensko pregledati, da ne bi povzročili onesnaženja vode v cevovodu. Ko hidrante sestavimo, jih je potrebno sprati z vodo iz cevovoda.

Izbor dimenzije zunanjih hidrantov

Za zunanji hidrant je ustrezna minimalna dimenzija DN 80. Lahko je ustrezna tudi dimenzija DN 100, v posebnih primerih pa tudi DN 150, ki pa se izbere glede na potreben pretok za gašenje.

Dopustni pretok skozi hidrante je predpisan v tehničnih podatkih proizvajalca, če pa le ti niso na voljo, lahko upoštevamo:

- DN 80: 55 m³/h (15,3 l/s) pri hitrosti 3,3 m/s,
- DN 100: 110 m³/h (30,61 l/s) pri hitrosti 3,3 m/s.

Pri gašenju uporabljamo šobe z B ročnikom dimenzije 22 mm.

Dimenzija zunanjega hidranta je odvisna od:

- kolikšna je zahtevana količina vode za gašenje,
- števila zunanjih hidrantov.

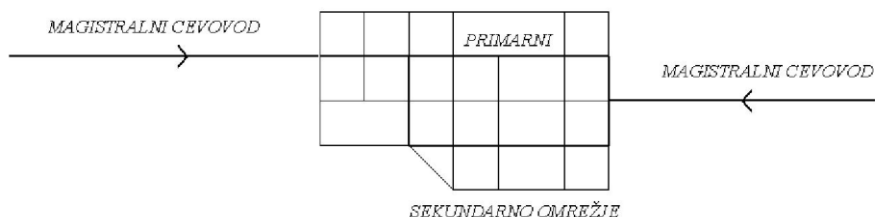
Načrtovanje in gradnja javnih hidrantnih omrežij

Projekt vodovoda mora biti izdelan v skladu z Zakonom o graditvi objektov in navodili (Uradni list RS, št. 110/2002). V pomoč je Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije (Uradni list .RS, št. 66/2004). Glavni deli projekta so: podatki o objektu, investitorju in projektantu, zahtevama potrdila, izjave in odločbe projektanta, mnenja, dovoljenja, soglasja, tehnično poročilo (ta vsebuje lokacijo, opis stanja, zasnovo projekta, prikaz potreb po vodi, vodni viri z izdatnostjo in kakovostjo, čiščenje vode, zajem, opis poteka cevovodov in lege objektov, opis izvedbe in križanj, zaščitni pasovi), hidravlični izračun in dimenzioniranje, predračunski elaborat, sanacija varstvenih pasov, specifikacija vodovodnega materiala. Poznamo dva načina gradnje vodovodnega omrežja in sicer v obliki :

Krožna vodovodna mreža

Krožna vodovodna mreža je najbolj varen način dobave vode. Glavni vod velike dimenzije je oblikovan kot krožni, zaključen vod. Od krožnega voda vodijo k porabnikom sekundarne cevi, ki so povezane med seboj. Ta sistem s stališča preskrbe z gasilno vodo nudi največjo varnost, ker v primeru okvar ali drugih motenj na vodih praviloma ni zmanjšan odvzem vode na nobeni točki omrežja.

Ta sistem je najbolj zanesljiv in tudi najdražji (Slika 8).



Slika 8: Krožni vodovodni sistem (Gradbeniški priročnik str. 463)

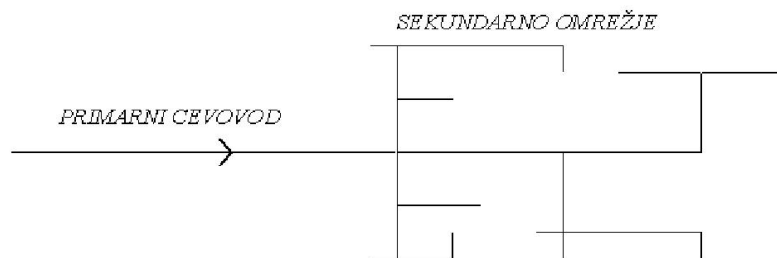
Vejičasti sistem

Najbolj preprosta je vejasta vodovodna mreža. Od glavnega cevovoda, ki poteka v smeri od rezervoarja ali od črpalne postaje, se odcepljajo enojne linije proti potrošnikom. Od odcepljenih linij se po potrebi cepijo še nadaljnji odcepi, katerih premer se proti koncu zožuje.

Največja pomanjkljivost vejičastega sistema je ta, da voda priteka k potrošniku le z ene strani. Če se poškoduje cevovod, je prekinjena dobava vode vsem potrošnikom za mestom poškodbe. Zaradi zagotavljanja požarnih količin vode imajo pri majhni porabi pitne vode cevi večji premer, kot bi bilo treba zgolj za oskrbo s pitno vodo, voda pa zaradi tega, predvsem na končnih odsekih, zastaja in se stara.

Vejaste vodovodne mreže, ki napajajo tudi hidrante za gašenje, so razmeroma cenovno ugodne, gradijo pa se le v majhnih, raztegnjenih naseljih z redko pozidavo (Slika 9).

Izboljšavo vejičastega sistema predstavlja vejasta mreža z zankami. Pri taki vrsti mreže so povezani konci glavnih vej ali pa konci odcepov. V primeru poškodbe cevovoda lahko voda pride do odvzemnega mesta z druge strani, lahko pa pride v koncih vej, zaradi majhnih premerov, do izgube tlaka, kar zmanjšuje količino vode, posebno pri gašenju, ko je poraba vode velika.



Slika 9: Vejičasti sistem vodovodnega omrežja (Gradbeniški priročnik str. 463).

Slepi vodi

V standardu SIST EN 805 je priporočeno, da kadarkoli je le mogoče in gospodarno, se naj prednostno gradijo zazankana omrežja. Z vejičastimi omrežji naj bodo opremljena le manjša zaključena območja ali podeželski vodovodni sistemi.

Omrežja s krožnimi vodovodi imajo odločilne prednosti:

- manjše izgube tlaka in poenoten tlačni nivo oskrbovanega območja,
- manjše število priključkov, ki so brez oskrbe pri zapori, ker je mogoč pretok iz dveh smeri,
- mogoče in lažje je zadostiti izjemni porabi vode,
- za požarno obrambo so na razpolago večje količine vode.

2.8 Dimenzioniranje hidrantnega omrežja

Hidravlični model vodovodnega sistema (v nadaljevanju VS) je matematični zapis omrežja in objektov na njem, s katerim simuliramo delovanje vodovodnega sistema. Hidravlični modeli VS so pomembni v procesu odločanja, saj se z njimi simulira delovanje vodooskrbnega sistema v različnih obratovnih pogojih in preverja različne ukrepe.

Poglavitni namen hidravličnih modelov VS je analiziranje in načrtovanje potencialno možnih razmer obremenitev VS za različne pogoje delovanja. VS mora zagotavljati nemoteno ustreznost količin pitne vode odjemalcem. Najpomembnejši del izdelave hidravličnega modela je opredelitev pričakovane uporabe hidravličnega modela, kajti s tem določimo stopnjo natančnosti priprave modela in stopnjo tolerance napake med izmerjenimi in izračunanimi vrednostmi.

Vodovodni sistemi so velikokrat uporabljeni tudi za zagotavljanje požarne vode. Kadar se umerja obstoječe VS, je potrebno upoštevati zahteve požarne zaščite, saj ima zahteva po zagotavljanju požarne vode vpliv na celotno omrežje. Kadar pa VS ne more zagotavljati zahtevanih pretokov in vzdrževati ustreznih tlakov, se model lahko še vedno uporabi za dimenzioniranje hidravličnih elementov.

Hidravlični model sestavljajo naslednji elementi: cevi, vodni viri (zbiralniki), vodohrani, črpalke, ventili, vozlišča.

Elemente delimo v točkovne (zajetja, vodohrani, črpalke, ventili in vozlišča) in linijske elemente. Ventil in črpalka, ki sta točkovna elementa, se v GIS vodita kot točkovna elementa, v hidravličnem modelu pa sta skonstruirana kot linijski element z začetno in s končno točko, zato morata biti obravnavana kot virtualni liniji. Virtualna linija je element, ki je v prostorskih podatkovnih bazah predstavljen kot točka, v hidravličnih modelih pa kot linijski element.

Cevi

Cevi spadajo pod linijske elemente. Za vzpostavitev hidravličnega modela so potrebne naslednje geometrijske karakteristike:

- cevi morajo biti predstavljene z linijskim elementom "polyline" ali "3D polyline",
- cevi sistema so povezane in se morajo stikati v skupnih točkah, v katerih se morajo posamezne cevi končati,
- sistem ne sme imeti ločenih delov, ki nimajo lastne oskrbe (vodohran, vodni vir),
- zaradi ocene hidravlične hrapavosti je pomembno, da se vodi tudi evidenca o starosti cevi, o lomih in tudi drugih podatkih, ki bi lahko pomagali pri ustrezni oceni hidravličnih parametrov cevi.

Podatki o ceveh, ki so potrebni za analizo hidravličnega modela, so pomembni tudi za določanje lokalnih izgub.

Vodni viri (zbiralniki)

Sem spadajo, poleg različnih tipov objektov zajetij, tudi vodnjaki in ostali elementi, ki predstavljajo neomejen vir vode s stalno gladino, kamor spadajo tudi jezera. Kadar kota vode v zajetjih niha, se nihanje lahko v modeliranju zajame s koeficienti nihanja.

Vodohrani

To so elementi, ki predstavljajo objekte z določeno (dimenzionirano) prostornino, v katerih lahko gladina niha zaradi različne količine vtoka in iztoka vode.

Črpalke

S pomočjo črpalke se lahko omogoči transport vode na višje ležeče predele in povečanje dotoka na nižje ležeče predele in z njimi zagotovimo dodatno energijo.

Ventili

Hidravlični sistemi so razgibani sistemi, ki velikokrat potekajo vzporedno z reliefom terena. Da se zagotovi enakomernost tlakov in pretokov na vseh območjih, se v vodovodnih sistemih uporabljajo različni ventili.

Zaporni ventili, ki jim pravimo zapirachi, se lahko nadomestijo tudi s cevjo.

Vozlišča

V vozlišču se lahko določi poraba in izguba vode. Vozlišče se mora nahajati v vseh stičiščih ter na koncu posameznih cevi, v katerih ni drugih točkovnih vodooskrbnih objektov, kot so zbiralnik, vodohran, črpalka in ventil. Hidrante v vodooskrbnem objektu določimo z elementom vozlišč.

Ko se določa poraba po vozliščih, je poleg obračunane vode in porabe vode za gašenje požarov pomembna tudi neobračunana voda. Sem spadajo tudi izgube vode. Izgube vode so v sistemu odvisne od velikosti tlakov, tlaki pa običajno nihajo obratno sorazmerno kot poraba vode preko dneva. Pri hidravličnih modelih izgube vežemo na vozlišča in se jih bolj ali manj razprši po več vozliščih, pri čemer se za časovno nihanje izgub uporabijo že obstoječi ali prirejeni koeficienti porabe vode.

2.9 Meritve pretoka

Z meritvami pretoka na ključnih mestih v vodovodnem sistemu pridobimo pomembne podatke o delovanju celotnega sistema in podatke, ki so uporabljeni pri umerjanju modela. Poznamo več vrst merilnikov pretoka, kot so npr. venturi metri, magnetni merilniki pretoka in ultrazvočni merilniki. Merilnike vseh vrst je potrebno v predpisanih rokih umerjati. Pretok se neprestano meri na črpalnih in čistilnih postajah, redkeje pa na samem omrežju. Cenovno najbolj ugodne meritve sočasne meritve pretoka, ki se jih v praksi pogosto izvaja za preverjanje učinka črpalk. Uporabljajo pa se tudi terenske meritve z uporabo paličnih merilnikov tlaka, ki podajo višino E - črte in tlačne črte iz katere se izračuna hitrost vode v cevi.

2.9.1 Načini in zasnova merilnikov pretoka

Učinkovita je uporaba merilnikov pretoka, ki se jih uporabi pri izvedbi preizkusa razpoložljive količine vode v hidrantnem omrežju. Merilniki pretoka so najnatančnejša metoda določevanja pretokov, saj pri tem izključimo številne faktorje, ki pri preračunavanju iz posredno merjenih količin (npr. tlakov) vodijo v napačne rezultate. Njihova uporaba je priporočljiva, vendar pa ni obvezna, saj usposobljeno osebje lahko tudi drugače dovolj natančno določi iztočene količine vode iz ustnikov.

Ultrazvočni merilniki pretoka

Pri uporabi ultrazvočnih merilnikov pretoka je potrebno poznati zakonitosti toka vode v zaprtih ceveh. Režim toka, kjer se tok giblje v vzporednih slojih, se imenuje laminarni tok. Režim toka, kjer se pojavljajo pulzacije hitrosti, in zaradi tega premeščanje delcev tekočine v prečni smeri, imenujemo turbulentni tok. Če je Reynoldsovo število manjše od 2300 - laminarnega toka, je prehodni tok med 2300 in 4000 v ceveh. Turbulentni tok ima Reynoldsovo število v ceveh več kot 4000. Tekočina, ki je v gibanju, ima potencialno, kinetično in toplotno energijo. Pri ultrazvočnih meritvah toka gre za merjenje dejanske hitrosti toka v določeni točki v prostoru, v katerem se giblje tekočina. Obstaja več vrst ultrazvočnih merilnikov pretoka.

a) Korelacijski ultrazvočni merilniki pretoka

Korelacijski ultrazvočni merilniki pretoka so poznani tudi v tekočinah, v katerih prihaja do pogostih turbulenc, izločanja mehurčkov in plavajočih delcev (Slika 10). Na sprejemni signal vpliva vsaka nepravilnost v tekočini (mehurček, itd...), ki potuje med sprejemnikom in oddajnikom. Signal, ki je bil sprejet s sprejemnikom, potuje skozi ojačevalec in filter na korelator. Ta oceni korelacijsko funkcijo za dva signala. Korelacijska funkcija doseže maksimalno vrednost takrat, ko je največja podobnost med obema signaloma. Časovna razlika Δt , ki nastane med obema signaloma, je s to razliko določena in se lahko uporabi za izračun hitrost tekočine po enačbi (1):

$$v = \frac{L}{\Delta t},$$

Enačba 1: Izračun hitrosti tekočine

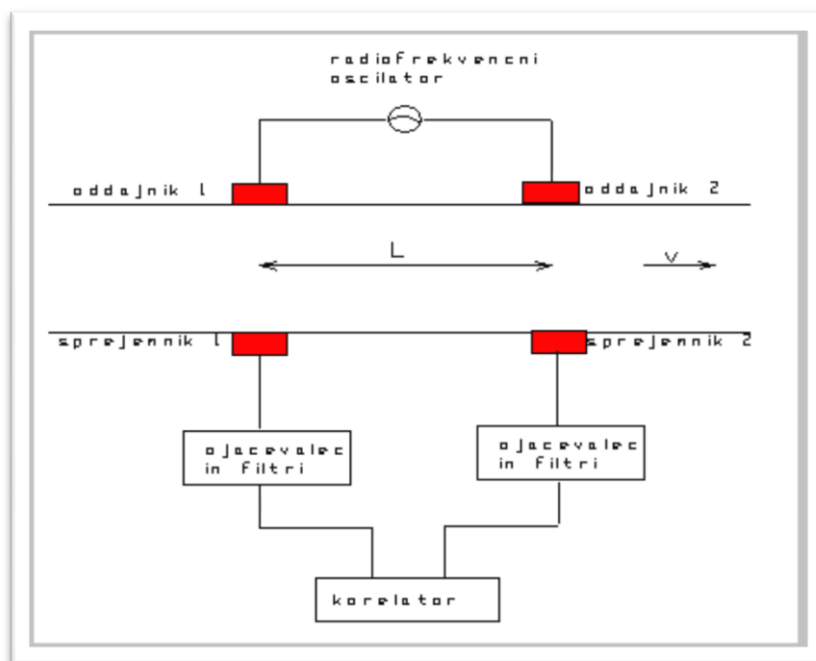
kjer pomenijo:

v – hitrost tekočine,

L – razdalja med oddajnikom 1 in 2,

Δt – časovna razlika med dvema signaloma.

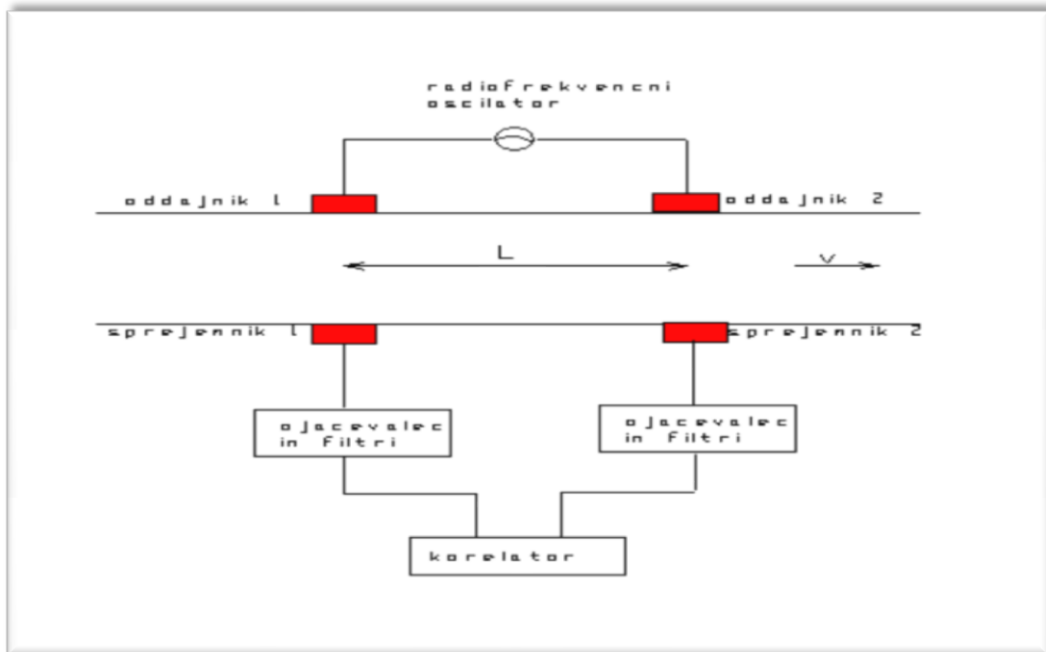
Največji problem tovrstnih merilnih sistemov je v dolgem odzivnem času, kar onemogoča hitrejšega spremljanja količine pretoka v realnem času.



Slika 10: Korelacijski ultrazvočni merilnik hitrosti tekočine (W. Boltona, Instrumentation &

b) Princip delovanja Dopplerjevega merilca pretoka

Princip delovanja Dopplerjevega merilnika pretoka je prikazan na Sliki 11.



Slika 11: Korelacijski ultrazvočni merilec hitrosti tekočine (W. Boltona, Instrumentation & Measurement, 1996, str.210) Dopplerjev merilec pretoka

Ko oddajnik pošlje ultrazvočni signal s frekvenco v_{oddana} in hitrostjo c v tekočino, se le - ta odbije od mehurčkov, vrtincev ali delcev, ki se gibljejo s hitrostjo tekočine v . Glede na delce je hitrost ultrazvočnih valov relativna vrednost:

$$c_{uv} = (c + v \cdot \cos \Theta),$$

Enačba 2: Hitrost ultrazvočnih valov

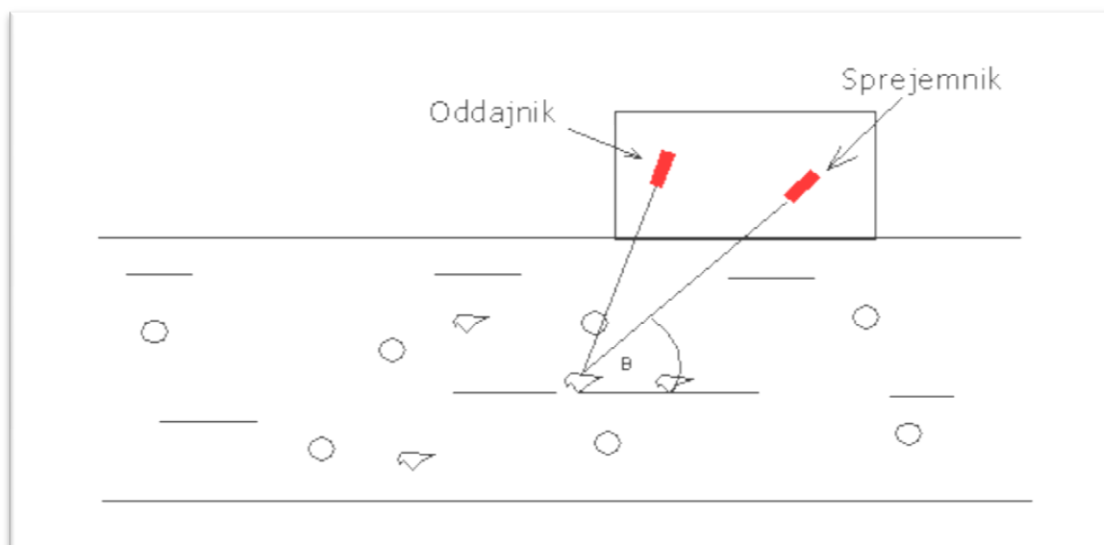
kjer pomenijo:

c_{uv} – hitrost ultrazvočnih valov glede na plavajoče delce,

c – hitrost ultrazvočnega signala,

v – hitrost tekočine,

Θ – kot med signalom oddajnika in osjo cevi.



