

KOMPARATIVNA FAUNISTIČKO-MIKROBIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA BUNARSKE VODE VIRJA OD 1986. DO 1989. GODINE

COMPARATIVE FAUNAL AND MICROBIOLOGICAL RESEARCH OF THE WELL WATERS OF VIRJE FROM 1986 TO 1989

Dražen PODRAVEC

Magistar biologije

Novigradska 5, 48326 Virje

drazen.podravec@kc.t-com.hr

Primljeno / Received: 18. 8. 2014.

Prihvaćeno / Accepted: 2. 11. 2014.

Izvorni znanstveni rad

Original scientific paper

UDK/UDC 553.623 (497.5-5 Virje)

SAŽETAK

Zanimanje za proučavanje podzemnih voda javlja se u 17. stoljeću da bi intenzivnija istraživanja započela u 20. stoljeću. Pedesetih godina 20. stoljeća počinju sustavnija istraživanja podzemne faune sjeverozapadnih područja Hrvatske.

Budući do sada nitko nije proučavao podzemne vode Virja i okolice, određeno je 20 bunara za istraživanje fizičko-kemijskih, bakterijskih i faunističkih svojstava njihove vode. To je područje gdje su podzemne vode pod utjecajem rijeke Drave i Bilogore.

Istraživanja su vršena tijekom 1987. godine. Fizičko-kemijski faktori određivani su standardnim metodama (APHA), a za bakterijska ispitivanja korištene su metode za određivanje ukupnog broja saprofitnih bakterija, određivanje koli-titra i koli-indeksa ukupnih koliformnih bakterija i bakterija fekalnog porijekla, te termofilnih bakterija. Faunistički uzorci uzimani su filtriranjem 100 litara bunarske vode.

Uočeno je da promjene ekoloških svojstava vode bunara, kao podzemne vode, mijenjaju i sastav faune i bakteriološku sliku uzorka. Veliki je utjecaj naselja na taj biotop što potvrđuje stalno povećanje broja bakterija fekalnog porijekla. Posebno je jaka bakterijska aktivnost u plitkim bunarima koji su više izloženi onečišćenju s površine. Utvrđeno je i prodiranje termofilnih bakterija iz gnojnice u podzemlje.

Promjene fizičko-kemijskih faktora uvjetuju promjene bakterijskog i faunističkog sastava bunarske vode, tako da su troglobionti (*Niphargus*) nađeni u najdubljim ujedno i najčišćim bunarima. Troglofili i troglokseni čine faunu plićih bunara s manje vrsta, ali s velikim bojem jedinki (*Cyclops*).

Sva istraživanja ukazuju na uzajamnu povezanost i ovisnost bakterijskog i faunističkog sastava od fizičko-kemijskih svojstava bunarske vode, dakle i o onečišćenju. O tome ovisi kvaliteta bunarske vode za piće koja u ispitivanim bunarima ne zadovoljava propisane uvjete i nužno je započeti gradnju vodoopskrbnog i kanalizacijskog sustava.

Ključne riječi: podzemne vode, flora, fauna, fizičko-kemijska svojstva vode, bakterijska aktivnost, pitka voda

Key words: ground water, flora, fauna, physicochemical properties of water, bacterial activity, drinking water

1. PREDGOVOR

Proučavanje osobina podzemnih voda i njihova klasifikacija te proučavanje živoga svijeta u njima počelo je u 17. stoljeću i to uglavnom u spiljama i izvorima. Intenzivnija istraživanja započinju u dvadesetom stoljeću i to upravo u našim krajevima, a izvodili su ih domaći i strani istraživači. Nije se moglo niti slutiti o raznolikosti i bogatstvu živoga svijeta i njegovoj starosti. U tom smislu je posebno zanimljivo kraško područje bogato reliktima i endemskim vrstama.

Prema Karamanu¹ (1935.) Valvasor je već 1686. opisao čovječju ribicu (*Proteus anguinus*) i to je bio prvi nalaz jednoga spiljskoga organizma, Leach je 1913. opisao vrstu *Gammarus subterraneus*, *Dormitzer* je prvog slijepog desetonošca *Troglocaris schmidti* opisao 1853., a u isto vrijeme prve subterane ciklopide je opisao Pratz. Vejdovsky je 1880. prvi našao vrstu *Bathynela natans* da bi kasnije pripadnike toga roda našli mnogi istraživači među kojima S.L. Karaman (1926.) i Meštrov² (1957.).

Istraživanja brojnih biologa pokazala su neslućeno bogatstvo redova, porodica, rodova i vrsta iz podzemnih, posebice intersticijskih voda.

Nakon početnih istraživanja subteranih voda Vejdovskog javljaju se brojni istraživači koji su sustavno proučavali taj biotop i brojne vrste u njemu. Među njima je Stanko Luka Karaman koji je svojim istraživanjem pobudio interes drugih biologa za proučavanje intersticijskih voda. Meštrov navodi (1982.) da su osim kvalitativnih istraživanja podzemnih voda neki istraživači započeli i kvantitativnu analizu odnosa podzemne faune kao npr. Ruffo (1953.), Angelier (1953.), Husmann (1966.) i drugi.

U tim istraživanjima otkrivene su brojne nove vrste. Poznati istraživač podzemnih voda S. L. Karaman (1935.) navodi da je skupljeni materijal slao na obradu poznatim specijalistima za pojedina područja kao npr. Vietsu za Hydracarina, Kieferu i Chappuisu za Copepoda, Klieu za Ostracoda, Kuščeru i Wagneru za Turbellaria, Hrabeu za Oligocheta te Babiću i Stammeru za Decapoda. Meštrov navodi da je 1954. i 1957. Copepoda iz različitih područja tadašnje Jugoslavije intenzivno proučavao Petkovski, a Hydracarina Georgijevski.

Prema Meštrovu nizinsko područje sjeverozapadne Hrvatske je pedesetih godina prošloga stoljeća bilo jako slabo istraženo. On spominje D. Šošarića koji je već 1888. godine opisao neke vrste iz bunara i izvora kao npr. vrstu *Candona eremita* i *Niphargus kochianus*.

Godine 1927. je A. J. Wagner opisao vrstu *Iglica langhofferi* iz jednog izvora na Sljemenu. S. L. Karaman je 1932., 1950. i 1952. provodio detaljnija istraživanja nekih izvora na Medvednici i potoka u blizini Zagreba, te bunara Zagreba, Samobora, Kalnika i Slavonije. Intenzivnija istraživanja u okolini Zagreba provodio je Meštrov od 1957. do 1961. godine. Očito su intenzivnija istraživanja podzemnih voda sjeverozapadnih krajeva Hrvatske i susjednih krajeva započela pedesetih godina prošloga stoljeća u koja su bili uključeni istraživači – specijalisti za pojedina područja pa su otkriveni i opisani brojni novi organizmi. Ovih nekoliko redaka s imenima istraživača samo ilustrira ta nastojanja i nije cjeloviti pregled.

U novije vrijeme su pojačana fundamentalna istraživanja u svrhu isticanja parametara za procjenu interakcija podzemnih i površinskih voda s obzirom na činjenicu porasta onečišćenja tekućica otpadnim tvarima i opasnosti zagađivanja podzemnih voda. Od naših istraživača valja naglasiti Meštrova,

¹ Stanko Luka Karaman (Sarajevo, 8. prosinca 1889.– Skoplje, 7. svibnja 1959.), sveučilišni profesor, zoolog, ihtiolog, entomolog, biospeleolog, istraživač biologije podzemnih voda, te autor brojnih znanstvenih edicija toga područja. Osnivač je Prirodnoznanstvenog muzeja u Skoplju i svjetski priznati znanstvenik.

² Milan Meštrov (Tisno, 12. rujna 1929. – Zagreb, 8. listopada 2010.), hrvatski biolog, pedagog i akademik. Vodio je kolegije iz područja ekologije životinja, zoogeografije, biocenologije i zaštite prirode. Na postdiplomskim studijima bio je voditelj smjera Ekologija. Osim na PMF Sveučilišta u Zagreb bio je suradnik i predavač PMF-a Univerziteta u Novom Sadu, Građevinskog fakulteta u Sarajevu te na Arhitektonskom fakultetu, Tehnološkom fakultetu, Građevinskom fakultetu i Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Po akademiku Meštrovu nazvana je jedna vrsta pijavice – *Croatobranhus mestrovi*.

Matoničkina³ i Habdiju,⁴ kao i druge koji su dali svoj doprinos proučavanju biologije otpadnih voda. Na sreću saprobitet vode brojnih tekućica u Hrvatskoj je bolji nego prije dvadesetak godina s obzirom na gradnju kanalizacije i pročištača otpadnih voda u brojnim velikim, ali i manjim naseljima.

Ne postoji podatak da se netko bavio podzemnim vodama Virja i okolice, pa time ni florom i faunom toga biotopa.

Bakteriološka ispitivanja nekih bunara s područja bivše općine Đurđevac provodi Higijensko-epidemiološka služba Doma zdravlja Đurđevac temeljem Pravilnika o higijenskoj ispravnosti pitke vode (NN 117/03, 130/03 i 40/04). S obzirom da je posljednjih godina u Podravini izgrađen magistralni vodovod sve je manje uličnih mreža iz bunara i ustanova koja koriste takvu vodu.

Karakteristika svih podzemnih voda u širem smislu riječi je tama. U tu vodu spada i oborinska voda sakupljena u tamnim usjeklinama stijena i ispod kamenja, naročito u krškim predjelima i voda koja se sakuplja u većim ili manjim nakupinama u brdskim spiljama. Ona može teći i tvoriti podzemne tekućice i jezera. Zanimljiva je osnovna voda koja vrlo polagano teče prateći nepropusni sloj tla i intersticijska voda koja ispunjava manje i veće šupljine između čestica šljunka i pijeska pod zemljom.

Već je naglašeno da je osnovna razlika tih i nadzemnih voda nedostatak svjetla, a time i primarne produkcije, niska količina otopljenoga kisika, isključene su periodične promjene zbog izmjene godišnjih doba, ujednačena je temperatura (8 - 10°C), velika vlažnost te zatvorenost i izoliranost tih prostora.

Naravno da se u takvim uvjetima razvio specifičan životni svijet čije su karakteristike depigmentiranost i prozirnost, gipkost, manjak zaštite od isušivanja organizma, razne nijanse zakržljalosti očiju ovisno o evolucijskoj starosti organizma (*Niphargus*)⁵, razvoj drugih osjetila kao npr. četinja na nogama, duge antene i drugo (*Assellus cavaticus*), nema izraženog seksualnog perioditeta pa kroz godinu nalazimo sve razvojne stadije (*Copepoda*), zbog snižene temperature slaba produkcija jaja kod ženki i produljen razvojni period.

To su uglavnom sitne životinje. Tipične subterane životinje su stenotermne (sjeverne širine hladne, a južne tople). Neke od njih mogu kroz dulje vrijeme podnijeti povišenje temperature, ali tada prestaje razmnožavanje (*Niphargus*, *Proteus*, *Amblyopsis*). To je stara, slabo prilagodljiva fauna predglacijala i glacijala sa mnogim arhaičkim formama (*Bathyella*). Za mnoge takve organizme podzemlje je bilo refugium i imalo je konzervirajuće djelovanje na razvoj.

Hrana tih organizama sastoji se uglavnom od detritusa ispranog iz gornjih slojeva kao i od ostataka životinja. Osim detritofaga i grabežljivaca zabilježeni su i neki primjeri nametnika (*Coulo xenus stygius*). Valja naglasiti da kad govorimo o organizmima u podzemnoj vodi govorimo o spiljskoj, intersticijskoj, te vodi izvora i bunara. Te organizme dijelimo na troglobionte, troglofile i i trogloksene.

³ Ivo Matoničkin (Virje, 5. lipnja 1915. – Zagreb 2. ožujka 2010.), hrvatski zoolog, profesor na PMF –u u Zagrebu. Prvi je u Hrvatskoj istraživao ekologiju, biocenologiju i faunu beskralježnjaka u krškim vodama tekućicama. Zajedno sa suradnicima izradio je novu metodu za izračunavanje odnosa produkcije i respiracije. Jedan od osnivača Hrvatskoga ekološkoga društva (1969.). Autor je prvih sveučilišnih udžbenika iz zoologije.

⁴ Prof. dr. sc. Ivan Habdija, limnolog i predavač na PMF-u u Zagrebu, predstojnik Zoologijskog zavoda od 1992. do 1997. godine, dekan PMF-a od 2005. do 2008. godine, autor brojnih znanstvenih radova iz ekologije voda. Voditelj posebno zanimljivog kolegija Bioenergetika otpadnih voda.

⁵ Rod *Niphargus* raširen je od Crnoga mora do Engleske i Danske s velikim brojem varijeteta. Osim u bunarima nalazimo ga u spiljama, rudnicima, izvorima i dubokim alpskim jezerima. To su hladno - stenotermne životinje čija je donja granica tolerancije temperature vode 5- 6°C, a gornja 20°C. Povišenje temperature na 18°C kod tih vrsta zaustavlja reprodukciju. Te vrste potječe od nadzemnih oblika iz predglacijala. Osim u Europi neke su vrste nađene u Aziji, Australiji i Sjevernoj Americi. Proučavajući vrste toga roda Vejdovsky je našao (Spandel 1927.) vrste s ostacima očiju (*Niphargus elegans*), a kod oblika starijih po porijeklu samo ostatke očnih elemenata (*Niphargus kochianus*, *Niphargus caspary*) i na kraju one koji nemaju nikakvih tragova očiju (*Niphargus puteanus*; Chappius 1927.).

2. UVOD

2.1. Podzemne vode Virja i bliže okolice

Svi podaci o podzemnim vodama Virja i okolice nađeni su u arhivu Vodne zajednice Đurđevac (1974.) a ispitivanje je izvodio Institut za geološka istraživanja i Hidrometeorološki zavod Hrvatske u okviru Međunarodne hidrološke dekade. U tom su periodu ispitivana i dva bunara u Virju. Osim fizičko-kemijskih svojstava vode mjereni su i drugi parametri kao apsolutni minimum i maksimum, minimalni i maksimalni vodostaj, srednji vodostaj za svaki mjesec te godišnji niski, visoki i srednji vodostaj podzemnih voda. U tu svrhu su korišteni limnigrafi podzemne vode u kombinaciji s pjezometrima što omogućava osim definiranja vrlo točnih kvalitativnih odnosa i uočavanje kvantitativnih odnosa osobito važnih pri analizi uzajamne veze podzemne vode i vodotoka. Za većinu bunara Virja i okolice nije poznat točan litološki sastav što onemogućava definiranje vodonosnoga horizonta.

Neki od njih ne zahvaćaju niti prvi vodonosni horizont, dok većina zahvaća samo gornji dio vodonosnoga horizonta od 1 do 15 metara, a vodonosni horizont je od pijeska i šljunka. Ispitivanje pjezometrima u Podravini od Koprivnice do Pitomače potvrđuje da se debljina krovine smanjuje od Bilogore prema rijeci Dravi, pa je npr. u graničnom mjestu Ždali tanja od 1 metar, a razina podzemne vode je na 2,4 metra dubine.

