

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Komunalna smer

Kandidat:

Andrej Andoljšek

Rekonstrukcija delovanja vodovodnega sistema v Ferarijevem vrtu v Štanjelu

Diplomska naloga št.: 2878

Mentor:
prof. dr. Boris Kompare

Ljubljana, 28. 3. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ANDREJ ANDOLJŠEK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»REKONSTRUKCIJA DELOVANJA VODOVODNEGA SISTEMA V FERRARIJEVEM
VRTUV ŠTANJELU«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 13. marec 2006

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji komunalne smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.1(043.2)

Avtor: Andrej Andoljšek

Mentor: izr. prof. dr. Boris Kompare

Naslov: Rekonstrukcija delovanja vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu v Štanjelu

Obseg in oprema: 80 str., 1 pregl., 67 sl., 4 en.

Ključne besede: Štanjel, Fabiani, Ferrarijev vrt, vodovodni sistem, rekonstrukcija, puščanje, metode, aparature, cisterne

Izveček

Diplomsko delo opisuje rekonstrukcijo delovanja vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu v Štanjelu. Prvi del naloge obravnava metode in aparature za odkrivanje elementov vodovodnega sistema in napak na vodovodnih sistemih. Opisani so načini delovanja in uporabe posameznih aparaturn in metod, postopki interpretacije rezultatov, ter kako so bile posamezne metode uporabljene pri rekonstrukciji vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu. Drugi del naloge opisuje potek rekonstrukcije na terenu. Delo na terenu je obsegalo pregled vseh cistern in ostalih sestavnih delov vključenih v Fabianijev vodovodni sistem. Sledilo je ugotavljanje funkcij ter lociranje posameznih sestavnih delov sistema, podane so bile ugotovitve stanja. Ugotovljena so bila mesta puščanja, poškodbe in manjkajoči deli sistema. Vodovodni sistem je bil vrisan v digitalni kataster, kar je razvidno iz načrta sistema v prilogah. Za Fabianijev vodovodni sistem je podan tudi predlog sanacijskih posegov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.1(043.2)

Author: Andrej Andoljšek

Supervisor: Assoc. Prof. dr. Boris Kompare

Title: The Reconstruction of Functioning of the Water Supply System in Ferrari's Garden in Štanjel

Notes: 80 p., 1 tab., 67 fig., 4 eq.

Key words: Štanjel, Fabiani, Ferrari's garden, water supply system, reconstruction, leakage, methods, aparatures, cistern

Abstract

The graduation thesis describes the reconstruction of functioning of the water supply system in Ferrari's garden in Štanjel. The first part of thesis deals with methods and devices for detecting waterwork elements and losses on water supply systems. Further on are described different modes of functioning of devices and methods, interpretation of results and how was each method used at the water supply system reconstruction. The second part describes the course of reconstruction in fieldwork. The last comprised of inspection of all cisterns included in Ferrari's water supply system. Then it followed the assessment of functions, location of separate parts of the system and the condition assessment of the waterworks system. Places of leakages, injuries and missing parts of the system were detected. Furthermore, water supply sistem was drawn into digital cadastral register, which is enclosed in annex. Also a motion was proposed for the condition improvent of the Fabiani's water system.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem svojemu mentorju izr. prof. dr. Borisu Kompore za strokovne nasvete, izkazano zaupanje in potrpežljivost pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi podjetju Andotehna d.o.o., direktorju in vsem zaposlenim za vso podporo in pomoč. Brez vloška in strokovne pomoči podjetja Andotehna d.o.o. diplomskega dela ne bi bilo.

Zahvaljujem se vsem sošolkam, sošolcem in prijateljem, s katerimi smo se skupaj trudili in prebrodili študentska leta.

Iz srca se zahvaljujem svojim staršem in sestrama, ki so mi omogočili študij in me vedno znova spodbujali k opravljanju študijskih obveznosti.

Posebno bi se rad zahvalil za izkazano spoštovanje in zaupanje ljubljeni Anji, ki mi je v najtežjih trenutkih vedno stala ob strani, mi nesebično priskočila na pomoč in brez katere mi vsega tega ne bi uspelo doseči.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Življenje dr. Maksa Fabianija uni. dipl. ing. arh.	2
1.2	Štanjel	4
1.3	Ferrarijev vrt	6
2	METODE IN APARATURE ZA ODKRIVANJE NAPAK NA VODOVODNIH SISTEMIH	9
2.1	Metode in aparature za lociranje vodovodnega sistema	12
2.1.1	Opozorilni in opozorilni indikatorski trakovi	13
2.1.2	Iskanje podzemnih napeljav	14
2.1.2.1	Iskanje kovinskih cevi	16
2.1.2.1.1	Induktivno iskanje kovinskih cevi	15
2.1.2.1.2	Galvanski način iskanja kovinskih cevi	18
2.1.2.2	Iskanje nekovinskih cevi	18
2.1.2.2.1	Iskanje nekovinskih cevi s pomočjo opozorilnega indikatorskega traku	18
2.1.2.2.2	Sistem GPV	19
2.1.2.2.3	Iskanje nekovinskih cevi z uvlačenjem vodnika v cev	20
2.1.3	Detekcija armatur na vodovodnih sistemih	22
2.2	Metode in aparature za makrolociranje napak na vodovodnih sistemih	23
2.2.1	Merno vozilo in andotest metoda	23
2.2.2	Prenosni ultrazvočni merilec pretoka	27
2.2.3	Avtomatski radijski zbiralnik šumov – AZ radio zbiralnik	29
2.2.4	Elektronski merilnik šuma	32
2.3	Metode in aparature za mikrolociranje napak na vodovodnem sistemu	33
2.3.1	Elektroakustični inštrument	33

2.3.2	Korelator	36
3	ANALIZA VODOVODNEGA SISTEMA	39
3.1	Cisterne	41
3.1.1	Cisterna C1 – zbirna cisterna deževnice s hriba	41
3.1.2	Cisterna C2 nad promenado s pergolo (ob hiši št. 13)	45
3.1.3	Cisterna C3 pod teraso vile Ferrari	46
3.1.4	Cisterna C4 ob hiši »L«, južno od vile Ferrari	47
3.1.5	Cisterna C5 v naselju v hiši št. 21	48
3.1.6	Cisterna C6 v parku	49
3.2	Cevovod	53
3.2.1	Betonski cevovod	53
3.2.2	Pocinkan cevovod – deževnica s hriba	54
3.2.3	Pocinkan cevovod – strešna deževnica	58
3.3	Grotta	60
3.4	Bazen	62
4	ZAKLJUČEK	64
	VIRI	66
	PRILOGE	68
Priloga A:	Načrt vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu	
Priloga B:	Vzdolžni profil	
Priloga C:	Načrt gornje cisterne C1	
Priloga D:	Načrt cisterne C6 v parku	

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Hitrosti širjenja šumov po cevi v odvisnosti od \emptyset in materiala v m/s	11
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Maks Fabiani	2
Slika 2: Pogled na stari Štanjel z gradom in cerkvijo	5
Slika 3: Ferrarijev vrt, bazen in v ozadju Ferrarijeva vila	7
Slika 4: Širjenje šuma po različnih materialih cevi	11
Slika 5: Širjenje šuma po različnih premerih cevi	11
Slika 6: Opozorilni trak	13
Slika 7: Indikator opozorilni trak	13
Slika 8: Polaganje in spajanje indikator opozorilnega traku	14
Slika 9: Iskalnik podzemnih napeljav	15
Slika 10: Induktivni način iskanja	17
Slika 11: Induktivni način iskanja z induktivnimi kleščami	17
Slika 12: Galvanski način iskanja	18
Slika 13: Generator pulznega valovanja	20
Slika 14: Iskanje cevi z uvlačenjem vodnika v cev	21
Slika 15: Uvlačenje vodnika v betonsko cev, ki vodi v cisterno v parku	21
Slika 16: Uvlačenje vodnika v betonsko kineto v parku pod pergolo	21
Slika 17: Princip delovanja	22
Slika 18: Magna trak 202	22
Slika 19: Moderno merno vozilo	24
Slika 20: Shematski prikaz preizkušanelega dela omrežja	25
Slika 21: Graf Andotest metode	25
Slika 22: Primer različnih preiskušanih območji	26
Slika 23: Prenosni ultrazvočni merilnik pretoka s senzorji in prižemko	28
Slika 24: Prikaz delovanja ultrazvočnega merilnika	29
Slika 25: AZ radio zbiralnik šumov pritrjen na ventil in pripravljen na meritev	30
Slika 26: Shematski prikaz dela za AZ radio zbiralniki	30
Slika 27: Prikaz mesta postavitve AZ radio zbiralnikov na digitalnem katastru	31

Slika 28: Elektronski merilnik šumov	32
Slika 29: Preiskovanje tesnosti hišnega priključka	32
Slika 30: Centralna enota geofona in talni mikrofoni	33
Slika 31: Iskanje puščanja ob severnem vhodnem stolpu v Ferrarijev vrt	34
Slika 32: Makrolokacija mesta puščanja	35
Slika 33: Mikrolokacija mesta puščanja	35
Slika 34: Centralna enota in dva senzorja	36
Slika 35: Shematski prikaz dela z korelatorjem	38
Slika 36: Shematski pregled vodovodnega sistema	40
Slika 37: Cisterna C1, pogled iz vrha	41
Slika 38: Koritnica na vzhodni strani hriba	42
Slika 39: Dotočna koritnica ob cisterni	42
Slika 40: Vhod koritnice s severne strani hriba v zaraščen usedalnik	42
Slika 41: Delno odkopan usedalnik za čiščenje deževnice s hriba	43
Slika 42: Notranjost cisterne C1, vidna poškodba na prekatni steni	44
Slika 43: Naknadno nerejen neposredni dotok vode v cisterno C1	44
Slika 44: Cisterna C2 nad promenado s pergolo	45
Slika 45: Cisterna C3 pod teraso vile Ferrari	47
Slika 46: Cisterna C4 ob hiši »L«	48
Slika 47: Hiša št. 21 s cisterno C5 v kleti	49
Slika 48: Vzhodni del cisterne C6, z vhodnim jaškom in iztočno nišo	50
Slika 49: Tri dotočne pocinkane cevi $\phi 1''$	50
Slika 50: Dotočna (levo) in odtočna (desno) betonska cev $\phi 200$ mm	50
Slika 51: Notranjost cisterne C6 v parku	51
Slika 52: Jašek poleg cisterne C6 v parku – vidne so tri dotočne cevi z zapornimi ventili	51
Slika 53: Niša z glavnim ventilom	52
Slika 54: Ventil in kineta v čolnarni	52
Slika 55: Stik dveh betonskih cevi	54
Slika 56: Pretrgana cev, sekcijski ventil in odcep za napajalno korito	55

Slika 57: Zamašena cev in čep	55
Slika 58: Poškodba – puščanje cevi	56
Slika 59: Popravilo poškodovane cevi	56
Slika 60: Vrtni hidrantek	57
Slika 61: Vgradnja krogličnega ventila	57
Slika 62: Improvizacija polnitve sistema	58
Slika 63: Grotta	61
Slika 64: Bazenček na strehi grotte	61
Slika 65: Izpraznjen bazen pred čiščenjem	62
Slika 66: Talni izpust bazena	63
Slika 67: Jašek z ventilom za talni izpust	63

1 Uvod

Svoje diplomsko delo sem se odločil zasnovati bolj raziskovalno oziroma praktično. Diplomaska naloga govori o raziskovanju vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu v Štanjelu, ki ga je zasnoval eden največjih slovenskih arhitektov – Maks Fabiani.

Zanimalo me je torej, kako je sestavljen vodovodni sistem, kje potekajo cevovodi, kje so le-ti poškodovani, v kakšnem stanju so cisterne, kako so le-te med seboj povezane itd. Najbolj zanimivo pri vsem tem je bilo to, da načrtov, ki so bili izdelani ob načrtovanju in gradnji sistema, ni več, saj so bili uničeni med drugo svetovno vojno, ko je bil požgan Fabianijev arhiv.

Cilj raziskav je bil identificirati vse sestavne dele Fabianijevega vodovodnega sistema, določitev funkcije posameznih delov ter povezav med njimi tako, da bo mogoče na podlagi pridobljenih informacij opisati izvorno stanje in delovanje sistema, definirati sedanje stanje ter končno oblikovati predloge za obnovo.

V teoretičnem delu diplomske naloge želim predstaviti metode in aparature za odkrivanje napak na vodovodnih sistemih. Brez njih to diplomsko delo ne bi nastalo. Vse te metode in aparature so pomembne tudi s stališča vzdrževanja vodovodnih sistemov. Torej ta del diplomskega dela predstavlja tudi smernice oziroma načine vzdrževanja vodovodnih sistemov vsem tistim, ki se ukvarjajo z distribucijo pitne vode. V teoretičnem delu tako opisujem in razlagam najmodernejšie metode in aparature, večino teh podjetje Andotehna d.o.o. s partnerskim podjetjem F.A.S.T. GmbH razvija in trži. V praktičnem delu diplomske naloge bom predstavil sam potek raziskovalnega dela na terenu in razložil delovanje posameznih sestavnih delov vodovodnega sistema in celote.

1.1 Življenje dr. Maksa Fabianija uni. dipl. ing. arh.

Maks Fabiani se (slika 1) je rodil 29. aprila 1865 v Kodbilju pri Štanjelu, staršema Charlotte von Kofler in Antonu Fabianiju. Za njihovo družino je značilno, da so se mešale kar tri kulture in jeziki. Strokovnjaki domnevajo, da je poreklo družine italijansko, kultura avstrijska, okolje pa slovensko podeželje, kar je še posebej vplivalo na Fabianija, saj je bil na te kraje močno navezan (Jazbec, 2005). Osnovno šolo je obiskoval v domačem kraju, srednjo šolo oziroma realko pa v Ljubljani. Slednja je v Maksimiljanu vzbudila ogromno zanimanja za matematiko in fiziko, zato je po končani maturi šolanje nadaljeval na dunajski Politehniko, ki je takrat veljala za najprestižnejšo šolo v Evropi (Pozzetto, 1997).



Slika 1: Maks Fabiani (Jazbec, 2004, str. 23)

Fabiani je bil pri študiju zelo uspešen ter neverjetno dojemljiv za tehnično znanje, hkrati pa ga je zelo navduševala umetnost. Ravno zaradi te vsestranskosti je študij opravljal z veliko lahkoto. Diplomiral je 13. februarja 1892 in kot 38. po vrsti pridobil znanstveni naziv diplomirani arhitekt,

ki je bil prvič uveden leta 1868. Kmalu po diplomi se je zaposlil kot arhitekt na notranjem ministrstvu na oddelku za gradbeništvo, vendar pa tu ni dolgo vztrajal. Še istega leta je kandidiral in prejel štipendijo Carla Ghega. Ta štipendija mu je omogočila, da je potoval po Evropi in Mali Aziji (Italija, Grčija, Nemčija, Belgija, Francija, Švica, Anglija in Turčija), pri tem pa je spoznaval arhitekturo različnih držav. Največji vtis nanj je naredila grška arhitektura (Pozzetto, 1997).

Maks Fabiani si je na Dunaju ustvaril kariero uspešnega arhitekta in profesorja na tehniški fakulteti. Pravtako je postal poseben svetovalec prestolonaslednika Franca Fredinanda. Vendar se je, po koncu 1. svetovne vojne, znameniti arhitekt odločil zapustiti Dunaj in bleščečo kariero univerzitetnega profesorja in svetovalca ter se vrnil v rodni Kobdilj, saj je čutil moralno odgovornost za obnovo porušene Goriške (Jazbec, 2004).