Slika 12: Izvedba merilnika na principu Dopplerjevega efekta.

Frekvenca, ki pripada ultrazvočnim valovom, je v podanem primeru:

$$v = \frac{(c + v \cdot \cos \Theta) v_{\text{oddana}}}{c},$$

Enačba 3: Pripadajoča frekvenca ultrazvočnih valov

kjer pomenijo:

v = pripadajoča frekvenca ultrazvočnih valov,

v_{oddana} = frekvenca ultrazvočnih valov.

Relativno hitrost valov, glede na sprejemnik in sprejeto frekvenco, izračunamo po enačbi:

$$c_{r.v} = (c - v \cdot \cos \Theta)$$

Enačba 4: Relativna hitrost valov

$$v_{\text{sprejeta}} = \frac{v_{\text{oddana}} \cdot (c + v \cdot \cos \Theta)}{(c - v \cdot \cos \Theta)},$$

Enačba 5: Sprejeta frekvenca

kjer pomenijo:

$c_{r,v}$ = relativna hitrost valov,

ν_{sprejeta} = frekvenca ultrazvočnih valov, ki jo sprejme sprejemnik.

Merilniki, delujoči na principu Dopplerjevega efekta, so razmeroma poceni in dosežejo merilno točnost 5%. Navadno se jih uporablja kot indikatorje toka.

c) Merilniki pretoka, ki delujejo na principu dveh oddajnikov in sprejemnikov

Poznamo tudi merilnike pretoka, ki delujejo na principu dveh ultrazvočnih sprejemnikov in oddajnikov, ki sta postavljena na vsaki strani cevi, skozi katero teče tekočina (Slika 12).

Enačba za izračun hitrosti ultrazvočnega valovanja v levo smer je:

$$c_{s1} = (c + v \cdot \cos \Theta)$$

Enačba 6: Izračun hitrosti ultrazvočnega valovanja v eno smer

kjer pomenijo:

c_{s1} = hitrost valovanja v eno smer,

c = hitrost valovanja skozi tekočino, ki miruje,

ν = frekvenca valovanja,

Θ = kot med smerjo valovanja in robom cevi.

Enačba hitrosti ultrazvočnega valovanja v drugo smer:

$$c_{s2} = (c - v \cdot \cos \Theta).$$

Enačba 7: Izračun hitrosti ultrazvočnega valovanja v drugo smer

Čas, potreben za ultrazvočno valovanje v drugo smer, je:

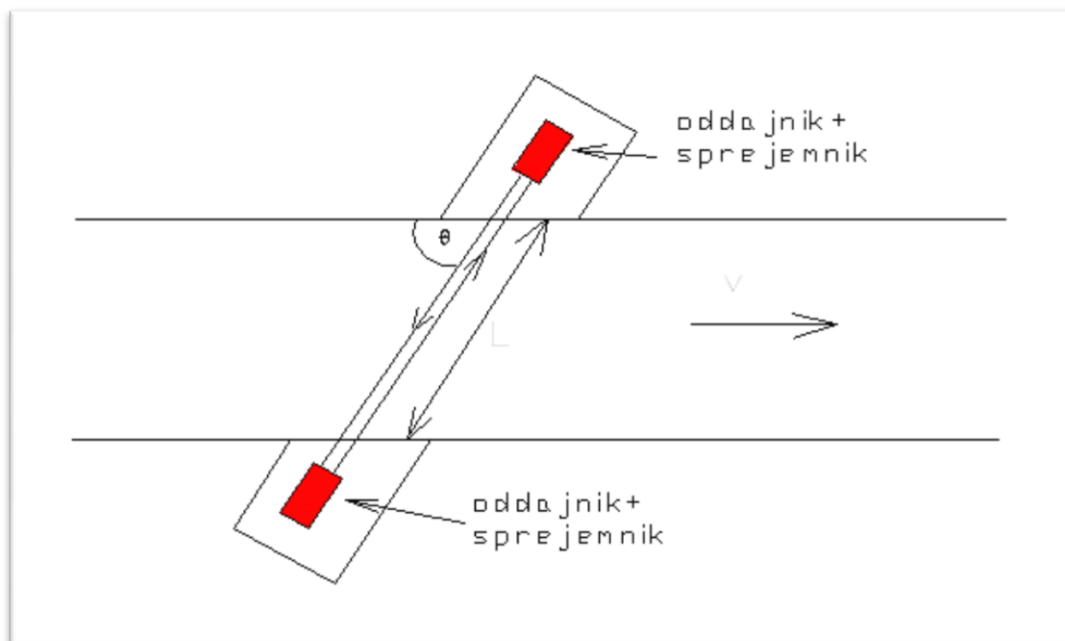
$$t_{uv} = \frac{L}{c + v \cos \Theta},$$

Enačba 8: Izračun časa, ki je potreben za ultrazvočno valovanje v drugo smer

kjer pomenijo:

t_{uv} = čas, ki ga potrebuje ultrazvočno valovanje v eno smer (Slika 11),

L = razdalja med robovoma cevi odvisna od kota Θ (Slika 11).



Slika 13: Merilnik delujoč na principu dveh oddajnikov in sprejemnikov (W. Boltana,

Instrumentation & Measurement, 1996, str. 209)

Ko sprejem signala sproži oddajo signala drugega oddajnika, se frekvenci, s katero signali potujejo v obe smeri, izračunajo po enačbah :

$$v_1 = \frac{(c - v \cos \theta)}{L} \quad \text{in} \quad v_2 = \frac{(c + v \cos \theta)}{L}$$

Enačba 9: Izračun frekvenc, s katero signali potujejo v obe smeri

Medfrekvenčna razlika je :

$$\Delta v = \frac{(c + v \cos \theta)}{L} - \frac{(c - v \cos \theta)}{L} = \frac{2v \cos \theta}{L}$$

Enačba 10: Izračun razlike med frekvencama

kjer je neznanka:

Δv = razlika med frekvencama.

Za izračun hitrosti tekočine uporabimo razliko med frekvencama:

$$v = \frac{\Delta v * L}{\cos\Theta}$$

Enačba 11: Izračun hitrosti med frekvencama

Te merilnike hitrosti tekočine se uporablja za cevi s premeri od 75 mm pa do 1500 mm in za hitrosti tekočin med 0,2 m/s in 12 m/s, z natančnostjo 1%. Merilnike se lahko uporablja tudi pri merjenju hitrosti pri toku s prosto gladino.

2.9.2 Meritve tlaka

Tlake merimo po celotnem vodovodnem sistemu za zadostitev zadostnih tlakov pri oskrbi s pitno vodo in za zbiranje podatkov, kateri se kasneje uporabljajo za umerjanje modela. Tlak se v večini primerov meri na požarnih hidrantih, lahko pa tudi na črpalnih postajah in na različnih ventilih. Ko se meritve izvajajo na merilnih mestih (npr: Ventil v hiši), ki niso neposredno priključeni na glavni vodovodni sistem, je potrebno upoštevati hidravlične izgube med glavnim vodovodnim sistemom in merilnim mestom. Upoštevanju izgub se izognemo, ko nimamo pretoka med glavnim vodovodnim sistemom in merilnim mestom. Pri merjenju tlaka prihaja do rahlih nihanj na merilnikih zaradi nihanja pretoka, zato se uporablja merilnike, napolnjene z vodo, ki ta nihanja ublažijo. Merilniki tlaka dosežejo največjo natančnost, kadar merimo tlake v razponu od 50 % do 75 % maksimalne vrednosti merilnega obsega merilnika. Uporabljajo se merilniki, ki merijo tlak v različnih merilnih območjih. Večinoma se uporablja tiste merilnike, ki merijo v območju od 0 do 690 kPa. Kadar merimo tlak na črpalnih postajah in na mestih, kjer nastopajo povečani tlaki, je priporočljiva uporaba merilnikov z merilnim območjem do 1,380 kPa. Za izvajanje meritev na sesalni strani črpalke uporabljamo posebne vakuumске merilce. Ko merimo relativni tlak, moramo vedno upoštevati nadmorsko višino merilnika.

Merilni standardi

Instrumenti so umerjeni v skladu s standardi, ki so bili veljavni v času njihove izdelave.

Standarde razvrstimo v naslednje kategorije:

- mednarodni standardi,
- primarni standardi,
- sekundarni standardi,
- delovni standardi.

Mednarodni standardi se sprejemajo z mednarodnim dogovorom. Standarde kontroliramo periodično z absolutnimi meritvami. Ti predstavljajo določene postopke meritev z najboljšo možno natančnostjo, ki jo dopuščata znanost in tehnologija.

Primarne standarde vzdržujemo v laboratorijih za standardizacijo posameznih držav. Ti standardi niso na voljo zunaj omenjenih laboratorijev, kljub temu da jih lahko uporabimo za umerjanje sekundarnih standardov, katere predhodno pošljemo v te iste laboratorije. Sekundarne standarde se vzdržuje v različnih laboratorijih v industriji. Glavna vloga le teh je preverjanje in umerjanje delovnih standardov. Umerjanje sekundarnih standardov opravljajo laboratoriji primarnih standardov.

Osnovno orodje merilnih laboratorijev so delovni standardi. Delovne standarde uporabljamo za preverjanje in umerjanje inštrumentov, uporabljenih v laboratoriju, ali pa za primerjave meritev z industrijo. Delovne standarde kontroliramo s sekundarnimi standardi.

Globalno mrežo nacionalnih standardizacijskih teles imenujemo ISO (International Organisation for Standardization). Priprave nacionalnih standardov opravljajo tehnični odbori teh teles. Člani ISO nato glasujejo o pripravljenih standardih. Oznako, da je standard priznan kot mednarodni standard, dobi vsak standard, ki je potrjen z vsaj 75% vseh glasov članov.

2.9.3 Izračun požarnega bazena

Da omogočimo gradnjo požarnega bazena, katerega zmogljivost in izdatnost lahko zagotovi zahtevano količino vode za gašenje požarov, moramo izračunati volumen, višino in površino bazena. Izračunati moramo moč črpalke, ki je potrebna za dvigovanje tlaka v vodovodnem sistemu, ter hrapavost cevi, ki bi ustrezale našim zahtevam..

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

Enačba 12: Površina požarnega bazena

S pomočjo površine smo lahko izračunali premer bazena po spodnji enačbi:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

Enačba 13: Premer požarnega bazena

V vodovodni sistem smo dali črpalko za dvigovanje tlaka v cevovodu. Vrsto ustrezne črpalke smo izračunali s pomočjo Moody-jevega diagrama, to nam je določilo Reynoldsovo število, ki nam je dokazal režim toka in relativno hrapavost cevi. Preko spletne strani Lowara smo tako lahko izbrali

pravo črpalko za omrežje. Izbrana črpalka ima oznako 165-200/150 Ø 192. Pri črpalkah sta zelo pomembna njihova moč in učinkovitost.

Relativno hrapavost cevi smo izračunali po formuli:

$$\frac{\varepsilon}{d} = 10^{-3}$$

Enačba 14: Relativna hrapavost cevi

Ko smo pridobili vse potrebne podatke, smo izračunali Reynoldsovo število.

$$\text{Re} = \frac{v * d}{\nu}$$

Enačba 15: Reynoldsovo število

kjer pomenijo:

ν - kinematični koeficient viskoznosti [m²/s],

v – srednja hitrost toka [m/s],

d – karakteristična dolžina, premer cevovoda [m].

Poleg vseh naštetih izračunov smo potrebovali še izračun za padec tlaka oziroma linijske izgube.

Enačba je sledeča:

$$\Delta E = \frac{\lambda * L}{d} * \frac{\left(\frac{4 * Q}{\pi * D^2} \right)^2}{2 * g}$$

Enačba 16: Izguba energije

3 PREIZKUŠANJE ZUNANJIH HIDRANTNIH OMREŽIJ

Pravilnik o preizkušanju hidrantnega omrežja (Ur.l. RS, št. 22/95) v 2. členu zavezuje lastnike, uporabnike ali upravljavce objektov, da pred začetkom uporabe hidrantnega omrežja pridobijo potrdilo o brezhibnem delovanju za novo vgrajena hidrantna omrežja, razširitev hidrantnega omrežja in spremenjeni ali zamenjani del hidrantnega omrežja.

Pravilnik v nadaljevanju določa pogoje, ki jih morajo izpolnjevati fizične in pravne osebe, ki preizkušajo hidrantna omrežja:

- postopke pridobitve pooblastila,
- postopek preizkusa hidrantnega omrežja,
- izdajo pisnega poročila o ugotovitvah preizkusa,
- izdajo potrdila o brezhibnem delovanju,
- določila o rednem tehničnem nadzoru hidrantnih omrežij.

Zavezanec mora pridobiti potrdila za naslednja hidrantna omrežja:

- vsi objekti in naprave, s katerimi se voda od vira za oskrbo z vodo po cevovodih dovaja do hidrantnih omrežij, katera se uporabljajo z gašenje požara ali pa se lahko nanje priključijo gasilna vozila, ki imajo vgrajene črpalke ali prenosne gasilne črpalke;
- stalni postroji za zajemanje vode (stalni postroji so postroji za posredno napajanje hidrantnega omrežja po stacionarnem omrežju);
- suha hidrantna omrežja (to so vse naprave in objekti, ki so brez vode. Ob požaru pa se jih uporabi zato, da se voda za gašenje požara dovaja od gasilnih vozil ali drugih virov za oskrbo z vodo do kraja porabe).

4. člen Pravilnika o preizkušanju hidrantnega omrežja (Uradni list RS, št. 22/95) predpisuje, katere fizične in pravne osebe lahko preizkušajo hidrantna omrežja. Izvajalci morajo izpolnjevati naslednje pogoje:

- registrirani morajo biti za tehnične preizkuse in analize (da lahko opravljajo dejavnosti preizkušanja gasilno tehničnih sredstev),
- zaposlenega morajo imeti vsaj enega tehničnega nadzornika, ki izpolnjuje pogoje iz tretjega odstavka tega člena,
- s tem pravilnikom je določena ustrezna tehnična oprema, ki jo morajo imeti,
- izvajalec mora imeti pooblastilo Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje, da lahko preizkuša hidrantna omrežja,
- delavci morajo imeti najmanj V. stopnjo izobrazbe strojne ali gasilske smeri ter najmanj eno leto delovnih izkušenj pri preizkušanju hidrantnega omrežja.

Hidrantna omrežja lahko preizkuša izvajalec, če ima naslednjo opremo:

- prehodni kos z dvema B-spojka in s priključkom za manometer v sredini-2 kosa,
- orodje za delo s podzemnim hidrantom (ključ za hidrant, nastavek z enim B-iztokom, ključ za spojke)-2kompleta,
- slepo spojko C-2kosa,
- ročnik s pipo-navadni C-1 kos,
- ustnike za ročnike $\Phi 8$, $\Phi 10$, $\Phi 12$, $\Phi 16$, $\Phi 18$, $\Phi 20$,
- tabelo za določanje iztoka iz ročnika pri izmerjenem tlaku pri različnih šobah,
- manometer za vodo; 0-15 bar, razred natančnosti 1.

Predpisana oprema za izvajanje preizkusov je standardna merilna garnitura, ki pa ne zagotavlja povsem korektnih meritev, saj je nezanesljiva skozi daljše časovno obdobje. Merilna oprema, ki se uporablja, je zelo enostavna in jo vzdrževalci vodovodnih omrežij uporabljajo vsakodnevno.

Pri tem je potrebno upoštevati, da lahko pride pri meritvah in preizkušanju do občasnih motenj v oskrbi z vodo. V izogib nevšečnostim, je potrebno odjemnike predhodno obvestiti o nameravanih posegih v vodovodni sistem.

Za kakovosten preizkus hidrantnega omrežja je treba poznati lastnosti omrežja, ki se ga preizkuša. Zato je treba pred preizkusom pridobiti tehnično dokumentacijo o preizkušnem hidrantnem omrežju.

3.1 Tehnična smernica za graditev TSG -1-001:2010 – Naprave za gašenje in dostop do gasilcev

Pravilnik o požarni varnosti v stavbi (Uradni list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05, 14/07 in 12/13) opredeljuje sprejem Tehnične smernice TSG – 1- 001:2010: Požarna varnost v stavbah in preklicuje 13., 14., 24., in 38. člen Pravilnika o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/91).

V uvodu Tehnične smernice so razložene pravne podlage, ki so omogočile izdajo smernice. Opisani so členi, ki jih smernice natančneje opredeljujejo. Pomemben del uvoda je poglavje, ki razlaga kakšne so pravne posledice (ne) uporabe tehnične smernice. Navedeni so referenčni dokumenti in opredeljeni so nekateri izrazi, ki se pojavljajo v drugih poglavjih smernice.

Smernica v prvem poglavju določa rešitve v zvezi s preprečevanjem preskoka ognja na sosednje objekte. V začetku so podane splošne rešitve, na koncu pa dodatne, oziroma posebne rešitve, za posamezne vrste stavb ali prostore v njih.

Drugo poglavje opredeljuje nosilnost konstrukcije v primeru požara in predstavlja ukrepe za preprečevanje njegovega širjenja po stavbi.

Tretje poglavje je sestavljeno iz dveh delov. Prvi del vsebuje rešitve v zvezi z evakuacijskimi potmi, drugi del pa predvideva za določene stavbe vgradnjo sistemov za požarno javljanje in alarmiranje in nakazuje na uporabo ustreznega standarda.

Četrto poglavje ima zbrane rešitve, ki omogočajo gašenje, pri čemer se le – te ukvarjajo tako z zunanostjo, kot tudi s samo stavbo. Drugi del četrtega poglavja je namenjen varnemu dostopu in delu gasilcev. Tretji del poglavja ureja odvod dima in toplote in se navezuje na drugo poglavje. Tehnično smernico zaključujeta dva dodatka in sicer, dodatek, ki omogoča izračun dovoljenega števila ljudi v prostoru ali stavbi in dodatek, ki opredeljuje potrebne količine vode za gašenje.

Tehnična smernica TSG – 1- 001:2010: Požarna varnost v stavbah ne more pokriti celotnega področja oskrbe z vodo za gašenje ter izvedbo naprav za začetno gašenje in gasilsko intervencijo v stavbah, poda lahko samo osnovne zahteve. Zato je bilo predlagano, da se izdela in izda še smernico, ki bo za posamezne objekte opredelila naslednja področja:

1. Splošna določila o oskrbi z vodo za gašenje.
2. Potrebne količine vode za gašenje požara glede na namembnost stavbe (požarna nevarnost, velikost stavbe, požarna odpornost konstrukcij stavbe).
3. Vire za zagotavljanje zadostne količine vode za gašenje požara (javno vodovodno in hidrantno omrežje, bazeni, bajerji, tekoče vode).
4. Merila za izvedbo, dimenzije in tlak ter izračuni za cevovod zunanje hidrantne mreže.
5. Zunanji hidrantni priključki z lastnostmi kot so: dimenzije, tlak, pretok in lokacija priključkov, izvedba in merila za namestitev.
6. Naprave za oskrbo stavb z vodo za gašenje, industrijska notranja hidrantna omrežja in mokri, suho/ mokri in suhi dvižni vodi.
7. Notranji hidrantni priključek za uporabo začetnega gašenja z vodo v stavbi in kot priključek z vodo za gasilce.

3.2 Oprema za izvedbo požarne meritve

Da je meritev natančna in zanesljiva, je večinoma odvisna od instrumenta, uporabnika in matematične obdelave izmerjenih podatkov. Naloga uporabnika je, da pravilno uporabi instrumente in interpolacijo dobljenih rezultatov. Izbira prave opreme in njene ustrezne uporabe je odvisna predvsem od poznavanja postopkov merjenja, zmožnosti in omejitev opreme.

Gasilske cevi

Gasilne cevi, ki so fleksibilne uporabljamo za transport gasilnega sredstva, kot so voda, mešanice vode in pene, prah od naprav, izvira ali rezervoarja do mesta, kjer ga uporabljamo. Gasilne cevi delimo na :

- tlačne cevi,
- sesalne cevi.

Sesalne cevi

Sesalne cevi običajno izdelajo iz gume, ki ima vpleten ali tkan tekstilni vložek ter jekleno spiralo, ki jo prikazuje slika 14. Zunanost cevi je rebrasta in zaščitena z ovito vrvjo. Med delom imamo v sesalnih ceveh podtlak, torej tisti tlak, ki je nižji od atmosferskega.

Preglednica 1: Različne dimenzije sesalnih cevi (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 64)

| Oznaka cevi | Notranji premer | Dolžina cevi | |
|-------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | Brez spojke L ₁ [mm] | S spojko L ₂ [mm] |
| A | 110 | 2400 | 2500 |
| | | 1600 | 1700 |
| B | 75 | 1600 | 1685 |
| C | 52 | 1600 | 1680 |
| | | 3000 | 3080 |
| D | 25 | 1500 | 1570 |



Slika 14: Sesalna cev (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 64)

Tlačne cevi

Tlačne cevi so izdelane iz različnih materialov, ki so v skladu s standardi DIN 14811 oziroma prEN 1924-1 / Cat. 3 und 4, prEN 1924 – 2, prEN 694 / B5, B6 in drugih. Notranji premeri so določeni in v uporabi po celem svetu, izhajajo pa iz angleškega merskega sistema. Zunanji sloj cevi je običajno tkan iz sintetičnih materialov, medtem ko je notranja srajčka gumirana ali narejena iz sintetičnih materialov. Tlačno cev nam prikazuje slika 15. Kvaliteto cevi prilagajmo zahtevam medijev, ki jih pretakamo. Mere za premer cevi nam prikazuje preglednica 2.