Podzemne su vode u uskoj intenzivnoj vezi s površinskim tokovima pa njihovo ponašanje ovisi o režimu površinskih tokova ili pak utječe na njihov režim. To se može utvrditi usporedbom kolebanja vodostaja Drave i razine podzemnih voda. Oscilacije su vrlo slične, ali su za podzemne vode jako ublažene zbog sredine u kojoj se one nalaze (intersticij). Podaci mjerenja u obližnjem Novigradu pokazuju da su oscilacije podzemne vode u skladu s vodostajem rijeke Drave, a amplituda iznosi 408 centimetara. U Virju su oscilacije iste, ali je amplituda manja i iznosi 377 centimetara jer je Virje nešto udaljenije od Drave. Podzemne vode sela Miholjanec koje se nalazi 4 kilometra južnije od Virja prema Bilogori imaju prigušene oscilacije i nemaju sličnosti s promjenom vodostaja rijeke Drave, već su pod utjecajem Bilogore pa i amplituda iznosi samo 208 centimetara. Smjer kretanja podzemnih voda u vrijeme visokoga vodostaja je paralelan s rijekom Dravom, a kod niskih vodostaja podzemne vode hrane (dreniraju) rijeku Dravu.

Na području toka Drave između Koprivnice i Đurđevca gdje se nalazi i Virje, primjećuje se blagi pad vodenoga lica pa su hidroizohipse na karti rjeđe, a smjer kretanja podzemnih voda je prema istoku kod nižih vodostaja i jugoistoku kod viših vodostaja rijeke. Na tom je području očiti utjecaj podzemnih voda s Bilogore što se vidi po skretanju podzemnih voda prema sjeveroistoku tj. prema rijeci Dravi.

Temeljem ovih nekoliko podataka možemo zaključiti da su podzemne vode Virja, zbog njegovoga položaja, jednim dijelom pod utjecajem Bilogore, a drugim dijelom pod utjecajem rijeke Drave, što može znatno utjecati na njihovu kvalitetu.

2.2. Problem pitke vode i otpadnih voda Virja

Razvojem industrije i modernizacijom poljoprivrede te porastom životnog standarda mještana i na selu se aktualizira problem opskrbe zdravom pitkom vodom kao i problem odvođenja otpadnih voda domaćinstava i gospodarskih objekata.

Taj je problem posebno naglašen krajem 20. stoljeća u mjestima bez vodovodne i kanalizacijske mreže kao što je to Virje.

Oko 1400 domaćinstava Virja troši velike količine pitke vode koju crpi iz bunara, a sve otpadne vode ispušta u grabe, mjesni potok Zdelju u kojem je zbog promjene hidrološkog režima sve manji protok vode. Otpadne vode se iz septičkih jama odvoze na njive ili se izljevaju u obližnje vodotoke, talože preko dubokih upojnih jama i na taj način direktno onečišćuju intersticij i podzemne vode. Zbog tih razloga kvaliteta vode nekih bunara ne odgovara zadanim parametrima za pitku vodu, pa je nemoguća kvalitetna opskrba pitkom vodom. U današnjim uvjetima gradnja kanalizacijske mreže bila bi za Mjesni odbor Virja vrlo upitna zbog prevelikog financijskog opterećenje i bez pomoći Općine

Đurđevac i državnih institucija to bi bila nemoguća misija. Za sada ostaje jedina mogućnost izgradnje zajedničke vodovodne mreže kako bi se mogla redovito kontrolirati kvaliteta pitke vode i vršiti eventualna sanacija. Mogućom izgradnjom hidroelektrane na Dravi taj bi problem bio još više aktualiziran i morao bi se rješavati uz pomoć šire društvene zajednice.

Jedan od zadataka ovih istraživanja je bio odrediti područja na kojima bi se eventualno mogli izgraditi bunari većega kapaciteta za opskrbu Virja kvalitetnom pitkom vodom. O sanitarnim prilikama Virja anketu su među žiteljima provodili članovi vrlo aktivne i napredne grupe Mladih čuvara prirode⁶ *Lastavica* pri *Osnovnoj školi prof. Franje Viktora Šignjara* koji su na natjecanjima *Znanost mladima* niz godina osvajali prva mjesta zanimljivim projektima.

Prema anketi iz 1986. godine preko 78% Virovaca ima u kući sanitarni čvor i kupaonicu pa je naglo porasla i potrošnja vode.

Prema procjeni Virje dnevno potroši preko 200.000 litara vode. Naravno da su proporcionalno porasle i količine otpadnih voda (posebice iz kupaonica, kuhinja i sanitarnih čvorova).

Propisno izgrađenu septičku jamu ima 47,94% Virovaca dok drugi otpadne vode puštaju u grabe i okućnice. Približna zapremnina svih tih septičkih jama je oko 4.600 m³. Znatne količine otpadnih voda odvoze se na njive (47,73%) što ima štetan utjecaj zbog jajašaca crijevnih parazita i povećanje fosfata na poljoprivrednim površinama (smanjena kljavost sjemena), u jarak pored ceste (7,38%), a značajni prijemnik otpadnih voda je potok Zdelja stoga je u njemu kod slabog protoka vode ugrožen živi svijet, a neke su vrste životinja potpuno nestale (Lampetra planeri, Astacus astacus i Lutra lutra).

Istraživanja iz 1983. su ukazala da je voda potoka Zdelja uglavnom beta-alfa mesosaprobna dok u sušna ljeta prelazi u polisaprobnu. Mnogi bunari u jednom dijelu Virja su uz sam tok potoka Zdelja koji sigurno ima utjecaj na kvalitetu voda tih bunara kao i otpadne vode ispuštane na prostor okućnica. Prema podacima iz navedene ankete iz domaćinstava se na godinu ispušta preko 12 miliona litara otpadnih voda, a porastom standarda svakim danom je ta količina veća.

Velika su opasnost za podzemne vode upojne jame u domaćinstvima preko kojih otpadne vode dolaze u intersticij bez prethodne filtracije. Naime, te se jame kopaju sve do poroznoga sloja pijeska i šljunka koji lagano upija vodu. Napunjene su do vrha krupnim šljunkom (*batudom*) i ciglom koji služi kao drenaža. Kad im se zbog nakupljanja masnoća i deterdženata iz perilica rublja smanji propusna i upojna moć, pored nje se kopa nova i tako redom. Mnogi bunari u Virju su plitki (1 – 6 m) pa takav način rješavanja problema otpadnih voda predstavlja opasnost od onečišćenja. Nažalost, neka domaćinstva puštaju otpadne vode u svoje napuštene bunare ili najčešće u grabe ispred svojih kuća (7%). Česte crijevne bolesti mogu se povezati s takvim stanjem u vodoopskrbi.

Mnoga domaćinstva (23%) otpuštaju otpadne vode iz kuhinja i kupaonica odvojeno od fekalnih voda i to u svoje vrtove, grabe ispred kuća i pored putova. Prilikom jakih kiša postoji mogućnost ispiranja tih tvari u bunare i njihovo onečišćenje. Tu činjenicu potvrđuje i povećana količina nitrata, nitrata i fosfata u nekim ispitivanim bunarima. Jedini je zaključak da je problem snabdijevanja zdravom pitkom vodom usko vezan s dispozicijom otpadnih voda svakoga područja pa je uz gradnju vodovodne mreže nužna i gradnja kanalizacijskog sustava. Od 428 bunara koji su u Virju u upotrebi čak 99 % njih nema propisanu zaštitnu zonu od 30 metara budući se nalaze u gusto naseljenom mjestu. To svakako ima znatni utjecaj na kvalitetu pitke vode budući je velika mogućnost onečišćenja bunara ispiranjem s površine.

Sam centar Virja i neke ustanove spojene su na kanalizacijsku mrežu duljine 2 kilometra koja odvodi otpadne vode u potok Zdelju i na koju je priključeno 15 korisnika ili 1,8 %. Naravno da taj

⁶ Mlade čuvarice prirode kao sekciju Hrvatskoga biološkoga društva osnovao je prof. dr. sc. Vicko Pavičić sredinom sedamdesetih godina prošloga stoljeća. U osnovnoj školi Profesora Franje Viktora Šignjara u Virju sekcija je osnovana 1980. godine pod nazivom *Lastavica* i postala je jedna od najaktivnijih. Među brojnim malim istraživačkim projektima preko kojih su se mladi uvodili u svijet znanstvenih istraživanja značajna je bila edukacija učenika i njihovih roditelja u podizanju ekološke svijesti. U tu svrhu organizirano je desetak susreta Mladih čuvara prirode osnovnih škola iz Hrvatske na kojima su prezentirana njihova istraživanja. Predavanja su održali i poznati sveučilišni profesori, priznati stručnjaci iz različitih područja biologije i ekologije.

sustav ne zadovoljava nikakve sanitarne i tehničke uvjete i pitanje je dana kada će njegov rad biti zabranjen.

Cijela Podravina je bogata podzemnim vodonosnim slojevima pleistoceno-holocenim šljunčanim i pijescima u kojima je voda vrlo visoke kvalitete a uz sanitarnu ispravnost kapacitet i izdašnost slojeva nije upitna. Budućnost opskrbe Podravine vodom je iz tih slojeva nekom zajedničkom vodoopskrbnom mrežom.

Stanovništvo općine Đurđevac crpi pitku vodu iz bunara ili pomoću zabijenih crpki u zemlju. Zbog dubine vodonosnoga sloja Virovci koriste isključivo bunare i prema dostupnim podacima ima ih u Virju 808, a u upotrebi ih je 428. U novije se vrijeme voda iz njih crpi hidroforskim postrojenjima, a snabdijevanje je organizirano u obliku uličnih vodovoda kojih u Virju ima 34. Na području općine Đurđevac ima 8.587 bunara (Tablica 1) što predstavlja značajan kapacitet, ali i veliku mogućnost onečišćenja podzemnih vodonosnih slojeva (motorna ulja, pesticidi).

Krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina prošloga stoljeća započela je masovna izgradnja privatnih ili uličnih vodovoda bez ikakve dokumentacije, bez izdanih uporabnih dozvola i bez zaštitnih sanitarno- tehničkih mjera. Jedino se vodilo računa o ekonomskom momentu. Nije se vodilo računa o dubini vodonosnoga sloja pa često nije osiguran dovoljno dubok filtracijski sloj kao zaštita od onečišćenja oborinskim, fekalnim otpadnim vodama i vodama iz gospodarskih objekata (gnojnice).

Razumljivo je da sva ova onečišćenja utječu na vrlo osjetljiv ekosustav podzemnih voda, prvenstveno bunarske vode, a onda i cijelog intersticija. Promjene kvalitete vode utječu i na promjenu sastava živoga svijeta toga biotopa o čemu će biti riječi u ovom radu.

Redni broj	Mjesna zajednica	Bunari	Ulični vodovodi	Seoski vodovodi
1.	Đurđevac	938	50	-
2.	Ana	52	1	-
3.	Batinske	70	-	-
4.	Brodić	60	1	-
5.	Budančevica	180	4	-
6.	Budrovac	108	-	1
7.	Crnac	48	5	-
8.	Čepelovac	4	-	1
9.	Dinjevac	71	2	-
10.	Donje Zdjelice	21	-	1
11.	Drenovica	151	1	-
12.	Ferdinandovac	703	6	-
13.	Gornja Šuma	32	-	-
14.	Grabrovnica	146	1	-
15.	Grede Molvarske	48	-	-
16.	Hampovica	93	-	1
17.	Kalinovac	353	9	-
18.	Kladare	157	3	-
19.	Kloštar Podravski	240	3	-
20.	Kozarevac	86	-	1
21.	Križnica	63	-	-
22.	Ledine Molvarske	35	-	-
23.	Lepa Greda	83	1	-
24.	Mala Črešnjevica	48	1	-
25.	Marof Starogradački	100	-	-
26.	Medvedička	157	-	-
27.	Mičetinac	44	10	-
28.	Miholjanec	29	-	1
29.	Molve	287	8	-
30.	Otrovanec	247	1	-
31.	Pitomača	1.123	29	-
32.	Podravske Sesvete	542	4	-
33.	Prugovac	244	1	-
34.	Rakitnica	36	2	-
35.	Repaš	180	2	-
36.	Sedlarica	100	-	1
37.	Sirova Katalena	107	-	1
38.	Stari Gradec	260	2	-
39.	Suha Katalena	47	2	-
40.	Šemovci	17	-	1
41.	Turnašica	23	-	1
42.	Velika Črešnjevica	48	2	-
43.	Virje	808	31	-
44.	Ždala	285	3	-

Tablica 1. Popis bunara na području općine Đurđevac 1986. godine

2.3. Svrha rada

Posljednjih godina je jako aktualiziran problem opskrbe mještana Virja i okolice zdravom pitkom vodom pa se kao imperativ nameće potreba gradnje vodoopskrbnog sustava u Podravini. Za vrijeme sušnih godina (1968., 1971.) problem je pomanjkanje zdrave pitke vode kada jako opada razina podzemnih voda u bunarima. U vrijeme kišnih godina (1966., 1972.) zbog podizanja razine podzemnih voda dolazi do njihova miješanja s površinskim vodama i onečišćenja podzemlja.

To je naročito izraženo i opasno po zdravlje mještana Virja u sjeveroistočnom dijelu naselja gdje su bunari jako plitki i ustvari zahvaćaju površinske vode. Tijekom 1983. izvršena su neka preliminarna mjerenja fizičko-kemijskih svojstava vode nekih bunara u mjestu i uočene su velike razlike u kvaliteti vode.

Zbog te činjenice, ali i češće pojave hidričnih bolesti (podaci virovske zdravstvene ambulante) u tom dijelu naselja izvršena su 1986. ponovno mjerenja fizičko-kemijskih svojstava vode nekih bunara, ali su ispitane i njihove bakteriološke i faunističke osobitosti⁷. Temeljem sakupljenih podataka informativno su virovski bunari podijeljeni u tri grupe:

- Plitki bunari (1-6m) s površinskom vodom
- Bunari srednje dubine (6-18 m) s tankim pokrovom od ilovače iznad vodonosnoga sloja
- Duboki bunari (18-28m) s krovnom debljom od 10 metara

Svi rezultati tih istraživanja ukazali su na povezanost kvalitete bunarske vode s dislokacijom otpadnih voda, pogotovo kod plitkih bunara.

Značajan je i položaj bunara u odnosu na izvor onečišćenja i urednost površine oko njega. Nakon analize svih dobivenih podataka odabrano je dvadeset bunara koji su obrađivani tijekom 1987.

Kvalitativna i kvantitativna analiza svojstava bunarske vode ukazala je da je onečišćenje ograničavajući faktor za rasprostranjenost nekih organizama kao npr. za sve vrste roda *Niphargus*, koji su svi od reda indikatori ksenosaprobnih voda (Sladeček 1973.) i nisu nađeni u bunarima čije su vode pod jačim utjecajem površinskih voda. Stoga je u istraživanjima valjalo posvetiti pažnju tipičnoj podzemnoj fauni jer su u nekim bunarima s obzirom na njihove ekološke karakteristike prisutni troglobionti, troglobioli i troglobioni organizmi koji su tu dospjeli slučajno.

Dominantna je fauna iz podreda Copepoda, porodice Cyclopididae, no i tu postoji razlika u broju vrsta i jedinki. Jedan od zadataka istraživanja bio je i objašnjenje te pojave.

Vrlo je značajna bakteriološka analiza bunarske vode, ne samo zbog higijenskih razloga, već i zbog potpunijeg razumijevanja odnosa kemijsko-fizičkih osobina vode i faunističkog sastava. Stoga je pažnja posvećena komparativnoj analizi svih rezultata istraživanja.

U bunarskoj vodi su potvrđene termofilne bakterije što je siguran znak prodiranja gnojnice u podzemne vode na razne načine i njihovo onečišćenje.