Za obnovo pokrajine je pripravil kar 92 urbanističnih načrtov povojne ureditve, in tako postal eden od pionirjev regionalnega planiranja. Leta 1935 je postal župan Štanjela in to funkcijo opravljal vse do leta 1945. Med tem časom, pa tudi že prej, je ogromno storil za malo mesto na vzpetini. Lotil se je obnove gradu, v katerem je uredil občinski urad in občinsko skladišče, osnovno šolo, kinodvorano, plesno dvorano in zdravstveni dom; uredil je Ferrarijevo vilo in prekrasen vrt z izjemnim vodovodnim sistemom (Ustanova Maks Fabiani, 2005).

Med drugo svetovno vojno je Fabiani doživel več nesreč – požgali so mu hišo in družinsko rezidenco v Kobdilju, ob koncu vojne pa je bil med narodnoosvobodilnim bojem močno poškodovan tudi sam Štanjel, ki je obnovo začel doživljati šele po Fabianijevi smrti. Fabiani se je leta 1947 preselil v Gorico in do smrti, leta 1962, ostal dejaven v svojem poklicu (Jazbec, 2005).

Mnogi so menili, da je Fabianiju uspelo zaradi poznanstev, saj je izhajal iz premožne družine. Morda je res, vendar je dejstvo, da nikoli ne bi prišel v sam vrh strokovnjakov svojega področja, če ne bi bil tako talentiran. To dokazujejo tudi številni natečaji, na katerih je Fabiani kandidiral s

svojimi predlogi. Največkrat je zmagal prav na tistih, kjer so bili v komisijah največji strokovnjaki posameznih področij (Pozzetto, 1997).

Za Fabianijeva dela je značilno, da je znal povezati najrazličnejša socialna vprašanja in stavbarstvo, kar se še danes odraža v tem, da kljub temu, da je večina njegovih zgradb izgubila prvotno namembnost, ni bilo potrebno opraviti toliko večjih sprememb na teh stavbah, da bi služile novim namenom (Pozzetto, 1997).

Kot profesor je bil cenjen zaradi uvajanja osebnega načina razmišljanja in osebne metode dela. Tako je spodbujal svoje študente, da ohranijo svojstven smisel za značilnosti, oblike in barve. Fabiani se je močno zavedal, da ima vsak posameznik svoj način razmišljanja, videnja barv, oblik, vzorcev itd., pri tem pa puščal študentom popolno svobodo (Pozzetto, 1997).

1.2 Štanjel

Majhno, staro in zelo slikovito mestece na Krasu, Štanjel (slika 2), je nastalo v halštatskem obdobju, ko je na vzpetini Turn nastalo gradišče oz. utrjeno naselje. Kasneje, v obdobju Antike, so ga naselili Rimljani. Dvignjeno mestece je služilo kot odlična postojanka za poti proti Italiji ali proti severu, hkrati pa je zaradi svoje višine omogočalo odličen pogled na Kras in Vipavsko dolino (Štanjel – kraški biser, 2006).



Slika 2: Pogled na stari Štanjel z gradom in cerkvijo (Hari, K., 2004)

V srednjem veku je bil Štanjel prvič omenjen v zemljiškem urbarju leta 1402 in je takrat veljal za pomembno trgovsko postojanko. Terasasto naselje je po izumrtju Goriških grofov prešlo pod oblast Habsburžanov in kmalu postalo pomembna vojaška utrdba, še posebno v času turških vpadov, ko so mesto obdali z obzidjem (Vodnik: Štanjel, 2006).

Od 16. do 19. stoletja so Štanjelu vladali grofje Cobenzli, ki so si v gradu uredili svojo renesančno in baročno rezidenco, cerkev sv. Danijela pa izbrali kot družinsko grobno cerkev. Grad in cerkev predstavljata jedro naselja (Vodnik: Štanjel, 2006), saj mu dajeta posebno podobo. Ulice mesteca so ozke in se stekajo na trge, te pa krasijo veliki kamniti vodnjaki. Hiše so kamnite, z lepimi kamnoseškimi elementi (ozka okna, portali, dimniki, kamniti žlebovi itd.) (Štanjel, 2006). Mestece se je izven naselja razširilo šele v 19. stoletju, čeprav nevarnosti turških vpadov ni bilo že več stoletij (Štanjel na Krasu, 2006).

V času prve svetovne vojne so se v Štanjelu naselili avstrijski vojaki. V gradu so si uredili bolnišnico za oficirje, v spodnjem delu naselja pa so zgradili vojaško pokopališče in svoje postojanke (Vodnik: Štanjel, 2006).

Med obema svetovnjima vojnama je arhitekt Maks Fabiani obnovil grad in v njem uredil občinski urad, zdravstveni dom, občinsko skladišče, osnovno šolo in veliko plesno dvorano (Vodnik: Štanjel, 2006). Za zdravnika dr. Enrica Ferrarija pa je zgradil vilo Ferrari, ki je nastala s povezovanjem več zapuščenih kraških hiš, ne da bi bistveno spreminjal njihove zunanosti. V vili je dr. Ferrari uredil svoj sanatorij, kamor je vabil svoje premožne paciente. Ob vili je Fabiani uredil prekrasen vrt, kjer so lahko obiskovalci uživali v mirnem okolju.

V času druge svetovne vojne je bil štanjelski grad požgan skupaj z nekaterimi hišami, večina vaščanov pa je bila izgnana v begunstvo v taborišča ali okoliške kraje. Večina stvari, ki jih je načrtoval Fabiani, so bile uničene (Vodnik: Štanjel, 2006). Obnova Štanjela se je začela šele v šestdesetih letih in ni končana še danes. Danes grad in Ferrarijeva vila služita večinoma kulturnim namenom, samo mestece pa živi predvsem od turizma.

1.3 Ferrarijev vrt

V letih od 1922 do 1934 je nastajal kompleks vile Ferrari in pripadajočega vrta. Vrt, ki se rasteza na 26.500 m³ (Pozzetto, 1997), je zasnovan terasasto, saj je pobočje precej nagnjeno. Hkrati pa se park ujema z ureditvijo samega Štanjela, ki je tudi zgrajen na tersasah (Vodnik: Štanjel, 2006).

Velika posebnost tega vrta in vile je odlično urejen vodovodni sistem, saj je bila v Štanjelu, kot drugod po Krasu, vedno težava s preskrbo z vodo. »Fabiani je izdelal cementne cevi, po katerih je pritekla deževnica z vzhodne strani Štanjelskega griča, kjer se je zbirala na višini 354 – 340 m, v prvo zajetje, opremljeno s plastjo peska, zračniki, varnostnimi odprtinami in odtokom za čiščenje ali hitro praznjenje. Iz tega zbiralnika se je voda pretakala po kamnitih ceveh (15 x 15 x 100 cm) skozi osem manjših zbiralnikov na različnih višinah, preden je pritekla v vodnjak. Ker so vodovodni sistem leta 1944 razstrelili, ni povsem jasno, ali so bili tudi žlebovi iz posameznih hiš priključeni na ta sistem« (Pozzetto 1997, str. 299). Strokovnjaki tudi domnevajo, da so bili na

sistem priključeni tudi hlevi, kjer je voda služila predvsem za čiščenje prostorov pa tudi za napajanje živine (Pozzetto, 1997).



Slika 3: Ferrarijev vrt, bazen in v ozadju Ferrarijeva vila

V parku najdemo tudi več izpustov za vodo, iz česar lahko sklepamo, da so vodo uporabljali tudi za razvedrilo. V nižjem delu parka se namreč nahaja ovalen bazen (slika 3) z otočkom z vodometom, votlino, beneškim mostom in veliko školjko iz katere se je pretakala voda v bazen. Pod razglednim paviljonom se nahajata klet in ledenica. Slednja je bila obdana z izolirnimi plastmi in tako ohranjala nizke temperature tudi poleti, pozimi pa so led shranjevali v ledenico po posebnem žlebu iz bazena (Od Štanjela do Kobdilja, 2004). Poleg tega je Fabiani poskrbel za sadne in zelenjavne grede ter predvsem za način zalivanja le-teh. Predvidel je celo cementne bazene za gnojila, humus in vejevje ter tople grede; vodne odprtine pa namestil v zaprte niše, da so bile ustrezno zavarovane (Pozzetto, 1997).

Park je primeren za sprehajanje, kar dokazujejo številna razgledišča in paviljon ob bazenu, drevored, pergola, od paviljona navzdol po stopnicah pa je zgrajeno tudi balinišče, ki so ga v poletnih mesecih uporabljali za prirejanje plesov, Fabiani pa je povezal tudi park in svoj rojstni Kobjdilijski s sprehajalno potjo (Pozzetto, 1997).

Danes je vrt hortikulturno vzdrževen, medtem ko številna infrastruktura – vodovodni sistem, cisterne, ledenica ipd. propadajo, kar pomeni veliko škodo za nacionalno kulturno dediščino.

2 Metode in aparature za odkrivanje napak na vodovodnih sistemih

Vodne izgube spremljajo vsak vodovodni sistem in predstavljajo njegovo veliko slabost. Poleg tehničnega in ekonomskega značaja predstavlja posebno priložnost sanitarni učinek vodnih izgub. Vsa mesta puščanja predstavljajo potencialno nevarnost za infiltracijo neželenih snovi v cevovode, s tem pa se slabša kvaliteta pitne vode.

Vodovodne izgube pri razvejanem oskrbovalnem vodovodnem omrežju neredko dosežejo do 40% in več od načrpane količine vode oziroma do 67% in več v odnosu na prodano količino vode. Po DIN normah 4046 ločimo logične izgube, katerih vzrok so nekontrolirani odjemi in napake pri merjenju (problem majhnih pretokov) in realne izgube, ki jih povzročajo slaba tesnost spojev, armatur in poškodbe na cevovodih ter armaturah. Na osnovi analiziranih podatkov je podjetje Andotehna d.o.o. ob prekontroliranih več kot 16.000 km vodovodnega omrežja in ob lociranih več kot 60 milijonov m³ izgub letno ocenilo, da znašajo logične izgube do 9 %, še sprejemljive skupne izgube (logične in realne) pa od 9 do 12 %. Za tiste vodovodne sisteme, ki imajo izgube večje kot 12 % pomeni, da imajo nedopustno velike izgube in v takih vodovodih je potrebna detaljna analiza in pregled omrežja (Andoljšek, 1978 – 2005).

Zmanjšanje vodnih izgub v vodovodnem sistemu pomeni:

- večje kapacitete za distribucijo vode
- manj potreb po iskanju in vlaganju v nova vodna zajetja
- ni potrebna rekonstrukcija cevovoda za večji pretok
- zanesljivejše obratovanje
- zmanjšanje porabe električne energije
- pocenitev proizvodnje, ker se črpa in čisti le količina vode, ki je tudi prodana

- zmanjšanje onesnaženosti okolja, ker bodo elektrarne posledično lahko zmanjšale porabo premoga, oz. drugih (fosilnih) goriv
- zmanjšanje plačevanje davka vodnega povračila

Nov Zakon o vodah v 124. členu o vodnih povračilih določa, da bodo vsi, ki upravljajo objekt ali napravo za odvzem ali izkoriščanje vode (tj. zavezanci) plačevali davek na načrpano oziroma odvzeto vodo iz vodnega vira, ki je last države. Davek znaša 14,5 SIT/ m³ in bremeni zavezanca za vso načrpano vodo, ne glede na to, ali je ta prodana ali pa predstavlja izgube (Zakon o vodah (ZV-1), 2002).

Vodne izgube - puščanja nastajajo zaradi najrazličnejših vzrokov:

- slabe kvalitete materiala cevi in armatur
- (ne)tesnenja spojev
- korozije (rja)
- mehanskih poškodb (transport, gradbena dela, izvedbena dela)
- nepravilnega dimenzioniranja vodovodnih sistemov (kavitacija, hidravlični udari, sidranje cevovoda)
- nepravilne izvedbe gradbenih del (problem terena)
- gibanja tal (vzgon, potresi, dopustne obremenitve tal.....)

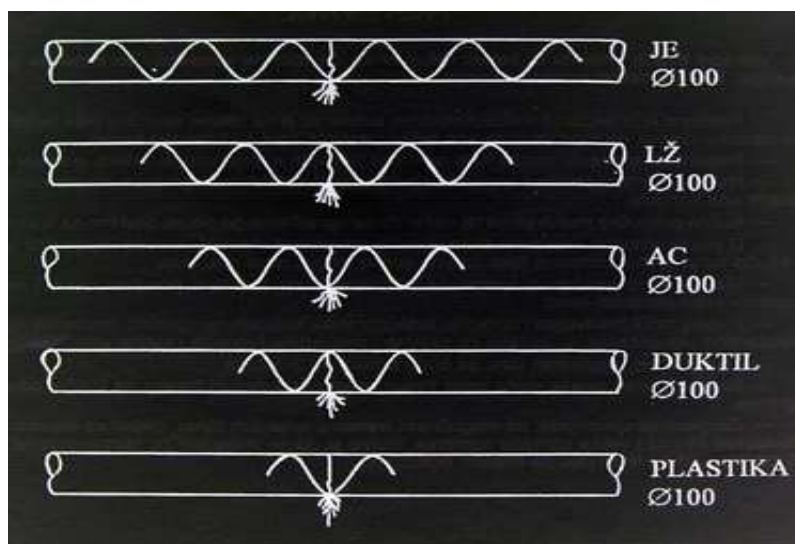
S klasičnim fonskim iskanjem puščanj izkoriščamo šum iztekajoče vode. Ob lociranju izvora šuma, lociramo tudi mesto puščanja. Iztekajoča voda povzroča šum, ki se preko zvočnih valov prenaša po cevovodu v obe smeri od mesta iztekanja. Merjenje na kontaktnih mestih cevovoda s paličnim mikrofonom odkrije širjenje šuma po cevovodu. Zvočni valovi se po cevovodu širijo tako, da se odbijajo od sten cevovoda (sliki 4 in 5). Šum iztekajoče vode se širi tudi izven cevovoda v okolico mesta puščanja. Šume, ki se širijo po tleh iščemo s talnim mikrofonom. Odkrivanje puščanj na oskrbovalnem omrežju z geofoni¹ je kljub temu, da so današnje elektroakustične aparature – geofoni zelo izpopoljnjeni, še vedno zelo problematično in nezanesljivo zaradi številnih objektivnih in subjektivnih vplivov. Vsi vemo, da se šumi po

¹ Za nadaljno razlago glej poglavje 2.3.1

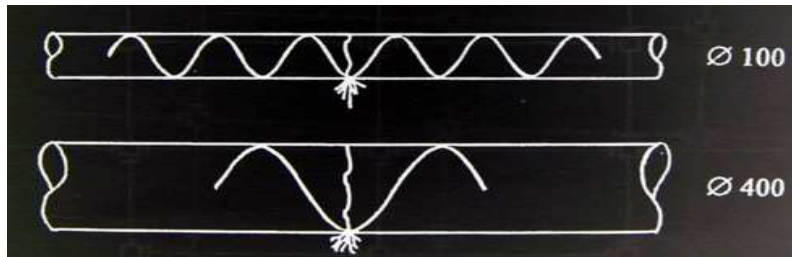
plastičnih cevovodih slabše prenašajo kot po železnih (tabela 1), da moti iskanje kanalizacija, ki je položena v neposredni bližini in ostali šumi, da je velikega pomena dober pritisk v cevovodu, da različne zemeljske plasti različno prevajajo zvok (na neprepustnih področjih je zabeleženih do 300% (Andoljšek, 1978–2005) več puščanj kot pa na prodnatih območjih), itd. Tako so se razvile druge metode in drugi instrumenti

Tabela 1: Hitrosti širjenja šumov po cevi v odvisnosti od \varnothing in materiala v m/s (Andotehna d.o.o., 2005)

MATERIAL \ CEV	\varnothing 100	\varnothing 300
LITO ŽELEZO	1303	1166
JEKLO	1265	1166
AZBESTCEMENT	1150	1050
SVINEC	800	800
PVC	364	298
POLIETILEN-TRDI	340	280



Slika 4: Širjenje šuma po različnih materialih cevi (Andotehna d.o.o., 2005)



Slika 5: Širjenje šuma po različnih premerih cevi (Andotehna d.o.o., 2005)

Če želimo vodovodni sistem vzdrževati in puščanja hitro locirati je osnovno znanje o tem kje sistem poteka in kako je sestavljen. Za lažje iskanje sistema na terenu bom v naslednjih poglavjih opisal metode in aparature za lociranje vodovodnega sistema.