Preglednica 2: Mere za premer cevi (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 65)

| (mm) | (inch) |
|------|---------|
| 25 | 1" |
| 38 | 1 ½ " |
| 42 | 1 ⅔" |
| 52 | 2" |
| 75 | 3" |
| 110 | 4 ⅓" |
| 152 | 6" |



Slika 15: Tlačna cev (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 64 in CD)

Preglednica 3: Standardne veličine za tlačne cevi (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str.65)

| Oznaka cevi | D | C | C | B |
|----------------------|-----------|--------|-------|---------------------------|
| Notranji premer v mm | 25 | 42 | 52 | 75 |
| Dolžine v m | 5, 15, 20 | 15, 30 | 15,20 | 15, 20 (30 m za lestve) |
| Delovni tlak | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Preizkusni tlak | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Razpočni tlak | 40 | 50 | 60 | 50 |

Spojke

Da lahko spajamo gasilne armature med seboj, uporabimo spojke. V Sloveniji uporabljamo Storž spojke, ki so povzete po nemškem standardu DIN. Ko vežemo cevi s spojkami, običajno uporabimo jekleno pocinkano žico s premerom 1,4 mm do 1,8 mm. Spojke delimo na :

- sesalne (spajajo sesalne cevi na črpalko, cevi med seboj, spajanje s sesalnim košem),
- tlačne,
- stabilne (služijo za priključitev različnih armatur na fiksna mesta na napravah ali instalacijah za vodo),
- slepe (služijo kot zapiralo za stabilne spojke, kadar te niso priključene na druge armature) ,
- prehodne (spajajo cevi, oziroma spojke, različnih premerov).

Spojke se razlikujejo po:

- dolžini grla,
- obliki tesnila,
- materialu :
 - aluminij,
 - medenina (vnetljive tekočine).



Slika 16 : Stabilna spojka (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 71)



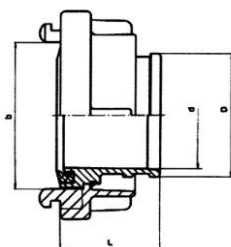
Slika 17: Sesalna spojka (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 70)



Slika 18: Slepa spojka (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 72)



Slika 19: Prehodne spojke (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 70)



Slika 20: Tlačna spojka – presek (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 68)

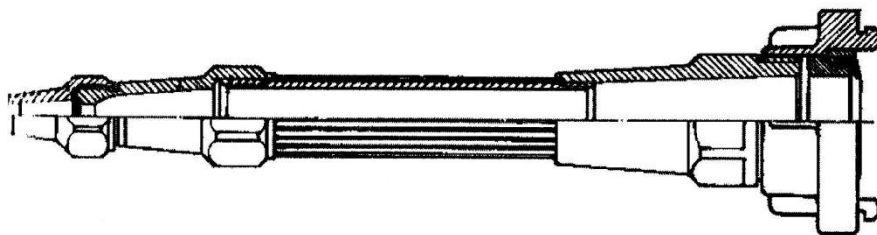
Preglednica 4: Dimenzije spojk (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 68)

| Velikost spojk v mm | Notranji premer cevi v mm | Notranji premer spojke v mm |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 25 – D | 25 | 18 |
| 38 – H (visoki tlak) | 38 | 30 |
| 38 / 25 | 25 | 18 |
| 52 – C | 52 | 45 |
| 52 / 25 | 25 | 19 |
| 75 – B | 75 | 65 |
| 110 – A | 110 | 100 |

Ročniki

Preglednica 5: Delitev ročnikov v skupine (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 81)

| | |
|--------------------------|--|
| Navadni ročnik | To je ročnik z ali brez zasuna, dimenzije B, C, D. |
| Univerzalni ročnik | Služi nam za oblikovanje polnega curka, razpršenega curka ali kombinacijo obeh v obliki polnega curka in zaščite. Velikosti izdelave je B in C. |
| Kombinirani ročnik | Ročnik omogoča različne domete in količino vode, je zelo zmogljiv in enostaven za rokovanje. Uporabimo ga lahko tudi kot ročnik za velike količine. Z njim lahko ustvarimo tudi vodno meglo. |
| Ročnik za razpršeno vodo | Ročnik ima posebno oblikovano glavo z veliko drobnimi luknjicami, ki razbijejo curek na drobne kapljice. Dimenzija C. |
| Globinski ročnik | Ima obliko sulice in služi za gašenje požarov v notranjosti razsutih materialov. |
| Ročnik za vodno meglo | Ročnik ima izvedene posebne šobe, običajno jih je 9, ki zagotavljajo visoko razpršitev vode, zato takrat že govorimo o megli. |
| Visokotlačni ročnik | Ima obliko » pištole « z različnimi dimenzijami ustnikov nekje od 3 mm do 12 mm. Lahko ga uporabimo za polni in razpršeni curek ter vodno meglo. |
| Vodni ščit | Ročnik ima posebno obliko za ustvarjanje zaves – to je zaščita pred toplotnim sevanjem. |
| Vodni tip | Ročnik ima posebno obliko, ki je namenjena za gašenje na večjih razdaljah z velikimi količinami vode. Ob ustreznih dodatkih se lahko uporablja tudi za gašenje z zračno peno. |

Navadni ročnik

Slika 21: Navadni ročnik (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83)

Preglednica 6: Dimenzije navadnega ročnika (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83)

| Velikost | Stabilna spojka | Dimenzije šob (mm) | Dolžina (mm) | Višina (mm) | Teža (kg) |
|----------|-----------------|----------------------|----------------|---------------|-------------|
| Ø 52 | Ø 52 = C | 9 -12 | 380 | 98 | 0,96 |
| Ø 75 | Ø 75 = B | 16 – 21 | 410 | 126 | 1,75 |

Navadni ročnik z zasunom

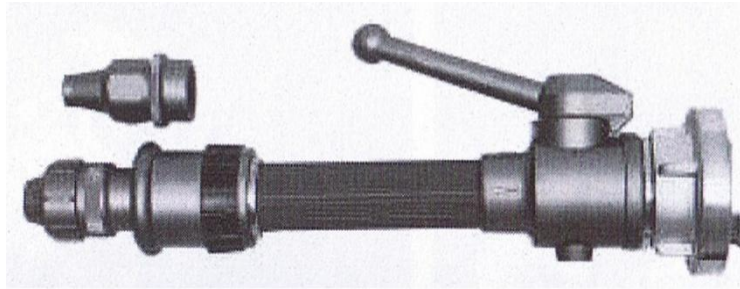
Preglednica 7: Dimenzije ročnika z zasunom (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83)

| Velikost | Stabilna spojka | Dimenzije šob (mm) | Dolžina (mm) | Višina (mm) | Teža (kg) | Standard |
|----------|-----------------|----------------------|----------------|---------------|-------------|-----------|
| Ø 52 | Ø 52 = C | 9 – 12 | 410 | 135 | 1.4 | DIN 14365 |
| Ø 75 | Ø 75 = B | 16 – 22 | 500 | 165 | 2.6 | DIN 14365 |



Slika 22: Navadni ročnik z zasunom (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 83)

Univerzalni ročnik



Slika 23: Univerzalni ročnik (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 84)

Preglednica 8: Dimenzije univerzalnega ročnika (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 84)

| Velikost | Stabilna spojka | Dimenzije šob (mm) | Dolžina (mm) | Višina (mm) | Teža (kg) |
|----------|-----------------|---------------------|---------------|--------------|-------------|
| Ø 52 | Ø 52 = C | 21 – 9 | 425 | 135 | 2.1 |
| Ø 75 | Ø 75 = B | 21 - 16 | 455 | 165 | 2.6 |

3.3 Teoretične osnove merilne negotovosti

Z meritvijo pretoka tekočine pridobimo vrednosti, ki so najboljši približek dejanske vrednosti pretoka ali kake druge merjene tekočine. To v praksi pomeni, da ima dejanska količina malce višjo ali nižjo vrednost od izmerjene količine. Negotovost se določa z območjem vrednosti, v katerem naj bi bila prava vrednost izmerjene količine. Ocena negotovosti meritev so izvedene v skladu s standardom ISO-5165: meritev pretoka tekočin - postopki za oceno negotovosti, v nadaljevanju ISO-5168, sprejetim 16.06.2005, ki pa še ni privzet v slovenske standarde SIST.

Standard je sestavljen iz desetih poglavij in enajstih prilog, v katerih predpisuje različne postopke ocene negotovosti, ki se v grobem delijo na oceno merilne negotovosti tipa A in oceno merilne negotovosti tipa B. Postopki izračuna obeh vrst ocene negotovosti so podani v nadaljevanju. Standard ISO - 5168 ima prednost v poenotenju postopkov merilne negotovosti, saj različni viri navajajo različne postopke ocene. S tem je omogočena primerjava meritev.

Prvi korak pri oceni negotovosti je določitev postopka merjenja, kjer je potrebno upoštevati, da je pri meritvah količin toka tekočine potrebno kombinirati vrednosti številnih vhodnih podatkov za pridobitev vrednosti izhodnih podatkov. Določitev procesa meritve mora vsebovati številčne vrednosti vhodnih podatkov.

Vire napak delimo na:

1. **Kalibracijska negotovost**

Vsaka merilna naprava lahko povzroči napake. Glavni razlog umerjanja naprave je, da zmanjšamo napake na zadovoljiv nivo.

2. **Negotovost pri pridobivanju podatkov**

Negotovost pri sistemu pridobivanja podatkov se lahko pojavi pri signalu odjemnika, sistemu za shranjevanje podatkov naprave, itd...Najboljši postopek, ki zmanjšuje vpliv tovrstnih napak, je izvedba umerjanja celotnega sistema. Ocena negotovosti pri pridobivanju podatkov se lahko pridobi s primerjavo znanih vhodnih količin z njihovimi izmerjenimi količinami. Če to ni mogoče, je potrebno oceniti vse posamezne negotovosti posebej in jih združiti. Tako lahko pridobimo celotno negotovost sistema.

3. **Negotovost pri obdelavi podatkov**

Tukaj pride do napak pri uporabi eksperimentalno določenih enačb, pridobljenih pri umerjanju merilnih naprav. Večja kot je količina meritev, drugačno enačbo imamo od manjše količine meritev. Tu ima vsak koeficient v enačbi določeno napako.

4. **Negotovost glede na metodo**

Določajo jo dodatni viri napak, ki nastanejo zaradi različnih načinov in metod uporabljenih v procesu merjenja. Dodatni viri napak vplivajo na merilno negotovost končnih podatkov. V naprednejših merilnih sistemih je ta vrsta napak veliko manjša od napake pri umerjanju naprave, napake pri pridobivanju podatkov in napake pri obdelavi podatkov.

Ta razdelitev napak velja samo takrat, ko so upoštevani vsi viri negotovosti v postopku merjenja. Če so viri napak medsebojno neodvisni, kar pomeni, da napaka enega vira ne bo vplivala na napako drugega vira, je zanje primeren tovrstni postopek ocene negotovosti. V primeru medsebojne odvisnosti virov napak je potrebna različna obravnava, saj je v tem primeru potrebno ugotoviti povezanost oz. vpliv napak med viri. Funkcijsko razmerje med vhodnimi količinami X_1, X_2, \dots, X_n in izhodno količino Y v meritvah toka tekočine je določeno z enačbo (1):

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n),$$

Y je pričakovana vrednost, označena z y , pridobljena iz enačbe (1) v uporabo pričakovanih vhodnih količin x_1, x_2, \dots, x_n določena z enačbo (2):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Kadar so vhodni podatki X_i medsebojno neodvisni, je celotna napaka postopka določena z izračunom in združitvijo posameznih napak v enačbi (17):

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2},$$

Enačba 17: Funkcijsko razmerje med vhodno in izhodno količino

kjer pomenijo:

- $u_c(y)$ – kombinirana relativna standardna negotovost v povezavi z izhodno pričakovano vrednostjo y ,
- c_i – koeficient občutljivosti izraža vpliv negotovosti vhodnega podatka za izhodno (izmerjeno) količino,
- $u(x_i)$ – standardna negotovost podatka (x_i),
- $n = n (i = 1, \dots, n)$ – število niza podatkov.

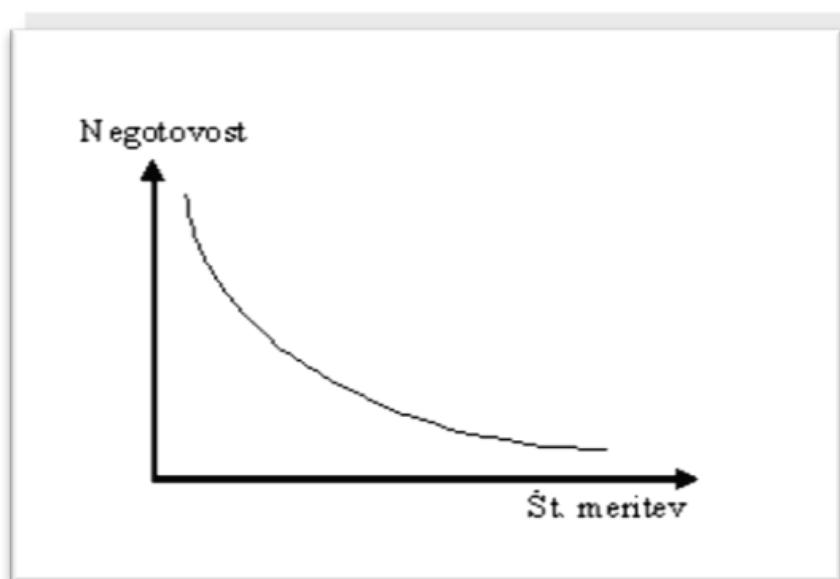
Vsaka od posameznih komponent negotovosti $u(x_i)$ je ocenjena s sledečo metodo:

- ocena negotovosti tipa A: izračunana iz serije izmerjenih količin z uporabo statističnih metod,
- ocena negotovosti tipa B: izračunana z uporabo metod, kot je inženirska presoja.

3.4 Ocena negotovosti tipa A

Ocena negotovosti tipa A uporablja statistične metode za obdelavo podatkov pri večji količini meritev. V veliki večini primerov merjenja ni praktično opravljati veliko število meritev. V takih primerih se komponente negotovosti določijo na podlagi predhodnih ocen negotovosti tipa A, ki so bile dobljene iz večjega števila meritev, ki so potekale pod podobnimi pogoji (isto merilno mesto, isti merilni instrument). Potrebna je določena mera previdnosti, vsaj z_{xi} na $(x_i + \Delta x_i)$. Povečanje Δx_i naj bo tako majhno in tudi praktično možno in ne sme biti večje od negotovosti v parametru x_i .

Negotovost meritve se progresivno zmanjšuje v odvisnosti od števila meritev, kar nam prikazuje graf 1:



Grafikon 1: Negotovost meritve v odvisnosti od števila meritev

Kombiniranje negotovosti tipa A in B.

Ko imamo standardno negotovost vhodnih količin in njim pripadajoče koeficiente občutljivosti določene z metodo ocene negotovosti A ali B, je skupna negotovost izhodnih količin določena z enačbo (18):

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2}$$

Enačba 18: Pričakovane vhodne količine

Ko uporabimo relativne negotovosti je potrebno upoštevati relativne koeficiente občutljivosti z enačbo (19):

$$u_c^*(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i^* u^*(x_i)]^2}$$

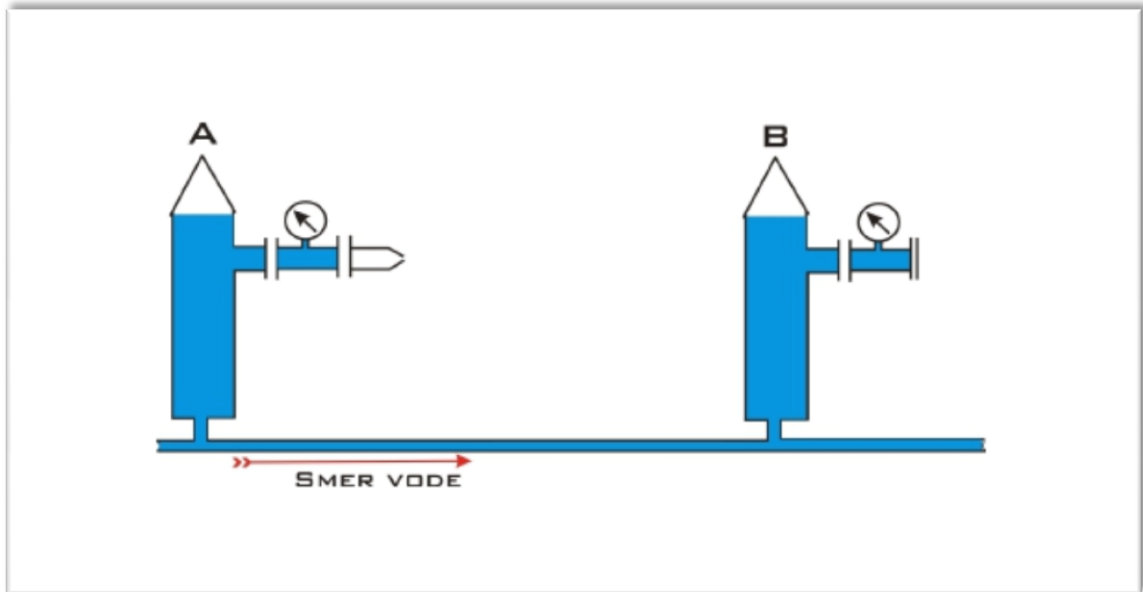
Enačba 19: Skupna negotovost izhodnih količin

Ko uporabimo obe enačbi, je potrebno upoštevati, da morajo biti vhodne količine medsebojno nepovezane. Do povezanosti med količinami pride takrat, ko je ena merilna naprava uporabljena za izvedbo več različnih meritev.

3.5 Osnovne enačbe za izračun požarne varnosti s hidranti

a) Izračuni pri požarnem testu po pravilniku (Ur.l. RS, št. 22 z dnem 22.04.1995)

Preizkus hidrantnega omrežja poteka sledeče (Slika: 24):



Slika 24: Preizkus hidrantnega omrežja (F. Steinman: Razvoj tehničnih postopkov za pregled hidrantnega omrežja. Končno poročilo za naročnika, 2008, str. 9)

Hidrantno omrežje preizkuša izvajalec po naslednjem postopku:

- izmeri in zapiše se statični tlak na rezidualnem in pretočnem hidrantu – to je tlak p_s ,
- na hidrantu se namesti ročnik s šobo premerov od 8 mm do 20 mm (šobo se izbere tako, da bo padel tlak na hidrantu pri odprtju ročnika za približno 1 bar od prej izmerjenega p_s),
- ventil hidranta se odpre do konca in nato se pusti vodo teči eno minuto, da se tok umiri, šele nato se odčita tlak na obeh hidrantih. Tlak na rezidualnem hidrantu se vpiše v razpredelnico (Merilni list) pod p_{rB} , tlak na pretočnem hidrantu pa pod p_{rA} ,
- po tabeli se odčita količino vode (l/s), ki izteče iz ročnika pri tlaku p_{rA} . Ta količina se vpiše v razpredelnico v merilni list pod Q ,
- s pomočjo enačbe izračunamo, za koliko bo padel tlak v mreži p_{rx} , če bo poraba vode večja od Q , pri čemer se izbere poljubno večjo porabo vode Q_x v l/s,

$$p_{rx} = p_s - \left[\frac{Q_x}{Q} \right]^2 \cdot [p_s - p_{rB}]$$

Enačba 20: Koeficienti občutljivosti

- z enačbo se lahko izračuna, koliko vode bo mreža dajala, če se pusti, da tlak pri iztekanju vode pade pod vrednost p_r ,

$$Q_x = Q \cdot \sqrt{\frac{p_s - p_{rx}}{p_s - p_{rB}}}, \text{ kjer je } p_{rx} - \text{izbrani tlak, nižji od } p_r,$$

Enačba 21: Izračun vode, ki jo mreža daje, če tlak pri iztekanju vode pade pod vrednost p_r

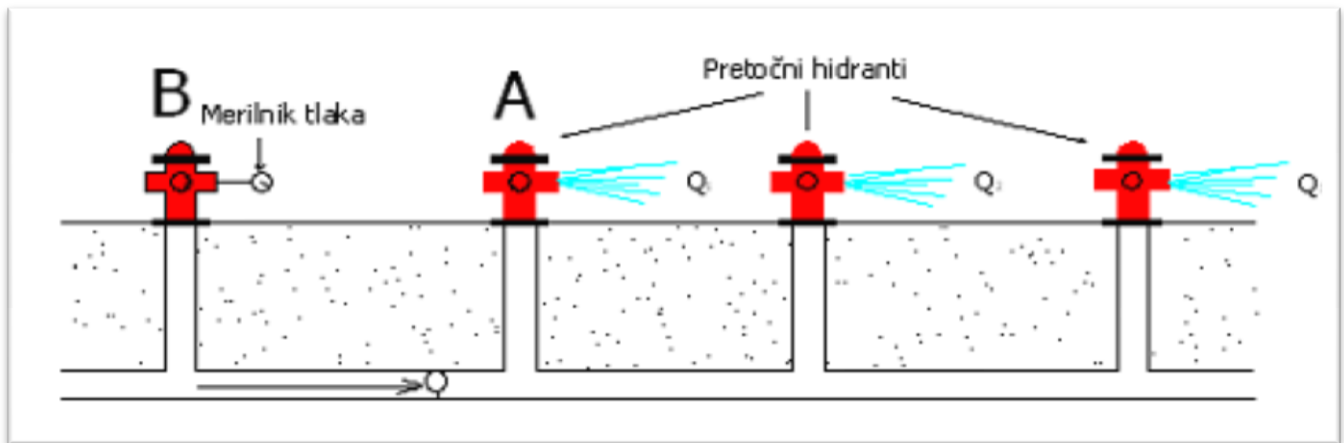
- kadar so hidranti na slepem vodu, se pazi na smer vode. Če pa so nameščeni na krožnem vodu, naj bosta rezidualni in pretočni hidrant čim bolj narazen. Izide meritev vpisujejo v merilni list.