Cilj istraživanja je da se temeljem dobivenih rezultata procjeni kvaliteta bunarske vode koja služi za piće, a sve to kao poticaj za izgradnju kvalitetnog vodoopskrbnog sustava.⁸

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Geografsko-geomorfološke karakteristike ispitivanog područja na neki način određuju i kvalitetu podzemnih voda uz druge utjecaje. Virje je smješteno u podravsko-bilogorskom dijelu središnje Hrvatske. To je područje smješteno između alpskog i dinarskog gorja kao prirodna veza između

⁷ U sklopu priprema za natjecanje Znanost mladima, članovi sekcije Mladih čuvara prirode Lastavica virovske Škole, članovi biološke i kemijske grupe istraživali su kvalitetu bunarske vode nekoliko bunara i s tom temom sudjelovali uspješno na republičkom natjecanju. Ta preliminarna istraživanja potaknula su stručni i detaljniji pristup tom problemu čiji su rezultati pak ubrzali dogovore o gradnji mjesnoga vodovoda.

⁸ Gradnju mjesnoga vodovoda pokretala je tadašnja Mjesna zajednica već od sedamdesetih godina prošloga stoljeća ali bezuspješno. Tek je 1987. započela izgradnja vodovodne mreže u Đurđevcu a 1992. u Virju. U novije vrijeme je investicija projektiranja i izgradnje prenesena iz ovlasti Općine Virje na Komunalije d.o.o. Đurđevac pa su svi projekti izgradnje mreže u cijeloj općini Virje u programu financiranja Hrvatskih voda, a ulaganja financijskih sredstava Općine su minimalna.

Jadranskog mora i kontinentalnog zaleđa. U geološkom pogledu taj je kraj jako raznolik. Posebno obilježje tom području daje pojava tektonsko-stratigrafskih elemenata evropskog prostora. Lesni nanosi različitih osobina pleistocenske starosti pokrivaju niže padine brežuljaka i više terase pridravskog pojasa, dok brežuljci Bilogore sadrže izrazite elemente mlađe kvartarne građe prostora središnje Hrvatske. U tim povijama nalazimo najmlađe tercijarne naslage, a na površini naslage paleogenske starosti.

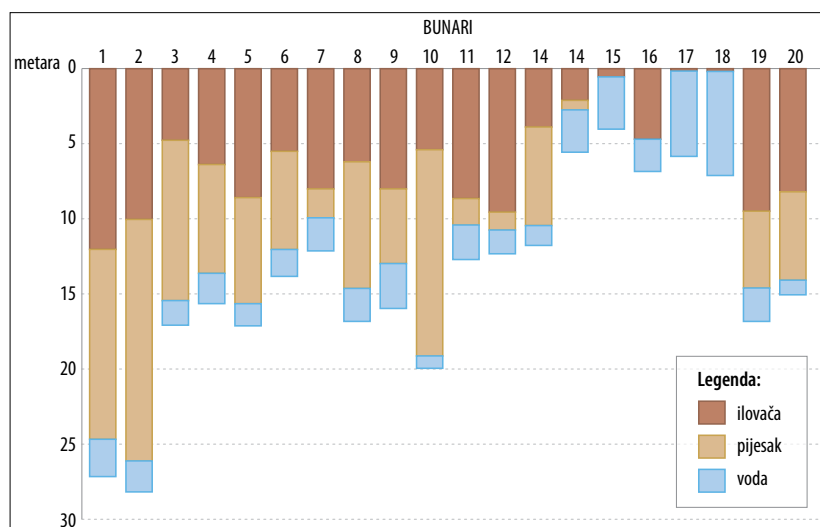
Za pridravski pojas Podravine posebno je važan pokrov pleistocenskih pijesaka karakterističnih za jugozapadnu Mađarsku, dok je u našoj zemlji samo njihov manji dio.

Međa između bilogorske povije i pridravske ravnice ukazuje na tektonsku mladost. Taj pojas je zbog mladosti i nestabilnosti poznat kao jače seizmičan. Za središnju Hrvatsku je karakteristično da ima najviše površinskih voda u cijeloj Hrvatskoj. Razvijenost tekućica više je rezultat sastava zemljišta i njegovih hidrogeoloških osobina, nego hidrometeoroloških osobina kraja.

Svi potoci teku s Bilogore u smjeru okomitom na pridravsku ravnicu u koju su vjekovima nataložili razni materijal, tako da se ispod nepropusnog sloja ilovače nalazi vodonosni pješčano-šljunkovit sloj razne debljine. Režim podzemnih voda je usko vezan s površinskom hidrografijom. U tom pogledu Drava ima značajnu ulogu sa svojim snježno-ledenjačkim režimom pa je bogata vodom u prvoj polovici toploga razdoblja, s ljetnim maksimumom i zimskim minimumom. Već je rečeno da na taj način Drava u ljetnom periodu drenira, *hrani* podzemne vode pridravlja.

Za istraživanje je odabrano 20 bunara na području naselja Virje na način da je pokriveno cijelo mjesto (Karta 1). Tako se nakon analize rezultata mogao dobiti pregled kvalitete bunarske vode Virja, njezine kemijsko-fizičke i bakteriološke karakteristike, te faunistički sastav. Kod odabira bunara pazilo se na određene osobitosti bunara i staništa:

- Dubina bunara i njegov periferni položaj u naselju
- Nasuprotni položaj od smjera toka podzemnih voda
- Blizina potoka Zdelja čije su vode veoma onečišćene posebice u vrijeme slaboga protoka ljeti
- Blizina stočne i svinjogojske farme kao značajnog zagađivača
- Blizina gnojišta i seoskih gospodarskih zgrada
- Blizina nekih drugih izvora onečišćenja
- Plitki bunari s površinskim vodama
- Niska područja u kojima dolazi često do poplavlivanja i ispiranja s površine pa je kvaliteta vode uglavnom loša
- Bunari za koje nije uočen nekakav negativni utjecaj na kvalitetu vode
- Bunari u blizini loše izvedene neadekvatne mjesne kanalizacije
- Bunar koji se ne koristi više od 15 godina (Dijagram 1)



Dijagram 1. Grafički prikaz dubine bunara, sastava tla i visine stupca vode



Slika 1. Napušteni bunar u središtu Virja koji je nekad koristilo 20-ak kućanstava



Slika 2. Napušteni bunar u Virju u blizini ulične grabe s otpadnim vodama iz domaćinstva

Ispitivani bunari i njihove osnovne karakteristike:

Broj	Karakteristika bunara i staništa
1	Bunar je u blizini gospodarskih zgrada i betoniranog gnojišta, okoliš uređen, natkriven, dubina 27 metara, stupac vode 1m.
2	Bunar je smješten između dva domaćinstva okružen gospodarskim zgradama u kojima borave životinje, okoliš neuredan i postoji mogućnost slijevanja površinskih voda, dubina 28m, obilno vode.
3	Bunar smješten uz gospodarske zgrade sa životinjama, u blizini potoka Zdelja, zbog nagiba lako ispiranje oborinskim vodama s površine, dubok 17 m, stupac vode 2 m.
4	Bunar je smješten u urednom, betoniranom dvorištu pa ne postoji mogućnost površinskog ispiranja oborinskim vodama iako su u blizini staje i dobro betonirano gnojište, dubina 20 metara.
5	Bunar je smješten u prostranom betoniranom dvorištu, pokriven betonskim poklopcem, u blizini farme svinja, dubina 17 metara, stupac vode 1,5 metar, izgrađen od cigle.
6	Bunar je u sredini naselja, teren nizak, u blizini gospodarske zgrade, natkriven, dubok 14 metara, stupac vode 2 metra.
7	Bunar na sredini dvorišta, teren nizak i poplavlji, okružen gospodarskim zgradama, jako je ispiranje organskih tvari (gnojnice) oborinskim vodama, dubok 12 metara, stupac vode 2 metra.
8	Bunar u razini terena, provizorno pokriven, velika mogućnost ispiranja površinskim vodama, izgrađen od betonskih cijevi, u blizini ulična graba puna otpadnih voda iz perilica rublja i kuhinja, dubina 17 metara, stupac vode 2,5 metra.
9	Bunar je u neposrednoj blizini nezaštićenog gnojišta i bez prihvatne jame za gnojnicu, teren nizak i poplavan, dubina 16 metara, stupac vode 3 metra.
10	Bunar je na povišenom terenu, nema u blizini gospodarskih zgrada, potok Zdelja udaljen stotinjak metara, dubina 20 metara, voda protočna, stupac vode samo 0,5 metra.
11	Bunar smješten u skućenom dvorištu u blizini gospodarskih zgrada, gnojišta, septičke i upojne jame i odvoda mjesne kanalizacije, dubina 13 metara, stupac vode 3 metra, izgrađen 1961.
12	Bunar smješten na kosom terenu tako da je prema njemu ispiranje iz obližnje stočne farme, 20 metara od potoka Zdelja, dubina 13 metara, stupac vode od 1 do 1,5 metar ovisno o vremenu.
13	Bunar samo 7 metara udaljen od potoka Zdelja, oko njega je vrt koji često gnoje stajnjakom, dubina 12 metara.
14	Bunar je smješten između kosina kojima se slijeva oborinska voda iz dvorišta i grabe uz cestu u kojoj leži otpadna voda, dubina 6 metara, stupac vode 3 metra.
15	Bunar je smješten na maloj uzvisini, a do vode je za visoka vodostaja 1 do 2 metra, stupac vode varira od 1 do 5 metara, zanimljivo je da je nivo vode u ovom bunaru za 2 metra viši od vršnog ruba obližnjeg bunara udaljenog samo 25 metara.
16	U ovom dijelu Virja bunari su plitki kao i ovaj u kojemu je do vode samo 6 metara, razina vode jako varira i ljeti gotovo presuši, smješten je u blizini betoniranog gnojišta.

- 17 Tipični je primjer bunara s površinskim vodama i jakog onečišćenja ispiranjem oborinskim vodama, u vrijeme visokog vodostaja voda teče iz bunara, stupac vode od 1 do 7 metara koliko je i bunar dubok.
- 18 Bunar s najlošijom kvalitetom vode (preliminarno istraživanje 1987.), voda gotovo u razini gornjeg ruba bunara, stupac vode varira od 1 metar do 8 metara u kišnom periodu, onečišćenje ispiranjem je veliko.
- 19 Ovaj bunar spada u grupu srednje dubokih objekata (11 metara), nalazi se u sjeveroistočnom dijelu mjesta gdje su bunari zariveni u prvi vodonosni sloj, nalazi se u blizini gospodarskih zgrada i gnojišta, stupac vode oko 2 metra.
- 20 Bunar koji se ne koristi, natkriven je, smješten u vrlo neurednom okolišu u blizini gospodarskih zgrada i gnojišta, dubina 15 metara, stupac vode 1 metar.



Karta 1. Pozicija ispitivanih 20 bunara u Virju 1987. godine

Dubina bunara u Virju varira od 1 do 28 metara što svakako ima utjecaj na kvalitetu njihovih voda. Sigurno je da kod dubljih bunara dolazi teže do onečišćenja, ako je ostvarena minimalna zaštita kontaminacije oborinskim vodama. Stariji bunari zidani su specijalnom opekom dok su noviji izgrađeni od betonskih cijevi i ako su dobro postavljene pružaju sigurniju zaštitu podzemnih voda od zagađenja s površine. Također je većina bunara u blizini gospodarskih zgrada, gnojišta, septičkih i upojnih jama što ima svakako znatan utjecaj na kvalitetu bunarske vode, koja je još uvijek jedini izvor vode za piće.

Budući da Virje nema javni vodovod u bunare su postavljene crpke i hidrofori pa su tako napravljeni ulični vodovodi, ali nitko ne kontrolira kvalitetu vode koja se koristi. Valja reći da je na taj način ipak spriječena kontaminacija vode prljavim kantama i užadima za izvlačenje vode iz bunara.

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

4.1. Vrijeme istraživanja

Sva su mjerenja i istraživanja vršena kroz četiri godišnja doba 1987. godine čije karakteristike nisu bile tipične zbog prilično kišovita vremena. Uzorci iz svih bunara uzimani su u razmaku od nekoliko sati i odmah obrađivani na tereni ili u laboratoriju. Fizičko-kemijska svojstva vode mjerena su četiri puta godišnje osim nitrata, nitrita i fosfata čija je količina mjerena samo ljeti i zimi. Bakteriološki uzorci su uzimani sterilnim bočicama i u periodu od najviše tri sata nacjepljivani na odgovarajuće podloge, a rezultati su očitavani nakon 24 ili 48 sati.

Faunistički materijal je sabiran kroz dva dana, svaki dan po deset uzoraka kako bi se materijal stigao detaljno pregledati, opisati, izbrojiti jedinke, fiksirati i kasnije determinirati do vrste. Proljetno mjerenje i uzimanje uzoraka vršeno je od 15. ožujka do 25. ožujka, ljetno od 25. lipnja do 4. srpnja, jesensko od 24. rujna do 3. listopada i zimsko od 21. prosinca do 29. prosinca 1987. godine. U vrijeme proljetnih istraživanja vodostaj u bunarima je bio prilično visok, ljeti je samo malo opao jer je bilo kišovito vrijeme. Jesen je bila topla i suha pa je vodostaj bio izrazito nizak, da bi zimi ponovno porastao.

4.2. Fizičko-kemijski faktori

Mjerenja su izvođena na terenu, u Kemijskom laboratoriju Centralne plinske stanice Molve i Centralnom kemijskom laboratoriju INA-Naftaplina u Zagrebu. Na terenu je mjerena količina otopljenog kisika, količina slobodnoga ugljik(IV)oksida, temperatura zraka i vode. U laboratoriju je mjerena alkalinitet, ukupna i karbonatna tvrdoća, koncentracija vodikovih iona (pH), KMnO_4 potrošak, specifična električna vodljivost, te količina nitrata, nitrita i fosfata. Za sva mjerenja korištene su standardne metode koje se danas najčešće koriste (APHA, 1967.). Uzorci vode su uzimani u dobro isprane boce nakon pet minutnog istjecanja vode iz slavine ili uz pomoć užeta i kante direktno iz bunara. Temperatura vode je mjerena običnim laboratorijskim termometrom s decimalnom podjelom na skali od 1°C . Količina kisika mjerena je jodometrijski po Winkler-Bruhnu (APHA, 1967.) Vrijednost zasićenja kisikom izračunavana je pomoću tablica po Foxu (Czensny 1960.). Slobodni CO_2 je određivan titrimetrijski po Tirlichu. Alkalinitet je određivan titrimetrijski s 0,1M HCl, uzorak mora biti proziran u protivnom se mora profiltrirati kroz aktivni ugljen (Libmann, 1962.).

Određivana je p i m vrijednost, te karbonatna tvrdoća u $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$. Ukupna tvrdoća vode mjerena je volumetrijski (kompleksometrijski), a kao sredstvo za titraciju korišten je komplekson III (otopina dinatrijeve soli etilendiamintetraoctene kiseline). Koncentracija vodikovih iona mjerena je u laboratoriju pH metrom tipa PHM82 Standard, Radiometer Kopenhagen. KMnO_4 potrošak mjerena je na 100 ml uzoka vode, a oksidacija je vršena s 0,05 M KMnO_4 uz dodatak sulfatne kiseline (1:3). Specifična vodljivost elektriciteta mjerena je konduktometrom tipa CDM 83, Conductivity meter, Radiometer, Kopenhagen. Mjerenje količine nitrata, nitrita i fosfata provedeno je spektrofotometrijski spektrofotometrom tipa Varian 634, nitriti kod 520nm, nitrati brucin metodom kod 410 nm, a fosfati kod 405 nm.