2.1 Metode in aparature za lociranje vodovodnega sistema

Katastri komunalnih vodov se šele v zadnjih letih, ob porastu kanalizacijskih, plinovodnih, toplovodnih in optičnih omrežij, pospešeno natančno izdelujejo. Za vse novogradnje se sproti izdeluje izvedbeni načrt, ki je temelj za natančen kataster. Ne dolgo nazaj pa se katastri niso izdelovali oz. se niso izdelovali natančno, tudi zato so bile razvite metode in aparature za lociranje kovinskih in nekovinskih cevovodov in kablov.

Natančen kataster komunalnih vodov je izrednega pomena in je osnova za vsa komunalna podjetja in vzdrževalce. Poleg kvalitetnega katastra pa je pomembno, da so vsi komunalni vodi locirani na terenu tudi brez katastra. To omogoča jasen in nujen pregled nad situacijo na terenu. Le z natančnim katastrom in možnostjo lociranja vodov se ob novogradnjah in raznih gradbenih vzdrževalnih delih izognemo neljubim presenečenjem. Nema lokrat se zgodi, da bagerist tudi s pomočjo katastra, zakoplje in pretrga električni ali optični kabel, poškoduje vodovod, plinovod ali celo kanalizacijo.

V izogib takim poškodbam in jasnejšemu pregledu so bili razviti opozorilni in opozorilni indikatorski trakovi, ki jih prikazujem v sledečih poglavjih.

2.1.1 Opozorilni in opozorilni indikatorski trakovi

Največ poškodb na podzemnih vodih nastane pri raznih zemeljskih delih in pri ponovnem odkopavanju z gradbenimi stroji. Zato je potrebno podzemne cevovode in kable zaščititi. Za zaščito kovinskih komunalnih vodov se uporablja opozorilni trak (slika 6), ki je narejen iz termoplastičnega materiala (PVC in PE). Če pa so podzemni vodi iz nekovinskih materialov (PVC, azbestcement, tesal, alkaten in tudi duktil zaradi elektro neprevodnih spojev) pa uporabljamo opozorilni indikatorski trak (slika 7). Ta trak ima na termoplastičnem materialu vgrajen še nerjavni jekleni prevodnik, ki omogoča, da lahko vedno določimo traso podzemnega voda. Nerjavni jekleni prevodnik mora imeti dovolj velik presek, saj ga je samo tako mogoče trasirati na sprejemljivo dolžino. Opozorilni indikatorski trak, ki ga že več kot 20 let izdeluje podjetje Andotehna d.o.o., omogoča trasiranje tudi do 1000 m (Andoljšek, 1978 – 2005). Mogoča je uporaba različnih metod in aparatov za določanje trase voda².



Slika 6: Opozorilni trak
(Andotehna d.o.o., 2005)

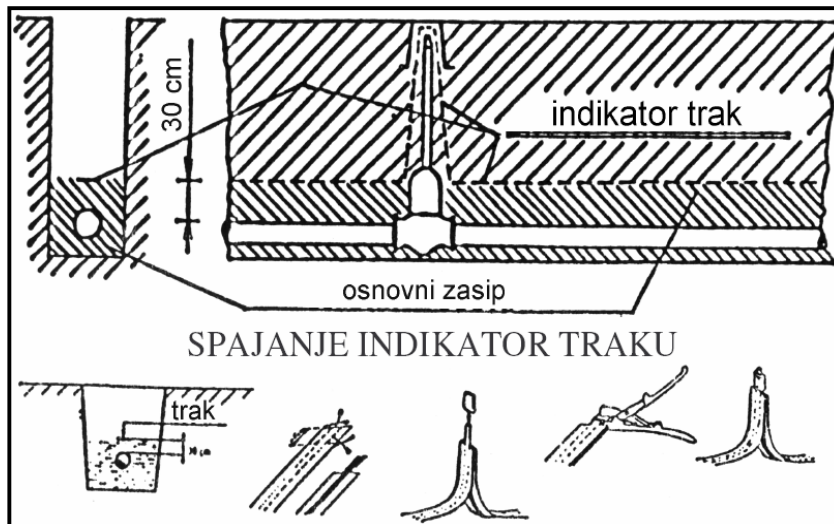


Slika 7: Indikator opozorilni trak
(Andotehna d.o.o., 2005)

Polaganje traku in tehnika spajanja sta enostavni (slika 8). Trak se položi približno 30 cm nad vodom, potrebno pa je paziti, da je napis obrnjen navzgor. Pri zasunih ali hidrantih je potrebno trak položiti vertikalno ob hidrantu ali vgradilni garnituri vse do cestne kape, pri hišnih

² Za nadaljno razlago glej poglavje 2.1.2

priključkih pa do števca. Trak mora biti odporen proti staranju in barvno obstojen saj lahko le tako predstavlja trajno rešitev zaščite.



Slika 8: Polaganje in spajanje indikatorskega opozorilnega traku (Andotehna d.o.o., 2005)

2.1.2 Iskanje podzemnih napeljav

Najenostavneje je iskanje podzemnih napeljav, ki so zaščiteni z opozorilno indikatorskimi trakovi. S sodobnimi aparaturami je tudi lociranje kovinskih cevovodov in kablov postalo enostavno. Še vedno pa se pojavljajo problemi pri iskanju nekovinskih cevovodov in optičnih kablov.

Sodobne aparature za iskanje kovinskih podzemnih napeljav (slika 9) so sestavljene iz oddajnika in sprejemnika. Oddajnik je generator elektromagnetnega valovanja in je sinhroniziran s sprejemnikom. Oddajnik lahko uporabljamo na več načinov. Induktivno, induktivno s kleščami in galvansko (glej poglavje 2.1.2.1). Oddajnik oddaja elektromagnetno valovanje v vodnik, na primer v kovinski cevovod. Sprejemnik to valovanje, ki se širi po cevovodu sprejema in tako locira traso kovinskega cevovoda. Sprejemnik pa lahko uporabljamo za iskanje kovinskih

podzemnih napeljav tudi brez pomoči oddajnika. V tem primeru sprejemnik sprejema okoliško elektromagnetno valovanje, ki se inducira v iskanem vodniku. Ta metoda je ena najnežaneslivejših in najmanj uporabnih medtem, ko galvanski način iskanja nudi najkvalitetnejše rezultate.

Za kvalitetno iskanje je pomembna zmogljivost oddajnika. Močnejši ko je oddajani signal, dlje in globlje bomo lahko iskali napeljave. Najsodobnejši oddajniki ponujajo 3 W moč oddajanja, to zadostuje do 1 km dolžine in celo do 6 m globine iskanja (Metrotech Corporation, 2003). Sodobni sprejemniki omogočajo tudi določevanje globine napeljave in celo merjenje toka ter iskanje napak na zaščitnih plaščih.



Slika 9: Iskalnik podzemnih napeljav (Metrotech Corporation, 2003)

Izrednega pomembna so tudi frekvence oddajanja. Sodobne aparature omogočajo iskanje na kar treh različnih aktivnih frekvencah, visoko, srednjo in nizko. Nizke frekvence elektromagnetnega valovanja se izbere v primeru, da je v bližini naše iskane cevi veliko drugih potencialnih vodnikov. Tako se izognemo preskakovanju valovanja na druge vodnike in s tem zagotovimo natančno iskanje. Visoko frekvenco elektromagnetnega valovanja lahko izberemo v primeru, ko v bližini iskanja ni drugih potencialnih vodnikov oziroma druge komunalne infrastrukture, ki bi nase prevzemale valovanje in motile iskanje. Visoke frekvence valovanja omogočajo tudi iskanje na večjih razdaljah.

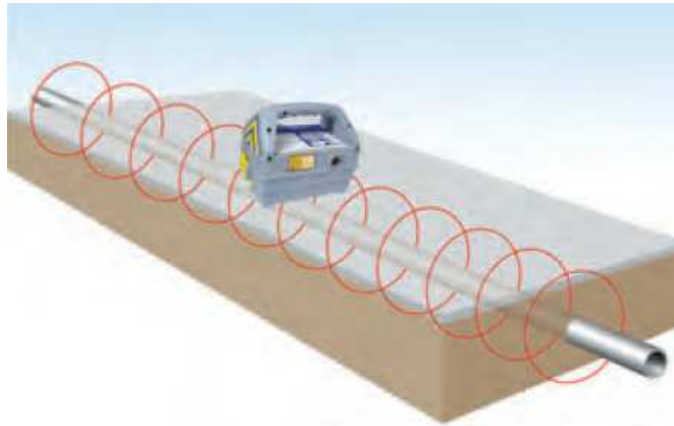
2.1.2.1 Iskanje kovinskih cevi

2.1.2.1.1 Induktivno iskanje kovinskih cevi

To je najenostvnejši način iskanja kovinskih cevi (slika 10). Temu primeren je tudi rezultat. Oddajnik, ki ima vgrajeno anteno, položimo vzdolžno na traso, po kateri poteka kovinska cev. Oddajnik tako oddaja elektromagnetno valovnje, ki je prisotno le do kakih 6 m okoli njega oziroma proporcionalno moči oddajanja. Če se v bližini nahaja kakšen potencialni vodnik, na primer kovinska cev, se bo valovanje širilo tudi po njej. Tam, kjer sprejemnik zazna valovanje, se nahaja tudi naš iskani vodnik - kovinska cev.

Težave nastopijo, ko je v zemlji zakopanih več potencialnih vodnikov – na primer kovinski plinovod, električni kabel ali naprimer železnica. V tem primeru je iskanje cevi onemogočeno, saj ne vemo ali sledimo iskani cevi ali kakemu drugemu vodniku.

Metoda je uporabna na prostem, kjer ni drugih komunalnih vodov ali druge infrastrukture, ki bi lahko motile naše iskanje in prenašale valovanje na ostale vodnike. Seveda pa se zgodi, da na prostem iskanje z drugo metodo ni mogoče. Na poljih in travnikih navadno ni veliko kontaktnih mest s cevjo – torej ni jaškov, hidrantov in drugih dostopnih armatur, ki bi omogočale na primer galvansko iskanje cevovoda (glej naslednje poglavje).



Slika 10: Induktivni način iskanja (Radiodetection Ltd, 2005)

Poznamo še en inductivni način iskanja kovinskih cevovodov. Na oddajnik priklopimo induktivne klešče in z njimi objamemo cevovod. V tem primeru so klešče neke vrste antena, ki prenaša valovanje direktno na vodnik (slika 11).

Tak način obeta boljše rezultate kot iskanje brez induktivnih klešč. Induktivno iskanje s pomočjo induktivnih klešč je uspešnejše, če je oddajnik zmožen oddajati tudi nizke frekvence – na primer 982 Hz. Z nizko frekvenco iskanja se namreč izognemo možnemu preskoku valovanja na druge potencialne vodnike. Induktivni način iskanja s pomočjo klešč je najprimernejši predvsem za kovinske cevovode majhnih premerov in za vse vrste električnih kablov.



Slika 11: Induktivni način iskanja z induktivnimi kleščami (Radiodetection Ltd, 2005)

2.1.2.1.2 Galvanski način iskanja kovinskih cevi

Najzaneslivejše iskanje kovinskih cevovodov je z galvanskim načinom (slika 12). Oddajnik s kablom in preko prižemke povežemo s kovinskim cevovodom ali njegovo armaturo in vklopimo oddajnik. Dobimo izredno kvaliteten vodnik elektromagnetnega valovanja. Tak način omogoča zelo natančno iskanje in kar je zelo pomembno, tudi iskanje do 1000 m daleč.



Slika 12: Galvanski način iskanja (Radiodetection Ltd, 2005)

2.1.2.2 Iskanje nekovinskih cevi

2.1.2.2.1 Iskanje nekovinskih cevi s pomočjo opozorilnega indikatorskega traku

Opozorilni indikatorski trak, ki je položen nad cevovodom, omogoča sledenje tudi do 1000 m. Iskanje poteka na enakem principu kot galvansko iskanje kovinskih cevi s pomočjo oddajnika in sprejemnika elektromagnetnega valovanja. Nerjavni kovinski trak, pritrjen na termoplastični

opozorilni trak, služi kot vodnik, po katerem se širi oddajani signal. Signal je najmočnejši točno nad kovinskim vodnikom, ki pa sovpada z iskanim cevovodom.

2.1.2.2.2 Sistem GPV

Sistem GPV (generator pulznega valovanja), glej sliko 13, je primeren za iskanje vodovodnih cevi vseh materialov, razvit pa je bil posebej za iskanje nekovinskih – polivinil-kloridnih, polietilenskih in azbest-cementnih cevi. Sistem GPV je sestavljen iz sprejemnika (geofon) in elektronskega generatorja GPV, ki se ga vgradi na vodovodni priključek ali hidrant. Sistem omogoča enostavno iskanje cevovodov do globine 2 m. Obratovanja cevovoda med iskanjem ni potrebno zaustavljati. Za boljše rezultate je zaželen delovni tlak cevovoda vsaj 2 bara. Ravnanje z GPV je zelo enostavno in ne zahteva posebnega tehničnega predznanja ali dodatne zahtevne opreme.

Valovanje, ki ga GPV tvori, se najbolje širi po homogenih tleh. Ob dobrih talnih pogojih se lahko trasira od 50 do 150 m dolžine cevovoda. S pomočjo GPV se izdelava digitalnega katastra močno poenostavi. Iskanje lahko poteka tako zunaj kot znotraj naselij. Uporabniku zagotavlja hitro in varno iskanje neznanih (nelociranih) cevovodov.

Sprejemnik, npr. akustični aparat geofon Aqua 200 (Andotehna d.o.o., 2005), sprejema generirana valovanja s pomočjo talnega mikrofona. Valovanje je najmočnejše točno nad iskanim cevovodom. Sprejemnik prikazuje jakost valovanja akustično in analogno. Tako se hitro in zanesljivo določi točna lega cevovoda.