S testom požarne varnosti lahko pridobimo zelo uporabne podatke za umerjanje modela. Za uporabo podatkov, ki so bili pridobljeni pri požarnem testu, je potrebno pripisati enake karakteristike vozlišča na modelu, ki ustrezajo pretočnemu hidrantu v naravi. Ko opravimo računalniško simulacijo, mora višina tlačne črte, ki predstavlja rezidualni tlak na vozlišču, ustrezati višini tlačne črte, ki je bila izmerjena na rezidualnem hidrantu v testu. Primer Merilnega lista je podan v Prilogi A.

b) Izvedba požarnega testa

Požarni test opravljamo tako za zagotovitev varnosti, kot za simulacijo in analizo ekstremnih pogojev delovanja vodovodnega sistema. S požarnimi testi dobimo podatke o tlakih v sistemu v statičnih pogojih in takrat, ko je pretok skozi požarni hidrant maksimalen.

Da izvedemo požarni test, sta potrebna najmanj dva požarna hidranta, kakor prikazuje Slika 25. Na enemu hidrantu merimo tlak, na ostalih pa pretok. Ko so pretočni hidranti zaprti, prvi, ti. rezidualen hidrant poda statični tlak. Ko so pretočni hidranti odprti, merilec tlaka na rezidualnem hidrantu poda rezidualen tlak. Koliko hidrantov, ki jih je potrebno uporabiti v požarnem testu, določa padec tlaka na rezidualnem hidrantu. Tlak naj bi bil najmanj 70 kPa. Pretočni hidranti imajo posebne nastavke, ki spremenijo tok vode stran od hidranta in s tem preprečijo erozijo.



Slika 25: Požarni test (Haestad, Walski, Chase, Savič, Water Distribution Modeling, 2001, str. 175)

S požarnimi testi spremljamo spreminjanje gradienta tlaka po celotnem vodovodnem sistemu, vendar pa je potrebno upoštevati določene probleme, ki se lahko pojavijo v procesu testiranja. Priporoča se uporaba raznovrstnih razpršilcev toka vode, s katerimi obvarujemo vegetacijo v smeri toka. Poletje je najbolj priporočljiv letni čas za izvajanje testov, saj zaradi povečanih hitrosti vode v cevi v času testa lahko pride do odcepljanja oblog, ki so se nabrale tekom let v cevovodu, kar povzroči kalno vodo. Ko opravljamo test, je potrebno poskrbeti, da je oskrba z vodo nemotena. Zato je priporočeno, da so rezidualni in pretočni hidranti kar se da blizu.

V Pravilniku o oskrbi s pitno vodo (Uradni list RS, št. 35/2006, 41/2008, 28/2011 in 88/2012) je določeno, da morajo alternativni viri za oskrbo hidrantnega omrežja biti hidravlično ločeni od javnega vodooskrbnega sistema. Vodooskrbni sistem je ustrezen vir vode za gašenje požarov samo takrat, ko imamo zagotovljeno zadostno količino vode pri ustreznem dinamičnem tlaku.

3.6 Zagotavljanje požarne varnosti in alternativni viri za oskrbo z vodo za gašenje požarov

V primeru požara pride do ekstremnih pogojev delovanja vodovodnega sistema, oziroma do ekstremnega obtežnega primera. Kljub temu je potrebno dovajati vodo porabnikom pod še sprejemljivimi hidravličnimi razmerami. V tem primeru so tlaki v vodovodnem sistemu manjši od običajnih, hitrosti pa večje.

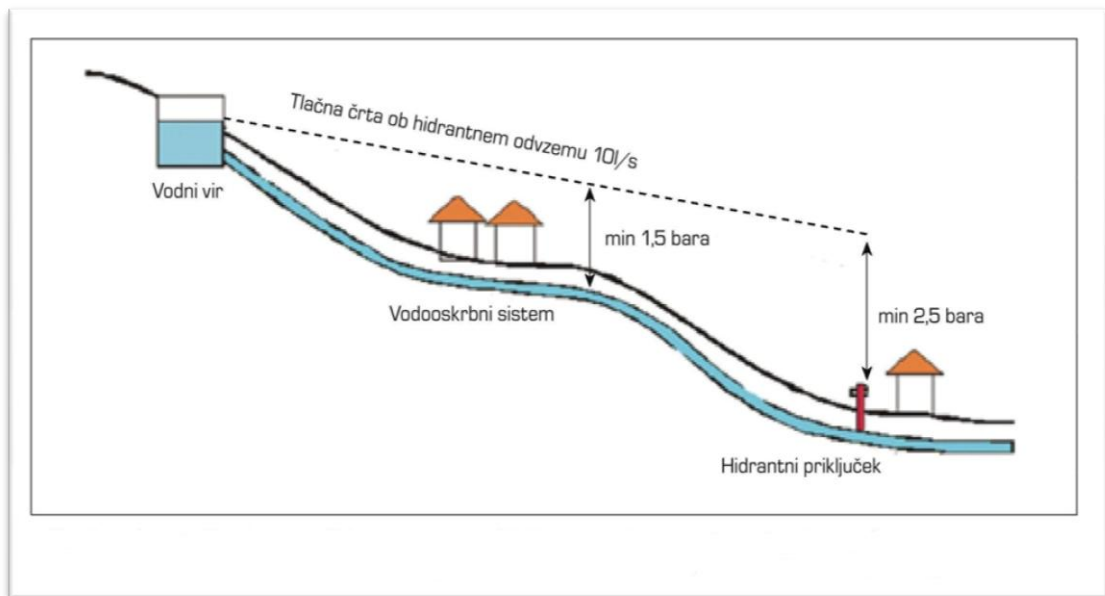
V pravilniku o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/1991, dostop dne 17.7.2013) so predpisani tehnični normativi za zunanje in notranje hidrantno omrežje za gašenje požarov, ki določajo zahteve za vire, zmogljivost, pretok in tlak vode v hidrantnem omrežju. Pravilnik določa, da je skupna količina vode, potrebna za gašenje požara potrebna za najmanj 2-urno gašenje z zunanjim in notranjim hidrantnim omrežjem, in količino vode, potrebne za druge sisteme za gašenje požara za toliko časa, kolikor je predvideno za te sisteme. Za napajanje hidrantnega

omrežja se uporablja vsak vir, katerega zmogljivost lahko zagotovi potrebno količino vode take kakovosti, da jo je mogoče uporabiti za gašenje požara.

Standard SIST EN 805 predpisuje, da je količina vode, potrebna za gašenje požara iz vodovodnih sistemov, veliko večja v primerjavi s povprečno količino pitne vode, ki jo mora zagotavljati upravljavec za potrebe oskrbe s pitno vodo. Vodovodni sistemi so zato pogosto predimenzionirani, saj so premeri cevovodov veliko večji, kakor so potrebni zgolj za oskrbo s pitno vodo. Velik problem predstavlja zagotavljanje ustreznih dinamičnih tlakov ob zahtevanih količinah vode, katere ni mogoče zagotoviti na območju z redko poselitvijo. Za takšna območja je potrebno določiti načine, kako jih varovati pred požarom in ravno v teh okoliščinah nastane potreba po alternativnih virih. Kadar se hkrati vključuje več vodnih virov za gašenje, je treba s hidravličnim izračunom dokazati, da sta ob obratovanju vseh naprav, zagotovljena zahtevana količina in tlak ter da je zagotovljeno nemoteno delovanje intervencijskih enot. Pri zagotavljanju in odvzemu zahtevanih količin vode za gašenje ne smemo negativno vplivati na oskrbo uporabnikov s pitno vodo.

Vodovodni sistemi morajo zagotoviti dovolj tlaka, ki naj bo nekje med 2 baroma in 7 barov, ter najmanjšo količino vode, ki je opredeljena z vrednostjo 10 l/s. Minimalni tlak, ki je zahtevan ob požarni obremenitvi na zunanjem hidrantnem omrežju, je 2,5 bara, lahko pa se tudi izračuna glede na višino varovanega objekta (Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/1991, Uradni list RS, 83/ 2005 z dostopom dne 17.7.2013)). Razdalja med zunanjimi hidranti se določi v odvisnosti od namena, velikosti in podobnih karakteristik objekta, tako da je mogoče požar na vsakem objektu gasiti z najmanj dveh zunanjih hidrantov. Potrebno bi bilo določiti najmanjši dinamični tlak v vodovodnih sistemih v času odvzema vode za gašenje, ki ne bi smel biti nižji od 1,5 bara (Slika 26) na nobenem mestu vodovodnega sistema. Ta bi moral biti ob posebnih tlačnih režimih pomembnih odjemalcev celo v območju višjih tlakov. Ko omejimo najnižji tlak na celotnem vodovodnem sistemu, nam ta zagotavlja nemoteno delovanje oskrbe z vodo drugim odjemalcev in zaščito vodovodnega sistema. Omejitev je absolutna, ker je to najmanjši možni operativni tlak, ki še zagotavlja, da ne pride do podtlakov in poškodb omrežja. Poleg tlaka in pretoka so v vodovodnih sistemih pomembno merilo pretočne hitrosti v cevovodih, ki naj bi bile omejene s spodnjo mejo, ki preprečuje predolgo zadrževanje vode v cevovodu, medtem ko zgornja meja poudarja ekonomičnost in izogibanje velikim hitrostim vode v ceveh. Da so zagotovljeni tehnični in ekonomski predpisi, so vodovodni sistemi načrtovani in izvedeni za pretočne hitrosti pri srednji porabi med 0,8 m/s in 1,4 m/s, lahko tudi še z intervalom med 0,5 m/s in 2,0 m/s. SIST EN 805 predpisuje najvišjo dopustno hitrost toka do 3,5 m/s in kot najnižjo 0,1 m/s.

Za požarno varnost je potrebna neprestana kontrola razmer v vodovodnem sistemu, kar se zagotavlja s požarnim testom. Količina vode v sekundi za gašenje požarov v naseljih mestnega značaja, je določena v odvisnosti od števila prebivalcev in računskega števila istočasnih požarov.



Slika 26: Najmanjši možni dinamični tlak na vodovodnem sistemu (1,5 bara) pri odvzemu vode za gašenje požarov (Javni vodooskrbni sistemi v vlogi hidrantnih omrežij, revija Ujma, str. 156).

Kot ustrezen vir za oskrbo z vodo za gašenje požarov, velja vsak vir, katerega zmogljivost lahko zagotovi zahtevano količino vode za gašenje take kakovosti, da jo je mogoče uporabiti za gašenje požara. Uporabi se lahko tudi kombinacija več vodnih virov, pri čemer mora vsak izbrani vodni vir ustrezati zahtevam virov za oskrbo z vodo za gašenje. Skupna zmogljivost in izdatnost pa mora biti tolikšna, kot je zahtevano po predpisih. Vodovodni sistem je eden izmed mnogih virov vode za gašenje. Poznamo tudi alternativne vire za oskrbo hidrantnega omrežja, ki pa morajo biti hidravlično ločeni od javnega vodovodnega sistema, razen če se s priključkom nanj izvede samo napajanje požarnega bazena kot to določa Pravilnik o oskrbi s pitno vodo z dopolnili, ki je bil izdan leta 2006. Vodovodni sistem štejemo kot ustrezen vir vode za gašenje požarov samo takrat, kadar je zagotovljena zadostna količina vode pri ustreznem dinamičnem tlaku (izjemoma lahko ta tlak zagotovimo z napravo za povečanje tlaka).

V ustrezne vire za oskrbo z vodo za gašenje štejemo:

Primarni viri:

- hidrantno omrežje oziroma javni vodovod,

Sekundarni viri:

- tekoče vode: reke, potoki,
- stoječe vode: vodna zajetja, ribniki, jezera, morje,
- pokriti in odprti požarni bazeni,
- vodnjaki.

Vsi naštetih viri voda predstavljajo neodvisne vode za gašenje požarov. Lahko jih razdelimo na

- izčrpljive vodne vire za gašenje požarov,
- neizčrpljive vodne vire za gašenje požarov.

Oglejmo si posamezne vire vode za gašenje.

Javno vodovodno omrežje

Je sklop objektov, naprav in omrežja, ki so namenjeni pridobivanju, tehnološki obdelavi, transportu in razdelitvi vode porabnikom. Javno vodovodno omrežje je hidravlično ločeno od ostalih vodovodnih sistemov in ga upravlja samo en upravljalec. To določa Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega vodovodnega sistema (Uradni list RS, št. 52/99). Da lahko uporabimo javno vodovodno omrežje kot hidrantno omrežje, je potrebno soglasje upravljalca, ki zagotovi potrebno količino vode in dinamični tlak. Javno vodovodno omrežje upoštevamo kot ustrezen vodni vir, ko:

- ima vodovodno omrežje vsaj dva, oziroma več vodnih virov,
- ko ima vodovodno omrežje, na katerega se priključujejo hidranti, uporabno dovoljenje,
- ko vodovodno omrežje redno pregleduje ustrezna inšpekcijska služba.

Količina vode za gašenje požarov, ki jo odvezemamo iz javnega vodovodnega sistema, je odvisna od:

- razpoložljivih količin vode v samem omrežju,
- pretočne sposobnosti cevovodov,
- stanja oskrbe s pitno vodo.

Konstantno je potrebno preverjati hidravlične razmere v vodovodnem sistemu, ki ne smejo ovirati oskrbe s pitno vodo. Velikokrat se zgodi, da omrežje ne more zagotavljati v celoti zahtevane količine vode za gašenje požara, saj le te močno presegajo količino običajne porabe pitne vode. V takem primeru zagotavljanje vode za gašenje iz javnega vodovodnega omrežja zahteva predimenzioniranje zmogljivosti in se lahko pojavijo težave z zastajanjem vode v cevovodu in s tem tudi slabšanje njene kakovosti. Da lahko ustrezno zagotavljamo vodo za gašenje iz javnega vodovodnega omrežja, moramo opraviti hidravlični izračun omrežja in meritve hidravličnih veličin na kritičnih mestih omrežja. V primeru, da nam ni potrebno zagotavljati hidravličnih razmer za ločene odjemalce, je dovolj, če dinamični tlak v celotnem omrežju ne pade pod 1,5 bara. Ta dinamični tlak ni dovolj za odjem vode na hidrantu, zato je potrebno v takih primerih vgraditi naprave za dvig tlaka.

V primeru, da za gašenje ne moremo zagotoviti v celoti odvzema vode iz javnega vodovodnega omrežja in v bližini ni drugih neizčrpnih virov vode za gašenje, da pokrijemo celotno zahtevano količino vode, uporabimo vodnjake, zajetja, požarne bazene ipd.

Požarni bazen

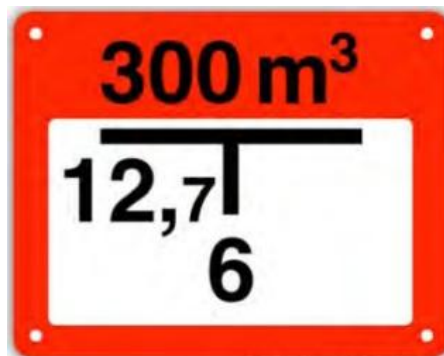
To je objekt, ki je namenjen izključno samo zbiranju in skladiščenju potrebnih količin vode za gašenje. Požarni bazen ima shranjeno vodo pod atmosferskim tlakom in se lahko napaja iz virov vode za gašenje ali z meteorno vodo.

Požarne bazene delimo na:

- vkopani,
- polvkopani,
- nadzemni.

Požarni bazen je zgradba / objekt, prostor za shranjevanje požarne vode z odvzemnim mestom. Požarni bazen običajno polnimo z vodo iz centralnega vodovodnega omrežja. Požarni bazen lahko poljubno oblikujemo, vendar se mora ustrezno vključiti v pokrajino .

Kapaciteta vode, ki jo požarni bazen ima, je navedena na opozorilni tabli na samem odvzemnem mestu – slika 27. Požarni bazen moramo označiti s trajno in dobro pritrjeno tablo .



Slika 27 : Opozorilna tabla za odvzemno mesto požarnega bazena (W. Freynik, Löschwasser-
 versorgung, 2009, str. 118)

Pri konstrukciji požarnega bazena moramo paziti, da je konstruiran tako, da je zaloga vode za gašenje požara vsak trenutek varna pred zamrznitvijo. Prav tako je potrebno požarni bazen ustrezno ter redno vzdrževati in čistiti.

Neizčrpen vodni vir

Med neizčrpane vodne vire štejemo naravne in umetne vodne vire in sicer: reke, jezera, vodnjake, ribnike, morje.

Neizčrpen vodni vir mora izpolnjevati zahteve kot so:

- a) podatki o 100 – letnih vodah, kjer mora biti potrjeno, da lahko vodni vir tudi v najbolj sušnem obdobju v času zadnjih 100 let zagotavlja toliko količino vode, kot jo je bilo načrtovano za potrebe gašenja,
- b) vir mora imeti vodno soglasje o uporabi vode za ta namen.

Za vsakega izmed naštetih vodnih virov mora biti zagotovljena:

- a) zadostna izdatnost vira za gašenje požara,
- b) zanesljivo delovanje sistema za oskrbo z vodo za gašenje požara,
- c) stalna uporabnost in dostopnost vira vode za gašenje in sistema za oskrbo z vodo za gašenje požara.

Neodvisna oskrba z vodo s katero gasimo požare, predstavlja zalogo, ki jo lahko uporabimo za gašenje požara, neodvisno od vodovodnega omrežja. Projektant mora preveriti za določeno območje, kjer je izkazana potreba po vodi za gašenje požarov, v kakšni količini lahko to vodo zagotovi iz odprtih vodnjakov, vodotokov, ribnikov in iz javnega vodovodnega sistema. Projektant določi najugodnejšo ekonomsko rešitev za zagotavljanje vode za gašenje, pri čemer so neizčrpani viri vode zunaj vodovodnega omrežja še posebej pomembni.

Podtalnica

Podtalnica je lahko padavinska ali rečna voda, ki pronica v tla skozi prepustne plasti zemlje in zapolnjuje prostor nad neprepustno plastjo. Hitrost pronicanja in pretakanja vode in tudi hitrost črpanja vode je odvisna od vrste zemljine in njene zrnivosti. Vodo iz podtalnice dobivamo iz vodnjakov in sicer:

- kopani vodnjaki,
- zabiti vodnjaki,
- vrtani vodnjaki.

Kopani in zabiti vodnjaki se uporabljajo za oskrbo z vodo posamezne hiše, kjer javnega vodovoda še ni. Vrtani vodnjaki služijo za napajanje vodovodnega sistema iz podtalnice tam, kjer imamo podtalnico v prodnatih oziroma peščenih tleh ter podzemne vodne tokove v kameninastih tleh.

e) Jezera in reke

Pri nas praviloma reke in jezera neposredno ne uporabljamo za vodovode, ker so onesnaženi in bi jih morali čistiti. Zato v jezerih za zajem vode za gašenje zgradimo zajetje, ki je čim dlje od brega in najmanj 5 metrov pa do 7 metrov globoko v vodi, da so nihanja temperature čim manjša. Sesalno košaro pritrdimo na ogrodje, ki je od 3 do 5 metrov nad dnom. Sesalno košaro zaščitimo z žično kletko zaradi rib. Mesto, kjer zajamemo reko je tisto, kjer je reka najčistejša, torej se nahaja blizu izvira, nad naselji, nad kopaljšči, nad iztoki kanalizacij. Izognemo se krajem, kjer reka odlaga pesek ali poplavlja.

Pri strmih bregovih moramo urediti dostop in mesto za postavitev brizgaln. Mesto mora biti urejeno tako, da ga lahko uporabljamo ob raznih vodostajih vode, bodisi nizka, srednja in visoka voda, ter da ga naraščajoča voda ne poškoduje. V redkih primerih sesalni koš postavimo v strugo reke, saj mora koš ležati vsaj 1 meter pod nivojem najnižje vode in vsaj 20 cm nad dnom, kjer je voda najgloblja. Sesalna košara ima vgrajen nepovratni ventil, ki ob zaustavitvi črpalke vodo zadrži v sesalnem vodu, da ni potrebno ponavljati sesanja ob ponovnem zagonu. Dimenzije sesalne košare so zapisane v preglednici 9.

Če reka teče po prodnati dolini, zajamemo njeno vodo z vodnjaki v vodonosniku, ki pa so od reke toliko oddaljeni, da prodnata plast med reko in vodnjakom služi kot naravni filter. Voda pod slapovi in pod jezovi je sicer globlja, vendar tam ne smemo odzemanati vode zaradi zračnih mehurčkov, ki bi onemogočili delo odsesovalke. Pomembno je da sesalni koš v tekočih vodah vedno polagamo proti vodnemu toku.