4.3. Bakteriološka istraživanja

Bakteriološka ispitivanja svih 20 bunara izvođena su u Mikrobiološkom laboratoriju Botaničkog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i u Mikrobiološkom laboratoriju tvornice lijekova *Belupo* u Koprivnici.

Uzorci su uzimani u sterilizirane bočice od 20 ml zaštićene aluminijskom folijom. Slavine su prije uzimanja uzorka obrisane vatom namočenom u alkohol, a uzorak je uziman nakon 10 minutnog istjecanja vode iz slavine. Uzorci su isti dan naciepljivani na podlogu. Tijekom 1987. godine izvođena su sljedeća ispitivanja:

- određivanje koli-titra i koli-indeksa ukupnih koliformnih bakterija fekalnog porijekla,
- ukupan broj saprofitnih bakterija,
- broj termofilnih bakterija, te njihov titar i indeks,
- biokemijska diferencijacija čiste kulture iz laktoznog bujona (ALPV).

Kod određivanja koli-indeksa i koli-titra (Birger, 1967.) korištena je podloga laktozni bujon (Andrade laktoza peptonska voda ALPV) koncentracije 50g podloge na 1000 ml vode za velike epruvete u koje je stavljeno 10 ml podloge i naciepljeno 10 ml uzorka bez razrjeđivanja. U male je epruvete stavljeno 5 ml podloge koncentracije 25 g na 1000 ml vode i naciepljen je 1 ml uzorka koncentracije 1, -1 i -2. U svaku je epruvetu stavljena Durchammova cjevčica. Očitovanje rezultata vršeno je po tablici 62 iz Birgera, 1967. Kao pozitivna reakcija uzeta je ona kod koje je došlo do promjene boje i pojave plina što je znak da bakterije razgrađuju podlogu. Inkubacija je provedena za ukupne koliformne na 37°C kroz 48 sati, a za koliformne fekalnog porijekla na 44°C kroz 24 sata.

Broj saprofitnih bakterija određivan je na mesno-peptonskom agaru (MPA) uz inkubaciju 1ml uzorka na temperaturi 37°C kroz 24sata.

Mesno-peptonski agar je korišten i za dokazivanje termofilnih bakterija u uzorcima bunarske vode. U malu petrijevku stavljen je deblji sloj podloge kako ne bi došlo do isušivanja, a zatim je naciepljeno 0,2 ml uzorka uz inkubaciju na 55°C kroz 48 sati.

Iz svih pozitivnih uzoraka na termofilne bakterije određivan je titar i indeks termofilnih bakterija. Na 5 ml podloge mesno-peptonskog bujona (MPB) naciepljen je 1 ml uzorka koncentracije 1, -1,-2 i -3 uz inkubaciju od 2 sata na 55°C. Zamućenje je znak pozitivne reakcije, a rezultat je očitao prema tablici 63 iz Birgera, 1967.

Biokemijska diferencijacija čiste kulture iz laktoznog bujona (ALPV) provedena je pomoću niza specijalnih podloga kao završni test u određivanju bakterija. Iz pozitivnih uzoraka na ALPV precijepimo materijal metodom iscrpljivanja u petrijevke na endoagar radi izoliranja čiste kulture.

Čista kultura naciepljena je na sljedeće podloge:

1. Podloga za citokrom oksidaza test – pozitivna reakcija rezultira promjenu boje u plavu.
2. Glukozni bujon – potvrda bakterijske razgradnje glukoze uz brom-timol plavo kao indikatora.
3. Laktozni bujon (ALPV) + Andradeov indikator – potvrda da li bakterije razgradnjom laktoze stvaraju kiselinu i plin.
4. Podloga za stvaranje indola – prisustvo indola utvrđivano je Kovaczeovim reagensom. Prsten trule višnje na površini bujona znak je pozitivne reakcije.
5. Podloga za metil-crveno test-nakon inkubacije od 48 sati na 37°C dodamo metilno crvenilo
5. Podloga za Voges- Proskau (stvaranje acetil-metil karbinola)- nakon inkubacije od 48 sati na 37°C dodamo par kapi alfa-naftola (w-5%) i par kapi otopine KOH (w -40%), pozitivan rezultat daje boju trešnjina cvijeta.
6. Citratni agar (Simmsenov citratni agar) – nakon inkubacije od 48 sati na 37°C pozitivna reakcija daje promjenu plave boje u zelenu.
7. Kliglerov dvostruki šećer – inkubacija 48 sati na 37°C.

Temeljem karakterističnih biokemijskih svojstava pojedine vrste bakterije očitamo rezultate kao pozitivne (+) ili negativne (-), te odredimo rod i vrstu (Birger, 1967., tablica 21).

4.4. Faunistička istraživanja

Za kvalitativnu i kvantitativnu faunističku analizu uzoraka bunarske vode procjeđivano je 100 litra preko plantonske mreže od 112 mikrona i to u svako godišnje doba 1987. godine. Voda je iz bunara vađena pomoću užeta i kante od 10 litara budući da na tom području nema zabijenih cijevi u vodonosni sloj već postoje samo elektromotorne crpke koje unište faunistički materijal. Sakupljeni materijal spreman je u opodeldok bočice od 20 ml.

Laboratorijska obrada uzoraka sastojala se od sljedećeg:

- Sortiranje materijala,
- konzerviranje organizama,
- determinacije organizama.

Faunistički je materijal prvo pregledan makroskopski, a nakon toga uz pomoć binokularne lupe i mikroskopa. Organizmi su sortirani prema skupinama i stavljani u epruvete s oznakom broja lokaliteta i vremena uzimanja uzorka. Konzerviranje organizama vršeno je 3% formalinom ili 70% alkoholom u koji je stavljeno malo glicerina.

Posebno zanimljivi organizmi su stavljani u zasebne epruvete i označavani. Determinacija organizama izvedena je pomoću navedene literature do vrste gdje god je to bilo moguće.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Rezultati ispitivanja fizičko-kemijskih svojstava bunarske vode

Rezultati ispitivanja prikazani su tablicama i grafikonima. Analizom i uspoređivanjem svih rezultata mogu se uočiti razlike u fizičko-kemijskim svojstvima uzoraka vode i potvrđuje se pretpostavka o utjecaju površinskih i otpadnih voda na podzemlje. Ta svojstva se mijenjaju od staništa do staništa i imaju bitan utjecaj na razvoj životnih zajednica. (Tablice 2, 3, 4, i 5 – zbirni rezultati mjerenja fizičko-kemijskih faktora bunarske vode Virja tijekom četiri godišnja doba 1987. godine).

Temperatura vode

Temperatura vode je značajan ekološki faktor u površinskim i podzemnim vodama. Kod prvih, temperatura znatno ovisi od temperature okoline dok je kod podzemnih voda ujednačena s malim godišnjim kolebanjima. Kod podzemnih voda Virja tijekom 1987. godine varirala je od 9 do 12°C.

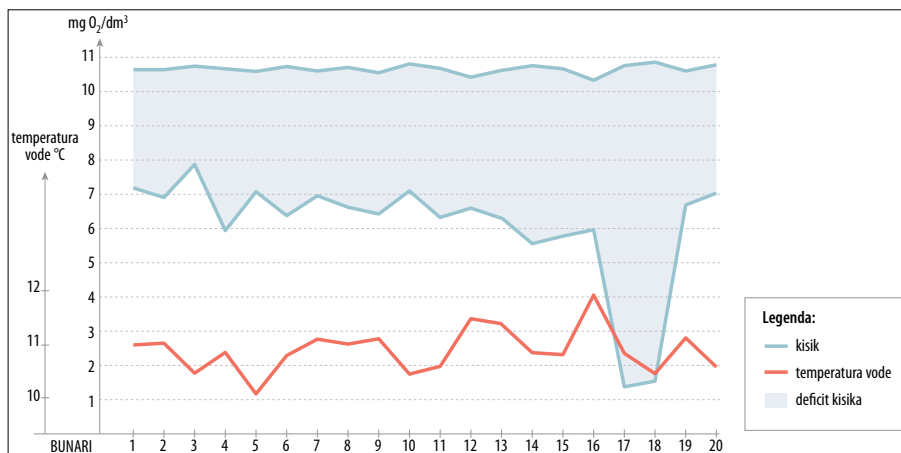
Budući da svaki organizam definira svojom ekološkom valencijom granice efektivne temperature unutar kojih se može održati, temperatura vode postaje ograničavajući faktor za razvoj populacije jedne vrste, ali i za razvoj cijele biocenoze.

Budući su podzemni organizmi hladno stenotermni koji žive u biotopu s malo raspoloživog kisika, svako povišenje temperature rezultiralo bi ubrzanjem biokemijskih procesa, prema tome i veću potrošnju kisika i asfiksiju. U tim vodama se odigravaju i brojni drugi kemijski procesi koji ovise o toplini. Tako bi zbog nižih temperatura bili usporeni i procesi razgradnje alohtonih tvari.

Iz rezultata mjerenja temperature bunarske vode mogu se izračunati srednje vrijednosti i izvući brojni zaključci. Srednja godišnja temperatura bunarske vode je 10,46°C, a srednja godišnja temperatura zraka 13,12°C, samo 2,66°C viša.

Količina kisika u vodi

Važan biotički faktor je količina otopljenog kisika u vodi koji aerobni organizmi troše za metaboličke procese. Za podzemne vode su uobičajene niske vrijednosti otopljenog kisika. Koncentracija otopljenog kisika ovisi o koeficijentu topljivosti i o intenzitetu asimilacijskih i disimilacijskih procesa. Kisik se u vodi troši neprestanom respiracijom biljnih i životinjskih organizama i oksidacijom organske tvari autohtonog i alohtog porijekla. Stoga smanjenje količine otopljenog kisika može biti indikator onečišćenja organskim tvarima. Odnos srednjih godišnjih vrijednosti temperature vode, zasićenja kisikom i deficita kisika u bunarskoj vodi Virja tijekom 1987. prikazan je grafikonom 1.



Grafikon 1.
Odnos srednjih godišnjih vrijednosti temperature vode, zasićenja kisikom i deficita kisika u bunarskoj vodi Virja u 1987. godini

Vidljivo je da je količina otopljenog kisika u bunarima približno jednaka, osim u plitkim bunarima u kojima su vrijednosti ekstremno niske zbog bakterijske razgradnje organskih tvari koje su odraz onečišćenja bunarske vode. Najviši postotak zasićenja kisikom je 68,98% a najmanji 14,45%, analogno tome je deficit kisika u prvom slučaju 31,02 %, a u drugom čak 85,55 %.

Valja naglasiti da je za podzemni biotop određeni postotak deficita kisika normalna pojava, no svako znatnije povećanje te vrijednosti ukazuje na onečišćenje vode i trošenje kisika za bakterijski metabolizam.

Slobodni ugljik (IV) oksid - CO₂

Količina ugljik (IV) oksida je jedan od abiotičkih faktora čija je koncentracija uvjetovana asimilacijskim i disimilacijskim procesima te intenzitetom oksidacije organskih tvari u vodi. Količina otopljenog CO₂ vrlo je varijabilna vrijednost (Tablice 2, 3, 4 i 5). Najviša izmjerena vrijednost iznosi 22,20 mg/CO₂ dm³, a najniža samo 2,20 mg CO₂/dm³. Evidentno je da položaj staništa uvjetuje oscilaciju slobodnoga ugljik (IV) oksida. Iz podataka se može zaključiti da je niska količina CO₂ i nešto veća vrijednost otopljenog kisika znak veće fotosintetske aktivnosti algi u plićim bunarima.

Vrijednosti alkaliniteta

Iz rezultata mjerenja alkaliniteta (Tablice 2, 3, 4 i 5) je vidljivo da nema većih oscilacija u vrijednostima alkaliniteta bunarske vode. Najniža vrijednost je 15 mg CaCO₃/dm, a najviša 46 mg CO₂/dm³.

Ukupna tvrdoća i karbonatna tvrdoća

Ukupna tvrdoća i karbonatna tvrdoća (Tablice 2, 3, 4 i 5) su značajni ekološki faktori jer za neke organizme to predstavlja ograničavajući faktor (Spongia), a za druge optimalni (Ostracoda). Većina bunarske vode Virja ima visoke vrijednosti mjerene u mg CaCO₃ pa voda spada u tvrdu i veoma tvrdu vodu.

To stvara velike probleme u vodoopskrbnom sustavu, a ugradnja uređaja za kondicioniranje vode je preskupa za individualne obiteljske ili ulične vodovode.

Koncentracija vodikovih iona – pH

Koncentracija vodikovih iona (pH) izmjerena tijekom 1987. (Tablice 2, 3, 4 i 5) odgovara dozvoljenim vrijednostima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti pitke vode (Službeni list SFRJ 33/87.) Izračunate srednje vrijednosti pokazuju male oscilacije po bunarima tijekom godine, a to ne može znatno utjecati na razvoj biocenoza.

Količina organske tvari - KMnO_4 potrošak

Podzeme vode su najčišće vode i količina organskih tvari je u njima mala i svaki povišeni rezultat permanganatne titracije i povećani broj bakterija ukazuje na onečišćenje bunarske vode tvarima alohtonoga porijekla. To onečišćenje dolazi povremeno s površine pa su uočene veće vrijednosti u kišnom periodu, a manje sušnom ljetnom (Tablice 2, 3, 4 i 5). Povišeni rezultati mjerenja nitrita, nitrata i fosfata u nekim bunarima su produkt bakterijske razgradnje tih tvari. To automatski prati i smanjenje količine otopljenog kisika. Iz rezultata mjerenja je vidljivo da su u većini bunara izmjerene vrijednosti niske i nema kontinuiranog onečišćenje već periodičnog, ali brine činjenica da i voda nekih dubokih bunara ponekad ima vrijednosti iznad dozvoljenih 8 mg/dm^3 prema Pravilnika o higijenskoj ispravnosti pitke vode (Službeni list SFRJ 33/87.) što je znak onečišćenja intersticija.

Električna vodljivost

Podaci o električnoj vodljivosti mogu indicirati veću količinu organskih tvari (kojih u bunarskoj vodi inače ima u malim količinama) ili otopljenih soli koje u vodi disociraju i pospješuju vodljivost. Izmjerene vrijednosti su različite (Tablice 2, 3, 4 i 5), a visoke su u bunarima s tvrdom i jako tvrdom vodom što znači da veću vodljivost pospješuju samo otopljene i disocirane soli.

Izmjerene količine nitrita, nitrata i fosfata

Rezultate mjerenja prikazuju tablice 4 i 5. U ljetnom periodu u većini bunara su utvrđeni nitrati što znači da su bakterije potpuno razgradile organsku tvar. Zimi su srednje vrijednosti nešto više i iznad su dozvoljenih vrijednosti prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti pitke vode (Službeni glasnik 33/87). Vrijednosti fosfata su povišene u svim plitkim bunarima što se može povezati s ispiranjem površinskih voda koje sadrže deterdžente.