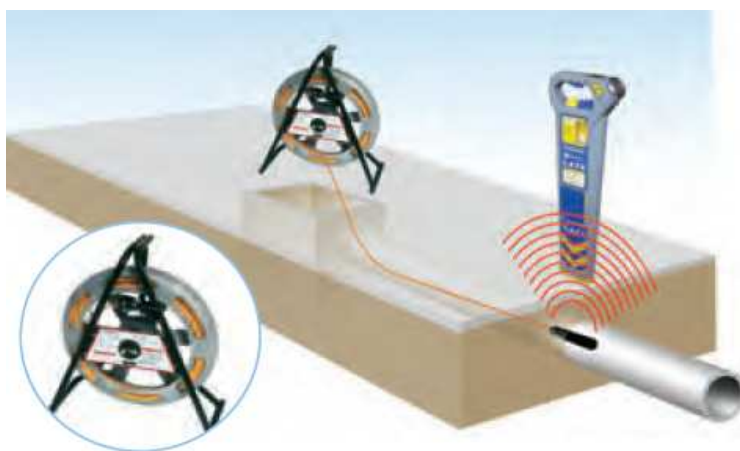
GPV se vgradi na vodovodno cev, kjer s pomočjo tlaka in pretoka vode v cevovodu odpira in zapira cevovod približno 60 krat na minuto. V cevovodu se ustvarijo enodimenzionalni, longitudinalni, tlačni valovi, ki jih geofon sprejema na površini nad cevovodom. GPV ne interferira z električnimi kablji, porabi zelo malo energije in ima dolgo življensko dobo.



Slika 13: Generator pulznega valovanja (Andotehna d.o.o., 2005)

2.1.2.2.3 Iskanje nekovinskih cevi z uvlačenjem vodnika v cev

Vodnik – bakreno žico, ovito v bovdn iz steklenih vlaken se uvlači v cev (slika 14). Ker ima tak vodnik primerno togost in gibljivost, se ga da uvleči tudi do 50 metrov globoko v cev. Oddajnik se galvansko - kontaktno poveže s koncem vodnika. Elektromagnetno valovanje se tako širi po vodniku, ki je uvlečen v betonsko cev. Z določanjem trase vodnika, je odkrita tudi trasa nekovinske cevi. Nerodno pri tem postopku je to, da mora biti omogočen fizičen vstop v notrajost cevi. To pomeni, da med iskanjem cevi ne sme obratovati (glej sliki 15 in 16).



Slika 14: Iskanje cevi z uvlačenjem vodnika v cev (Radiodetection Ltd, 2005)



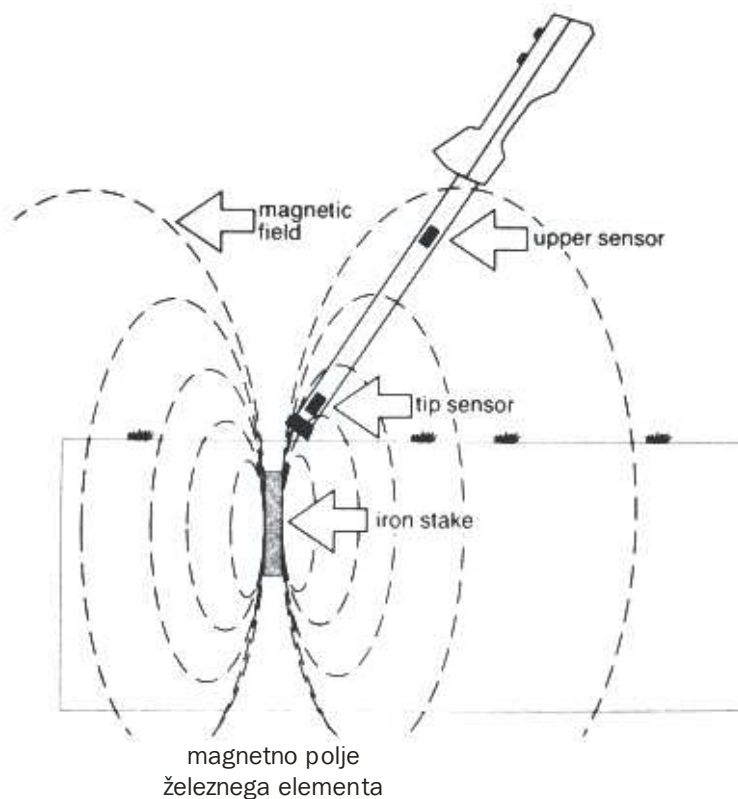
Slika 15: Uvlačenje vodnika v betonsko cev, ki vodi v cisterno C6 (v parku)



Slika 16: Uvlačenje vodnika v betonsko kineto v parku pod pergolo

2.1.3 Detekcija armatur na vodovodnih sistemih

Detektor kovin služi za odkrivanje hidrantov, jaškov, ventilov, cestnih kap in vseh kovinskih elementov, ki so skriti v tleh. Detektor kovin zazna magnetno polje vsakega objekta prekritega z zemljo, asfaltom, snegom, vodo... (hidrante, markirne magnete, pokrov jaškov, ventile, jaške vodnih ur, cevi, itd.) tako, da prevede to polje v karakteristične zvočne signale. Poleg tega se na LCD-zaslonu, odvisno od moči magnetnega polja, pojavi še numerična oznaka (0-100), kakor tudi grafični prikaz (sliki 17 in 18). Tem bližje ko je detektor iskanemu železnemu elementu, tem višja je numerična oznaka na zaslonu in glasnejši je zvok iz zvočnika. Prav tako nas opozori na bližino zaznavanega kovinskega elementa tudi graf jakosti magnetnega polja.



Slika 17: Princip delovanja (Andotehna d.o.o., 2005)



Slika 18: Magna trak 202 (Andotehna d.o.o., 2005)

Detektor ima vgrajeno funkcijo »ERASE«, ki odfiltrira interference magnetnih motenj. Ta funkcija omogoča, da brez težav iščemo v bližini kovinskih ograj, armiranih betonskih ograj, avtomobilov, itd. Hkrati pa je v detektorju vgrajen tudi indikator za prepoznavanje električnih kablov. Zaradi principa delovanja (slika 17) lahko z detektorjem iščemo kovinske predmete tudi do 2,5 m globoko.

2.2 Metode in aparature za makrolociranje napak na vodovodnih sistemih

2.2.1 Merno vozilo in »andotest« metoda

Analiza izgub z mernim vozilom po andotest metodi je ena najpomembnejših in najbolj učinkovitih metod, ker nam da vpogled v dogajanje na kontroliranem - preiskušnem delu cevovoda. S to metodo lahko ob dobrem načrtu vodovodne mreže in kvalitetnih zasunih skoraj 100% ugotovimo kakšna je:

- propustnost cevovoda m^3/h
- hidrodinamični tlak v mreži
- potrošnja na kontroliranem - preiskušnem delu omrežja
- izgube na kontroliranem - preiskušnem delu omrežja
- makrolokacija defektnih mest
- temperatura vode
- kontrola načrtov, zasunov, hišnih priključkov in hidrantov



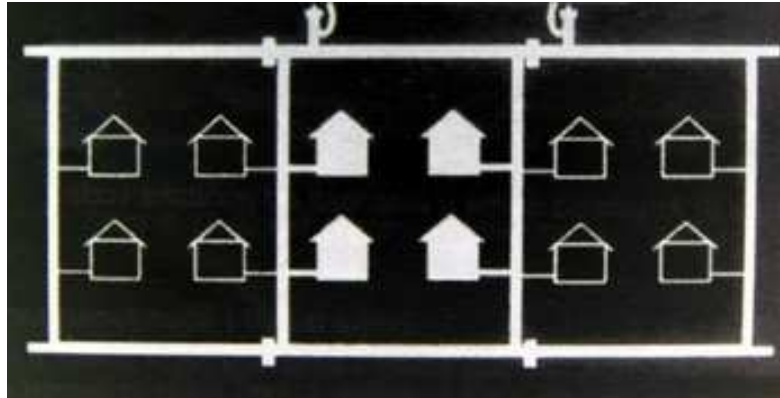
Slika 19: Moderno merno vozilo (Seba Dynatronic GmbH, 2005)

Slabost te metode je, da ne deluje, če ni vgrajenih delujočih zasunov in hidrantov, poleg tega pa morate imeti drago merno vozilo in tudi dobro pripravljeno ekipo

Andotest metodo je razvil g. Anton Andoljšek, lastnik in ustanovitelj podjetja Andotehna d.o.o. Metoda je pomenila revolucijo v 70. letih prejšnjega stoletja na področju vzdrževanja vodovodnih sistemov (Andoljšek, 1978 – 2005). Še danes pa je vzdrževanje po načinu Andotest nepogrešljivo.

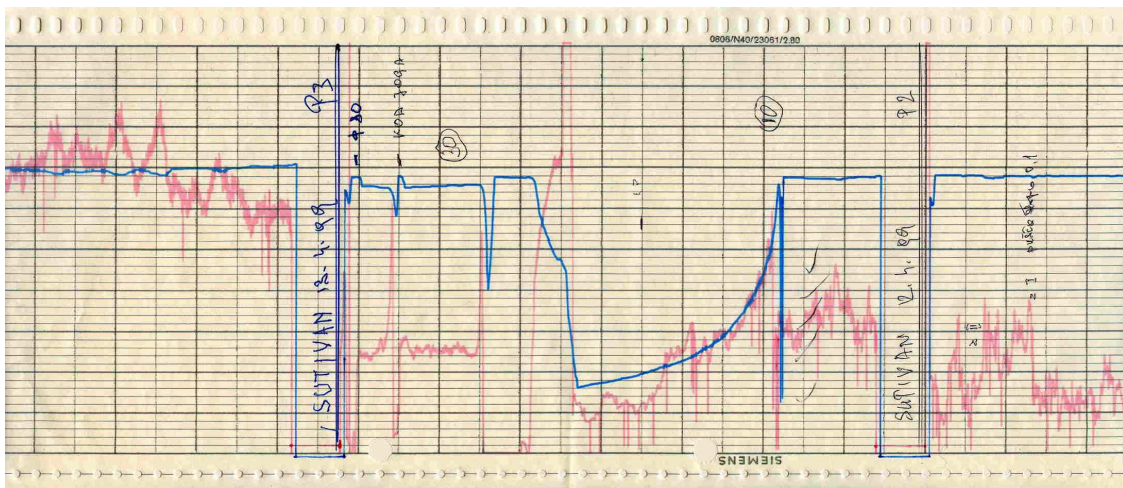
Andotest metoda z mernim vozilom je uporabna le, če imamo na vodovodnem sistemu na voljo dovolj vgrajenih hidrantov, ventilov ali zasunov. Skoraj vedno jo je mogoče uporabiti na mrežastih vodovodnih sistemih.

Preiskušani del vodovodnega omrežja z zasuni ali ventili ločimo od ostale vodovodne mreže (slika 20). Ko je preiskušani del mreže izoliran, se začne dovajati vodo iz zunanega dela omrežja. Vodo z enakim obratovalnim tlakom kot v preiskušnem delu dovajamo iz zunanega dela omrežja s pomočjo hidranta v neposredni bližini preiskušnega dela in jo preko mernega vozila in hidranta dovajamo v preiskušani del omrežja.



Slika 20: Shematski prikaz preizkušane dela omrežja (Andotehna d.o.o., 2005)

V preiskušani del dovajamo vodo iz zunanjega dela omrežja preko mernega vozila. V mernem vozilu imamo pretok vode speljan skozi merilnika tlaka in pretoka. Preko računalnika spremljamo pretok in tlak (slika 21).



Slika 21: Graf andotest metode (Andotehna d.o.o., 2005)

Graf prikazuje tlak v barih (modra linija, na koordinati y) in pretok v m³/h (rdeča linija, na koordinati y) v odvisnosti od časa (vodoravno, koordinata -x). Analiza grafa nam pove, kolikšna je redna potrošnja in koliko puščanj je v preiskušanim območju. Seveda je pomembno, kako

veliko je preiskušano območje in kakšna je poselitev (industrijsko območje, naselje enodružinskih hiš, blokovsko naselje itd.). Od poselitve je odvisno, ali pričakujemo velika nihanja v potrošnji, torej v pretoku. Na levem delu grafa vidimo konstanten tlak 7 barov in pretok od 4 do 8,8 m³/h. Kljub temu, da potrošnja zelo niha pa imamo konstanten pretok vsaj 4 m³/h. In ta podatek predstavlja puščanje na preiskušanim delu omrežja (Andoljšek, 1978 – 2005).

Desna stran grafa (slika 21) prikazuje nihanje potrošnje pri konstantnem tlaku 6,9 bara. Ker potrošnja niha vse od 0 pa do 4 m³/h pomeni, da na tem preiskušanim območju ni vodnih izgub (Andoljšek, 1978 – 2005).

Ko enkrat določimo količino puščanja na začetnem preiskušanim območju, je potrebno ugotoviti makrolokacijo puščanja. To storimo tako, da posamezne dele preiskušane območja izoliramo, oziroma, da preiskušano območje manjšamo. Na ta način ugotovimo, kolikšna so puščanja v posameznih vodovodnih linijah preiskušane območja. Ostane nam le še mikrolokacija puščanja, ki pa se določi z metodami in aparaturami razloženimi v poglavju 2.3.



Slika 22: Primer različnih preiskušanih območji (Andotehna d.o.o., 2005)

Iz grafa na sliki 21, ki nam prikazuje hidrodinamični tlak, lahko tudi zaključimo, kakšne so hidravlične razmere na preiskušnem delu omrežja. Lepo so vidni hidravlični udari, ki jih povzročajo hidroforji in ostali odjemalci.

Andotest metoda je še vedno edinstvena med vsemi metodami, saj točno določi količino izgub v m^3/h medtem, ko meritve na osnovi šuma (korelatorji in geofoni) tega podatka ne merijo. Delo z Andotest metodo zahteva natančno poznavanje vodovodnih sistemov, pri čemer je osnova kataster (slika 22) pa tudi veliko izkušenj in še več logičnega razmišljanja.

2.2.2 Prenosni ultrazvočni merilnik pretoka

Prenosni ultrazvočni merilnik pretoka zbira podatke preko prižemk v časovnih intervalih (slika 23), ki jih določite sami. Merilnik je primeren za cevi premera 13 mm do 5000 mm. Zaradi enostavnega delovanja mora uporabnik poznati le material cevi, debelino stene in morebitne obloge na njej, ostalo določi in izračuna merilnik.