Slika 28 : Sesalna košara (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 74)

Preglednica 9 : Dimenzija sesalne košare (M. Verbič, B. Kovačič, 2004, Tehnika I-IV, str. 74)

| Velikost | Stabilna spojka | Pretok (l/ min) | Višina (mm) | Premer (mm) | Teža (kg) |
|----------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| C | Ø 52 = C | 200 | 210 | 140 | 2.1 |
| B | Ø 75 = B | 400 | 220 | 190 | 3.6 |
| A | Ø 110 = A | 800 | 250 | 220 | 5.0 |

Vodnjaki

Njihova preskrba z vodo je odvisna od podtalnice. Količina vode v vodnjaku je odvisna od velikosti vodnjaka in dotoka podtalnice. Za gašenje požara pridejo v poštev vodnjaki, ki dajejo zadostne količine vode. Raven vode v vodnjaku mora ustrezati sesalni višini brizgalne cevi. Zalogo vode v vodnjaku moramo stalno nadzirati, zlasti v sušni dobi. Ko odzemanamo vodo iz vodnjaka, moramo paziti, da se sesalna cev ne upogne preveč, saj bi s tem preprečila iztekanje vode. Vodo iz vodnjaka odzemanamo toliko časa, dokler je ta čista.

Izvir

Pritok vode na površje označuje, kje se nahaja izvir vode. Na mestu izvira je kvaliteta vode odvisna od naslednjih dejavnikov: časa pretakanja pod zemljo, vrste zemljine, globine pretakanja, onesnaženja s površja in pri samem izviru. Meritve kakovosti vode merimo, kadar so pretoki največji, saj je tedaj le ta najslabša. Poleg meritve kakovosti merimo čim dlje tudi izdatnost vodnega vira, saj je razmerje med maksimalno in minimalno izdatnostjo zelo pomembno. Manjše kot je, manj niha kvaliteta vode. Zajem izvira izvedemo tako, da z izkopom pravokotno na plastnice sledimo vodnemu toku v notranjost, pri čemer kopljemo po neprepustni plasti. Iščemo mesto, kjer je tok najmočnejši. Ko voda izvira na enem mestu, govorimo o točkovnem izviru, kadar pa se izceja v širino, pa izberemo ustrezno zajetje in vodo zajemamo z drenažami. Temu pravimo zajem izvira v plasti.

4 PODATKI O OBRAVNAVANEM OBMOČJU TER OBDELAVA IN ANALIZA MERITEV

4.1 Opis območja izvajanja meritev

Obravnavano je območje, kjer je bilo Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija Ljubljana pozvano k izvedbi požarnega testa o ustreznosti delovanja hidrantov v skladu s Pravilnikom o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/1991, dostop dne 29.6.2013), Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij (Uradni list RS, št. 22/95) in Zakonom o varstvu pred požarom (Uradni list RS, št. 03 / 07), se nahaja v industrijski coni v Ljubljani.

Poslovna stavba X znotraj industrijske cone, se oskrbuje s pitno vodo po cevovodu DN 100. Cevovod poteka vzporedno z dovozno cesto k poslovni stavbi. Na koncu cevovoda je izveden odcep za hišni vodovodni priključek tega objekta, saj je bil obstoječi cevovod DN 100 zgrajen za potrebe oskrbe s pitno vodo v času izgradnje te poslovne stavbe. Trasa se je leta 2004 delno prestavila in obnovila v dimenziji DN 100 in dolžini L = cca 300 m. Na priključno vodovodno cev DN 100 (L= cca 400 m) je na koncu cevovoda tik pred odcepom za hišni vodovodni priključek vgrajen podtalni (končni) hidrant. Hidrant omogoča izpiranje celotne dolžine cevovoda z namenom zagotoviti ustrezno kakovost pitne vode v skladu z določili veljavnega Pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/ 04, 26/ 06 , 92/ 06 in 25/09). Pri izvedbi meritev o ustreznosti delovanja hidrantov na območju X je Javno podjetje Vodovod- Kanalizacija opazilo pomanjkljivosti, ki se nanašajo na zagotavljanje brezhibnega delovanja zunanjega hidrantnega omrežja na območju poslovne stavbe X.

4.2 Uporabljena oprema pri obravnavanem območju

Za meritev pretoka smo uporabili merilnik ABB WP-T-D, ki je prikazan na Sliki 29 .





Slika 29: Merilnik pretoka - ustnik Φ 52 zgoraj in ustnik Φ 20 spodaj, kjer je viden tudi merilnik tlaka (Vir: Javo podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana)

Karakteristike merilnika pretoka ABB WP-T-D so:

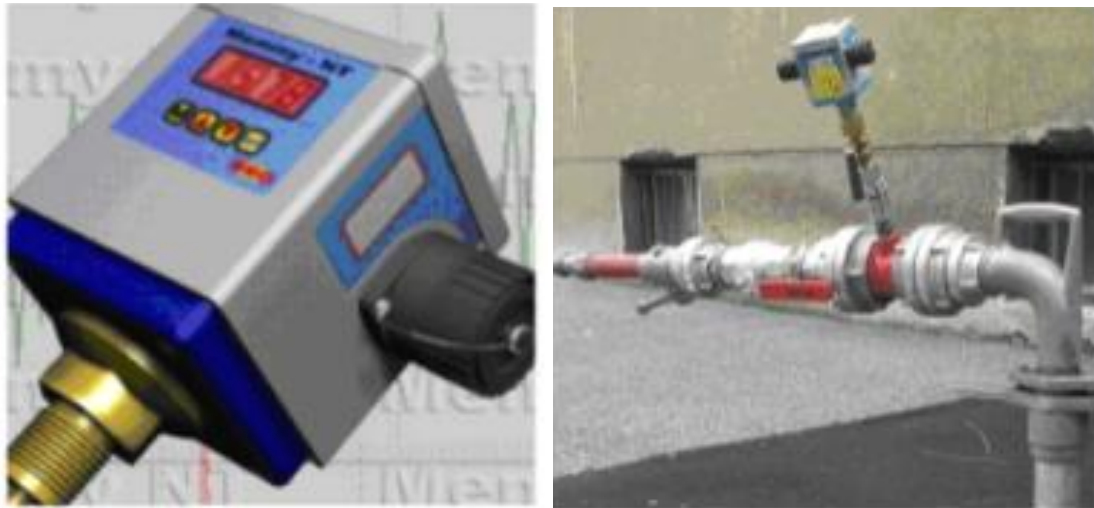
- nominalni pretok $Q_n = 40 \text{ m}^3/\text{h}$,
- maksimalni pretok $Q_{\max} = 130 \text{ m}^3/\text{h}$,
- minimalni pretok $Q_{\min} = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$,
- napaka pri meritvah:
 - za pretok večji: od $Q_{\max} \pm 2 \%$,
 - za pretok manjši: od $Q_{\min} \pm 5\%$.

Merilnik tlaka Memmy NT

Merilnik tlaka Memmy NT je zmogljiv 16-bitni tlačni merilnik, katerega proizvajalec je Texas Instruments. Merilnik je prikazan na Sliki 30 levo. Memmy ima 8 Mb FLASH pomnilnik, ki lahko shrani do 1 milijona vzorcev. Ukaze podajamo preko tipkovnice s štirimi tipkami. Ima 8 delni ekran za prikaz ali spremembo parametrov na terenu. Uporabniški program, ki ga naložimo, omogoča boljšo rabo energije pomnilnika. V spomin shrani največ štiri različne meritve. Ima uporabniško aplikacijo za PC za Windows OS (Win 95, Win 98, Win 2000, Win NT, Win Me ter Win XP). Merjene podatke lahko izvozimo neposredno v program Excel skozi vmesnik OLE - 2.

Ta pristop omogoča enostavnejše delo z ogromnimi količinami zbranih podatkov iz različnih zbiranj na različnih lokacijah in z različnimi metodami. Podatke si delijo programi servisne grupe, vendar imajo vedno različne datoteke zbranih podatkov. Uporabniški program je množica ukazov za merilnik tlaka Memmy NT, kako naj vrši vzorčenje. Program se sestoji iz največ 30 stavkov, ki se izvajajo en

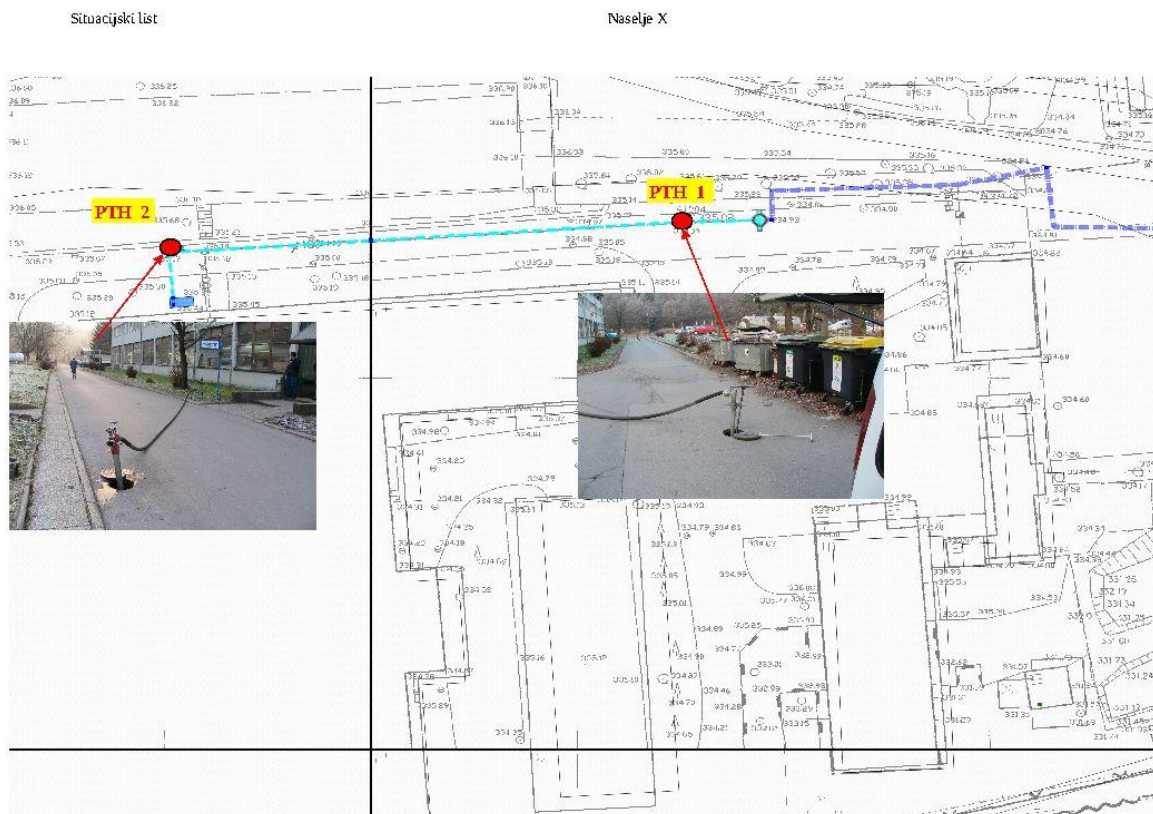
za drugim. Stavki vsebujejo enostavne ukaze (RESET; TAKE SAMPLE, itd.). Dani ukazi se interpretirajo na tak način, da skupaj tvorijo uporabniški program, ki izvaja zahtevano funkcijo. PC program vsebuje za lažjo izvedbo programov možnost, da uporabimo različne pomočnike (čarovnike), ki izvršijo željen uporabniški program. Sam merilnik v svojem spominu hrani 4 različne programe, vendar se v danem trenutku izvaja le en program, ki se imenuje aktivni program. Merilnik Memmy NT je zgrajen iz več enot in iz različnih funkcij. Enote merilnika Memmy NT so del strojne opreme, ki izvajajo določeno vrsto meritev. Te enote izvajajo meritve na različne načine, z različno resolucijo in različno hitrostjo. Natančnost merilnika je 0,05% maksimalne vrednosti merilnega območja in jo preverjajo enkrat na leto v merilnem laboratoriju JP VO-KA. Merilnik tlaka, postavljen na hidrant, prikazuje Slika 30 desno.



Slika 30: Merilnik tlaka Memmy NT (slika levo) in merilnik postavljen na hidrant (slika desno) (Vir: Javno podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana)

Meritve tlaka so bile opravljene z merilci tlaka Memmy NT. Ta merilni sistem v času izvajanja meritev beleži spremembe tlaka, tako da ob zaključku meritev dobimo podatke, ki nam predstavljajo časovno odvisnost spremembe tlaka v vodovodnem omrežju glede na iztečeno vodo skozi ustrezno šobo. Meritve tlaka in pretoka smo izmerili na hidrantih A in B.

Izmerjene količine smo s pomočjo računalniškega vmesnika prenesli v program Excel in so predstavljene v Prilogi C. Merilci tlaka in pretoka podajo podatke neposredno v obliki izmerjenih veličin. Obdelani podatki bodo predstavljeni v grafični obliki. Iz obdelanih podatkov so bile kasneje izračunane hidravlične izgube v cevovodu in požarna varnost hidrantnega omrežja Ljubljana - naselje X.



Slika 31 : Situacijski list naselja X (Vir: Javno podjetje Vodovod- Kanalizacija Ljubljana)

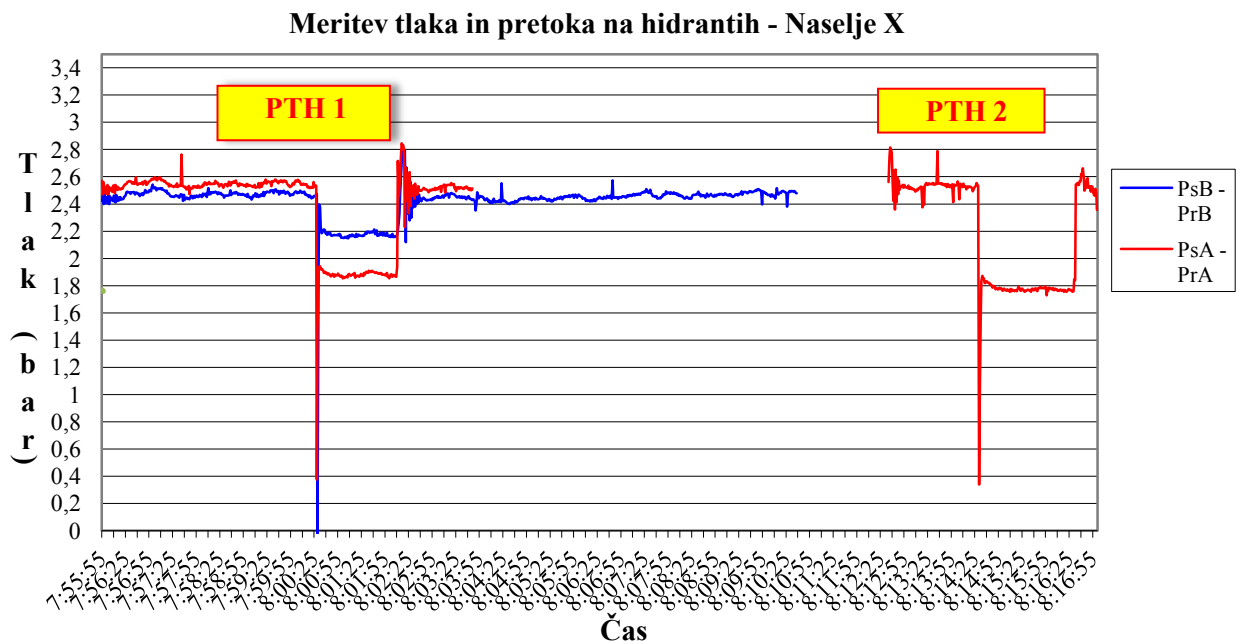
Meritve na cevovodih podajo številne podatke o delovanju samega vodovodnega sistema. Kadar vodovodni sistem deluje nemoteno pod običajnimi hidravličnimi razmerami in ko tlaki in pretoki izkazujejo najpogostejše vrednosti, govorimo o običajnem obtežbenem primeru. Tu so vključene tudi izgube vode, ki nastanejo zaradi puščanja, tako elementov v glavnem vodovodnem sistemu, kot tudi pri potrošniku, saj predstavljajo običajno komponento porabe na vodovodnih sistemih.

Uradni list Republike Slovenije obravnava le mikrobiološke in kemične lastnosti pitne vode, ne pa hidravličnih lastnosti vodooskrbnih sistemov. Hidravlične lastnosti so pogosto zapisane v internih pravilnikih podjetij, katerih dejavnost je oskrba s pitno vodo.

4.3 Meritve tlaka in pretoka na hidrantih v naselju X

Meritev je bila izvedena dne 30.11.2007 z začetkom meritve ob 7.00 uri in s koncem meritve ob 13.00 uri v sodelovanju s službo vzdrževanja omrežja Javnega podjetja Vodovod - Kanalizacija Ljubljana. Uporabljena sta bila dva merilnika tlaka Memmy NT na gasilskem ročniku z ustnikom $\varnothing 20$, ki sta zajemala podatke o tlaku v sistemu za vsako sekundo. V grafu druge meritve pretoka na hidrantih so opazna nihanja pretoka v odvisnosti od časa. Prvi dve večji odstopanja sta posledica izpusta vode iz

požarnih hidrantov za izvedbo testa požarne varnosti. V grafu meritve tlaka opazimo padec tlaka zaradi izpusta vode iz talnega hidranta. Primer izpisa iz merilca tlaka, za meritev požarne varnosti, je podan v prilogi C. Vse dobljene meritve se zapišejo tudi na merilni list, ki se ga izroči naročniku, da ima potrdilo, da je bil pregled hidranta opravljen, slika 32 .



Grafikon 2: Meritev tlaka in pretoka na hidrantih- Naselje X (Vir: Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija Ljubljana):

Ps A (PsB)- statični tlak v hidrantu A (B),

PrA (PrB) – dinamični tlak v hidrantu A (B).

Pri hidrantu PTH 1 smo uporabili 2 merilca, kjer smo merili padec vode na omrežju in na hidrantu.

Merilnik, ki je meril na hidrantu PTH 1 (A), smo prestavili na hidrant PTH 2 (B). Pri PTH drugem hidrantu nismo mogli izračunati zaledja vode, ker smo imeli zgolj izpust na hidrantu.

Prvi hidrant je pokazal boljše rezultate, ker je bil postavljen bližje izvoru vode, medtem ko drugi hidrant ni izpolnjeval pogojev za požarno varnost.

| Meritev izvajane | | Rezultati meritev | | | | Izračuni | | | | Projekt | | Podatki cevodov in hidrantov | | |
|-----------------------|----------|-------------------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------------------------|------------|-----------|
| Lokacija hidranta | Številka | Ps A | Ps B | PrA | PrB | Q | Ps - PrB | Qx | Prx | Detail | DN | Hidrant | Tablica | Hidrant |
| Cesta, ulica, naselje | hidranta | (bar) | (bar) | (bar) | (bar) | (l/s) | (bar) | (l/s) | (bar) | v projektu | cevodov | lokacija | lokacija | stanje |
| Naselje X | PTH 1 | 2.52 | 2.49 | 1.87 | 2.16 | 6.02 | 0.33 | 3.1 | 2.40 | Obstoječi PTH | 100 | Na cesti | Na ograji | =< 10 l/s |
| Naselje X | PTH 2 | 2.52 | | 1.77 | | 5.85 | | | | Obstoječi PTH | 100 | Na cesti | Na objektu | =< 10 l/s |

Slika 32: Merilni list za lokacijo - Naselje X (Vir: Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija Ljubljana)

4.6 Ocena negotovosti meritev

Ocena negotovosti meritve bo opravljena v skladu s standardom ISO – 5168 in je z uporabo programa Excel izračunana za vsako merilno mesto posebej. Podatki za izračun so podani v prilogi (D).

Vse ostale negotovosti so bile izračunane po istem postopku, v nadaljevanju so podani zgolj rezultati.

4.7 Test požarne varnosti

Ko smo opravili testa požarne varnosti na vodovodnem sistemu obravnavanega Naselja X v Ljubljani, smo izračunali oceno negotovosti meritev v skladu s standardom ISO-5165. Izračuni merilne negotovosti so podani v Preglednici 10. Merilna negotovost pri razširjeni standardni negotovosti 95% nam je podala skupno napako omrežja v obravnavanem Naselju X.

Preglednica 10: Tabelarni zapis parametrov negotovosti

| Merilnik | | Srednj | Varianc | Standardn | Stopnja | Koef. | Standardna | Razšir. |
|----------|-------|-----------|---------------------|-----------|---------|----------|---------------|---------------|
| Tlaka | | a | a | i | svobode | variance | negotovost | stand. |
| | | vredno | | Odmik | | | srednje | negot. |
| | | st | | | | | vred. | 95% |
| M. | Oznak | \bar{x} | s^2 | S | ν | C_v | $u_{\bar{x}}$ | $U_{\bar{x}}$ |
| M | a | | | | | | | |
| | Enota | (bar) | (bar ²) | (bar) | (-) | (-) | (bar) | (bar) |
| MM 1 | | 2,1623 | 0,0530 | 0,2301 | 104 | 0,1064 | 0,0225 | 0,045 |
| Izpust | | 1,8781 | 0,0319 | 0,1785 | 104 | 0,0951 | 0,0174 | 0,0349 |

Skupna napaka omrežja obravnavanega naselja znaša $\pm 0,0571$ bar pri razširjeni standardni negotovosti 95%.

Pri izračunu napake sem upoštevala merilno negotovost 0,5%, ki mi je bila podana s strani proizvajalca.

Z meritvami je bilo ugotovljeno, da hidrantno omrežje ne izpolnjuje zahtevanih predpisov in se zato ne izda potrdilo o brezhibnem delovanju sistema. V tem primeru je bilo ugotovljeno, da je bilo problematično hidrantno omrežje, oziroma vodovodni sistem. To je razvidno iz vrednosti meritve, kjer sta bila tlaka na hidrantu A in hidrantu B prenizka. Pri tlaku 2,4 bara v omrežju, je bila razpoložljivost vode za gašenje manjša od 10 l/s, kar ne ustreza zahtevanim pogojem, kot jih podaja Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij.