Bunar broj	Temp. zraka °C	Temp. vode °C	Otop. O_2 mg/ dm^3	CO_2 mg/ dm^3	KMnO_4 potr. mg/ dm^3	Ukupno tvrd. mg CaCO_3 / dm^3	Karb. tvrdoća mg CaCO_3 / dm^3	Alkalinitet mg CaCO_3 / dm^3	Vodljivost $\mu\text{S}/$ cm^1	Vrijednost pH
1	14	10	7,10	7,70	2,212	423,0	239,9	24	1128	7,12
2	14	10	7,96	6,82	1,264	556,9	269,8	27	508	7,50
3	16,5	10,5	7,20	15,40	2,844	821,6	174,8	27,5	1041	7,40
4	17	11	6,28	13,40	4,740	649,7	367,3	37,5	1173	7,27
5	17	11	5,28	6,82	1,580	317,7	169,9	17	348	7,32
6	16	10	6,24	9,68	1,264	446,2	204,9	20	518	7,29
7	17	11	6,40	6,38	14,220	726,4	278,8	28	801	7,23
8	17	11	7,30	3,30	0,948	378,4	219,9	22	409	7,46
9	17	11	6,60	22,20	3,792	649,7	274,8	27,5	1113	7,09
10	16	10	6,70	12,10	5,680	762,10	418,0	42	1277	7,27
11	16	10	6,94	14,30	7,584	564,0	339,8	34	887	7,03
12	16	12	6,00	8,14	3,476	442,6	204,9	20,5	529	7,36
13	15	12	6,16	10,50	1,264	414,1	194,2	18	624	7,19
14	12	10	6,56	11,44	3,476	699,7	369,8	37	888	7,05
15	13	10,5	5,96	13,42	3,792	424,8	189,9	19	662	7,25
16	12	12	5,04	12,32	7,268	646,1	287,0	30,5	998	7,98
17	12	10	1,30	18,04	6,952	642,6	324,8	32,5	1135	7,42
18	12	11	1,26	8,58	10,47	642,6	274,8	27,5	982	7,57
19	12	11	6,90	5,94	3,160	664,0	366,8	36,5	960	7,41
20	12	10	6,86	2,20	2,860	751,4	134,9	13,5	1139	7,42

Tablica 2. Rezultati analize fizičko-kemijskih svojstava bunarske vode Virja u proljeće 1987. godine



Slika 3. Zaštićeni bunar u Gajevoj ulici koji su koristili župni ured i osnovna škola

Bunar broj	Temp. zraka °C	Temp. vode °C	O ₂ mg/dm ³	CO ₂ mg/dm ³	KMnO ₄ potr. mg/dm ³	Ukupno tvrd. mgCaCO ₃ /dm ³	Karb. tvrdoća mgCaCO ₃ /dm ³	Alkalinitet mgCaCO ₃ /dm ³	Vodljivost μS/cm ¹	Vrijednost pH	NO ₂ mg/1	NO ₃ mg/1	PO ₄ mg/1
1	25	11	6,0	8,80	0,948	396,2	249,9	25	536	7,14	0,03	8,25	0,33
2	25	11	6,8	11,44	3,160	455,1	259,8	26	647	7,24	0,00	8,11	0,00
3	24	11	7,6	11,22	6,040	796,1	289,8	29	1340	6,89	0,00	27,74	0,20
4	25	12	6,6	7,70	3,160	624,7	399,8	40	1378	7,18	0,00	26,73	0,20
5	25	12	7,6	6,16	2,528	249,5	149,9	15	421	6,77	0,76	5,59	0,18
6	24	11	7,4	9,02	3,792	294,5	214,2	22,5	630	6,88	0,00	13,15	0,00
7	25	12	7,4	9,90	1,580	687,2	276,3	28	940	6,98	0,00	19,59	0,66
8	25,5	12	7,1	4,18	1,580	362,3	221,3	21,5	493	7,18	0,00	6,99	0,67
9	25,5	12	6,8	14,30	4,424	581,9	258,4	26,6	953	7,07	0,00	8,95	0,65
10	25	11	8,2	11,4	6,952	580,1	449,8	45	1510	7,03	0,00	13,33	0,52
11	25	11	6,2	8,24	4,108	446,2	195,6	36	1105	6,95	0,00	18,75	0,59
12	26	11,5	7,4	6,70	3,476	298,0	199,9	20	665	6,85	0,00	11,12	0,54
13	26	12,5	6,9	7,70	4,740	319,5	174,9	17,5	715	6,71	0,00	23,33	0,59
14	26	11	5,6	7,77	7,248	630,1	421,9	39	1116	7,07	0,00	22,74	0,66
15	26	11,5	7,0	8,24	8,216	333,7	189,9	19	755	6,63	0,00	13,33	0,61
16	26	12	5,9	12,30	7,262	533,1	294,8	29,5	1123	6,98	0,00	19,73	0,56
17	26	11	2,6	11,80	11,620	514,0	414,1	39,5	1320	6,74	0,07	12,87	0,67
18	26	12,5	4,6	11,10	9,790	444,4	299,2	30	922	7,23	0,36	20,50	1,87
19	26	12,5	7,6	7,48	1,580	562,2	459,8	46	1128	7,12	0,51	8,88	1,63
20	26	11	6,8	4,62	7,268	699,7	239,9	24	1520	6,93	0,45	9,14	1,77

x NO₂ i NO₃ kac N; PO₄ kao P

Tablica 3. Rezultati analize fizičko-kemijskih svojstava bunarske vode Virja ljeti 1987. godine

Bunar broj	Temp. zraka °C	Temp. vode °C	Otop. O ₂ mg/dm ³	CO ₂ mg/dm ³	KMnO ₄ potr. mg/dm ³	Ukupno tvrd. mgCaCO ₃ /dm ³	Karb. tvrdoća mgCaCO ₃ /dm ³	Alkalinitet mgCaCO ₃ /dm ³	Vodljivost μS/cm ¹	Vrijednost pH
1	7	11	7,30	18,70	24,33	276,7	264,8	26,5	475	7,13
2	7	11	6,50	9,90	18,96	339,1	284,8	28,5	570	7,33
3	6,5	10,5	7,20	8,80	11,37	310,6	174,9	17,5	890	7,36
4	6,5	10,5	4,80	13,64	6,32	530,1	407,8	40,5	1199	7,16
5	6,5	11	7,10	6,82	5,68	315,9	149,9	15	367	6,98
6	6,5	11	4,90	10,34	4,42	285,6	194,9	19,5	527	7,07
7	6,5	11	6,20	5,06	6,32	421,2	269,8	27	876	7,09
8	6,5	11,2	5,20	6,82	4,74	258,8	204,9	20,5	433	7,32
9	6,5	10,8	5,40	22,00	7,58	358,7	249,9	25	775	7,30
10	6,5	10,2	5,30	11,88	7,26	553,3	444,8	44,5	1390	7,25
11	6,5	10,2	5,20	8,80	3,16	508,7	354,8	35,5	943	7,56
12	6,5	11,2	6,20	10,34	3,79	299,8	219,9	22	587	7,16
13	6,5	10,2	6,3	12,10	3,79	346,2	174,9	17,5	696	7,10
14	6,5	11,2	5,20	14,96	5,05	496,2	409,8	41	1034	7,23
15	6,5	11	5,20	7,04	6,63	294,5	159,9	16	641	6,93
16	6,5	12	5,60	4,18	7,26	528,3	274,8	27,5	1068	7,66
17	6,5	11,2	1,30	20,68	6,32	490,8	309,8	31	1261	7,04
18	6,5		0,80	5,08	8,53	307,2	224,9	22,5	716	7,28
19	6,5	10,5	5,30	8,80	1,89	571,2	384,8	38,5	1044	7,51
20	6,5	10,8	7,70	3,98	3,16	681,8	194,9	19,5	1300	7,41

Tablica 4. Rezultati analize fizičko-kemijskih svojstava bunarske vode Virja u jesen 1987. godine

Bunar broj	Temp. zraka °C	Temp. vode °C	O ₂ mg/dm ³	CO ₂ mg/dm ³	KMnO ₄ potr. mg/dm ³	Ukupno tvrd. mgCaCO ₃ /dm ³	Karb. tvrdoća mgCaCO ₃ /dm ³	Alkalinitet mgCaCO ₃ /dm ³	Vodljivost μS/cm ¹	Vrijednost pH	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l
1	4	11,2	6,3	9,90	5,372	209,9	276,6	27,5	711	7,10	0,12	12,25	0,31
2	4	11,2	6,8	8,14	3,160	355,2	249,9	25	516	7,30	0,03	11,17	0,60
3	4	10	7,8	9,02	9,480	365,8	299,8	30	984	6,97	0,09	7,50	0,49
4	4	10	6,0	10,12	7,900	544,4	389,8	39	1100	7,12	0,04	10,21	1,88
5	4	11	7,6	7,26	3,160	194,5	169,9	17	313	6,86	0,12	11,38	1,77
6	4	44,2	7,4	7,26	3,792	378,4	219,9	22	487	6,92	0,30	11,36	1,68
7	4	10,5	7,2	9,42	3,792	428,4	359,8	26	785	7,00	0,03	10,22	1,63
8	4	11	6,8	8,14	7,900	230,2	229,9	23	394	7,23	0,06	3,02	0,86
9	4	11	7,2	12,10	6,320	320,0	184,9	18,5	654	7,10	0,36	12,85	0,90
10	4	11	7,8	11,40	6,320	583,6	394,8	39,5	1194	6,98	0,03	4,55	0,26
11	4	11	6,3	10,34	5,372	480,1	359,8	36	807	7,09	0,03	8,64	0,85
12	4	11,2	6,6	9,68	3,056	289,1	194,9	19,5	519	6,83	0,06	10,47	1,02
13	4	11	6,2	9,68	7,268	348,0	149,9	15	594	6,65	0,24	6,00	1,18
14	4	11,2	5,8	16,94	7,584	490,8	369,8	37	908	7,01	0,06	11,51	0,75
15	4	10,5	4,8	9,46	7,900	323,0	199,9	20	579	6,84	0,18	14,95	1,00
16	4	12	7,2	6,82	6,320	506,9	279,8	28	943	7,25	0,16	8,64	1,06
17	4	11	0,8	16,94	11,060	428,4	319,8	32	1101	6,68	0,09	12,71	1,62
18	4	9	2,3	8,14	8,216	421,2	254,8	25,5	831	6,88	0,38	14,32	1,64
19	4	11	5,8	6,82	6,320	547,9	354,8	37,5	939	6,91	0,24	7,00	1,64
20	4	11,2	6,1	2,42	6,164	546,2	109,9	11	1131	7,40	0,20	4,79	1,18

x NO₂ i NO₃ kao N; PO₄ kao P

Tablica 5. Rezultati analize fizičko-kemijskih svojstava bunarske vode Virja zimi 1987. godine

5.2. Rezultati bakterioloških ispitivanja bunarske vode Virja

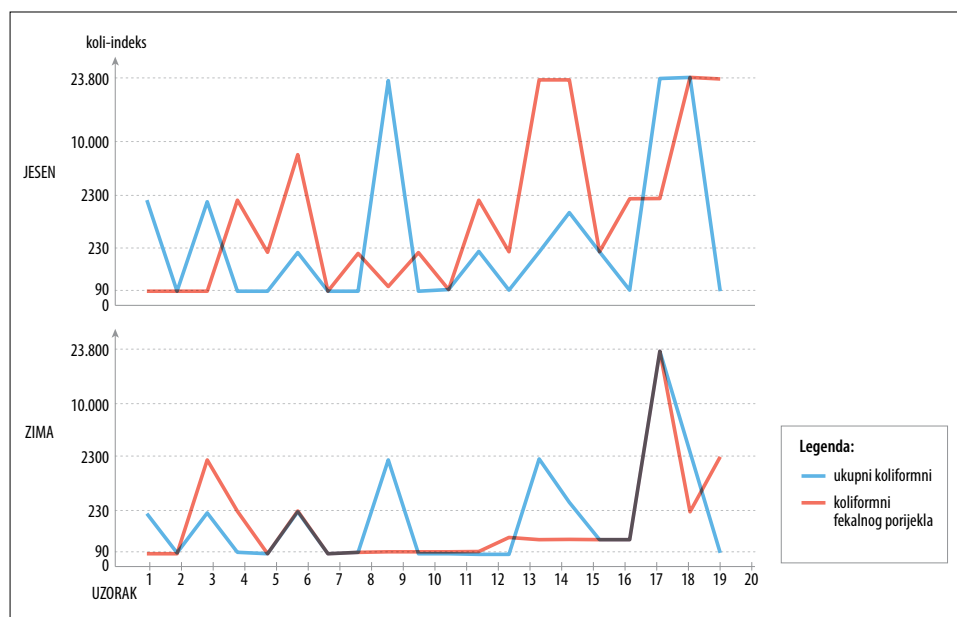
Važan biotički faktor u određivanju kvalitete pitke vode je i bakterijska slika uzorka jer govori o određenoj vrsti onečišćenja koje je nažalost sve evidentnije na području Virja i njegove okolice. Higijensko-epidemiološka služba Doma zdravlja Đurđevac prati kvalitetu bunarske vode nekih objekata na njezinom području i propisuje određenu sanaciju radi poboljšanja bakterijske slike uzorka pitke vode.

Iz priloženih podataka (Tablica 6, 7, 8 i 9) može se uočiti da mnogi bunari ne odgovaraju zahtjevima za zdravu pitku vodu prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti pitke vode (Službeni list SFRJ, 33/87) jer sadrže povišen broj ukupnih koliformnih i koliformnih bakterija fekalnog porijekla, veliki ukupan broj bakterija, a neki i termofilne bakterije kao indikatore zagađenja gnojnicom.

Usporedbom rezultata vidimo da je u većini bunara bakterijska slika bolja zimi i što je zanimljivo ljeti. To znači u vrijeme najnižih temperatura vode kada je generacijsko vrijeme bakterija znatno produljeno i u vrijeme kada zbog sušnog razdoblja nema znatnijeg ispiranja s površine. Najlošija slika je u proljeće kada su u preko 50% bunara potvrđene koliformne bakterije fekalnog porijekla i termofilne bakterije.

U plitkim je bunarima stalno prisutan veći broj bakterija. Duboki bunari s debljom krovinom u južnom dijelu naselja prema Bilogori imaju niske vrijednosti koli-indeksa pa je potreban veći titar kako bi uzrokovao pozitivnu reakciju.

Odnos ukupnih koliformnih i koliformnih bakterija fekalnog porijekla tijekom jeseni i zime 1987. godine prikazuje grafikon 2. U jesen su izmjerene vrijednosti indeksa koliformnih bakterija fekalnog porijekla nešto više nego zimi, a jasno je utvrđen pomak prema nižim vrijednostima na istim lokalitetima. To potvrđuje pretpostavku da na pojedinim lokalitetima postoje stalni zagađivači, a to ovisi o položaju bunara i o direktnom ispiranju s površine te blizine upojnih i septičkih jama. U jednom takvom bunaru prilikom uzimanja faunističkih uzoraka nađena je kolonija Ciliata, Carchesium poly-pinum L. koja prema Sladačeku (1973.) spada u α -mesosaprobne indikatore s indeksom saprobnosti od 2,85. Očito da dolazi do kolmatacije intersticija, slabljenja protoka vode i smanjenja filtracijske sposobnosti tla.