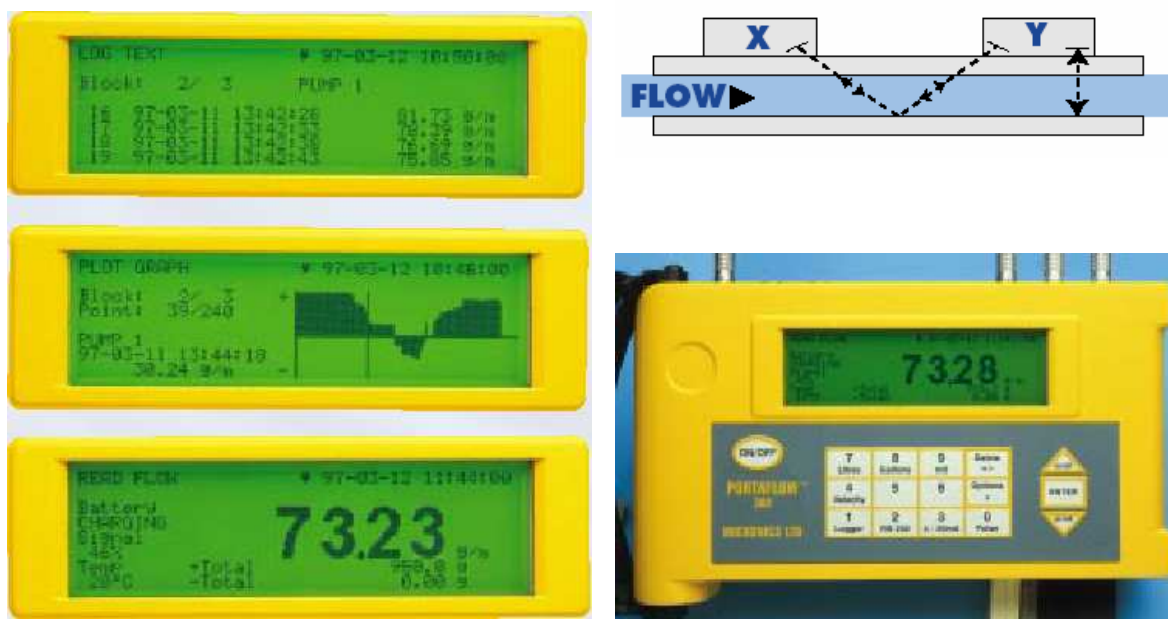
Prenosni ultrazvočni merilnik pretoka odlikuje velik in enostaven grafični ekran z osvetlitvijo (slika 23), enostaven postopek priprave instrumenta na delovanje ter enostavna tipkovnica. Instrument prikaže volumetrične stopnje pretoka v m^3/h , m^3/min , m^3/s , g/min , kg/h , l/min , l/s ter linearno hitrost v metrih na sekundo. V instrument se lahko vgradi podatkovni zbiralnik, ki omogoča uporabniku, da spremlja aplikacije skozi daljše časovno obdobje ter shranjuje podatke na osebem računalniku. Ekran z osvetlitvijo omogoča, da pregledamo podatke tako v grafični obliki kot tudi v obliki seznama. Podatke lahko prenašamo na računalnik preko treh izhodov (RS232, 4-20mA, pulzno) (Measurment Resources Pty Ltd., 2003).



Slika 23: Prenosni ultrazvočni merilnik pretoka s senzorji in prižemko (Measurment Resources Pty Ltd., 2003)

Prestavne prižemke je lahko namestiti na cev, pri tem pa se uporabljajo hrapave, čvrste in /ali magnetne priponke. Slednje tudi omogočajo, da se lahko uporablja vodila tudi na delno zakopanih ceveh. Običajni senzorji so primerni za uporabo v temperaturah med -20°C do $+100^{\circ}\text{C}$, vendar pa so na voljo tudi senzorji, ki so primerni za uporabo do $+200^{\circ}\text{C}$. Baterijski akumulator omogoča delovanje 24 ur, vendar pa lahko merilnik deluje neprekinjeno tudi dlje, če je priključen na električni tok (Measurment Resources Pty Ltd., 2003).

S prenosnim ultrazvočnim merilnikom pretoka, ali pa tudi s števci, nadzorujemo porabo vode v preiskušnem delu omrežja. Rezultat je viden iz razmerja med dovedeno vodo v sektor in plačano – porabljeno vodo prebivalcev sektorja. Prenosni ultrazvočni merilnik si vse parametre pretoka zapisuje v spomin in tako omogoči temeljitejšo analizo pretoka vode (slika 24). Po eno- ali večdnevem merjenju tako lahko dejansko ocenimo, kaj v pretoku vode pomeni poraba in kaj izguba vode. Rezultati meritev so vsaj 97% zanesljivi; seveda, če se držimo navodil za merjenje in če poznamo lastnosti cevi na, kateri se meritev izvaja (Micronics Ltd., 2004).



Slika 24: Prikaz delovanja ultrazvočnega merilnika (Measurment Resources Pty Ltd., 2003)

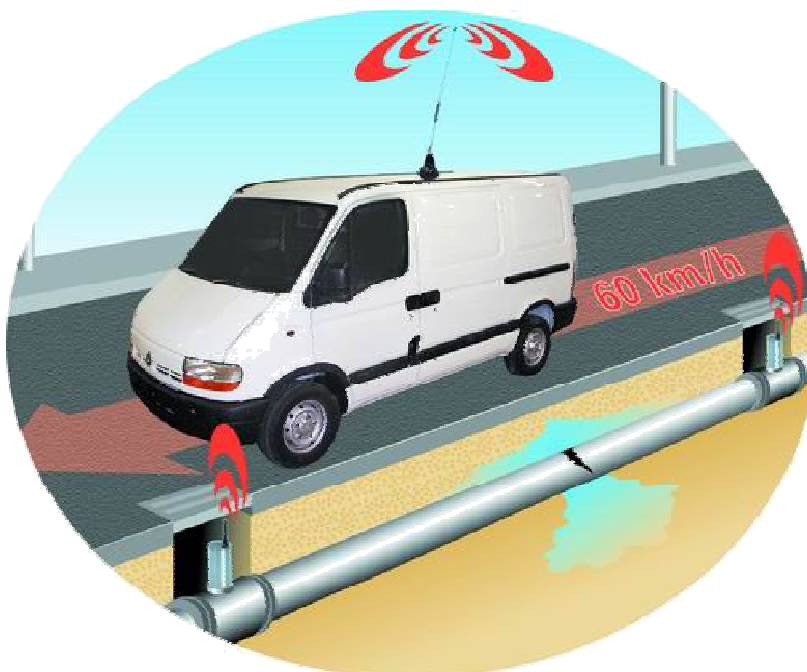
2.2.3 Avtomatski radijski merilnik šumov – AZ radio zbiralniki

Avtomatski radio merilnik in zbiralniki šumov (AZ radio) pomeni napredek tehnike in postavlja nove metode za makrolokacijo mest puščanj. Ker vzdrževalci vodovodnega omrežja vedo, da se šumi, ki jih povzročajo puščanja, najlažje in najbolj natančno odkrijejo v nočnih urah, ko je v okolici tišina in minimalni pretok po cevovodu (skoraj ni porabe), so v podjetju Andotehna d.o.o. skupaj s partnerskim podjetjem F.A.S.T. GmbH razvili AZ radio zbiralnike (slika 25).



Slika 25: AZ radio zbiralnik šumov pritrjen na ventil in pripravljen na meritev

Te naprave prihranijo nočno delo in zbirajo ter filtrirajo šume na vodovodnem sistemu med drugo in četrto uro zjutraj. Podatke o izmerjenih šumih pa po radio zvezi sporočijo v do dvesto metrov oddaljeni sprejemnik, naprimer zjutraj, ko operater napravi obhod s službenim vozilom (slika 26).



Slika 26: Shematski prikaz dela z AZ radio zbiralniki (Andotehna d.o.o., 2005)

Podatke iz AZ radio zbiralnika sprejemamo s pomočjo AZ radijskega sprejemnika, ki ga imamo ob sebi ali pa vgrajenega v avto. Analiza tako zbranih podatkov nam pove, na katerem delu mreže ni puščanj, kje je potrebno kontrolo ponoviti in kje se puščanja zanesljivo nahajajo. Zbiralniki se namestijo s pomočjo magnetna na vodovodne armature (zasune, hidrante, priključke...) v medsebojni razdalji do 400 metrov odvisno od materiala cevi, terena in od specifičnosti mreže oz. možnost namestitve (slika 25). Vsak zbiralnik nosi svojo oznako za prepoznavanje pri hranjenju, uporabi in določanju posameznih mernih točk. Princip in delo z AZ radio zbiralniki je zelo enostavno in učinkovito. Za delo je potreben le en človek, ki pa z aparaturo dosega visoko gospodarnost.

K aparatu je priložen program, ki omogoča prenos podatkov iz zbiralnikov na osebni računalnik, obdelavo vrednosti, shranjevanje podatkov pa tudi pregleden in jasen prikaz mesta postavitve zbiralnikov ter merjenih vrednosti na digitalnem katastru (slika 27).



Slika 27: Prikaz mesta postavitve AZ radio zbiralnikov na digitalnem katastru
(Andotehna d.o.o., 2005)

2.2.4 Elektronski merilnik šuma

Elektronski merilnik šumov je eden izmed najmanjših iz družine geofonov (slika 28). Namenjen je odkrivanju napak oz. puščanj in merjenju šumov na vodovodnih inštalacijah, tako zunanjih, kot notranjih. Zaradi svoje majhnosti je aparat zelo priročen, kar je nedvomno prednost pred večjimi in nerodnimi aparaturami. Odlično se obnese pri kontroli tesnosti hišnih priključkov.



Slika 28: Elektronski merilnik šuma (Andotehna d.o.o., 2005)

Odčitovalec vodomeroev, poleg odčitka porabe vode, izmeri z elektronskim merilnikom tudi šum (slika 29), ki se pojavlja na vodomereu oziroma zasunu. Na podlagi teh podatkov profesionalni iskalec določi točno lokacijo okvare.

S podaljškom in slušalkami pa se aparat uporablja tudi za sistematično kontrolo zunanjih cevovodov.



Slika 29: Preiskovanje tesnosti hišnega priključka (Andotehna d.o.o., 2005)

2.3 Metode in aparature za mikrolociranje napak na vodovodnih sistemov

2.3.1 Elektro akustični inštrument

Geofon je najbolj običajen inštrument za iskanje puščanj. Služi za iskanje makrolokacije in mikrolokacije puščanj oz. mesta okvare vodovodne cevi.



Slika 30: Centralna enota geofona in talni mikrofoni (Andotehna d.o.o., 2005)

Geofon je sestavljen iz centralne enote, ki prikazuje delovanje, talnega mikrofona, ki je zelo občutljiv na šume in naglavnih slušalk (slika 30). Najnovejši geofoni združujejo napredno elektroniko in senzorsko tehniko. Filtri v instrumentu izločajo šume, ki niso značilni za puščanja, istočasno pa znižajo jakost motečih шумov iz okolja, ter tako ščitijo sluh operaterja. Aparat se uporablja tako za mikrolociranje s talnim mikrofonom, kot tudi za makrolociranje puščanj. Makrolociranje poteka s prisluškovanjem na pristopnih mestih kot so hidranti, ventili, zasuni, itd. s pomočjo elektronskega ojačevalnika in nanj priključenega paličastega mikrofona (sliki 31 in 32). Če se približujemo mestu puščanja, jakost šuma raste, oziroma, če se oddaljujemo od mest puščanja, se jakost šuma zmanjšuje. Poleg človeškega ušesa, ki sliši razlike v jakosti šuma, pa je

operaterju v pomoč tudi graf, ki se izpisuje na centralni enoti inštrumenta. Geofon pojača šume do 200.000 krat, pri tem pa s svojim delovanjem ne povzroča motečih šumov.



Slika 31: Iskanje puščanja ob severnem vhodnem stolpu v Ferrarijev vrt

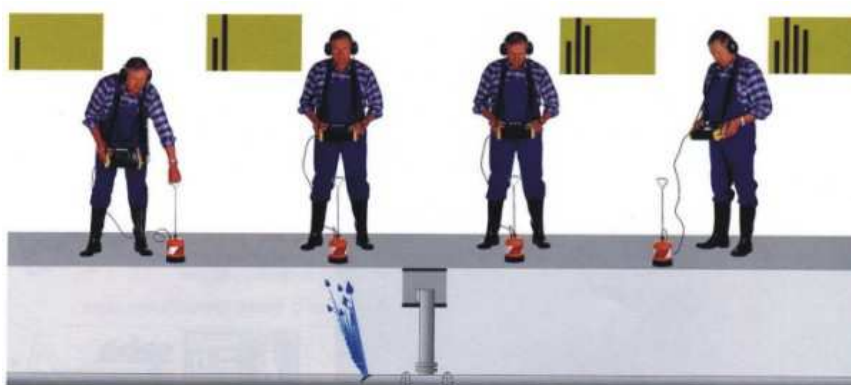
Mikrolokacija puščanja je osnovna naloga merjenja. Natačnost pri tem mora biti takšna, da se ne izvršujejo veliki izkopi, saj to neposredno vpliva na ceno vzdrževanja oz. saniranja in na trajanje prekinitve dobave vode.

V fazi makrolokacije sem uporabil geofon s paličastim mikrofonom. Pri mikrolokaciji pa sem namesto paličastega mikrofona namestil na centralno enoto geofona talni mikrofoni, ki se postavlja neposredno na tla (slika 33). S tem kompletom se locira točno mesto puščanja na principu najmočnejšega šuma. Na območjih, kjer prevladuje močan hrup ali slabo vreme in pri gostem prometu, se uporabi geofon, ki ima vgrajeno najnovejšo filtrsko tehniko za odstranitev omenjenega (neželenega) hrupa.



Slika 32: Makrolokacija mesta puščanja (Andotehna d.o.o., 2005)

Grafični prikaz na centralni enoti omogoča objektivno in natančno odkrivanje puščanja. Slika 32 prikazuje postopek pri iskanju puščanja z paličnim mikrofonom po kontaktnih mestih cevovoda. Operater se pomika od leve proti desni in na vsakem kontaktnem mestu izmeri jakost šuma z paličnim mikrofonom. Jakost šuma se prikazuje na zaslonu in je prikazan grafično za vsako merno mesto. Pri prvem merjenju na hidrantu (prvo kontaktno mesto) je izmerjen najnižji šum, na drugem kontaktnem mestu je izmerjen najvišji šum, na priključku (tretje kontaktno mesto) pa je izmerjen srednje visok šum. Iz dobljenih meritev operater sklepa, da je mesto puščanja v neposredni bližini drugega kontaktnega mesta. Za točno lociranje - mikrolociranje puščanja je potrebno palični mikrofoni zamenjati z talnim mikrofonom.



Slika 33: Mikrolokacija mesta puščanja (Andotehna d.o.o., 2005)

Slika 33 prikazuje način iskanja puščanja s talnim mikrofonom. Operater se pomika od leve proti desni in opravi štiri meritve v medsebojni oddaljenosti približno 1 m. Glede na izmerjene šume, ki se prikazujejo kot grafi na zaslonu, operater določi točno mikrolokacijo puščanja.

2.3.2. Korelator

Korelator, (slika 34) je najobjektivnejša elektronska aparatura, ki nam pomaga tako pri makrolokaciji kot pri mikrolokaciji puščanja. Inštrument sestavljajo centralna enota, ki sprejema in obdeluje podatke – korelator, dva piezokeramična mikrofona in dva oddajnika – ojačevalnika šuma. Piezokeramična mikrofona (tj. zelo natančen, občutljiv mikrofonski z možnostjo kalibracije frekvenčnega območja) priključimo z magnetom neposredno na površino cevi ali pa na armaturo; hidrant, ventil, zasun, loputo itd. Mikrofone preko kablov povežemo z oddajnikoma - ojačevalnikoma. Slednja sta brezžično povezana s centralno enoto – korelatorjem (slika 34).



Slika 34: Centralna enota in dva senzorja (Andotehna d.o.o., 2005)

Korelator ima vgrajen program, ki računa in primerja (korelira) šume iz obeh oddajnikov. Za uspešno korelacijo moramo vedeti, s kakšno cevjo imamo opravka. Poznati moramo material in premer cevi ter dolžino odseka cevi, na katerem izvajamo meritev. Na podlagi materiala in premera cevi korelator določi hitrost širjenja šuma po cevi (tabela 1).

Ko mikrofona zaznata šum, ga oddajnika ojačata in pošljeta korelatorju. Korelator na podlagi vnešenih parametrov in jakosti posredovanih šumov locira puščanje.