5 PREDLOG REŠITVE PROBLEMATIKE OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Za odpravo pomanjkljivosti, ki se nanašajo na zagotavljanje brezhibnega delovanja zunanjega hidrantnega omrežja na območju kjer je poslovna stavba v Naselju X, bi bilo treba najprej pregledati vso razpoložljivo dokumentacijo vezano na dosedanjo gradnjo objektov, ugotoviti katere dejavnosti se izvajajo znotraj celotnega kompleksa ter preveriti skladnost z zahtevami, ki izhajajo iz naslova požarne varnosti.

Uporaba vodovodnega omrežja kot hidrantnega omrežja je podrejena (sekundarna) raba. Prav zato morajo biti najprej doseženi standardi oskrbe s pitno vodo, ki so primarnega značaja, npr. z vidika ohranjanja kakovosti pitne vode, kot tudi ustrezne cene oskrbe s pitno vodo.

V skladu z določili 18. člena (prednostna raba vode iz vodovoda) Pravilnika o oskrbi s pitno vodo (UL RS, št. 35/2006) moramo pri predlagani rešitvi upoštevati sledeče:

1. Pri načrtovanju in zagotavljanju odvzema pitne vode iz vodovodov je treba upoštevati, da ima oskrba prebivalstva s pitno vodo prednost pred rabo voda za druge namene.
2. Če objekti in naprave javnega vodovoda ne morejo zagotoviti oskrbe s pitno vodo sočasno z zagotavljanjem pogojev hidrantnega omrežja v skladu s predpisom, ki na področju varstva pred požari ureja obratovanje javnih vodovodnih in hidrantnih omrežij, je treba za oskrbo hidrantnega omrežja zagotoviti druge vire, pri čemer morajo biti viri za oskrbo hidrantnega omrežja hidravlično ločeni od javnega vodovoda, razen če se s priključkom na javni vodovod izvede samo napajanje požarnega bazena iz javnega vodovoda.
3. V primeru pomanjkanja vode na vodnem viru ali poškodb na objektih ali opremi vodovoda, zaradi katerih je ogrožena zmogljivost oskrbe s pitno vodo, lahko upravljavec vodovoda omeji odzem vode iz vodovoda, pri čemer mora upoštevati, da ima oskrba prebivalstva s pitno vodo prednost pred rabo voda za druge namene.

Za poslovno stavbo v Naselju X iz dokumentacije, ki je bila na razpolago, ni razvidno ali so bili analizirani vsi vodni viri vode za gašenje. Kot vir vode za gašenje namreč lahko uporabimo vodni vir, katerega zmogljivost in izdatnost lahko zagotovi zahtevano količino vode za gašenje take kakovosti, da jo je mogoče uporabiti za gašenje požara. Kot vir vode za gašenje lahko uporabimo:

- (javni) vodovodni sistem,
- vodna telesa površinske vode oziroma podzemne vode,
- umetna vodna telesa.

Alternativni viri vode za gašenje (vodni viri, ki niso javna vodovodna omrežja) ter njihova raba v poslovni stavbi v Naselju X doslej niso bila umeščena v obravnavano okolje. Z alternativnimi viri (požarni bazeni, vodotoki z urejenim začasnim postrojenjem, ipd.) lahko rešujemo zagotavljanje požarne varnosti in se lahko na ta način izognemo problemu neustrezne starosti, oziroma zastajanja vode v javnem vodovodnem omrežju.

Standard, ki ga moramo upoštevati, zahteva ustrezen tlak (2,5 bara) ob ustreznih pretokih (10 l/s). Ta je v veliki meri zadoščen, zlasti na osrednjih območjih zgoščenih poselitev, kjer se nahajajo transportni vodi ustreznih premerov. Na območjih z redkejšo poselitvijo, kot je obravnavano Naselje X, je z vodovodnim omrežjem standard z ustreznim tlakom in ustreznim pretokom težko zagotoviti. Za obravnavano Naselje X bi bilo ustrezno razmisliti o znižanju zahtev kot veljajo za primere razpršene poselitve (npr. 1,5 bara dinamičnega tlaka ob požarnem odvzemu), predvsem bi bilo treba razmisliti o drugih načinih oskrbe s požarno vodo. Vir vode bi bil lahko požarni bazen, ki se napaja iz virov vode za gašenje ali pa z atmosfersko meteorno vodo.

Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija, kot izvajalec oskrbe s pitno vodo, je za obravnavano Naselje X ugotovil, da se je v dosednji praksi oskrba z vodo za gašenje v preveliki meri usmerjala na javne vodovode kot vodne vire za oskrbo s pitno vodo za gašenje. Velikokrat je bil vir vode zahtevan oziroma dogovorjen tudi v primeru, ko so bili pogoji za zagotavljanje vode za gašenje daleč od optimalnih. Vir za oskrbo hidrantnega omrežja z vodo je lahko katerikoli vir, če le zagotavlja ustrezen pretok in primerno kakovost za gašenje. Vodovodno omrežje je le eden od virov vode za gašenje in je ustrezen vir le takrat, kadar zagotavlja zadosten dotok vode k hidrantu pri ustreznem tlaku.

Za Naselje X bi bila potrebna obnova infrastrukture distribucijskega omrežja za oskrbo s pitno vodo, če bi želeli zagotavljati požarno varnost tudi na področjih, kjer je to možno zagotoviti z drugimi tehničnimi rešitvami. Zato predlagamo izgradnjo požarnega bazena, kot primernejšega vira vode za gašenje.

5.1 Analiza razmer s požarnim bazenom s hidravličnim modelom v programu Epanet

Za analizo ali požarni bazen zagotavlja ustrezne razmere smo ga vključili v hidravlični model Epanet kjer je tudi prikazan na zemljevidu izbranega območja (slika 33). Epanet je računalniški program, ki simulira hidravlične razmere in kvaliteto vode v omrežju. Omrežje se sestoji iz cevi, vozlišč, armatur, ventilov, vodohranov ter vodnih virov (rezervoar). Epanet program omogoča izračune pretoka vode v vsaki cevi, tlaka v vsakem vozlišču in višine vode v vsakem vodohranu.



Slika 33: Slika obravnavanega naselja X v programu Epanet (vir: program Epanet)

V program Epanet smo vnesli sliko območja, ki smo jo pridobili s pomočjo spletne strani Atlas okolja in vrisali rezervoar (vodohran), črpalko, požarni bazen, ventil, dva hidranta. Vse skupaj smo povezali s cevmi. Požarni bazen smo dali na območje, kjer bi imeli gasilci v primeru požara neoviran dostop do vodnega vira. Ko smo pravilno strukturirali omrežje, smo podatke pretvorili v obliko, ki jo zahteva Epanet za hidravlično modeliranje. Nujno potrebni podatki za hidravlični model so naslednji:

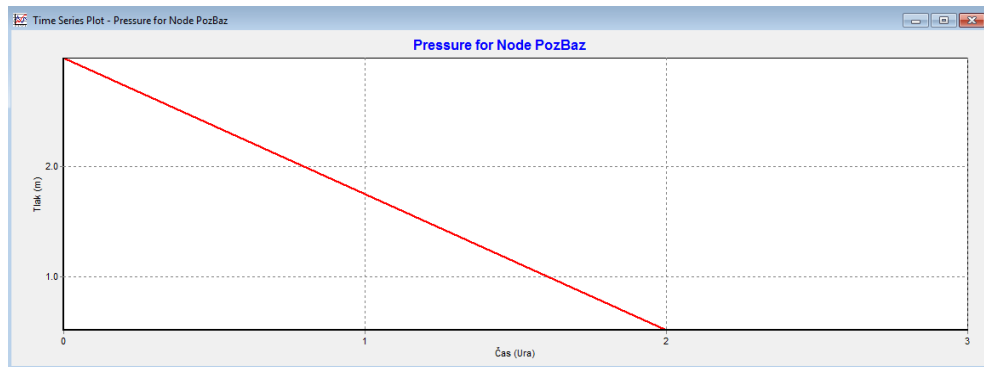
- geodetska višina – nadmorska višina (Elevation) elementov sistema,
- poraba vode (Base demand) v vseh vozliščih,
- identifikacijska oznaka, ki mora biti neponovljiva kar pomeni, da se nobena oznaka ne sme ponavljati,
- premer (Diameter), kot notranji premer cevi, ki mora biti podan v metrih. V našem primeru je premer požarnega bazena okrogle oblike $D = 8,56$ m,
- dolžina (Lenght) cevi, ki znaša v našem primeru 110 m,
- gladina požarnega bazena (Head) je v našem primeru 3 m.

Vse izračunane podatke smo vpisali v program Epanet, nato pa izvajali variantna izračuna, za katera smo morali preveriti razmere, da lahko iz požarnega bazena 2 uri nemoteno zagotavljamo količino vode potrebne za gašenje ob predpisanem tlaku.

V programu smo analizirali možnosti odvzema vode za gašenje brez in s hkratnim polnjenjem požarnega bazena. Polnjenje požarnega bazena se je zagotovilo z dotokom iz vodovodnega sistema. Dobili smo rezultate, ki so grafično prikazani v nadaljevanju.

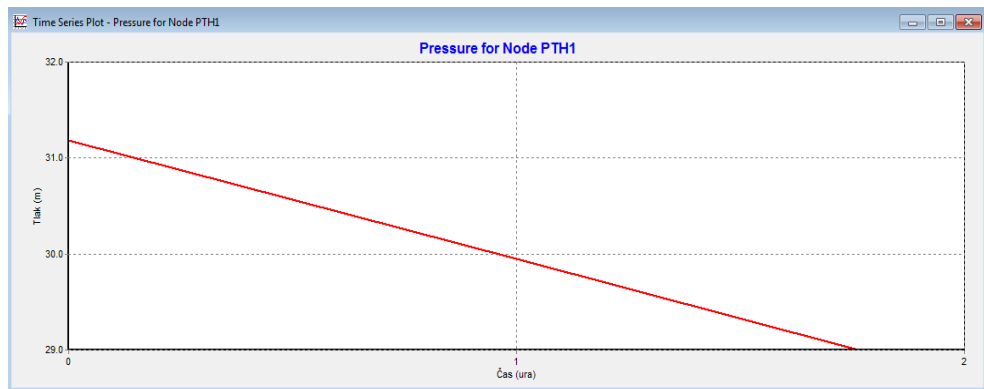
- A. V prvi varianti smo analizirali možnosti za odvzem vode za gašenje iz požarnega bazena brez hkratnega polnjenja požarnega bazena. Hkrati z odvzemanjem vode za gašenje požara se omogoči dotok v požarni bazen iz vodovodnega sistema. Požarni bazen v prvi varianti je brez dotoka iz

vodovodnega sistema, ki ga simulira rezervoar, ventil je zaprt. V grafu je vidno, da gladina vode v požarnem bazenu konstantno pada, glede na čas gašenja.



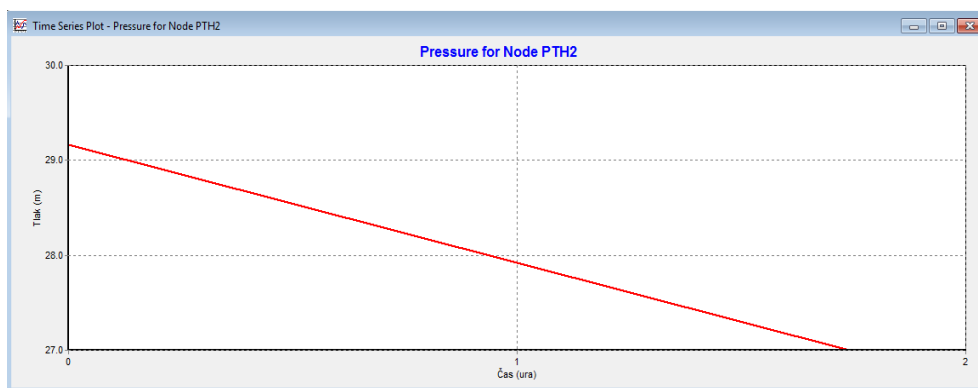
Grafikon 3: Padeč gladine vode v požarnem bazenu, v odvisnosti od časa.

- hidrant PTH 1 ima na začetku tlak 31,19 m VS, ki pada sorazmerno z nižanjem gladine v požarnem bazenu. Hidrant PTH 1 zagotavlja 2 - urno gašenje z vodo ob predpisanem zadostnem tlaku, ki je po 2 urah še vedno večji od 2,5 bara zaradi potrebe po izbiri močnejše črpalke, ki je vgrajena v vodovodni sistem.



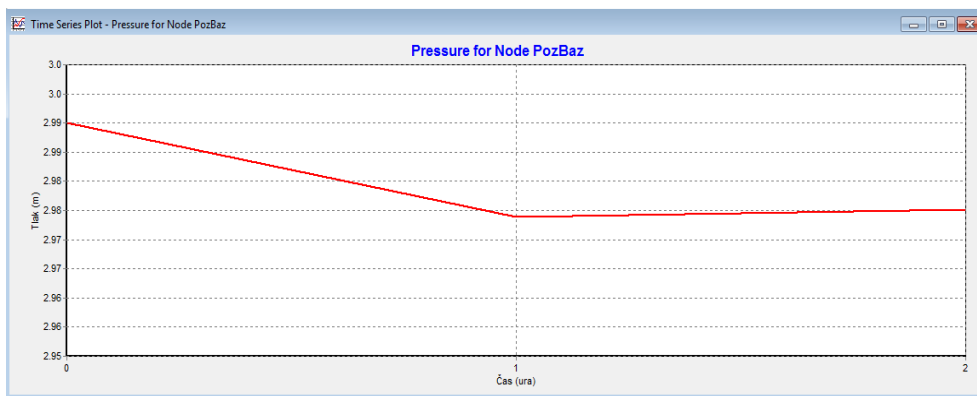
Grafikon 4: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 1 glede na čas izpusta

- hidrant PTH 2 ima na začetku tlak 29,16 m VS ki nato pada sorazmerno z nižanjem gladine v požarnem bazenu. Hidrant PTH 2 zagotavlja 2 - urno gašenje z vodo ob predpisanem zadostnem tlaku, ki je po 2 urah še vedno večji od 2,5 bara zaradi potrebe po izbiri močnejše črpalke, ki je vgrajena v vodovodni sistem.



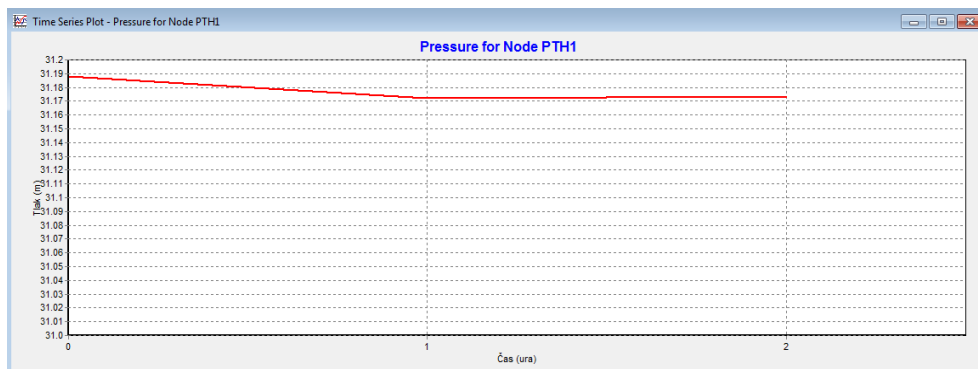
Grafikon 5: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 2 glede na čas izpusta.

- B. V drugi varianti, kjer je ventil odprt in ima požarni bazen dotok vode iz vodovodnega sistema, ki ga simulira rezervoar, moramo v času $t = 0$ privzeti hipno znižanje za 1 cm (stabilnost računa z Epanet), nato pa pade gladina vode v požarnem bazenu na 2.98 m. Gladina se ustali, ker sta dotok v požarni bazen in potreba po požarni vodi v hidrantnem omrežju enaka.



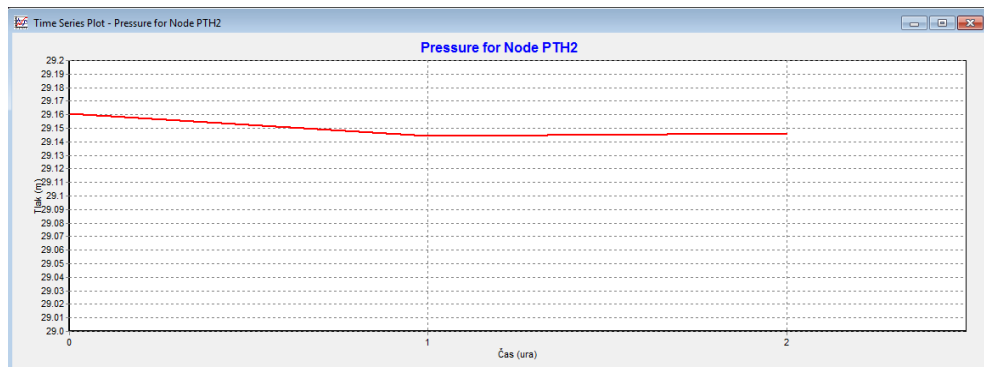
Grafikon 6: Padeč gladine vode v požarnem bazenu glede na čas

- tlak na hidrantu PTH 1 iz 31,19 m VS pade na 31,17 m VS v času ene ure, zaradi znižanja gladine vode v požarnem bazenu in nato ostaja konstanten za celotni čas zagotavljanja gašenja požara.



Grafikon 7: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 1 glede na čas izpusta.

- tlak na hidrantu PTH 2 iz 29,16 m VS pade na 29,15 m VS v času ene ure, zaradi znižanja gladine vode v požarnem bazenu in nato ostaja konstanten za celotni čas zagotavljanja gašenja požara.



Grafikon 8: Sprememba tlaka v hidrantu PTH 2 glede na čas izpusta.

Na sliki, ki smo jo dobili iz programa Epanet, je razvidno kakšni tlaki so prisotni na hidrantih PTH 1 in PTH 2, ter kakšna je začetna gladina požarnega bazena, ko imamo odprt ventil na vodovodnem sistemu.



Slika 34: Prikaz nadmorske višine, ter tlaka na elementih v sistemu.

Če bi kot alternativni vir za gašenje požara za območje X zgradili okrogli požarni bazen z volumnom 144 m³ in z globino vode v njem 3 m, bi zagotovili potrebo po količini vode za gašenje požara za dve uri, kot je predpisano v Pravilniku o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/1991, dostop dne 17.7.2013).

Vodovodni sistem bi zagotovil zadostne tlake, ki so nekje med 2 in 7 bara, ter najmanjšo količino vode, ki je opredeljena z vrednostjo 10 l/s, vendar pa je minimalni tlak, ki je zahtevan ob požarni obremenitvi na zunanjem hidrantnem omrežju, 2,5 bara. Območje X bi bilo šele v primeru, če bi dodali požarni bazen kot alternativni vir, požarno varno in bi izpolnjevalo vse zahteve, ki so predpisane v standardih o požarni varnosti.

6 ZAKLJUČEK

Izbrano Naselje X nima zagotovljenega ustreznega delovanja zunanjega hidrantnega omrežja na območju poslovne stavbe. Cilj diplomske naloge je bil, obravnavano območje s pomočjo alternativnega vira urediti v požarno varno območje, kot ga zahtevajo naši predpisi.

Izhodišče za analize so bile meritve, ki jih je Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija na vodovodnem sistemu Ljubljana – poslovna stavba v Naselju X opravilo kot test požarne varnosti v skladu s Pravilnikom o požarni varnosti (Ur.l. RS, št. 22 z dnem 22.04.1995). Po opravljenem testu požarne varnosti smo izračunali oceno negotovosti meritev v skladu s standardom ISO – 5165. Skupna napaka merilne negotovosti za določanje požarne varnosti znaša 0,0571 bara pri razširjeni standardni negotovosti 95%. Tlak v omrežju je bil merjen z merilnikom tlaka Memmy NT. Za meritev pretoka omrežja je bil uporabljen merilnik ABB WP- T- D ustnik Ø 20. Oba merilnika sta podrobneje opisana v drugem poglavju.

Izračun požarnega testa za Naselje X je pokazal, da hidrantno omrežje ne izpolnjuje zahtevanih predpisov, saj je bila pri izmerjenem tlaku 2,4 bara izdatnost hidrantov manjša od 10 l/s, kar ne ustreza zahtevanim pogojem iz Pravilnika. Območje torej ni požarno varno.

Ker v obravnavanem primeru vodovodni sistem ne omogoča dovolj vode za gašenje požara, smo iskali druge, alternativne vire, ki lahko zagotovijo zahtevano količino vode za gašenje. Seveda mora vsak izbrani alternativni vir ustrezati zahtevam virov za oskrbo z vodo za gašenje, skupna zmogljivost in izdatnost pa morata biti vsaj tolikšni kot je zahtevano.