Grafikon 2. Odnos koli-indeksa ukupnih koliformnih bakterija i koliformnih bakterija fekalnoga porijekla u bunarskoj vodi Virja u 1987. godini



Slika 4. Zaštićeni napušteni bunar u središtu Virja dubine 18 metara

Bunar broj	Podloga ALPV				Temperatura 37°C – 48 h		Podloga HA Temp. 55°C – 24 h Broj termofila u 1 ml H ₂ O
	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar	
1	+	+	-	-	2300	0,4	5
2	+	-	-	-	230	4,3	5
3	-	-	-	-	90	11,1	0
4	+	+	-	-	2300	0,4	5
5	+	-	-	-	230	4,3	0
6	+	-	-	-	230	4,3	0
7	+	-	-	-	230	4,3	0
8	+	+	-	-	2300	0,4	0
9	+	-	-	-	230	4,3	5
10	+	-	-	-	230	4,3	0
11	+	-	-	-	230	4,3	10
12	-	+	-	-	95	10,5	0
13	+	-	-	-	230	4,3	0
14	+	-	-	-	230	4,3	15
15	+	+	+	-	23800	0,04	0
16	+	+	+	+	23800	0,01	20
17	+	+	+	-	23800	0,04	25
18	+	+	-	+	9600	0,1	25
19	-	-	-	-	90	11,1	10
20	+	-	-	-	230	4,3	0
Srednja vrijednost					4524	3,85	-

Tablica 6. Rezultati bakteriološke analize bunarske vode Virja u proljeće 1987. godine

Bunar broj	Podloga ALPV				Temperatura 37°C – 48 h		Podloga HA Temp. 55°C – 24 h Broj termofila u 1 ml H ₂ O
	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar	
1	+	-	-	-	230	4,3	0
2	-	-	-	-	<90	>11,1	0
3	+	+	-	-	2300	0,4	0
4	+	-	-	-	230	4,3	0
5	+	-	-	-	230	4,3	0
6	-	-	-	-	<90	>11,1	0
7	+	-	-	-	230	4,3	0
8	+	-	-	-	230	4,3	0
9	-	-	-	-	<90	>11,1	0
10	+	-	-	-	230	4,3	0
11	+	-	-	-	230	4,3	0
12	+	+	-	-	2300	0,4	10
13	+	-	-	-	230	4,3	0
14	+	+	+	+	>23800	<0,01	0
15	+	+	-	-	2300	0,4	0
16	+	-	-	-	230	4,3	0
17	+	+	+	-	>23800	<0,01	0
18	+	+	-	-	2300	0,4	0
19	-	-	-	-	<90	>11,1	0
20	+	-	-	-	230	4,3	5
Srednja vrijednost					2973	4,45	-

Tablica 7. Rezultati bakteriološke analize bunarske vode Virja ljeti 1987. godine

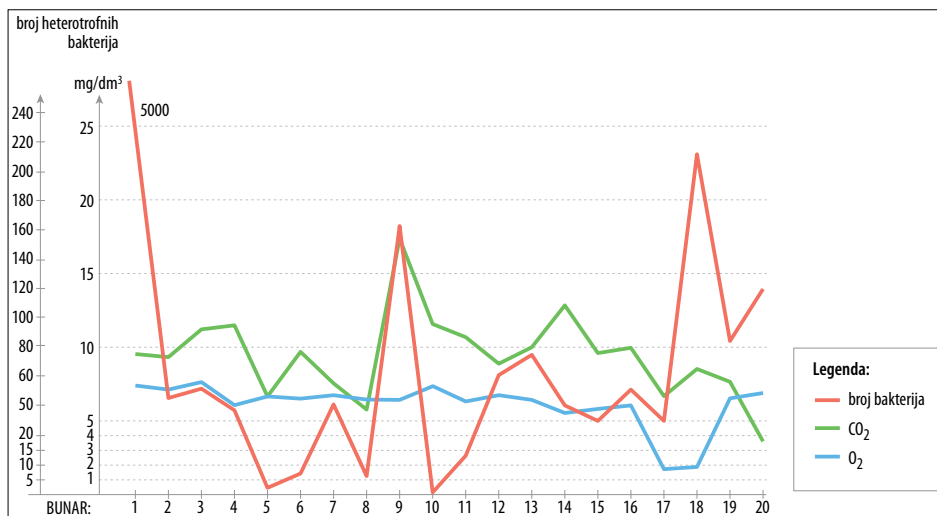
Bunar broj	Ukupni koliformni ALPV				Temperatura 37°C – 48 h		Fekalni koliformni ALPV				Temperatura 44°C – 24 h		Br. termofila HA 55°C – 24 h	Br. saprofita HA 37°C – 24 h
	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar		
1	-	-	-	-	<90	>11,1	+	+	-	-	2300	0,4	0	1
2	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	0	0
3	-	-	-	-	<90	>11,1	+	+	-	-	2300	0,4	0	2
4	+	+	-	-	2300	0,4	-	-	-	-	<90	>11,1	0	2
5	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	2
6	+	+	-	+	9600	0,1	+	-	-	-	230	4,3	0	2
7	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	0	55
8	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	0
9	-	+	-	-	95	10,5	+	+	+	-	23800	0,04	0	310
10	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	0
11	-	+	-	-	95	10,5	-	-	-	-	<90	>11,1	0	24
12	+	+	-	-	2300	0,4	+	-	-	-	230	4,3	0	154
13	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,0	0	181

Bunar broj	Ukupni koliformni ALPV				Temperatura 37°C – 48 h		Fekalni koliformni ALPV				Temperatura 44°C – 24 h		Br. termofila HA 55°C – 24 h	Br. saprofita HA 37°C – 24 h
	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar		
14	+	+	+	-	23800	0,04	-	+	+	-	220	4,6	0	14
15	+	+	+	+	>23800	<0,01	+	-	+	-	940	1,0	0	27
16	+	-	-	-	230	4,3	+	-	-	-	230	4,3	0	3
17	+	+	-	-	2300	0,4	-	-	-	-	<90	>11,1	0	1
18	+	+	-	-	2300	0,4	+	+	+	-	23800	0,04	0	460
19	+	+	+	-	23800	0,04	+	+	+	-	23800	0,04	0	7
20	+	+	+	-	23800	0,04	-	-	-	-	<90	>11,1	0	147
Srednja vrijednost					5785	4,43					3937	6,52	-	-

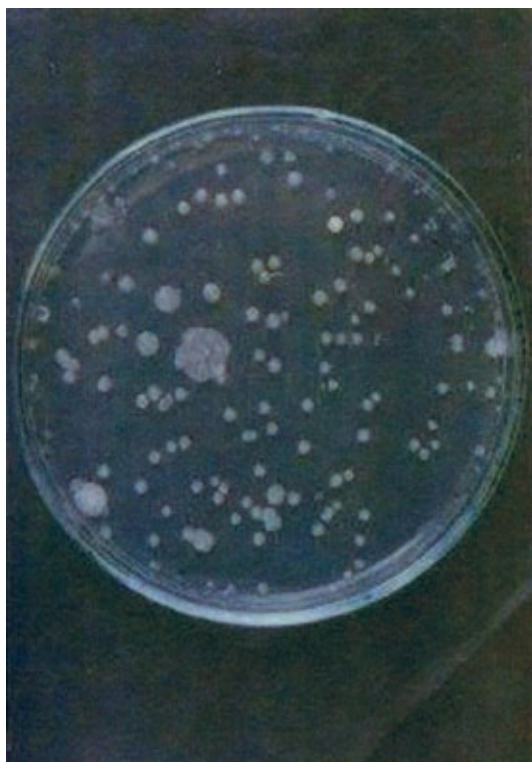
Tablica 8. Rezultati bakteriološke analize bunarske vode Virja u jesen 1987. godine

Bunar broj	Ukupni koliformni ALPV				Temperatura 37°C – 48 h		Fekalni koliformni ALPV				Temperatura 44°C – 24 h		Br. termofila HA 55°C – 24 h	Br. saprofita HA 37°C – 24 h
	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar	10	1	-1	-2	Koli-indeks	Koli-titar		
1	-	-	-	-	<90	>11,1	+	-	-	-	230	4,3	0	10000
2	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	0	90
3	+	+	-	-	2300	0,4	+	-	-	-	230	4,3	0	100
4	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	74
5	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	0	4
6	+	-	-	-	230	4,3	+	+	-	-	2300	0,4	0	10
7	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	5	41
8	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	0	17
9	-	-	-	-	<90	>11,1	+	+	-	-	2300	0,4	0	36
10	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	5	0
11	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	0	0
12	-	-	-	-	<90	>11,1	-	-	-	-	<90	>11,1	5	10
13	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	4
14	+	-	-	-	230	4,3	+	+	-	-	2300	0,4	0	50
15	+	-	-	-	230	4,3	+	-	-	-	230	4,3	0	27
16	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	100
17	+	-	-	-	230	4,3	-	-	-	-	<90	>11,1	0	50
18	+	+	+	+	>23800	<0,01	+	+	+	-	23800	0,04	15	17
19	+	-	-	-	230	4,3	+	+	-	-	2300	0,4	0	140
20	+	+	-	-	2300	0,4	-	-	-	-	<90	>11,1	0	85
Srednja vrijednost					1553	6,8					1738	7,4	-	-

Tablica 9. Rezultati bakteriološke analize bunarske vode Virja zimi 1987. godine



Grafikon 3. Odnos broja heterotrofne bakterije, topljenog kisika i ugljik (IV) oksida u bunarskoj vodi Virja tijekom 1987. godine



Slika 5. Kolonije heterotrofne bakterije iz uzoraka bunarske vode Virja na MPA

Visoke srednje vrijednosti koli-indeksa u nekim dubokim bunarima s debelom krovinom potkrepljuje mišljenje o utjecaju fekalnih voda iz septičkih i upojnih jama. Nažalost postoje napušteni bunari u koje neodgovorni vlasnici ispuštaju otpadne vode iz domaćinstva.

Mjerenja ukupnog broja heterotrofne bakterije u 1ml uzorka u jesen i zimi pokazala su da u jesenskom periodu voda iz 25% bunara ne odgovara vodi za piće prema Pravilniku.

U jednom su bunaru izmjerene jako velike vrijednosti ukupnih saprofitnih bakterija, a najvjerojatniji je razlog raspadanje neke životinje (npr. kokoši) upale u nezaštićeni bunar.

Uspoređivanjem srednje vrijednosti ukupnog broja heterotrofne bakterije (Grafikon 3) vidimo da 20 % bunara po toj stavki stalno ne odgovara zahtjevima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti pitke vode 1987. godine. No, ako gledamo broj koliformnih bakterija fekalnog porijekla onda u 55 % bunara voda ne odgovara propisanoj kvaliteti. Ako se u budućnosti kriteriji pooštire, što je i realnost, tada bi situacija postala alarmantna i nalaže hitne mjere za gradnju magistralnog vodovoda za cijelu Podravinu.⁹

⁹ Godine 2011. počela je gradnja magistralnog vodovoda Virje-Šemovci-Hampovica-Rakitnica-Miholjanec-Donje Zdjelice, a u prvoj polovici 2012. izgradnja je dovršena te je izvršen tehnički pregled. Vrijednost investicije je bila 3.349.897,72 kuna. Iste je godine izgrađen i sekundarni cjevovod kroz predio vinograda Podgorice uz financiranje vlasnika parcela. Godine 2012. rekonstruiran je magistralni vodovod kroz Virje u što je uloženo 3.366.021,17 kuna. Valja naglasiti da 90% troškova financiraju Hrvatske vode, a ostatak Županija i Općina. Također je dogovoreno financiranje izgradnje sekundarnih mreža po naseljima, potpisani su ugovori ali radovi stoje zbog nedostatka novca uzrokovano dugogodišnjom recesijom. U općini Virje ima do studenoga 2014. 869 priključaka, od čega na domaćinstva spada 704, na vikendice 98 i na poslovne subjekte 67 priključaka na vodovodnu mrežu.

Budući je dokazano fekalno onečišćenje podzemnih voda izvršena je biokemijska diferencijacija čiste kulture. U svim ispitanim uzorcima je prisutna *Escherchia coli fec.*, a dokazane su i *Proteus* vrste čija prisutnost u pitkoj vodi nije dozvoljena. Stoga možemo sa sigurnošću tvrditi da fekalne otpadne vode pomalo prodiru u podzemlje iz upojnih i septičkih jama i ugrožavaju zdravlje ljudi. Stoga uz izgradnju vodoopskrbne mreže valja započeti i gradnju kanalizacijskog sustava.

Posebni problem je prisustvo termofilnih bakterija u bunarskoj vodi Virja (Tablica 10). Brojna poljoprivredna gospodarstva sakupljaju organski otpad u gnojišta gdje ispiranjem nastaje gnojnica. Ona sadrži puno nerazgrađenih organskih tvari i gotovih produkata mineralizacije i kao takva služi kao izvrsno tekuće gnojivo koje poljoprivrednici odvoze cisternama na njive i livade.

Gnoju zbog bakterijske razgradnje raste temperatura i taj medij pruža optimalne uvjete za razvoj termofilnih bakterija koje pak ispiranjem dolaze u podzemlje. U proljetnom mjerenu u vrijeme obilnih kiša čak 50% bunarske vode je imalo pozitivnu reakciju na termofilne bakterije. Postoje dokazi da termofile bakterije, osim ispiranjem ulaze u podzemne vode i na druge načine i zagađuju cijeli intersticij. Potvrda toga je činjenica da su termofilne bakterije potvrđene i u 45 metara dubokom bunaru Dobrovoljnog vatrogasnog društva Virje. Valja ipak imati na umu da temperatura podzemnih voda ipak predstavlja ograničavajući faktor za razvoj termofilnih bakterija.

Bunar broj	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Proljeće	5	5	0	5	0	0	0	0	5	0	10	0	0	15	0	20	20	25	10	0
Ljeto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	5
Jesen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zima	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0

Tablica 10. Broj termofilnih bakterija u bunarskoj vodi Virja tijekom 1987. godine

5.3. Fauna bunarske vode mjesta Virja

Podzemne vode svojim specifičnim životnim uvjetima predstavljaju biotop u kojem se kvalitativne i kvantitativne promjene sastava živog svijeta odvijaju veoma sporo.

Možemo reći da podzemlje djeluje konzervirajuće na organizme pa stoga tu nalazimo brojne endeme i relikte. Bogatstvo podzemne faune je naročito naglašeno u našim krškim krajevima, pogotovo onih koja su bila u blizini oledbi gdje se zadržala predglacijalna i glacijalna fauna.

Proučavajući bunare Virja kao *prozor* kroz koje možemo sagledati sastav podzemne faune ovoga kraja, uočavamo da i tu postoji relativno bogatstvo vrsta čije populacije izgrađuje mali broj jedinki što je i inače karakteristika podzemlja. Samo u izuzetnim situacijama nailazimo na brojnije populacije i to troglofilnih vrsta. Tijekom 1987. godine u bunarima Virja nađeno je 56 vrsta organizama iz 9 skupina i to:

1. Ciliata
2. Turbellaria
3. Rotatoria
4. Nematodes
5. Gastropoda
6. Clitellata
7. Arachnida
8. Crustacea
9. Insecta

Popis vrsta po sistematskim skupinama:

- Razred: **Ciliata**
 Paramecium caudatum, Ehrenberg
 Carchesium polypinum, L.
 Paramecium sp.
- Razred: **Turbellaria**
 Polycelis nigra, Ehrenberg
 Phagocata albissima, Vejdovsky
- Razred: **Rotatoria**
 Hydatina senta, Ehrenberg
 Rotaria rotatoria, Pallas
- Razred: **Nematodes**
 Prodorylaimus longicaudatus,
 Bütscheli
 Dorylaimus stagnalis, Duj.
 Dorylaimus filiformis, Bastian
 Monochus sigmaturus, Cob.
 Alaimus primitivus, de Mann
 Monochus sp.
- Razred: **Gastropoda**
 Valonia pulchella, O. F. Müller
- Razred: **Clitellata**
Oligochaeta
 Lumbriculus variegatus, O. F. Müller
 Pristina bilobata, Brettscheer
 Tubifex tubifex, O. F. Müller
Hirudinea
 Glossiphonia complanata, L.
- Razred: **Arachnida**
Acarina - Hydrachnelae
 Hydrachna uniscutata, Sig. Thor.
 Limnesia maculata, O. F. Müller
 Hydrachna sp.
- Razred: **Crustacea**
Ostracoda
 Candona candida, Vavra
 Candona neglecta, G. O. Sars
Copepoda
 Diacyclops bicuspidatus, Claus
 Diacyclops languidus, G. O. Sars
 Diacyclops bisetosus, Rehenber
- Paracyclops fimbriatus, Fischer
 Macrocyclus albidus, Jurine
 Macrocyclus fuscus, Jurine
 Megacyclus viridis, Jurine
 Nauplij div. ssp.
Isopoda
 Asellus cavaticus, Schiödte
Amphipoda
 Niphargus croaticus, Jurinac
 Niphargus stygius, Schiödte
 Niphargus orcinus, Joseph
 Niphargus puteanus, C. L. Koch
 Niphargus kochianus, Bate
 Synerella ambulans, Müller Fr.
 Gamarus fossarum, Koch
- Razred: **Insecta**
Collembola
 Folsomia fimaterina, (L.) Tullberg
 Isotoma viridis ssp., Div. Bourl.
 Isotomurus palustris, (Müller) Börner
 Tullbergia krausbaueri, Börner
Plecoptera
 Nemoura sp.
Coleoptera
 Gyrius substriatus lič., Stephenes
 Hydrobius fuscipes, L.
 Hydraticus transversalis, Pontopp
 Coleopetra sp., lič.
Diptera
 Culex pipiens lič., L.
 Culex sp., lič
 Atherix sp., lič.
 Chironomidae ssp., lič.
 Diptera ssp., lič.
Hemiptera
 Nepa rubra, L.