Enačbe, po katerih računa korelator (Andotehna d.o.o., 2005) izhajajo iz osnovne fizikalne enačbe:

$$s = v \times t \quad (1)$$

s = pot (m)

v = hitrost (m/s) širjenja šuma puščanja

v = konst. odvisna od materiala in premera cevi

t = čas (s) potovanja šuma puščanja

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (2)$$

t₁ = čas (s) poteka šuma puščanja od mesta puščanja do bližnjega mikrofona

t₂ = čas (s) poteka šuma puščanja od mesta puščanja do oddaljenega mikrofona

Iz enačbe (1) in (2) in slike 35 sledi:

$$(L - 2x) = v \times \Delta t \quad (3)$$

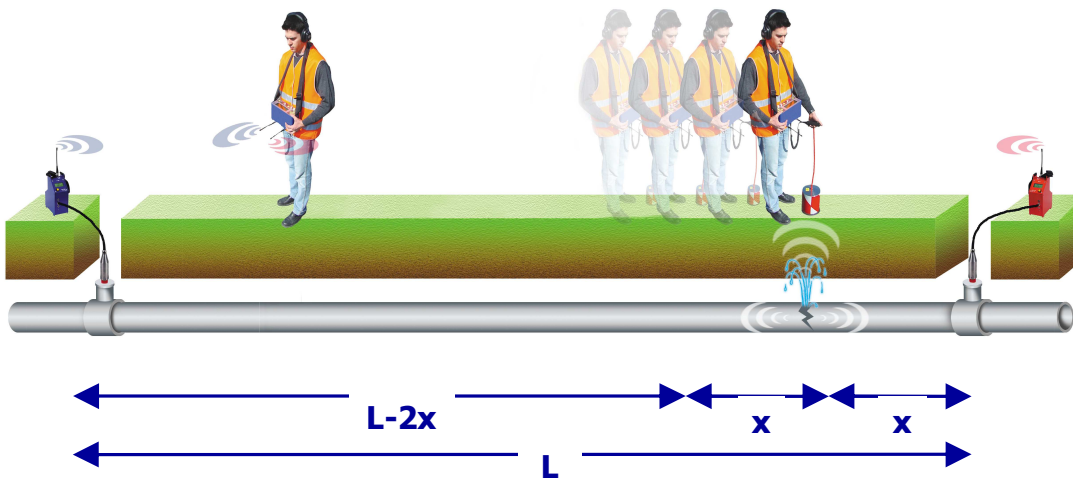
Šum v času Δt pri konstantni hitrosti napravi pot $L - 2x$.

x = manjša od oddaljenosti od mesta puščanja do mikrofona (m)

L = dolžina merjenega odseka cevovoda (m) med mikrofonom

Dobimo končno formulo s pomočjo katere korelator določi natančno mesto puščanja:

$$x = \frac{L - v \times \Delta t}{2} \quad (4)$$



Slika 35: Shematski prikaz dela s korelatorjem (Andotehna d.o.o., 2005)

Prednosti pri korelacijskem merjenju je veliko. Korelator računa neodvisno od okoljskega hrupa, ima objektivni merilni postopek, pri katerem ni človeškega faktorja, cev ostaja v obratovanju, korelator se lahko poveže z osebnim računalnikom in zbrane podatke je tako možno dokumentirati, shraniti in natisniti, poleg tega pa ima aparaturna zelo zanesljive rezultate.

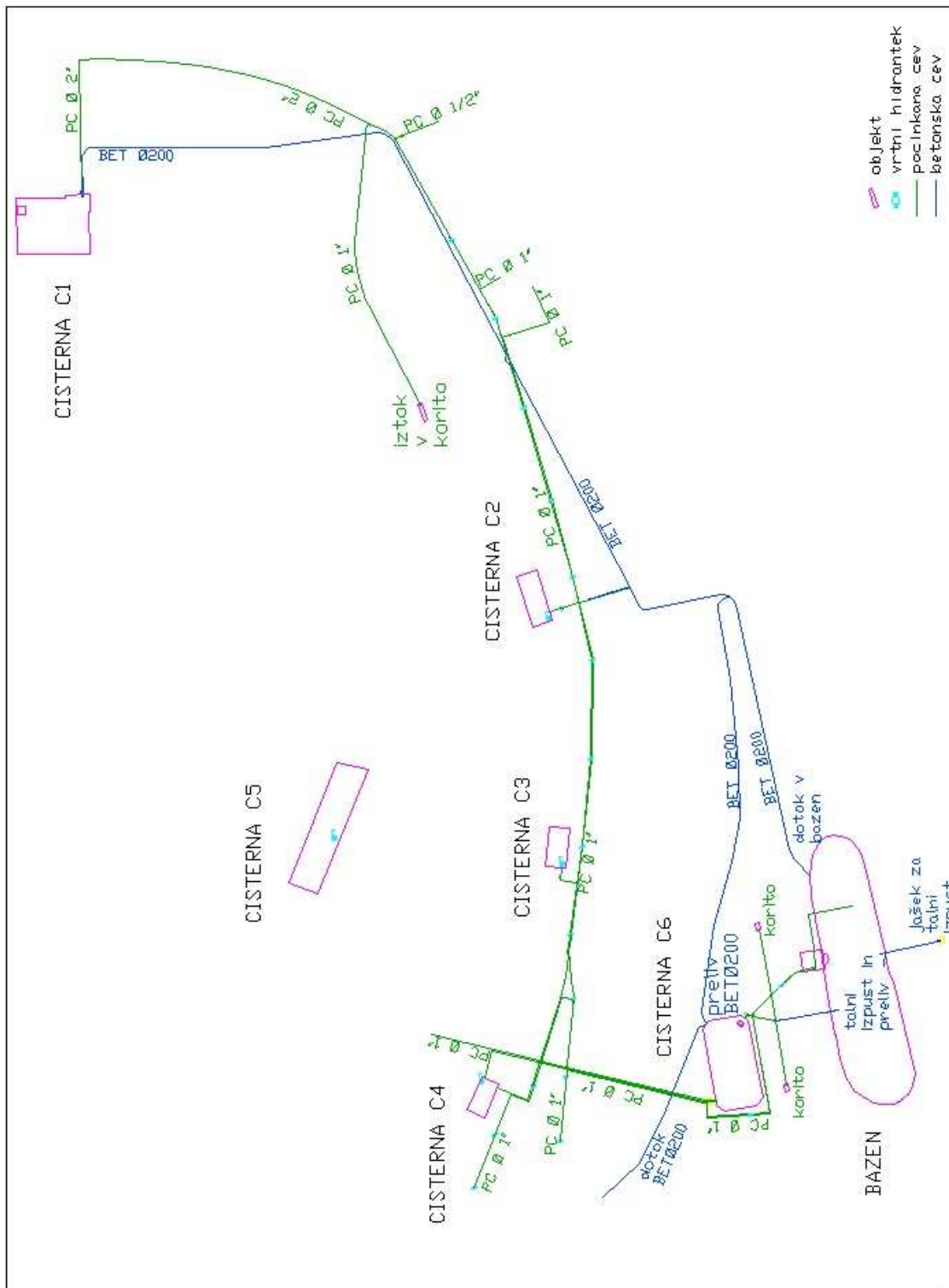
Slabosti, ki nastopijo pri korelacijskem merjenju, pa so omejena dolžina merjenega odseka cevi, nujno poznavanje lastnosti cevi, kar je včasih velik problem - potreben je fizični dostop do cevi oz. armature. Izkaže se, da delovanje na plastičnih ceveh ni tako zanesljivo (tabela 1) zaradi nižjih hitrosti širjenja šuma, pa tudi na duktilu, kjer je problem v stikanju dveh cevi, med katerima je dodan material za hidravlično tesnenje, ki pa ima tudi slabo prevodnost zvoka (tyton³ spoj).

³ Vrsta spajanja duktilnih cevi, prenos šumov in elektromagnetnih valovanj oslabi

3 Analiza vodovodnega sistema

Kot osnova za raziskovalno delo nam je služil elaborat z naslovom Izhodišča za obnovo Fabianijevega vodovodnega sistema (Kolenc, 2003). V njem so zajeti različni poskusi rekonstrukcije, dejstva, ideje in domneve o delovanju sistema. Elaborat dokumentira tudi vsa predhodna popravila in sanacijske ukrepe na sistemu. Skartka vsebuje vse, kar je bilo znanega do do začetka mojega raziskovalnega dela. Iz elaborata je razvidno, da so se delne rekonstrukcije na terenu opravljale od leta 1999 naprej, ko je Ferrarijev vrt postal kulturni spomenik državnega pomena. Leta 2001 se je tudi delno obnovilo in popravilo nekaj slabše ohranjene do tedaj znane infrastrukture vodovodnega sistema, da bi zaščitili njeno nadaljno propadanje. Do leta 2004 je bilo narejeno nekaj poskusov rekonstrukcije delovanja sistema. Vendar pa sta tako delovanje sistema kot definiranje vseh sestavnih delov ostala uganka do našega prihoda.

Moje raziskovalno delo na terenu, skupaj s podjetjem Andotehna d.o.o., je obsegalo pregled vseh cistern vključenih v Fabianijev vodovodni sistem, vključno s praznjenjem posameznih cistern po potrebi, z definiranjem načina in smeri polnjenja in praznjenja, pregled vseh jaškov in armatur na sistemu, definiranje delovanja in funkcij elementov, ter definiranje potrebnih sanacijskih posegov. Izvedli smo pregled in opisali vsa odjemna mesta sistema, ter definirali potrebne vzdrževalne in sanacijske posege. Določili smo zakoličenje in traso na terenu celotnega vodovodnega sistema, med zbirnimi cisternami in odjemnimi mesti, definirali material in premer cevovodov, ter ugotovili funkcionalno stanje cevi. Stanje sistema smo ugotovili s pregledom poškodovanih mest sistema. Ugotovili smo vse manjkajoče dele vodovodnega sistema ter izdelali digitalni posnetek sistema na obstoječem katastru. Načrt vodovodnega sistema in cistern najdemo v prilogah diplomskega dela (priloga A, C in D).



Slika 36: Shematski pregled vodovodnega sistema

3.1 Cisterne

3.1.1 Cisterna C1 – zbirna cisterna deževnice s hriba

Cisterna C1 v celoti leži pod površjem in je poraščena s travo. Sestavljena je iz dveh delov, tj. cisterne in usedalnika. V cisterno (slika 38) se je preko usedalnika stekala deževnica iz dela hriba, ki je bil v času gradnje sistema poraščen samo s travo, preko vzhodne kortnice, dolge 60 m (slika 39) in severne koritnice, dolge 90 m (slika 40). Slednji sta zbirali deževnico s hriba ter z makadamskih poti, vzdolž katerih sta potekali. Na tem delu hriba (prispevna površina) so travnato površino, po naših predvidevanjih, tudi komprimirali in s tem dosegli še večji koeficient odtoka. Sedaj na tem terenu raste borov gozd in grmičevje. Vse to rahlja zemljo, ki je zaradi tega bolj porozna in je koeficient odtoka s te površine bistveno manjši kot nekoč. Torej se v cisterno zbere manj vode. Celoten obseg prispevne površine, ki se je stekala v obe koritnici ocenjujemo na cca 0,5 ha. Koritnici sta zbrano vodo pripeljali do ograjenega prostora cisterne, kjer se je voda najprej očistila v usedalniku, šele nato pa je čista vstopila v rezervoarski prostor cisterne.



Slika 37: Cisterna C1, pogled iz vrha



Slika 38: Koritnica na vzhodni strani hriba



Slika 39: Dotočna koritnica ob cisterni



Slika 40: Vhod koritnice s severne strani hriba v zaraščen usedalnik

Usedalnik (slika 41) dimenzije 2,5 x 9,4 x 0,5 m je bilo potrebno očistiti usedlin (zemlja, pesek, listje, vejevje itd.). Šele z očiščenjem usedalnika smo lahko ugotovili njegovo pravo velikost in način delovanja. Usedalnik je bil sestavljen iz petih prekatov, pri čemer so bile prekatne stene sestavljene iz večjih kamnov in so delovale kot filtri. S potovanjem deževnice skozi filtrne stene prekatov je voda oddala mehanske primesi in čista pritekla v cisterno. Prekati so bili pokriti,

najverjetneje z lesenimi pokrovi. Ob čiščenju usedalnika so pokrove odstranili, sicer pa so ti služili kot zaščita pred dodatnim onesnaževanjem vode.



Slika 41: Delno odkopan usedalnik za čiščenje deževnice s hriba

Dimenzije cisterne so 11,35 x 8,75 x 3,45 m, njena kapaciteta pa približno 300 m³. Zasnova cisterne spominja na sodobne vodohrane, saj je sestavljena iz prekatov oz. labirinta, ki vodi omogoča, da kroži in s tem ohranja svojo neoporečnost. Očistili smo približno 70 m³ usedlin in ugotovili, da je dno cisterne v odličnem stanju in da je nepropustno. Labirint v cisterni je poškodovan (slika 42) in je potrebna obnova, pravtako je uničen zračnik cisterne in potrebno ga je obnoviti.

Vhodni jašek v cisterno je potrebno očistiti in namestiti ustrezen pokrov. Pred izlivom meteorne vode v usedalnik, ki priteka po severni in vzhodni koritnici s hriba, je potrebno namestiti lovilno mrežo ali grablje. Zbirni koritnici je potrebno po celotni dolžini očistiti in na več poškodovanih mestih popraviti z betonom oz. s cementno malto.



Slika 42: Notranjost cisterne C1, vidna poškodba na prekatni steni

Vhod za dotok vode (slika 43), ki je bil narejen kasneje, za neposredno polnjenje cisterne brez predhodnega čiščenja v usedalniku, je potrebno zapreti. Cisterno je potrebno očistiti in jo prevleči z ustreznim premazom kljub temu, da cisterna sedaj na uporabni višini približno 2,5 metra ne pušča. Popraviti je potrebno del izhodne betonske cevi, ki je poškodovana na kolenu. Zamenjati je potrebno del izhodne pocinkane cevi in ventil 6/4" na cevi, ter izdelati kontrolo vodostaja, ki je bila prej steklena, sedaj pa je uničena. Vrata v komoro (spodnji del cisterne) je potrebno zamenjati z novimi. Komoro je potrebno očistiti in vgraditi lestve za dostop v zgornji del komore.



Slika 43: Naknadno narejen neposreden dotok vode v cisterno

Voda iz te cisterne – zbiralnika se je prvenstveno uporabljala za namakanje preko razvodne mreže pocinkanih cevi $\phi 6/4''$ ter $\phi 1''$ in vrtnih hidrantov. Višek vode iz cisterne pa se je preko preлива po betonski cevi $\phi 200$ mm prelival v spodnji odprti bazen. Natančna konstrukcija cisterne je razvidna iz priloženih načrtov – priloga D. Povezava cisterne z omrežjem je prikazana v priloženih načrtih iz priloge B in shemi iz priloge A (glej oznako C1).

3.1.2 Cisterna C2 nad promenado s pergolo (ob hiši številka 13)

Cisterna C2 (slika 44) se napaja iz treh strešnih površin hiš, je dimenzij cca 8 x 3,2 x 2,8 m ter kapacitete približno 70 m³. Višek vode iz te cisterne teče preko preлива v pocinkano cev $\phi 2''$ do roba sprehajalne steze in nato po kineti v betonsko cev, ki povezuje zgornjo cisterno z bazenom. Torej višek vode odteka v bazen. Cisterna pa je bila povezana tudi z drugimi cisternami (C3, C4 in C5) iz vzhodnega roba naselja s pocinkano cevjo $\phi 1''$ po sistemu veznih posod.