Kot alternativni vir predlagamo požarni bazen. Izbrali smo primerno lokacijo in objekt analizirali v programu Epanet, da bi izračunali potrebne dimenzije oziroma količine. V prvem izračunu je bil ventil za polnjenje zaprt, kar pomeni, da je bil požarni bazen brez dotoka vode iz vodovodnega sistema. V drugem izračunu je bil ventil odprt, kar je pomenilo, da je požarni bazen imel dotok vode iz vodovodnega sistema. Predlagani požarni bazen zagotavlja v času gašenja požara pri zaprtem ventilu v prvem hidrantu začetni tlak 31,19 m VS, v drugem hidrantu je tlak 29,16 m VS. Požarni bazen pri odprtem ventilu za polnjenje zagotavlja tlak v prvem hidrantu 31,17 m VS, v drugem hidrantu pade tlak na 29,15 m VS. S temi izračuni potrjujemo, da bo tlak ves čas gašenja vsaj 2,5 bara ali več, kot zahtevajo predpisi in da bo zagotovljena najmanjša zahtevana količina vode z vrednostjo 10 l/s za dve uri gašenja. Tlak v hidrantih je višji od zahtevanega 2,5 bara, ker smo uporabili močnejšo črpalko v vodovodnem sistemu, saj razpoložljiva manjša črpalka ne zagotavlja ustreznih razmer. Torej je območje požarno varno in zagotavlja vse zahteve, ki so predpisane v Pravilniku požarne varnosti.

VIRI

Bolton, W. 1996. Instruments and measurement pocket book. Oxford Newnes a division of rees educational and professional publishing Ltd: str. 209-210.

Brežan, T. 2009. Izdelava hidravličnega matematičnega modela vodovodnega mesta Piran. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo- smer operativno gradbeništvo (samozaložba T. Brežan): str. 16 - 21

Chase, D., Savič, D., Walski, T. 2001. Water distribution modeling. Waterbury Ct., Haestad press: str. 175.

Freyntnik, W. 11.10. 2009. Löschwasser – versorgung. DVGW-Arbeitsblatt W 405: str. 36, 48, 118.

Gasilski priročnik. 1989. Ljubljana, Gasilska zveza Slovenije: 476 str.

Glavnik, A., Jug, A. 2010. Priročnik o načrtovanju požarne varnosti. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: str. 194-197, 210-215.

Grm, B., Glavnik, A., Tomazin, M., Oblak, J. 2005. Oskrba z vodo za gašenje: končno poročilo – 1. Dopolnitev. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo: str. 8-11, 34-35, 37, 39-40, 47, 50-51.

Kozelj, D., Šantl, S., Kozelj, K., Steinman, F. 2009. Javni vodooskrbni sistemi v vlogi hidrantnih omrežij. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 23, 154-159.

Kroflič, M., Žagar, B. 2010. Priročnik za tečaj specialnosti. Strojnik. Elektronska knjiga. Ljubljana. Gasilska zveza Slovenije. Naslovi s CD roma. Opis gasilskega orodja in opreme.

Lowara črpalke <http://www.roodhart.com/wp-content/uploads/2011/11/Lowara-SH-Pumps-Catalog.pdf>: str. 20, 21, 42.

Mrak, S. 2010. Alternativni viri za gašenje požara. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo samozaložba M. Simon): str. 2-13, 26-31.

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo. Uradni list RS št. 35/2006: 3646.

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo. Uradni list RS št. 41/2008: 4313.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS št. 19/2004: 2155.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS št. 35/2004: 4137.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS št. 26/2006: 2751.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS št. 92/2006: 9792.

Pravilnik o podrobnejši vsebini projektne dokumentacije. Uradni list RS št. 35/1998, popravljeno 48/1998: 2536.

Pravilnik o požarni varnosti v stavbi. Uradni list RS št. 31/2004: 3752.

Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij. Uradni list RS št. 22/1995: 1651.

Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij. Uradni list RS št. 102/2009: 13933.

Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega vodovodnega sistema. Uradni list RS št. 52/1999: 6565.

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov. Uradni list SFRJ št. 30/1991: prenehanje veljavnosti 1995.

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov. Uradni list RS št. 83/2005: 8673.

Puhar, D. 2011. Analiza hidrantnega omrežja za namen gasilskega posredovanja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo- oddelek za tehniško varstvo (samozaložba D. Puhar): str. 1-57.

Seznam pooblaščenih izvajalcev za preizkušanje hidrantnih omrežij. Uradni list RS št. 15/2001: 1549.

Slovenski standard Sist En 805,2000 prva izdaja november 2000, Oskrba z vodo- Zahteve za zunanje vodovode in dele, Slovenski inštitut za standardizacijo: str. 5-61

Steinman, F. 2004. Delovanje javnih vodovodnih omrežij kot hidrantnih omrežij. Končno poročilo o projektu. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 13-17.

Steinman, F. 1999. Hidravlika 1. ponatis. Ljubljana, Hidrotehnična smer fakultete za gradbeništvo in geodezijo: str. 26, 40 – 43.

Steinman, F. 2008. Razvoj tehničnih postopkov za pregled hidrantnega omrežja. Končno poročilo za naročnika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Katedra za mehaniko tekočin: str . 8-20, 23-24, 29-31.

Stropnik, P. 2006. Hidravlična analiza vodovodnega sistema Šmartno ob Paki. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Stropnik): str. 25-36.

Tehnični pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega vodovodnega sistema. Uradni list RS št. 26/2010:3534.

Ulčar, M. 2005. Meritve na vodovodnih sistemih in ocena merilne negotovosti. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Ulčar): str. 5-8, 20-21, 30-35, 41-42, 47-50, 58-59.

Verbič, M., Kovačič, B. 2004. Tehnika I-IV. Ljubljana: Mond Grafika, Gasilska zveza Slovenija: 304 str.

Zakon o gospodarskih javnih službah. Uradni list RS št. 32/1993: 1741.

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 110/2002: 13084.

Zakon o varstvu pred požarom. Uradni list RS št. 71/1993: 3702.

Zakon o varstvu pred požarom. Uradni list RS št. 03/2007: 316.

Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 108/2009: 14777.

Žitnik, J., Žitnik, D., Berdajs, A., Gruden, T., Jurček, R., Slokan, I., Petek, I., Jereb, S., Smolej, B., Štembal Capuder, M., Galonja, S. 2008. Gradbeniški priročnik (četrti dopolnjena in posodobljena izdaja). Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 447-497.

Ostali viri

Hoover, S. 1991. Fire protection for industry. New York: Nostrand Reinhold: str. 367.

Kač, S. 2004. Hidravlični model vodovodnega sistema Celje. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Kač): 81 str.

Kidd, S., Czajkowski, J., Briese, G. 2007. Safe firefighting volume one-first thing first. McGraw – Hill Education, Europe: str. 79 - 102, 185 – 210.

Petrešin, E. 2011. Hidravlična analiza vodovodnega sistema http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi (Pridobljeno 14.5.2013.): str. 87-91.

Särdqvist, S. 2002. Water and other extinguishing agents. Nrs tryckeri AB, Karlstad Sweden: Swedish rescue services agency: str. 35-188.

Šant, S., Steinman, F. 2009. Postopek makrokalibracije hidravličnega modela vodooskrbnih sistemov. Gradb. Vestn. 8: str. 194 – 203.

Šmejkal, Z. 1991. Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara. Skth savez kemičara i tehnologa Hrvatske. Zagreb, August Cesarec: str. 128-146, 184-221, 499-520.

Zafošnik, A. 2004. Požarna preventiva. Ljubljana, Gasilska zveza Slovenije: 336 str.

Zafošnik, A., Slanovec, A. 1982. Zvezek 105. Hidranti. Ptuj, Ptujška tiskarna: 16 str.

SEZNAM PRILOG

| | |
|---|----|
| PRILOGA A: MERILNI LIST | 2 |
| PRILOGA B: SHEMATSKI PRIKAZ ZA IZVEDBO POŽARNEGA TESTA | 3 |
| PRILOGA C: PRIMER IZPISA IZ MERILCA TLAKA ZA DOLOČANJE POŽARNE VARNOSTI | 4 |
| PRILOGA D: PRIMER IZRAČUNA MERILNE NEGOTOVOSTI IZPISA IZ MERILCA TLAKA ZA DOLOČANJE POŽARNE VARNOSTI | 6 |
| PRILOGA E: MOODYJEV DIAGRAM..... | 9 |
| PRILOGA F: PRIKAZ IZBIRE USTREZNE ČRPALKE ZA NAŠE NASELJE..... | 10 |

PRILOGE

PRILOGA A: MERILNI LIST

| Preizkušanje hidrantnega omrežja | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|------------|----------|---------|------------|------------|------------|------------|----------|----------------|----------|-----------|-------------------------------|-----|------------------|------------------|----------------|
| MERILNI LIST | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ID | Meritve izvedene na | | Številka | | Ps A | | Ps B | | Izračuni | | Projekt | | Podatki cesovoda in hidrantov | | | | |
| | Lokacija hidranta | Loka | hidranta | izvedbe | Ps A (bar) | Ps B (bar) | Ps A (bar) | Ps B (bar) | Q (l/s) | Ps - PrB (bar) | QK (l/s) | Prx (bar) | Detalji v projektu cesovoda | DIN | Hidrant lokacija | Tablica lokacija | Hidrant stanje |
| | Cesta, ulica, naselje (Gauss-Krueger (x, y)) | Nadstropje | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Projekt: | Izvajalec meritev (naziv ter ID firme): | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zavezanec, investitor: | Številka pooblastila: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Občina: | Število pregledanih hidrantov: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Izvajalec hidrantnega omrežja: | Datum: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ime, priimek ter ID vodje meritev: | | | | | | | | | | | | | | | | |

PRILOGA B: SHEMATSKI PRIKAZ ZA IZVEDBO POŽARNEGA TESTA



PsA - Statični tlak na hidrantu A
PsB - Statični tlak na hidrantu B



PrA - Tlak na ročniku pri izpustu hidrant A = Q.
PrB – Ostanek tlaka v cevovodu.
Q – Izpust l/s vode iz hidranta A.



PRILOGA C: PRIMER IZPISA IZ MERILCA TLAKA ZA DOLOČANJE POŽARNE VARNOSTI

| DATUM | ČAS | TLAK PRED IZPUSTOM (bar) | TLAK NA IZPUSTU (bar) |
|------------|---------|--------------------------------|-----------------------------|
| 30.11.2007 | 8:00:26 | 2,457 | 2,533 |
| 30.11.2007 | 8:00:27 | 2,462 | 2,536 |
| 30.11.2007 | 8:00:28 | 2,474 | 0,3757 |
| 30.11.2007 | 8:00:29 | -0,06738 | 1,469 |
| 30.11.2007 | 8:00:30 | 1,809 | 1,897 |
| 30.11.2007 | 8:00:31 | 2,396 | 1,938 |
| 30.11.2007 | 8:00:32 | 2,379 | 1,942 |
| 30.11.2007 | 8:00:33 | 2,231 | 1,92 |
| 30.11.2007 | 8:00:34 | 2,184 | 1,924 |
| 30.11.2007 | 8:00:35 | 2,19 | 1,919 |
| 30.11.2007 | 8:00:36 | 2,207 | 1,909 |
| 30.11.2007 | 8:00:37 | 2,214 | 1,892 |
| 30.11.2007 | 8:00:38 | 2,209 | 1,9 |
| 30.11.2007 | 8:00:39 | 2,184 | 1,9 |
| 30.11.2007 | 8:00:40 | 2,185 | 1,888 |
| 30.11.2007 | 8:00:41 | 2,173 | 1,893 |
| 30.11.2007 | 8:00:42 | 2,187 | 1,882 |
| 30.11.2007 | 8:00:43 | 2,177 | 1,888 |
| 30.11.2007 | 8:00:44 | 2,19 | 1,886 |
| 30.11.2007 | 8:00:45 | 2,188 | 1,872 |
| 30.11.2007 | 8:00:46 | 2,169 | 1,867 |
| 30.11.2007 | 8:00:47 | 2,167 | 1,876 |
| 30.11.2007 | 8:00:48 | 2,168 | 1,886 |
| 30.11.2007 | 8:00:49 | 2,171 | 1,882 |
| 30.11.2007 | 8:00:50 | 2,173 | 1,865 |
| 30.11.2007 | 8:00:51 | 2,17 | 1,881 |
| | | | |

| | | | |
|------------|---------|-------|-------|
| 30.11.2007 | 8:00:52 | 2,17 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:00:53 | 2,17 | 1,874 |
| 30.11.2007 | 8:00:54 | 2,17 | 1,877 |
| 30.11.2007 | 8:00:55 | 2,175 | 1,888 |
| 30.11.2007 | 8:00:56 | 2,169 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:00:57 | 2,181 | 1,871 |
| 30.11.2007 | 8:00:58 | 2,171 | 1,864 |
| 30.11.2007 | 8:00:59 | 2,151 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:01:00 | 2,151 | 1,867 |
| 30.11.2007 | 8:01:01 | 2,153 | 1,852 |
| 30.11.2007 | 8:01:02 | 2,149 | 1,864 |
| 30.11.2007 | 8:01:03 | 2,153 | 1,856 |
| 30.11.2007 | 8:01:04 | 2,158 | 1,86 |
| 30.11.2007 | 8:01:05 | 2,153 | 1,863 |
| 30.11.2007 | 8:01:06 | 2,149 | 1,87 |
| 30.11.2007 | 8:01:07 | 2,163 | 1,861 |
| 30.11.2007 | 8:01:08 | 2,146 | 1,881 |
| 30.11.2007 | 8:01:09 | 2,168 | 1,885 |
| 30.11.2007 | 8:01:10 | 2,171 | 1,877 |
| 30.11.2007 | 8:01:11 | 2,162 | 1,872 |
| 30.11.2007 | 8:01:12 | 2,173 | 1,876 |
| 30.11.2007 | 8:01:13 | 2,176 | 1,881 |
| 30.11.2007 | 8:01:14 | 2,163 | 1,885 |
| 30.11.2007 | 8:01:15 | 2,164 | 1,876 |
| 30.11.2007 | 8:01:16 | 2,167 | 1,893 |
| 30.11.2007 | 8:01:17 | 2,156 | 1,858 |
| 30.11.2007 | 8:01:18 | 2,179 | 1,871 |
| 30.11.2007 | 8:01:19 | 2,158 | 1,871 |
| 30.11.2007 | 8:01:20 | 2,164 | 1,875 |

| | | | |
|------------|---------|-------|-------|
| 30.11.2007 | 8:01:21 | 2,175 | 1,869 |
| 30.11.2007 | 8:01:22 | 2,169 | 1,865 |
| 30.11.2007 | 8:01:23 | 2,169 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:01:24 | 2,167 | 1,885 |
| 30.11.2007 | 8:01:25 | 2,167 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:01:26 | 2,163 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:01:27 | 2,169 | 1,87 |
| 30.11.2007 | 8:01:28 | 2,165 | 1,894 |
| 30.11.2007 | 8:01:29 | 2,18 | 1,881 |
| 30.11.2007 | 8:01:30 | 2,186 | 1,896 |
| 30.11.2007 | 8:01:31 | 2,179 | 1,902 |
| 30.11.2007 | 8:01:32 | 2,197 | 1,896 |
| 30.11.2007 | 8:01:33 | 2,195 | 1,894 |
| 30.11.2007 | 8:01:34 | 2,197 | 1,91 |
| 30.11.2007 | 8:01:35 | 2,187 | 1,904 |
| 30.11.2007 | 8:01:36 | 2,195 | 1,9 |
| 30.11.2007 | 8:01:37 | 2,196 | 1,9 |
| 30.11.2007 | 8:01:38 | 2,19 | 1,909 |
| 30.11.2007 | 8:01:39 | 2,195 | 1,904 |
| 30.11.2007 | 8:01:40 | 2,196 | 1,899 |
| 30.11.2007 | 8:01:41 | 2,213 | 1,899 |
| 30.11.2007 | 8:01:42 | 2,177 | 1,893 |
| 30.11.2007 | 8:01:43 | 2,195 | 1,893 |
| 30.11.2007 | 8:01:44 | 2,207 | 1,898 |
| 30.11.2007 | 8:01:45 | 2,167 | 1,892 |
| 30.11.2007 | 8:01:46 | 2,171 | 1,889 |
| 30.11.2007 | 8:01:47 | 2,169 | 1,885 |
| 30.11.2007 | 8:01:48 | 2,185 | 1,894 |

| | | | |
|------------|---------|-------|-------|
| 30.11.2007 | 8:01:49 | 2,186 | 1,889 |
| 30.11.2007 | 8:01:50 | 2,174 | 1,892 |
| 30.11.2007 | 8:01:51 | 2,19 | 1,88 |
| 30.11.2007 | 8:01:52 | 2,169 | 1,882 |
| 30.11.2007 | 8:01:53 | 2,177 | 1,88 |
| 30.11.2007 | 8:01:54 | 2,185 | 1,882 |
| 30.11.2007 | 8:01:55 | 2,165 | 1,875 |
| 30.11.2007 | 8:01:56 | 2,169 | 1,883 |
| 30.11.2007 | 8:01:57 | 2,19 | 1,892 |
| 30.11.2007 | 8:01:58 | 2,167 | 1,864 |
| 30.11.2007 | 8:01:59 | 2,163 | 1,872 |
| 30.11.2007 | 8:02:00 | 2,158 | 1,854 |
| 30.11.2007 | 8:02:01 | 2,168 | 1,872 |
| 30.11.2007 | 8:02:02 | 2,157 | 1,881 |
| 30.11.2007 | 8:02:03 | 2,165 | 1,883 |
| 30.11.2007 | 8:02:04 | 2,18 | 1,864 |
| 30.11.2007 | 8:02:05 | 2,157 | 1,876 |
| 30.11.2007 | 8:02:06 | 2,163 | 1,878 |
| 30.11.2007 | 8:02:07 | 2,156 | 1,87 |
| 30.11.2007 | 8:02:08 | 2,162 | 1,872 |
| 30.11.2007 | 8:02:09 | 2,163 | 1,864 |
| 30.11.2007 | 8:02:10 | 2,174 | 1,938 |

PRILOGA D: PRIMER IZRAČUNA MERILNE NEGOTOVOSTI IZPISA IZ MERILCA TLAKA ZA DOLOČANJE POŽARNE VARNOSTI

1. Izračun srednje vrednosti (Število izmerjenih vrednosti tlaka je 105)

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n x_m = \frac{(2,457 + 2,462 + \dots + 2,174)}{105} = 2,1623 \text{ bar}$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n x_m = \frac{(2,533 + 2,536 + \dots + 1,938)}{105} = 1,8781 \text{ bar}$$

2. Varianca:

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{m=1}^n (x_m - \bar{x})^2 = \frac{(2,457 - 2,1623)^2 + \dots + (2,174 - 2,1623)^2}{105 - 1} = 0,0530 \text{ bar}^2$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{m=1}^n (x_m - \bar{x})^2 = \frac{(2,533 - 1,8781)^2 + \dots + (1,938 - 1,8781)^2}{105 - 1} = 0,0319 \text{ bar}^2$$

3. Standardni odmik

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,0530} = 0,2301 \text{ bar}$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,0319} = 0,1785 \text{ bar}$$

4. Stopnja svobode

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$v = n - 1 = 105 - 1 = 104$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$v = n - 1 = 105 - 1 = 104$$

5. Koeficient variacije:

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$C_v = \frac{s}{x} = \frac{0,2301}{2,1623} = 0,1064$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$C_v = \frac{s}{x} = \frac{0,1785}{1,8781} = 0,0951$$

6. Standardna negotovost srednje vrednosti

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$u_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,2301}{\sqrt{105}} = 0,0225 \text{ bar}$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$u_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,1785}{\sqrt{105}} = 0,0174 \text{ bar}$$

7. Razširjena standardna negotovost pri 95% stopnji zaupanja

a) Merilno mesto MM1 (tlak pred izpustom):

$$U_{\bar{x}} = k \cdot u_{\bar{x}} = 2 \cdot 0,0225 = 0,045 \text{ bar}$$

b) Merilno mesto Izpust (tlak na izpustu):

$$U_{\bar{x}} = k \cdot u_{\bar{x}} = 2 \cdot 0,0174 = 0,0349 \text{ bar}$$

Rezultati, predstavljeni v obliki tabele so prikazani spodaj.