Broj vrsta izražen u postocima je sljedeći:

Ciliata 5,66 %	Clitellata 5,66 %
Turbellaria 3,57 %	Arachnida 3,57 %
Rotatoria 3,57 %	Crustacea 36,71 %
Nematodes 10,71 %	Insecta 26,98 %
Gastropoda 3,57%	

Iz popisa je vidljiva razlika u broju vrsta pojedinih sistematskih skupina jer su i životni uvjeti za pojedine vrste različiti. Najveći broj je vrsta iz razreda Crustacea od čega je jedan dio troglobionata kao npr rod *Niphargus*. Drugo su troglofili kao npr. veslonošci dok su drugi troglokseni organizmi kao neki kukci, pijavice i drugi. Povećan broj vrsta iz razreda Nematodes je nađen u bunarima s izrazito lošom kvalitetom vode.

Iz popisa vrsta i broja jedinki (Tablica 11) kroz četiri godišnja doba 1987.godine vidljivo je da on varira po godišnjim dobima. Najveći broj vrsta u svim bunarima je nađen u proljetnom periodu da bi se prema zimi postepeno smanjivao. Tu se radi uglavnom o trogloksenim organizmima kod kojih je izražen periodicitet u razvoju budući su neki bunari pod snažnim utjecajem s površine. Dublji bunari imaju manji broj vrsta jer je u njima manji broj trogloksenih organizama. U plićim bunarima je veliki broj različitih trogloksenih organizama posebno iz porodice Cyclopidae¹⁰ kojima očito odgovara biotop s puno jednostaničnih zelenih algi i dosta svjetla.

Česte su i ličinke rakova nađene u 60 % bunara i to tijekom cijele godine što znači da u tom biotopu nije naglašen njihov seksualni periodicitet, iako se može uočiti porast razmnožavanja u proljeće. Najbrojnije su neke vrste Cyclopidae koje su rašireni kosmopolitski, eurivalentni organizmi što im omogućuje razvoj u različitim životnim uvjetima. Opći je zaključak da se broj vrsta smanjuje od proljeća prema zimi zbog promjene životnih uvjeta i smanjenja utjecaja s površine. Odnos broja vrsti i jedinki obrnuto je proporcionalan i može se povezati s kvalitetom bunarske vode. Posebni životni uvjeti u pojedinim bunarima uvjetovali su relativan pad broja vrsta ali s brojnim populacijama i to najviše iz porodice Cyclopidae.

Očito da postoje faktori koji djeluju optimalno ili su ograničavajući, a ovise o utjecaju s površine kojom su bunari u kontaktu na razne načine. Neke od nađenih vrsta su i indikatori onečišćenja voda na stupnju limnosaprobnosti (Sladaček 1973.). Indikatorske vrijednosti tih organizama su sljedeće:

Indikatorska vrijednost

Ime vrste	s	x	o	β	α	p	G	S
<i>Carhesium polipinum</i>	α			2	7	1	3	2,85
<i>Paramecium caudatum</i>	α			+	7	3	4	3,30
<i>Rotaria rotatoria</i>	α		+	1	6	3	3	3,25
<i>Tubifex tubifex</i>	p			+	2	8	4	3,80
<i>Glossiphonia complanata</i>	β - α		+	6	4		3	2,40
<i>Macrocyclus fuscus</i>	β -o		4	6			3	1,60
<i>Macrocyclus albidus</i>	β		2	6	2		2	2,00
<i>Macrocyclus viridis</i>	β -o		4	5	1		2	1,65
<i>Niphargus div., sp.</i>	x	10					5	0,10

Vrste roda *Niphargus* kao indikatora ksenosaprobnih voda nalazili smo u dubljim bunarima s debelom zaštitnom krovinom od ilovače i boljom bakterijskom slikom. U nekim dubljim bunarima ih nije bilo zbog sezonskog onečišćenja vode.

Tubifex tubifex kao indikator polisaprobnosti nema u ovom slučaju neko značenje jer je nađen jedan primjerak slučajno naplavljen u podzemlje. Vrste koje su indikatori beta - mesosaprobnosti javljaju se u plitkim bunarima u kojima je jak utjecaj onečišćenja s površine i jaka bakterijska aktivnost stoga ti bunari imaju najlošiju kvalitetu pitke vode.

¹⁰ Cyclopidae su omnivori koji se hrane pretežno živim organizmima, ali i mrtvom organskom tvari i detritusom. Kod mnogih su razvijene oči (*Paracyclus fimbriatus*), a kod drugih postoje razne faze redukcije očiju, pa sve do potpuno slijepih (*Cyclops serrulatus*). Kod vrsta *C. nanus* i *C. teras* i nekih dugih ne postoji očni pigment, ali ako se nalaze na svjetlu on se brzo obnovi. Među ciklopidima postoje mnogi konzervativni oblici velike starosti (*Diacyclops marcurus* var. *subterraneus*).

Vrsta	Proljeće	Ljeto	Jesen	Zima	Ukupno
<i>Paramecium caudatum</i>	25	37	0	0	62
<i>Carchesium polypinum</i>	0	0	0	0	1
<i>Paramecium sp.</i>	15	0	0	0	15
<i>Polycelis nigra</i>	0	0	3	2	5
<i>Phagocata albissima</i>	2	0	0	0	2
<i>Hydatina senta</i>	120	12	8	0	140
<i>Rotaria rotatoria</i>	7	0	0	0	7
<i>Prodorylaimus longicaudatus</i>	0	2	0	0	2
<i>Dorylaimus stagnalis</i>	0	3	1	0	4
<i>Dorylaimus filiformis</i>	0	1	0	0	1
<i>Monochus sigmaturus</i>	0	1	0	0	1
<i>Alaimus primitivus</i>	2	0	6	0	8
<i>Monochus sp.</i>	5	0	0	0	5
<i>Vallonia pulchella</i>	0	0	1	0	1
<i>Armiger crista</i>	0	1	0	1	2
<i>Lumbriculus variegatus</i>	0	0	1	0	1
<i>Tubifex tubifex</i>	0	0	1	0	1
<i>Pristina bilobata</i>	3	0	0	0	3
<i>Glossiphonia complanata</i>	1	0	0	0	1
<i>Hydrachna uniscutata</i>	29	17	0	0	46
<i>Limnesia maculata</i>	21	11	11	3	46
<i>Hydrachna sp.</i>	9	0	0	0	9
<i>Candona candida</i>	2	0	0	0	2
<i>Candona neglecta</i>	8	11	0	0	19
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>	793	462	207	33	1.495
<i>Diacyclops languidus</i>	414	398	120	5	937
<i>Diacyclops bisetosus</i>	4	142	4	52	202
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	132	198	25	195	550
<i>Macrocyclops albidus</i>	12	80	62	172	326
<i>Megacyclops fuscus</i>	0	0	20	240	260
<i>Megacyclops viridis</i>	12	80	68	450	610
<i>Nauplij ssp.</i>	60	89	5	21	175
<i>Asellus cavaticus</i>	0	0	2	0	2
<i>Niphargus croaticus</i>	1	0	0	0	1
<i>Niphargus stygius</i>	1	0	0	0	1
<i>Niphargus orcinus</i>	3	0	0	0	3
<i>Niphargus puteanus</i>	10	3	2	2	17
<i>Niphargus kochianus</i>	1	0	0	0	1
<i>Niphargus sp.</i>	0	2	0	0	2
<i>Gammarus fossarum</i>	1	2	1	0	4
<i>Synurella ambulans</i>	25	8	4	21	58
<i>Folsomia fimaterina</i>	108	255	64	0	427
<i>Issotoma viridis div. ssp.</i>	0	0	0	5	5
<i>Isotomurus palustris</i>	19	46	3	5	73
<i>Tullbergia krausbaueri</i>	13	6	0	0	19
<i>Nemoura sp.</i>	6	5	6	0	17

Vrsta	Proljeće	Ljeto	Jesen	Zima	Ukupno
<i>Gyrius substriatus</i>	3	1	0	0	4
<i>Hydrobius fuscipes</i>	0	3	0	0	3
<i>Hydraticus transversalis</i>	0	0	0	1	1
Coleoptera sp. lič.	0	1	0	0	1
<i>Culex pipiens</i>	0	0	1	0	1
<i>Culex</i> sp. lič.	6	0	2	7	15
<i>Atherix</i> sp.	0	0	0	1	1
Chironomidae sp.	2	0	0	0	2
Diptera sp.	0	0	1	0	1
Ukupno jedinki	1.873	1.880	609	976	5.338

Tablica 11. Popis vrsta i broja jedinki u bunarskoj vodi Virja kroz četiri godišnja doba 1987. godine

Pravi subterani organizmi nađeni u bunarskoj vodi su iz porodice Gammaridae, a posebno je bogat vrstama rod *Niphargus*.

U virovskim bunarima česta je vrsta *Synurella ambulans* koja je kod nas široko rasprostranjena u podzemnim vodama (S. L. Karaman 1934., Meštrov 1957.), a možemo je naći i u površinskim vodama.

Od rotatorija nema u podzemnim vodama tipičnih i endemičnih oblika, već se radi o kosmopolitima. Javljuju se tamo gdje su nakon kiša u bunare isprane veće količine organskih tvari.

Među insektima Collembola je najrašireniji red *Endotropha*, nalazimo ih svuda i u svako godišnje doba. Česti su i u bunarima Virja. Potječu još iz devona (Matoničkin 1981.), pa su to najstarije životinje slične današnjim kukcima. Sve ostale nađene vrste kukaca u bunarskoj vodi slučajni su doseljenici u taj biotop.

Ekološka podjela vrsta na istraživanom području:

Troglobionti

Asselus cavaticus
Niphargus croaticus, *N. stygius*, *N. orcinus*,
N. puteanus, *N. kochianus*

Troglofilni

Candoa candida
Paracyclops fimbriatus
Diacyclops languidus
Synurella ambulans

Troglokseni

Paramecium caudatum
Carchesium polypinum
Polycelis nigra
Hydatina senta
Rotaria rotatoria
Prodorylaimus longicaudatus
Dorylaimus stagnalis, *D. filiformis*
Monochus sigmaturus
Alaimus primitivus
Vallonia pulchella

Armiger crista
Lumbriculus variegatus
Pristina bilobata
Tubifex tubifex
Glossiphonia complanata
Hydrachna uniscutata
Limesia maculata
Candona neglecta
Gammarus fossarum
Diacyclops bicuspidatus, *D. bisetosus*
Macrocyclops albidus
Megacyclops viridis
Folsomia fimaterija
Isotoma viridis
Isotomurus palustris
Tullbergia krausbaueri
Gyrius substriatus lič.
Hydrobius fuscipes
Hydraticus transversalis
Culex pipiens

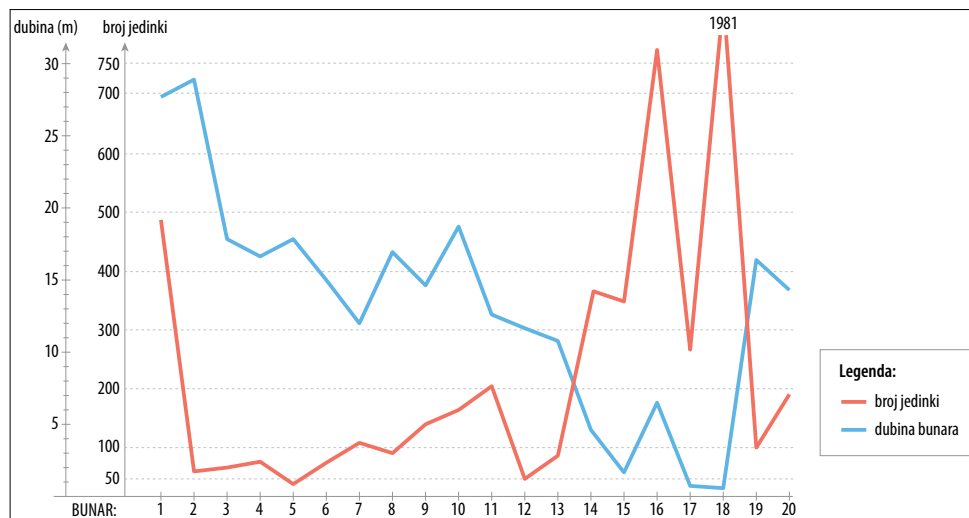
Iz popisa je vidljivo da je u bunarima Virja nađeno najmanje troglobionata. Vrste roda *Niphargus* nađene su u različitim bunarima ali s malim brojem jedinki. Troglobilne vrste su češće posebno iz porodice Cyclopidae i ima ih u svim lokalitetima s brojim populacijama (ponekad vrlo brojnim). Najbrojniji su troglobilni organizmi koji su zastupljeni s 29 rodova. Nepokriveni bunari i ispiranje s površine pogoduju naseljavanju tih organizama.

5.4. Komparativna analiza rezultata

Odnosi između kemijsko-fizičkih faktora, bakterijskih i faunističkih osobitosti bunarske vode su višestruko isprepleteni i povezani i utječu na životne uvjete u tom biotopu. Onečišćenje s površine, bilo ono stalno ili povremeno, mijenja osobine podzemne vode što se odražava i na promjenu sastava živoga svijeta.

Veliki značaj za život u vodi imaju i metabolički plinovi te količina organskih tvari u njoj. Količina otopljenog kisika i organskih tvari je mala što je i karakteristika podzemnih voda, dok su vrijednosti otopljenog ugljik (IV) oksida dosta visoke. Nešto je veća $KMnO_4$ potrošnja u plitkim bunarima zbog većeg ispiranja organskih tvari. Gotovo u svim bunarima izmjerene količine ugljik (IV) oksida i organske tvari su u paralelnom pomaku što ukazuje na kontinuiranu bakterijsku aktivnost. Stoga nema niti naglih promjena sadržaja kisika.

Ekstremno povećane količine CO_2 ukazuju da postoji neki drugi razlog kao npr. povećana bakterijska aktivnog povećanog broja heterotrofnih bakterija zbog onečišćenja s površine (Grafikon 4).