Slika 44: Cisterna C2 nad promenado s pergolo

Voda iz cisterne in tega sistema je bila bolj čista kot voda iz cisterne C1 in se je uporabljala za pitje, umivanje rok na balinišču, tuširanje v grotti pri bazenu in za umivanje sadja in zelenjave z vrta.

Glede na pritok vode v cisterno pa se je del te vode prelival tudi v najnižjo cisterno C6. Cisterna C2 je vzdrževana in je v uporabnem stanju. Povezava s sistemom veznih posod – torej z ostalimi cisternami je pretrgana. Po izjavi lastnice je iztok iz cisterne ročno zamašen. Vodo iz cisterne C2 se uporablja s pomočjo zajemanja.

3.1.3 Cisterna C3 pod teraso vile Ferrari

Cisterna C3 (slika 45) se nahaja v sami Ferrarijevi vili pod razgledno teraso. Celotna vila je v privatni lasti, terasa pa je zaprta z okni. Dimenzije cisterne so približno 6 x 3 x 3 m, njena kapaciteta pa približno 55 m³ in je bila povezana s sistemom veznih posod s cisternami C2, C4 in C5. Sedaj je povezava pretrgana. Cisterna se napaja s treh bližnjih streh, torej s strešno deževnico. Po izjavi lastnika je cisterna še vedno v uporabi, vendar le za lastne potrebe. Nekdanja povezava z vodovodom, ki poteka po promenadi je fizično prekinjena. Zajem vode je novi lastnik uredil z dodatno pipo v prostoru poleg cisterne. Cisterna je vodotesna, povzroča pa izredno vlago v zaprti terasi, ki je tik nad njo. Terasa je tako neuporabna, nekoč je bila odprta in problemov z vlago ni bilo.

Priporočamo, da bi se ta objekt vrnil v upravljanje Ferrarijevega parka, tako bi se tudi cisterna C3 ponovno vključila v vodovodni sistem, katerega pomembni del je bila. Zelo uporabna pa bi bila tudi terasa, saj je z nje najlepši pogled na Ferrarijev vrt.



Slika 45: Cisterna C3 pod teraso vile Ferrari

3.1.4 Cisterna C4 ob hiši »L«, južno od vile Ferrari

Hiša poleg cisterne C4 (slika 46) je v privatni lasti, tako je tudi uporaba cisterne prešla v privatno uporabo. Dimenzije cisterne so približno 5,5 x 3 x 3 m, kapaciteta pa je približno 50 m³ in je bila povezana s sistemom veznih posod s cisternami C2, C3 in C5. Danes je povezava pretrgana. Cisterna se napaja s petih bližnjih streh, torej s strešno deževnico. Po izjavi lastnika je cisterna še vedno v uporabi. Glede na to, da je cisterna polna vode, sklepamo, da je v dobrem stanju, vodotesna in uporabna, medtem ko je zunanost precej zanemarjena. Potrebna je zunanja ureditev in čiščenje.



Slika 46: Cisterna C4 ob hiši »L«

3.1.5 Cisterna C5 v naselju v hiši št. 21

Cisterna C5 (slika 47) se je nekoč razprostirala čez cel tloris hiše in je bila dimenzij približno 19 x 4,9 x 2,5 m, s kapaciteto približno 230 m³. Novi lastnik je cisterno skrčil in danes obsega le še polovico prvotne velikosti. Iz te cisterne so se napajale nižje ležeče hiše, vila Ferrari, apartmaji ter hlev. Odvečna voda pa je bila speljana po pocinkani cevi $\phi 1''$ v cisterno C6 v parku. Del tega povezovalnega cevovoda je še ohranjen od roba naselja pri hiši »L« do cisterne C6 v parku in je prikazan v priloženih načrtih, priloga A.



Slika 47: Hiša št 21 s cisterno C5 v kleti

3.1.6 Cisterna C6 v parku

Nahaja se v neposredni bližini glavnega bazena, je delno vkopana oziroma zasuta z zemljo in poraščena s travo (slika 48). Zgrajena je iz armiranega betona in je brez prekatov – labirinta (slika 15), dimenzij približno 14 x 7 x 2 m in kapacitete približno 160 m³. V njej ni vode, saj so vse dovodne cevi pretrgane ali zaprte. Prav tako v njej ni usedlin, saj je bila v letu 2003 očiščena (Slika 51). Na vrhu ima izdelan vstopni jašek, ki je potreben manjše obnove.

Strešna deževnica je v cisterno pritekala po štirih ceveh, treh pocinkanih $\phi 1''$ (slika 49) in eni betonski $\phi 200$ mm (slika 50).



Slika 48: Vzhodni del cisterne C6 v parku, z vhodnim jaškom in iztočno nišo



Slika 49: Tri dotočne pocinkane cevi $\phi 1''$



Slika 50: Dotočna (levo) in odtočna (desno) betonska cev $\phi 200$ mm

- 1) Ena pocinkana cev $\phi 1''$ je vodila direktno iz preliva najvišje cisterne C5 v hiši št. 21.
- 2) Druga pocinkana cev $\phi 1''$ je priključena na vezni vod med cisternami nekoč povezanih v sistem veznih posod (cisterne C2, C3, C4).
- 3) Tretja pocinkana cev $\phi 1''$ je prključena na cisterno C4 ob hiši »L«, kot preliv iz sistema veznih posod (cisterne C2, C3, C4).



Slika 51: Notranjost cisterne C6 v parku

Pocinkane cevi so vidne v jašku (neposredno poleg vkopanega robu cisterne), vse tri imajo vgrajene tudi ventile, ki niso več uporabni (slika 52).



Slika 52: Jašek poleg cisterne C6 v parku – vidne so tri dotočne cevi z zapornimi ventili

Cev, ki je priključena na vezni vod med cisternami, ima v jašku pred cisterno odcep, ki je speljan v grotto in je služil za tuširanje in polnjenje bazenčka na grotti. Sedaj so vse tri dotočne cevi suhe, ker so dotoki iz privatnih cistern C2, C3, C4 in C5 na robu Ferrarijevega parka prekinjeni.

Dovodna betonska cev $\phi 200$ mm (prilogi A in D) je služila dotoku strešne deževnice iz nekdanjih cistern iz hiše številka 6a. Cev je potekala iz hiše številka 6a, pod južnim vhodnim stolpom, do južnega vhoda v Ferrarijev vrt. Na tem vhodu so cev pretrgali med gradnjo javne kanalizacije. Torej se je v cisterni C6 zbirala odvečna strešna deževnica, ki je niso uspeli porabiti.

Cisterna C6 ima dve odvodni cevi, prelivno betonsko cev $\phi 200$ mm, ter pocinkan praznotok $\phi 2''$ (slika 53), ki je viden v niši z zunanje strani cisterne. Odvečna voda iz cisterne se je preko betonske cevi prelivala v bazen. Pocinkana cev je povezovala dve koriti za pitje in umivanje sadja in zelenjave, ter še eno pocinkano cev z vgrajenim ventilom, ki je preko kinete napajala bazen. Ventil (slika 54) je viden ob navpični zadnji steni čolnarne, kineta pa poteka v tlaku tega istega prostora do bazena. Izhod kinete je bil med obnovo bazenske školjke zazidan. Vrata v niši na severovzhdnem robu cisterne so obnovljena, sam ventil praznotoka pa je potreben zamenjave.



Slika 53 Niša z glavnim ventilom



Slika 54: Ventil in kineta v čolnarni

Cisterna C6 v parku praktično nima živega dotoka, saj so cevovodi iz napajanih cistern pretrgani, cisterne pa v privatni lasti. Z viški vode tako razpolagajo lastniki. Če bi jo hoteli polniti z deževnico, je potrebno pridobiti soglasja za ponovni priklop vseh nekdanj priklopljenih cistern. Napajanje cisterne neposredno iz javnega vodovoda ni smiselno, saj se je v to cisterno stekala odvečna voda. Situacija cisterne in dovodnih ter odvodnih cevi je vidna iz priloženih načrtov, priloga D.

3.2 Cevovod

Vodovodni sistem v Ferrarijevem vrtu je narejen iz dveh vrst cevi, betonskih $\phi 200$ mm in pocinkanih $\phi 2''$, $\phi 6/4''$ in $\phi 1''$. Po obeh vrstah cevi se je pretakala voda dveh različnih kvalitiet, strešna deževnica in deževnica zajeta s hriba.

3.2.1 Betonski cevovod

Betonski cevovod povezuje gornjo cisterno C1 z bazenom, cisterno C6 v parku z bazenom ter prelive iz cistern v nekdanjem južnem delu naselja (hiša številka 6a) s cisterno C6 v parku.

Cevovod med gornjo cisterno C1 in bazenom v dolžini približno 200 m je v dobrem stanju in deluje. Služi pretoku odvečne deževnice s hriba, ki se preko preлива v gornji cisterni steka neposredno v bazen. Naklon cevi se spreminja glede na konfiguracijo terena, največji naklon znaša 35° in je največji v celem vrtu nasploh. Višinska razlika med najvišje in najnižje ležečim objektom vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu je 26 m, to je med gornjo cisterno in bazenom.



Slika 55: Stik dveh betonskih cevi

Betonska cev za odvečno vodo iz cisterne C6 v parku poteka ob stezi mimo toplih gred in vodi do križanja (slika 55) betonske cevi, katera povezuje gornjo cisterno C1 z bazenom. Pod stezo ob nekdanjem vrtu z jagodami se združita. Prelivna cev iz cisterne C6 je dolžine približno 69 m in je v dobrem stanju.

Dovodna betonska cev (prilogi A in D) v cisterno C6 v parku je bila nekoč precej daljša, danes pa je ohranjene le še približno 33 m cevi, od južnega vhoda v Ferrarijev vrt, do cisterne. Popraviti je potrebno koleno betonske cevi v komori v gornji cisterni C1.

3.2.2 Pocinkan cevovod - deževnica s hriba

Pocinkana cev za deževnico s hriba $\phi 1''$ (in $\phi 2''$ le do odcepa za korito ob severnem vhodnem stolpu, slika 37 in priloga A) je uporabljena kot povezava med gornjo cisterno C1 in vrtnimi hidranti, ter koritom za napajanje živine nad podrtim severnim vhodnim stolpom. Skupna dolžina

cevi znaša približno 420 m. Na cevi je priključenih 17 vrtnih hidrantov in otoček z vodomatom v bazenu. Vse ostale pocinkane cevi pretakajo strešno deževnico.



Slika 56: Pretrgana cev, sekcijski ventil in odcep za napajalno korito

Pri sekcijem ventilu in odcepu za napajalno korito (slika 56) pri severnem vhodnem stolpu smo naleteli na pretrgano cev. Predvidevamo, da so to prekinitev napravili domačini in cev tudi zamašili z lesenim čepom (slika 57). Tako so vso vodo preusmerili na napajalno korito. Ker je omenjeni čep razpadel, se je cev dodatno mašila. Potrebno je bilo na oddaljenosti približno 8 m cev prežagati in izvršiti čiščenje v nasprotni smeri vodnega toka.



Slika 57: Zamašena cev in čep

V nadaljevanju smo odkrili tudi dve okvari na cevovodu zaradi zmrzovanja (slika 58) in tri okvare pretrganih cevi. Zmrzal je poškodovala cev na dveh mestih v tleh promenade v bližini vile Ferrari. Okvare zaradi zmrzali smo sanirali z izrezom dela poškodovane cevi in povezavo s plastično cevjo. Izvršena je bila tudi kovinska povezava preko plastičnega dela (slika 59). Tako je možno v prihodnosti ponovno poiskati traso in globino cevi z elektronskim detektorjem kovinskih cevi. Na pretrgane cevi smo naleteli (priloga A):

P1: severno od balinišča v brežini pod severnim vhodnim stolpom,

P2 : južno od balinišča, med grmovjem

P3: ob jugovzhodnem robu cisterne v parku.



Slika 58: Poškodba – puščanje cevi



Slika 59: Popravilo poškodovane cevi

Cev P1 je pocinkana $\phi 1/2''$ in je služila zalivanju podlage na balinišču. Zaprli smo jo s še vedno delujočim ventilom vgrajenim v jašku neposredno poleg severnega vhodnega stolpa. Cev P2 smo zaprli z ventilom, ki je vgrajen na odcepu cevi v tleh promende s pergolo. Ta cevovod je bil namenjen namakanju predela ob balinišču. Cev P3 je bila namenjena dotoku vode najnižjemu vrtnemu hidrantu (slika 60) in vodometu na otočku sredi bazena. Zaprli smo jo z vgradnjo krogličnega ventila (slika 61).

Popravila smo morali izvesti nemudoma, saj sicer ne bi mogli nadaljevati z raziskavo in testiranjem vodovodne mreže vrtnih hidrantov.



Slika 60: Vrtni hidrantek



Slika 61: Vgradnja krogličnega ventila

Za potrebe raziskovanja je bilo narejenih več sondažnih izkopov. Zaradi narave dela so se vsi izkopi izvedli s težnjo minimalnega posega v prostor. Sondažni izkop se je v najkrajšem možnem času tudi povrnil v obstoječe stanje pred posegom. S pomočjo detektorja kovin sem uspel odkriti sektorske ventile vgrajene na pocinkanih ceveh in vrtno hidrante pod pergolo, ki so bili skriti v pesku ali v travi.

Pri polnjenju hidrantnega sistema je padel pritisk v sistemu. To je pomenilo, da je voda začela nenadzorovano uhajati iz sistema. S pomočjo ultrazvočnega merilnika pretoka sem za ugotavljanje izgub na pocinkani cevi od gornje cisterne C1 do grotte⁴. Opravi sem dve meritvi in ugotovil izgube na odseku cevi pod pergolo. Mikrolokacijo sem določil z geofonom⁵, potrdil pa tudi z korelatorjem⁶. Največji problem je predstavljala priprava mesta za merjenje. Za nemoteno merjenje je potrebno ultrazvočne senzorje merilnika pretoka postaviti na ravni del cevi in sicer 20d (d = diameter cevi) stran, v smeri toka od ovire (ventil, koleno...) in 10d pred oviro. Kot se je izkazalo, je bilo problematično tudi merjenje na starih ceveh, saj so le-te slabe kvalitete in z

⁴ Za razlago glej poglavje 3.3

⁵ Za razlago glej poglavje 2.3.1

⁶ Za razlago glej poglavje 2.3.2

različnimi debelinami sten, kar pomeni, da jih je bilo potrebno meriti na posameznih odsekih. Tako smo že v samem začetku pričakovali napake v meritvi. Napake pri merjenju pretoka sem ugotavljal s podatkom o ultrazvočnem signalu. Kot se je izkazalo, so bile napake znotraj območja 3 %, katerega navaja proizvajalec aparata kot dopustno napako. Za doseganje dobrih rezultatov je bilo potrebno veliko truda pri sami postavitvi ultrazvočnih senzorjev - prižemk (obdelava cevi, čiščenje površine cevi, merjenje debelin stene itd).

Terenski ogledi in raziskave so pokazali sledeče sanacijske ukrepe:

Zamenjati je potrebno ventil $\phi 6/4''$ v komori gornje cisterne. Izdelati je treba jašek, kjer je sekcijski ventil in odcep pri severnem vhodnem stoplu. Zamenjati je potrebno vseh 15 vrtnih hidrantov, saj ne tesnijo, oziroma manjkajo bistveni deli. Na pretrgano cev P2 južno od balinišča je potrebno vgraditi vrtni hidrant, pretrgano cev P1 na severni strani balinišča pa z manjšimi posegi urediti za priklop cevi za zalivanje (le v primeru, ko se balinišče ponovno uredi za to dejavnost).