Tabela : Tabelarični zapis parametrov negotovosti

| Merilnik tlaka | | Srednja vrednost | Varianca | Standardni odmik | Stopnja svobode | Koef. variance | Standardna negotovost srednje vred. | Razšir. stand. negot. 95% |
|----------------|--------|------------------|---------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------|
| M.M | Oznaka | \bar{x} | s^2 | s | ν | C_v | $u_{\bar{x}}$ | $U_{\bar{x}}$ |
| | Enota | (bar) | (bar ²) | (bar) | (-) | (-) | (bar) | (bar) |
| MM 1 | | 2,1623 | 0,0530 | 0,2301 | 104 | 0,1064 | 0,0225 | 0,045 |
| Izpust | | 1,8781 | 0,0319 | 0,1785 | 104 | 0,0951 | 0,0174 | 0,0349 |

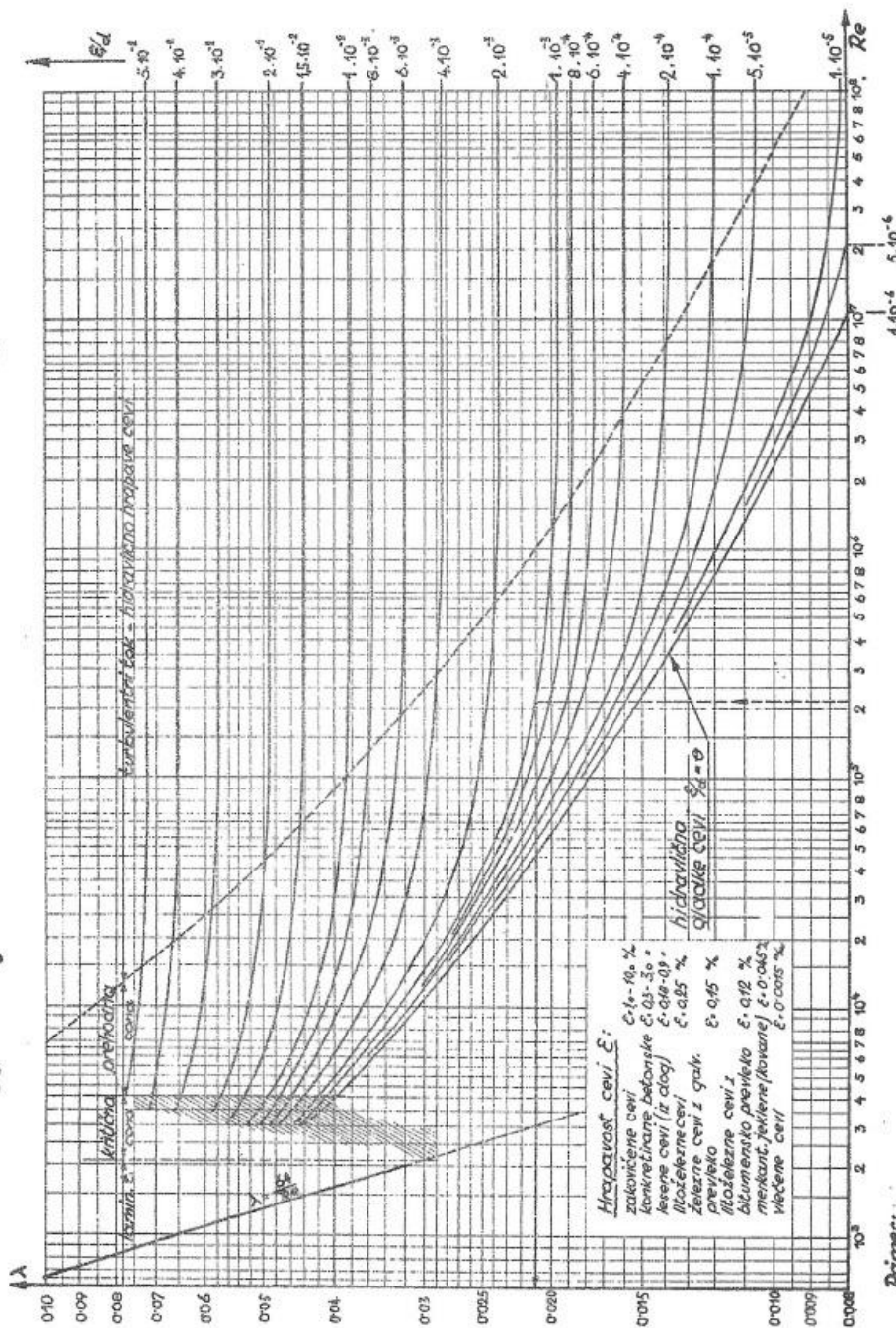
Sledi izračun skupne napake sistema po enačbi:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i \cdot u(x_i)]^2} = \sqrt{(1,005 \cdot 0,045)^2 + (1,005 \cdot 0,0349)^2} = 0,0571 \text{ bar}$$

Koeficient c_i upošteva napako merilne naprave, ki je v tem primeru 0,5%.

PRILOGA E: MOODYJEV DIAGRAM

Moodyjev diagram Colebrookove enačbe $\lambda = f(Re, \frac{\epsilon}{d})$.

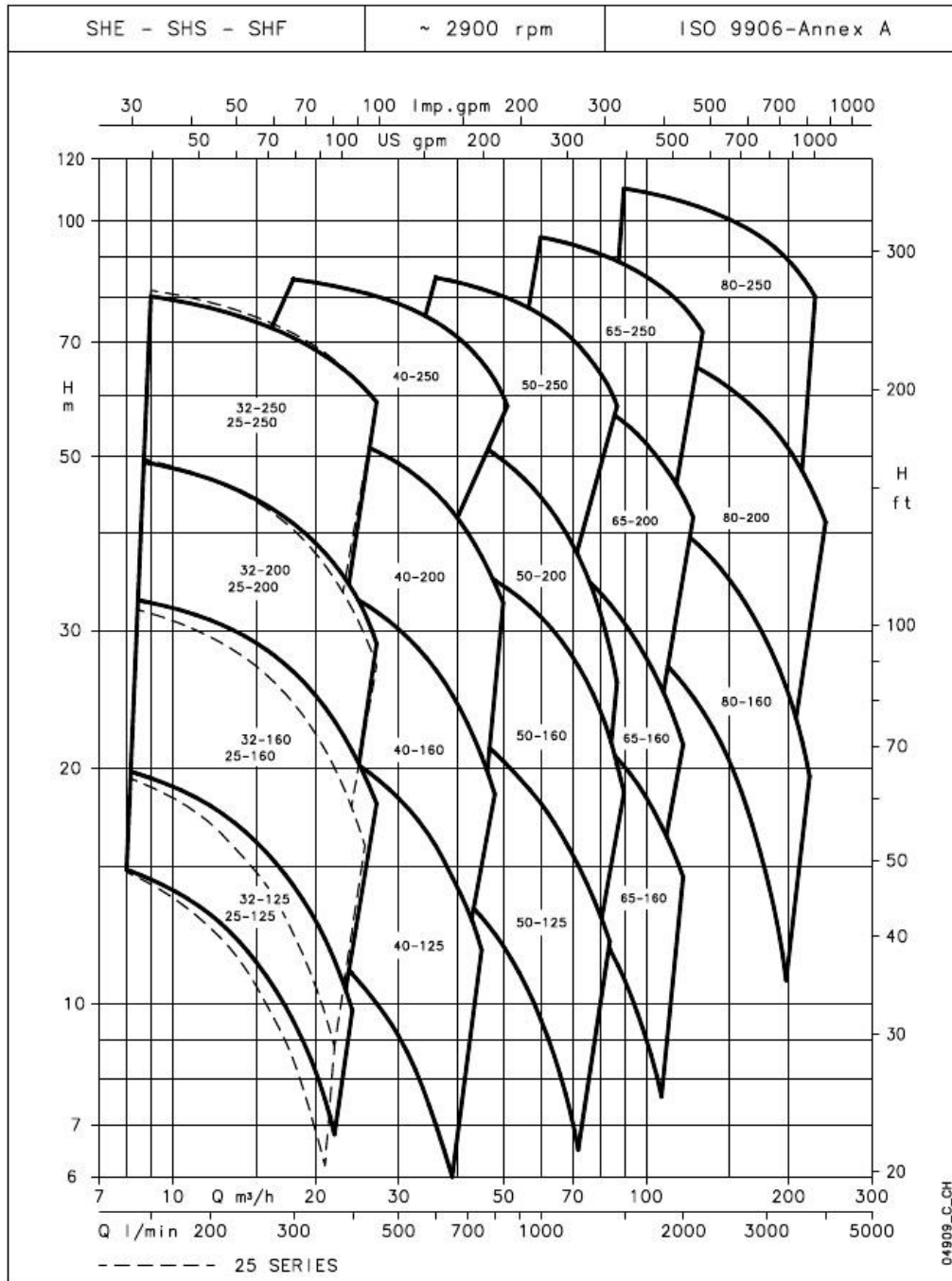


Primer: Količen je koef. hrapavosti λ pri kloščen. cevi, če tače po njej razda 15°C s hitrostjo $v = 1 \text{ m/s}$ nek ϵ
 $S_d = \frac{0.85 \cdot 10^{-3}}{1000} = 1 \cdot 10^{-7}$
 $Re = \frac{1000 \cdot 1}{1000} = 1 \cdot 10^3$
 Z grafika odčitamo: $\lambda = 0.081$

PRILOGA F: PRIKAZ IZBIRE USTREZNE ČRPALKE ZA NAŠE NASELJE

Lowara

SH-SHS-SHF SERIES
HYDRAULIC PERFORMANCE RANGE AT 50 Hz, 2 POLES



These performances are valid for liquids with density $\rho = 1,0 \text{ Kg/dm}^3$ and kinematic viscosity $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{sec}$.

Lowara

SHE-SHS-SHF SERIES
TABLE OF HYDRAULIC PERFORMANCES AT 50 Hz, 2 POLES

| PUMP TYPE | RATED POWER | | Q = DELIVERY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | kW | HP | Q _{min} | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 450 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1500 | 1800 | 2000 | 2500 | 3150 | 3700 | |
| | | | m ³ /h | 9 | 12 | 15 | 18 | 24 | 27 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 72 | 90 | 108 | 120 | 150 | 189 | 222 | |
| H = TOTAL HEAD METRES COLUMN OF WATER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-125/07 * | 0,8 | 1 | 17,3 | 14,2 | 12,5 | 10,5 | 8,4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-125/11 * | 1,1 | 1,5 | 22,3 | 18,9 | 17 | 14,7 | 12,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-160/15 * | 1,5 | 2 | 27,7 | 24,8 | 22,9 | 20,5 | 17,9 | 11,9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-160/22 * | 2,2 | 3 | 34,6 | 31,5 | 29,4 | 27 | 24,2 | 17,7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-200/30 | 3 | 4 | 44,9 | 39,2 | 36,7 | 33,8 | 30,4 | 22,4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-200/40 | 4 | 5,5 | 54,5 | 49,4 | 46,8 | 43,8 | 40,3 | 31,9 | 27 | | | | | | | | | | | | | |
| 25-250/55 | 5,5 | 7,5 | 61,4 | 55,8 | 53,2 | 50,3 | 47 | 39,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-250/75 | 7,5 | 10 | 75,9 | 69,3 | 66,5 | 63,2 | 59,6 | 51,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-250/110 | 11 | 15 | 87,5 | 81,5 | 78,7 | 75,4 | 71,8 | 63,3 | 58,4 | | | | | | | | | | | | | |
| 32-125/07 * | 0,8 | 1 | 16,6 | 14,4 | 13 | 11,3 | 9,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32-125/11 * | 1,1 | 1,5 | 21,6 | 19,4 | 17,8 | 16,2 | 14,2 | 9,8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32-160/15 * | 1,5 | 2 | 27,6 | 24,6 | 22,7 | 20,6 | 18,1 | 12,7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32-160/22 * | 2,2 | 3 | 35 | 32,5 | 31 | 29 | 26,6 | 21 | 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 32-200/30 | 3 | 4 | 43,7 | 38,5 | 36 | 33 | 30 | 22,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32-200/40 | 4 | 5,5 | 53,5 | 49 | 46,8 | 44 | 41 | 33,8 | 28,8 | | | | | | | | | | | | | |
| 32-250/55 | 5,5 | 7,5 | 61,7 | 56,7 | 54,2 | 51,2 | 47,9 | 40 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32-250/75 | 7,5 | 10 | 74,1 | 68,9 | 66,2 | 63 | 60 | 52,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32-250/110 | 11 | 15 | 86,2 | 80,1 | 77,5 | 74,3 | 71 | 63,3 | 58,7 | | | | | | | | | | | | | |
| 40-125/11 * | 1,1 | 1,5 | 14,4 | | | | 12,5 | 10,9 | 10 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| 40-125/15 * | 1,5 | 2 | 17,5 | | | | 16 | 14,4 | 13,4 | 10,2 | 8 | | | | | | | | | | | |
| 40-125/22 * | 2,2 | 3 | 25,3 | | | | 22,2 | 20,4 | 19,5 | 15,9 | 13,2 | | | | | | | | | | | |
| 40-160/30 | 3 | 4 | 32,2 | | | | 29,5 | 26,9 | 25,4 | 20,8 | 17 | | | | | | | | | | | |
| 40-160/40 | 4 | 5,5 | 38 | | | | 35,5 | 33,2 | 31,7 | 26,7 | 22,8 | 18,5 | | | | | | | | | | |
| 40-200/55 | 5,5 | 7,5 | 49,1 | | | | 46,4 | 43,8 | 42 | 36,2 | 31 | 25 | | | | | | | | | | |
| 40-200/75 | 7,5 | 10 | 58,2 | | | | 55,1 | 52,3 | 50,8 | 45 | 40 | 34,5 | | | | | | | | | | |
| 40-250/ ** | ** | ** | 64,9 | | | | 62 | 59,5 | 58 | 51,5 | 44,6 | | | | | | | | | | | |
| 40-250/110 | 11 | 15 | 74,7 | | | | 71,4 | 69 | 67,8 | 61,5 | 55,2 | | | | | | | | | | | |
| 40-250/150 | 15 | 20 | 87,7 | | | | 84,2 | 81,5 | 80 | 74,3 | 69,2 | 62,5 | | | | | | | | | | |
| 50-125/22 * | 2,2 | 3 | 17,2 | | | | | | | 14,6 | 13,4 | 12,2 | 11 | 9,5 | 6,5 | | | | | | | |
| 50-125/30 | 3 | 4 | 21,7 | | | | | | | 18,8 | 17,5 | 16,3 | 14,8 | 13,4 | 10,5 | | | | | | | |
| 50-125/40 | 4 | 5,5 | 25,7 | | | | | | | 23,3 | 22,2 | 20,8 | 19,3 | 18 | 15 | | | | | | | |
| 50-160/55 | 5,5 | 7,5 | 34,1 | | | | | | | 30,6 | 29,2 | 27,6 | 28 | 26,6 | 19,8 | | | | | | | |
| 50-160/75 | 7,5 | 10 | 40,8 | | | | | | | 37,5 | 36,2 | 34,8 | 25,8 | 24 | 27 | 18,6 | | | | | | |
| 50-200/ ** | ** | ** | 53 | | | | | | | 47,5 | 45,3 | 42,8 | 40 | 36,8 | 29,8 | | | | | | | |
| 50-200/110 | 11 | 15 | 60,1 | | | | | | | 55 | 52,8 | 50,3 | 47,5 | 44,3 | 37,5 | | | | | | | |
| 50-250/150 | 15 | 20 | 70,2 | | | | | | | 66,6 | 65 | 63,3 | 61 | 58,3 | 51 | | | | | | | |
| 50-250/185 | 19 | 25 | 80 | | | | | | | 75 | 73,2 | 71,4 | 69 | 66,3 | 59,5 | | | | | | | |
| 50-250/220 | 22 | 30 | 88,9 | | | | | | | 84,6 | 82,8 | 80,7 | 78,5 | 75,8 | 69,5 | | | | | | | |
| 65-160/40 | 4 | 5,5 | 19,6 | | | | | | | 16,8 | 16 | 15,2 | 13,5 | 10,8 | 7,6 | | | | | | | |
| 65-160/55 | 5,5 | 7,5 | 24,2 | | | | | | | 21,4 | 20,7 | 19,8 | 18 | 15,2 | 11,8 | | | | | | | |
| 65-160/75 | 7,5 | 10 | 28,2 | | | | | | | 26 | 25,3 | 24,7 | 23 | 20 | 16,8 | 14,5 | | | | | | |
| 65-160/ ** | ** | ** | 38,2 | | | | | | | 35,4 | 34,3 | 33 | 30 | 25,5 | 20 | | | | | | | |
| 65-160/110 | 11 | 15 | 43,2 | | | | | | | 40,8 | 39,8 | 38,5 | 35,5 | 30,6 | 25,4 | 21,4 | | | | | | |
| 65-200/150 | 15 | 20 | 53 | | | | | | | 48,8 | 47,5 | 44,3 | 38,5 | 32 | | | | | | | | |
| 65-200/185 | 19 | 25 | 60,2 | | | | | | | 56,5 | 55,3 | 52 | 47 | 40 | 35,4 | | | | | | | |
| 65-200/220 | 22 | 30 | 68 | | | | | | | 64,4 | 63,3 | 60 | 55 | 49 | 44,5 | | | | | | | |
| 65-250/300 | 30 | 40 | 84,3 | | | | | | | | 81,7 | 79,5 | 75 | 69 | 64 | | | | | | | |
| 65-250/370 | 37 | 50 | 98 | | | | | | | | 95,3 | 93 | 88 | 82,5 | 78 | | | | | | | |
| 80-160/110 | 11 | 15 | 33,6 | | | | | | | | | | 31,9 | 30 | 27,5 | 25,5 | 20,5 | 12,5 | | | | |
| 80-160/150 | 15 | 20 | 40,3 | | | | | | | | | | 38,8 | 37 | 34,5 | 33 | 27,5 | 20 | | | | |
| 80-160/185 | 19 | 25 | 47,2 | | | | | | | | | | 45,7 | 44 | 41,5 | 40 | 35 | 27,5 | 19,5 | | | |
| 80-200/220 | 22 | 30 | 53 | | | | | | | | | | | 49,8 | 47,5 | 46 | 41 | 33,5 | | | | |
| 80-200/300 | 30 | 40 | 63,6 | | | | | | | | | | | 61,2 | 59 | 57 | 52 | 44 | 36,5 | | | |
| 80-200/370 | 37 | 50 | 71,4 | | | | | | | | | | | 69,5 | 67,5 | 66 | 61 | 53,5 | 46 | | | |
| 80-250/450*** | 45 | 60 | 83,5 | | | | | | | | | | | 80,5 | 78 | 76 | 70 | 61 | | | | |
| 80-250/550*** | 55 | 75 | 95,7 | | | | | | | | | | | 93,6 | 91 | 89 | 83,5 | 75 | 64,6 | | | |
| 80-250/750*** | 75 | 100 | 112 | | | | | | | | | | | 110 | 108 | 106 | 101 | 92 | 82 | | | |

* A single-phase version (SHEM) is also available

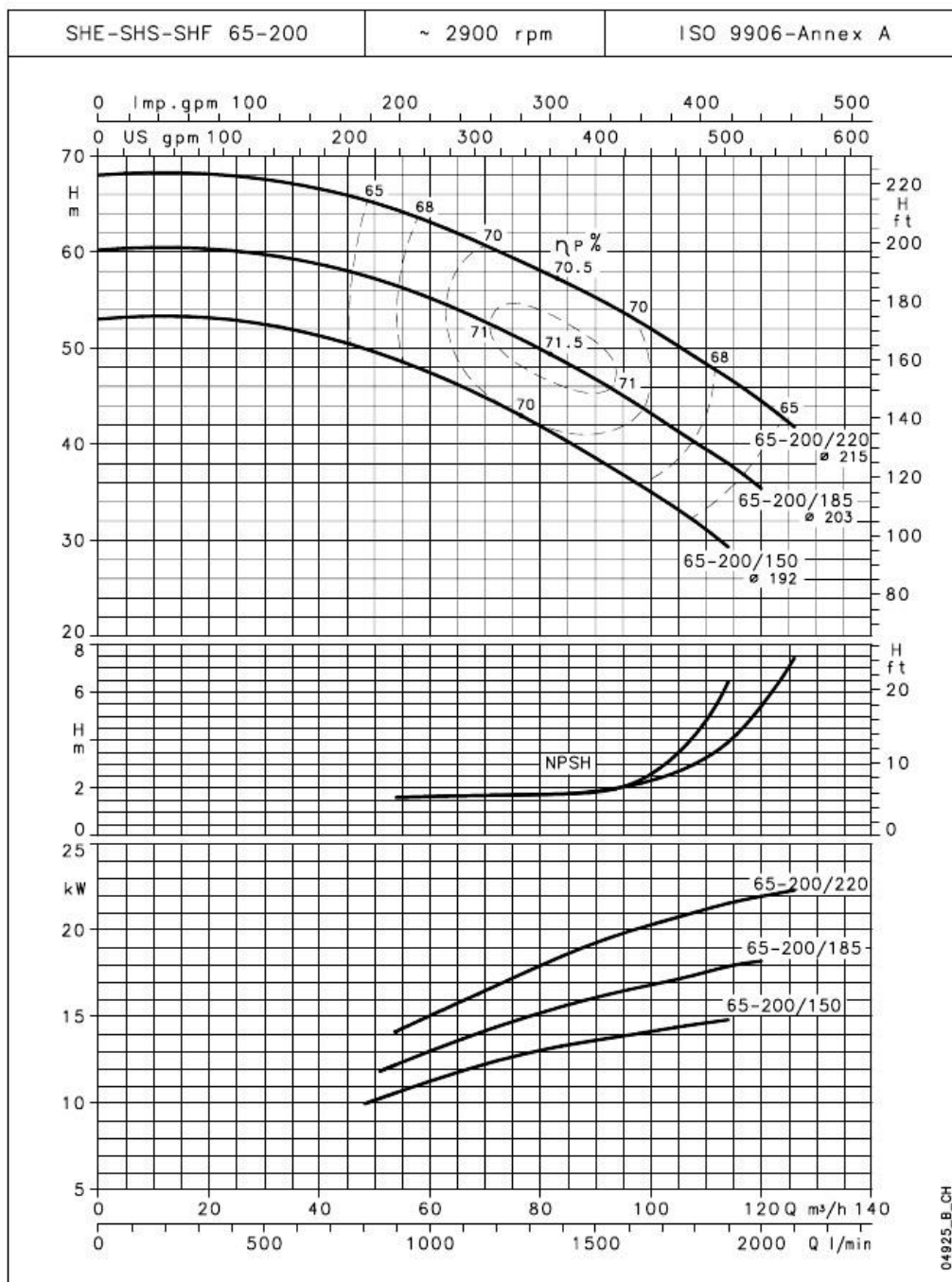
** /92 = 9,2kW - 12,5HP SHE ** /110 = 11kW - 15HP SHS

*** Only the SHF version is available

Performances according to ISO standards 9906 - Annex A.

Lowara

SHE-SHS-SHF SERIES OPERATING CHARACTERISTICS AT 50 Hz, 2 POLES



The NPSH values are laboratory values; for practical use we suggest increasing these values by 0,5 m.
 These performances are valid for liquids with density $\rho = 1,0 \text{ Kg/dm}^3$ and kinematic viscosity $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{sec}$.