Povezati je treba del manjkajoče cevi P3 v dolžini približno 10 m pod cisterno v parku. Za vzpostavitev delovanja vodometa na otočku v bazenu bi bilo potrebno zamenjati del cevi pod samim otočkom ter zamenjati celotno inštalacijo v steni grotte, kjer so ostanki ventila za dovod vode v vodometa. Večina poškodb na obstoječem vodovodu je posledica zmrzali. Zaradi zamašenih cevi se sistem ni praznil, voda je ostala v ceveh in zmrznila ter tako poškodovala cevi in armature.

3.2.3 Pocinkan cevovod - strešna deževnica

Pocinkana cev za strešno deževnico $\phi 1''$ in $\phi 2''$ je povezovala male cisterne nad promenado in v naselju s cisterno C6 v parku in z bazenom, umivalnik na balinišču, koriti za pitje in umivanje sadja in zelenjave, ter »grotto« za tuširanje. Skupna dolžina cevovodov je približno 325 m.

Testiranje delovanja sistema ni bilo mogoče izvesti, saj so vse tri cisterne v privatni lasti. Odtoka iz cisterne C2 nad promenado s pergolo in cisterne C4 ob hiši »L« južno od vile Ferrari sta zabita s čepi. Povezava s cisterno C3 pod teraso vile Ferrari in vodovodom je fizično prekinjena. Vodo iz cisterne C3 pod teraso vile Ferrari zajemajo preko pipe pod teraso poleg promenade, iz ostalih dveh cistern C2 in C4 pa z zajemanjem vode skozi pokrov cisterne. Z improvizacijo polnitve sistema (slika 62) smo iz bližnjega vrtnega hidrantka, ki dobiva vodo iz gornje cisterne C1, preko cevi za zalivanje, dovajali vodo v odtok - preliv in ugotovili povezavo z umivalnikom na balinišču. Odsek cevi med umivalnikom in cisterno nad promenado s pergolo je zamašen. Odsek cevi v dolžini približno 10 m neposredno poleg vzhodnega robu cisterne C6 v parku je pretrgan (P3, priloga A).



Slika 62: Improvizacija polnitve sistema

Iskalnik podzemnih napeljav je bil nepogrešljiv za določanje trase vseh pocinkanih cevi v Ferrarijevem vrtu. Določanje je potekalo na aktiven način – galvanski priklop oddajnika direktno na vodnik. Pozitivni pol oddajnik sem kontaktno povezal s cevjo preko ventila, hidranta ali neposredno, negativni pol pa z zemljo. Tako je pocinkana cev postala vodnik, po kateri se je prenašal signal. Ta signal sem potem sledil s sprejemnikom in tako določeval traso cevi.

V sklopu sanacije je predvidena vzpostavitev dotoka v cisterno v parku in dotok vode v grotto ter v umivalnik na balinišču.

Potrebna je povezava vseh treh cistern C2, C3 in C4 na robu Ferrarijevega vrta oziroma na vzhodnem robu naselja. Glede na to, da so vse tri cisterne v privatni lasti, se porajajo pomisleki o izvedljivosti te sanacije, če se lastništvo omenjenih cistern ne reši. Potrebno je zamenjati vse ventile, ki vodijo iz cistern pa tudi ventil v jašku poleg cisterne C6 v parku. Nadomestiti je treba pretrgano cev v dolžini cca 10 m ob vzhodnem delu cisterne C6 v parku, ter zamenjati inštalacijo v grotti. Umivalniku na balinišču je potrebno namestiti iztočno pipo ter odmašiti dotočno cev. Za namen vzpostavitve tekoče vode za umivanje sadja in zelenjave v koritih, je potrebno zamenjati izhodno inštalacijo v niši cisterne v parku.

3.3 Grotta

V slovarju tujk (Tavzes, 2002) grotto razlagajo kot besedo italijanskega izvora, ki pomeni jamo, podzemni prostor ali votlino okrašeno s kamni, mahovjem in ornamentami v vrtovih ali parkih. Naša grotta (slika 63) je umetnega nastanka, sestavljena je iz bazenčka na vrhu in osrednjega prostora pod njim, vse skupaj pa je obloženo s kamenjem in delno poraslo z mahovjem. V steni osrednjega prostora se nahaja omarica s cevno inštalacijo. V grotto sta speljani dve pocinkani cevi $\phi 1''$. Prva dovaja strešno deževnico in je namenjena polnjenju manjšega bazenčka in tuširanju. Druga cev dovaja deževnico s hriba, preko cisterne C1, otočku z vodomatom in vodni zavesi, ki se je z zgornje betonske školjke prelivala na spodnjo ter v bazen. Ta cev je del mreže vrtnih hidrantov.



Slika 63: Grotta

Dovodna cev za vodno zaveso, ki poteka po stropu osrednjega prostora grotte, je poškodovana zaradi zmrzali. Ta cev je del sistema veznih posod, torej dovaja strešno deževnico cistern C2, C3, C4 in C5. Cev, ki povezuje bazenček nad osrednjim prostorom grotte in omarico z inštalacijo, smo delno odmašili. V stropu osrednjega prostora je bila vgrajena izstopna šoba za tuš. Baznenček (slika 64) je služil ogrevanju vode s pomočjo sonca, katero so potem uporabljali za tuširanje. Z nagibom tal v grotti so vodo, porabljeno za tuširanje, speljali preko armirano – betonske školjke v bazen.



Slika 64: Baznenček na strehi grotte

Za obnovo tuša v grotti bi predlagali, da se zaradi lastniških odnosov in higienskih razlogov uredi dotok direktno iz javnega vodovodnega sistema. Inštalacije v grotti je potrebno v celoti zamenjati.

3.4 Bazen

Bazen (slika 65) je ovalne oblike, dimenzij 45 x 12 m, z otokom in otočkom z vodometom. Ocenjena prostornina je približno 600 m³. V bazen danes vodi le ena betonska cev, tj. iz preliva iz gornje cisterne C1 in cisterne C6 v parku. Izhod kanalete iz čolnarne v bazen so med obnovo školjke bazena zazidali.



Slika 65: Izpraznjen bazen pred čiščenjem

Voda iz bazena je odtekala preko prelivnega sifona in talnega izpusta (slika 66). Talni izpust je narejen skozi dno bazena, regulira pa se ga z ventilom v jašku (slika 67) v brežini pod parkom (tj. na pobočju hriba) in deluje. Voda iz izpusta se ujame v kineti, ki je speljana po pobočju hriba in je namenjena namakanju vrtače pod Ferrarijevim vrtom. Prelivni sifon bazena je speljan vzporedno z izpustom, voda pa ravnotako odteka v namakalno kineto. Voda se tako znova uporabi in ni zavržena. Prelivni sifon je potreben čiščenja. Nivo maksimalnega stanja vode v bazenu je previsok. Do napake je prišlo med obnovo školjke bazena, saj so rob prelivnega sifona zabetonirali višje, kot je bil prvotno.



Slika 66: Talni izpust bazena



Slika 67: Jašek z ventilom za talni izpust

Preden smo lahko izpraznili bazen, smo morali očistiti armaturni jašek na izpustu, v katerem je bilo približno za 1 m³ zemlje, zaraščeno grmovje in smeti. Po očiščenju bazenske školjke smo s prečrpavanjem vode iz gornje cisterne C1 preko preliva in betonskega cevovoda bazen ponovno delno napolnili.

4 Zaključek

Maks Fabiani, velik arhitekt in projektant, ki je na najneprijaznejšem delu – na vrhu kraškega hriba uspel uloviti dovolj padavin, jih primerno zbrati, očistiti in shraniti v cisterne ter jih tudi racionalno razporediti za gospodinjski, gospodarski in celo razvedrilni in estetski namen.

Vodovodni sistem v Ferrarijevem vrtu se od današnjih razlikuje prvič v tem, da je popolnoma gravitacijski, torej za delovanje ne potrebuje električne energije, npr. za pogon črpalk in podobno. Druga velika razlika je vodni vir – na Krasu ni niti površinskih niti podzemnih vod, zato za (osebno) vodopreskrbo tradicionalno uporabljajo deževnico – vodo zbirajo v kapnicah oz. cisternah. Fabiani je zato v svojih načrtih izkoristil prav vsako kapljo vode in to večkrat. Zasnoval je izredno učinkovit, a enostaven sistem zbiranja in razdelitve vode. Lahko bi trdil, da je Fabiani načrtoval tak sistem, da se ga lahko, skoraj čez stoletje, še vedno identificira in z minimalnimi vlaganji spravi v pogon. Danes, glede na vso tehnologijo, se vse večkrat dogaja, da se pri projektiranju ne posveča dovolj pozornosti osnovni nalogi sistema, tj. kvalitetni distribuciji vode tudi čez 40 in več let. To pa pomeni, da mora biti vodovodni sistem projektiran tako, da se ga lahko z minimalnimi stroški in enostavno vzdržuje oziroma tako, da sistem potrebuje kar najmanjše vzdrževanje. Torej pomembno je kvalitetno graditi in kvalitetno vzdrževati vodovodni sistem.

Kot sem že omenil, je bil cel sistem načrtovan tako, da je deloval brez črpalk in brez električne energije, zgolj s pomočjo gravitacije. Seveda se tega sistema danes verjetno ne da več usposobiti v takem obsegu, kot je deloval nekoč, kajti največja prispevna površina tj. hrib, je danes poraščena z borovci, nekoč pa so bila tla utrjena in porasla s travo. Tako danes večina dežja, ki pade na hrib, pronica v tla.

Le kdo bi pričakoval v tistem času, da imajo ljudje na tako ostrem hribu sredi Krasa vodovod v svojih hišah in hlevih? In da imajo kar 17 vrtnih hidrantkov namenjenih za zalivanje vrtnin, sadja in cvetja, ter korita za napajanje živine, pa velik kopalni bazen s prostorom za tuširanje celo s toplo vodo, vodomet in vodno zaveso!

Mislim, da je Fabianijev vodovodni sistem v Ferrarijevem vrtu na Štanjelu edinstven v Sloveniji in med redkimi podobnimi na svetu. Zato bi ga bilo potrebno obnoviti, vsaj v tolikšnem obsegu, da se ga kot znanstveno in kulturno dediščino predstavi sodobnemu svetu.

Poleg raziskanega Ferrarijevega vrta smo na Štanjelu opazili in spoznali še druge edinstvene kulturno-tehnične spomenike, ki so služili preživetju in celo že v tistih časih tudi (zdraviliškemu) turizmu. To so izredno lepe in funkcionalne kamnite strehe, kamniti žlebovi, kamnite cevi in cisterne, s pomočjo katerih se je zbirala osnovna tekočina za preživetje – pitna voda.

Sistem je nastajal postopoma v letih od 1922 do 1934. Do druge svetovne vojne je vrt služil za zdraviliško dejavnost, pa tudi za prirejanje poletnih zabav, turnirjev v balinanju, skratka za sprostitev njegovih obiskovalcev. V tem času je bil tudi ustrezno negovan. Propadati je začel po drugi svetovni vojni, saj je bil med vojno vihro, skupaj z vilo ferrari in celotnim Štanjelom precej poškodovan. Po vojni so obnovili predvsem mesto in delno tudi vilo, pa še to precej pozno – obnova se je začela v šestdesetih letih in še vedno ni zaključena.

To delo je prvo, ki rekonstruira delovanje Fabianijevega vodovodnega sistema. Terenske raziskave, ki sem jih vodil, so nekajkrat izgledale brezupne, saj nekajkrat sploh nismo vedeli kako se lotiti posameznih nalog, vendar smo s širokim izborom aparatov, metod in z izkušnjami razvozlati vse uganke, ki jih je skrival Fabianijev vodovodni sistem. S tem delom sem imel kot prvi čast, da vse uganke sistema tudi razkrijem in jih delim z vami. Raziskovalno delo je zame pomenilo izreden izziv, pravzaprav enkratno doživetje, saj še nikomur ni uspelo v celoti razvozlati Fabianijevega vodovodnega sistema.

Viri

9890DFX Triple Frequency Line Locator with Sheath Fault Locating Option. 2003. Metrotech Corporation. <http://www.metrotech.com/pdt.asp?productselect=106> (16.1.2006).

Andoljšek, A. 1978 – 2005. Poročila o kontroli vodovodov. Ribnica. Andotehna d.o.o.

C.A.T.³ brochure. 2005. Radiodetection Ltd.

http://www.radiodetection.com/products/html/cat3/Cat3_Brochure.pdf (14.1.2006).

Fabianijeva pot: Od Štanjela do Kobdilja. 2004. Komen. Občina Komen: 8 str.

Hari, K. 2004. Štanjel. Štanjel, Turistično društvo Štanjel: 8 str.

Jazbec, T. 2004. Arhitekt in urbanist Maks Fabiani iz Kobdilja. Kras, november, št. 67: 22-25.

Jazbec, T. 2005. Vodnik: Pomembne osebnosti, Maks Fabiani, Kras. Orjent: 3 str.

<http://www.vodnik.karso-carso.com/vizitka.php?id=16&jezik=> (1.2.2006).

Katalog produktov. 2005. Ribnica. Andotehna d.o.o.: 37 str.

Katalog produktov. 2005. Ribnica. Andotehna d.o.o.

<http://www.andotehna.si> (12.12.2005).

Kolenc, N. 2003. Ferrarijev vrt v Štanjelu /Izhodišča za obnovo Fabianijevega vodovodnega sistema/. Ljubljana, Ministrstvo za kulturo.

Pozzetto, M. 1997. Maks Fabiani – Vizije prostora. Kranj. L.I.B.R.A.: 420 str.

Standard Products Catalogue on CD-ROM. 2003. Gladesville, Measurement Resources Pty Ltd.

Štanjel – kraški biser. Orjent. <http://www.komen.si/slo/turizem/stanjel.htm> (1.2.2006).

Štanjel na Krasu. <http://www.kras.brkini.net/stanjel1.htm> (1.2.2006).

Štanjel. Orjent. <http://www.znamenitosti.kras-carso.com/stanjel.htm> (1.2.2006).

Tavzes, M.(ur.), et al. 2002. Veliki slovar tujk. Ljubljana. Cankarjeva založba: 1303 str.

Ultrasonic Flow Meters - Portaflow 300. 2004. Micronisc Ltd.

http://www.micronicsltd.co.uk/products/ultrasonic_flow_meters/portaflow_300.htm (8.1.2006).

Ustanova Maks Fabiani. Maks Fabiani. <http://www2.arnes.si/~usmafal/fabiani.htm> (1.2.2006).

Vodnik: Štanjel.2004. Orjent.

<http://www.vodnik.karso-carso.com/vizitka.php?id=123&jezik=> (1.2.2006).

Wasser Messwagen. 2005. Seba Dynatronic Mess- und Ortungstechnik GmbH.

<http://www.sebakmt.com/Prospekt.2463.0.html> (14.1.2006)

Zakon o vodah (ZV-1). UL RS št. 67/2002: 7649-7680.

Priloge

Priloga A: Načrt vodovodnega sistema v Ferrarijevem vrtu

Priloga B: Vzdolžni profil

Priloga C: Načrt gornje cisterne C1

Priloga D: Načrt cisterne C6 v parku