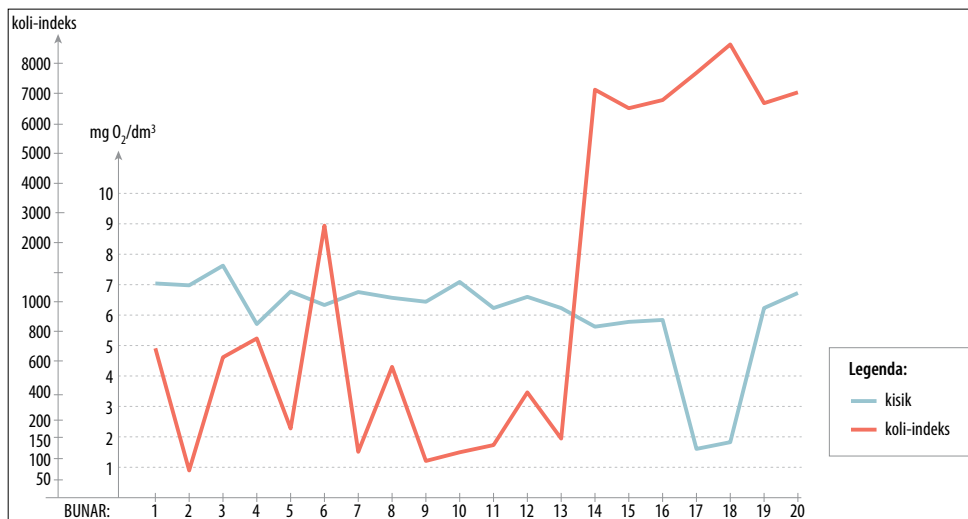
Grafikon 4.
Odnos broja jedinki i dubine bunara

Valja naglasiti da je u nekim lokalitetima s lošom bakterijskom slikom smanjena količina O_2 ali i CO_2 koji u plitkim, svijetlim bunarima alge troše za fotosintetske procese.

Zanimljivo je usporediti karbonatnu i ukupnu tvrdoću vode, te električnu vodljivost, koja ovisi o otopljenim solima i prisutnih organskih tvari koje disociraju u vodi.

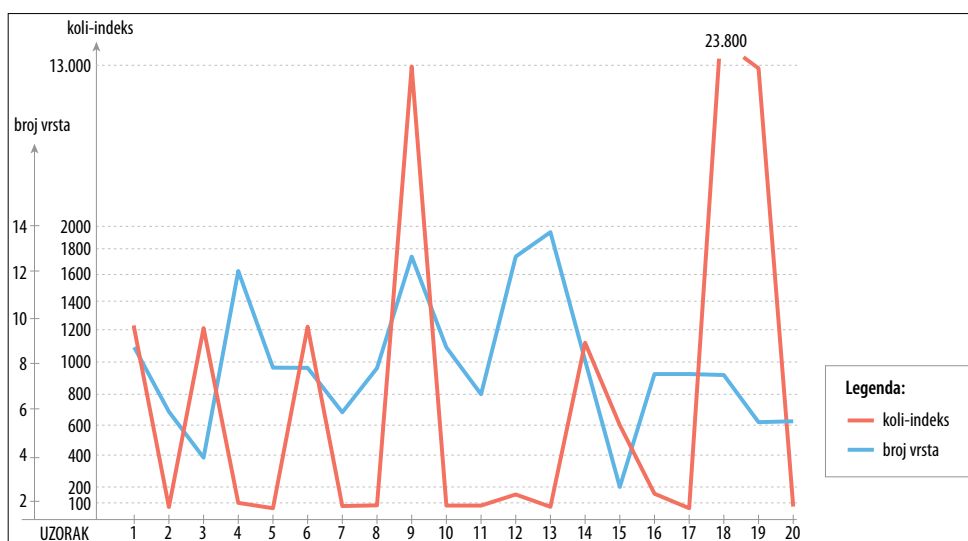
Karbonatna tvrdoća uvijek prati ukupnu tvrdoću što znači da postoji određeni odnos između kalcijevog i magnezijevog karbonata i drugih soli, posebno željeznih. U Virju se radi uglavnom o veoma tvrdim vodama iako je količina kalcijeva karbonata mala u odnosu na druge soli.

Bakterijska aktivnost u vodi je vrlo značajna. Iz grafičkog prikaza (Grafikon 5) količine O_2 i količine vidljivo je da su te vrijednosti uglavnom obrnuto proporcionalne. Potpuniju sliku tih odnosa dobijemo usporedbom odnosa ukupnog broja heterotrofnih bakterija i količine metaboličkih plinova u vodi.



Grafikon 5. Odnos srednjih vrijednosti otopljenog kisika i koli-indeksa bunarske vode Virja tijekom 1987. godine

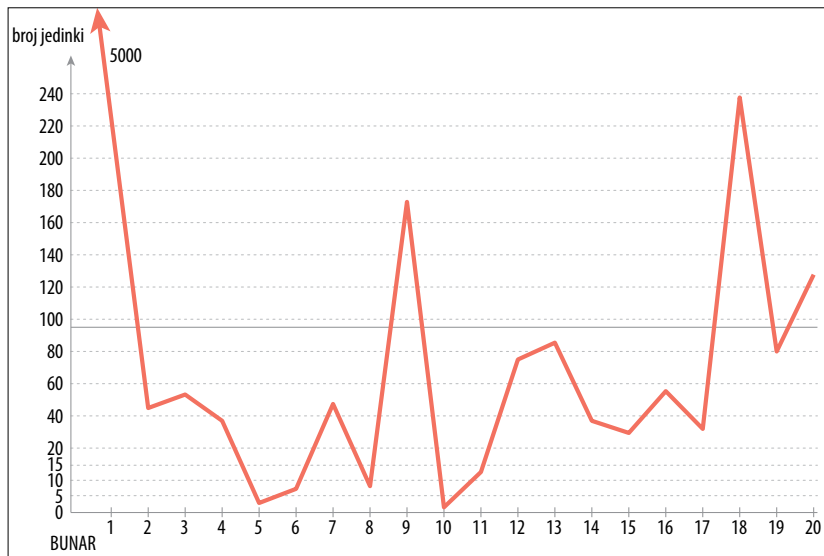
Već je naglašeno da složeni odnosi kemijsko-fizičkih faktora i aktivnosti bakterija utječu na kvalitetu bunarske vode i sastav biocenoza. U bunarima s boljom kvalitetom vode prisutno je više različitih vrsta s manjim brojem jedinki što je karakteristika podzemnih voda. S povećanjem zagađenja smanjuje se broj jedinki nekih vrsta jer ekstremniji životni uvjeti predstavljaju za njih ograničavajući faktor (Grafikon 6). Odnos koli-indeksa koliformnih bakterija fekalnog porijekla i broja vrsta u istom je odnosu kao i koli-indeks ukupnih koliformnih bakterija. U nekim bunarima, koji su zaštićeni od površinskog onečišćenja, ispitane vrijednosti pokazuju lošu sliku vode što je znak da je onečišćen intersticij.



Grafikon 6. Odnos srednjih vrijednosti koli-indeksa, broja vrsta u bunarskoj vodi Virja tijekom 1987. godine

Očito je da u određenoj mjeri dubina bunara sprječava zagađivanje s površine (Grafikon 7). Sa smanjenjem dubine bunara vode sve više gube osobine podzemnih voda pa to uvjetuje smanjenjem broja vrsti i povećavanjem broja jedinki pa ima manje heterotrofnih bakterija u bunarskoj vodi.

Na kraju valja zaključiti usporedbom svih navedenih rezultata da postoji velika mogućnost onečišćenja bunara s površine i preko intersticija. To pak ima odraz na sastav biocenoza i pojavu nekih vrsta koje su indikatori određenog stupnja onečišćenja.



Grafikon 7. Srednje vrijednosti broja heterotrofnih bakterija bunarske vode Virja u jesen i zimi 1987. godine

6. DISKUSIJA

Sve veći problem čovječanstva je opskrba pitkom vodom i dislokacija otpadnih voda. Zbog neizgrađenosti kanalizacije i pročistača otpadnih voda, otpadne vode sve više onečišćuju površinske tokove ali i čiste rezervoare podzemnih voda. Ispitivanja bunarske vode su potvrdila takve trendove i u Virju.

Bez obzira na izdašnost vodonosnih slojeva u Podravini bez kvalitetnog sustava vodoopskrbe problematično je snabdijevanje stanovništva zdravom pitkom vodom.¹¹

Kad govorimo o zagađivanju bunarske vode govorimo uglavnom o alosaprobietu, dok je autosa-probno zagađivanje uglavnom slabo jer se radi o specifičnom biotopu bez producenata i o populacijama s malim brojem jedinki. U tim vodama nema elemenata eusaprobieteta i transaprobieteta. Onečišćenje se sastoji uglavnom iz otpada iz domaćinstava, gospodarskih zgrada i od fekalnih otpadnih voda koje najviše i ugrožavaju podzemlje. Naime upojne jame se kopaju sve do prvih naslaga vodo-propusnog sloja u koji zadire i prvi vodonosni sloj, tako da se u plitkim bunarima omogućava direktan kontakt s otpadnom vodom. Stoga bez redovite kontrole vode i njezine sanacije ne bi valjalo koristiti takve bunare.¹²

¹¹ Iz bogatih vodonosnih slojeva voda se crpi za potrebe Centralne plinske stanice Molve i opskrbu stanovnika naselja sjeveroistočnog dijela Koprivničko-križevačke županije. Vodocrpilište je smješteno jugoistočno od grada Đurđevca. Crpne stanice Đurđevac I i Đurđevac II su u vlasništvu INA-Naftaplina, a u najmu su Komunalija d.o.o. iz Đurđevca. Ukupni kapacitet crpilišta iznosi 260 l/sec. vode. Vodom se uz CPS Molve opskrbljuje grad Đurđevac te općine Virje, Molve, Gola, Novo Virje, Ferdinandovac, Kalinovac, Sesvete Podravske, Kloštar Podravski i Novigrad Podravski. U pripremi je izgradnja crpilišta Đurđevac 2 kapaciteta 450 l/sec. vode. Projektima rekonstrukcije magistralnog vodovoda i izgradnjom sekundarne mreže pokrit će se cijelo uslužno područje i osigurati izvorište vode za cijelu regiju. Mreža je projektirana na način da se u budućnosti može uklopiti u regionalno povezivanje vodoopskrbe susjednih županija. Na sustavu se radi samo kloriranje, a gubici su 22%. Ukupno je do sada izgrađeno 560 km vodovodne mreže (Podaci od 3. studenoga 2014 godine).

¹² Izgradnja kanalizacije u Virju započela je 2001. godine, a gradi se kontinuirano etapno. Do sada ima Virje izgrađeno 16 km kanalizacije. Od 2006. godine gradi se sredstvima Hrvatskih voda uz manji postotak sufinanciranja Općine. Još je preostalo izgraditi 6 km cjevovoda za što je dokumentacija pripremljena. Godine 2012. zaključen je ugovor za dovršetak kompletne kanalizacijske mreže ali projekt nije realiziran zbog opće financijske krize. Virje ima 3.280 stanovnika i 1295 kućanstava, a priključak na kanalizaciju trenutno ima njih 308. To je oko 28 %. Za pet manjih naselja općine valja izraditi potrebnu dokumentaciju sustava odvodnje. Virovski pročistač otpadnih voda izgrađen je 2006. godine. Vrijednost investicije je bila 12,5 milijuna kuna a financirale su ga Hrvatske vode uz sudjelovanje Županije i Općine. Godine 2012. predan je na upravljanje Komunalijama d.o.o. Đurđevac kao i vodovodna i kanalizacijska mreža.

Značajan faktor za određivanje kvalitete podzemne vode je i njezin tok. Virje je smješteno između Drave i Bilogore i to može biti presudno za širenje onečišćenja podzemnih voda. Bunari na obroncima Bilogore su pod jačim utjecajem njezinih podzemnih voda. U tom dijelu je deblja krovina i kvaliteta vode je bolja pa bi u tom dijelu bila najpogodnija zona za eventualnu gradnju mjesnog vodovoda.

Prema istraživanjima *Geofizike iz Zagreba* (1985.) presjek zemljanih slojeva je sljedeći:

- 0 – 10 m ilovača i glina, smeđa i prašinstava,
- 10 – 18 m šljunak krupni s malo pijeska,
- 18 – 19 m glina šljunkovita,
- 19 – 23 m šljunak krupnozrnati,
- 23 – 30 m šljunak srednjezrnati s dosta pijeska,
- 30 – 32 m šljunak krupnozrnati,
- 32 – 36 m pijesak smeđi,
- 36 – 41 m šljunak krupnozrnati s malo pijeska,
- 41 – 43 m šljunak malo zaglinjen,
- 43 – 45 m šljuak srednjezrnati.

Vidne su razlike u debljini slojeva u pojedinim dijelovima Virja s tendencijom da se debljina krovine smanjuje od Bilogore prema Dravi, da bi uz nju bila manja od metra.

Odnos metaboličkih plinova O_2 i CO_2 , te količine $KMnO_4$ potroška gotovo je jednak kao i u površinskim vodama samo što su vrijednosti otopljenog O_2 i $KMnO_4$ potroška manje.

Gotovo su u svim bunarima vrijednosti kisika male i ujednačene jer nema producenata, a povećana je količina CO_2 . Povećanje organske tvari uvjetuje pad vrijednosti kisika i porast saprofitnih bakterija.

Tih bakterija inače u bunarskoj vodi ima malo za razliku od površinskih voda u kojima njihov broj ovisi o stupnju trofije. U plitkim bunarima ima dovoljno svjetla i otopljenih mineralnih soli pa je pojačana fotosinteza zbog mnoštva algi i potrošnja CO_2 . No, ipak veoma niske vrijednosti O_2 i povećana količina nitrita i nitrata govore u prilog tvrdnji o znatnoj bakterijskoj aktivnosti u tim bunarima.

Bunarske vode Virja su veoma tvrde vode s visokim vrijednostima električne vodljivosti koja je najvećim djelom uvjetovana velikim količinama karbonatnih soli.

Čak 70% bunara ima veću vrijednost električne vodljivosti od propisanih $600\mu s/cm^1$. I ta činjenica potencira gradnju vodoopskrbnog sustava kako bi postojala mogućnost kondicioniranja vode za piće.

Od 1982. godine Higijensko-epidemiološka služba Doma zdravlja Đurđevac izvodi dva puta godišnje bakteriološka ispitivanja vode bunara za javnu upotrebu zbog uvida u stanje i potrebu sanacije crpilišta. Većina uzoraka je potvrdila prisutnost koliformnih bakterija fekalnog porijekla pa voda nije odgovarala za piće i crpilište se moralo sanirati.

U Virju je ispitivana voda za 14 javnih ustanova. Postotak ispravnosti vode je bio sljedeći:

1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.
39,20%	32,14%	39,20%	42,80%	57,10%	67,20%

Razlog povećanja postotka kvalitetne vode nije smanjivanje onečišćenja već redovita sanitarna sanacija bunara.

Zagađivači i dalje ostaju i nemoguće ih je eliminirati bez izgradnje kvalitetne vodoopskrbe i kanalizacije. Sa sigurnošću se može utvrditi da bunari izvan naselja prema Bilogori imaju kvalitetniju pitku vodu kao i bunari u društvenom vlasništvu koji imaju ugrađene klorinatore. Bunari u središnjem i sjeveroistočnom dijelu mjesta često imaju vrlo lošu pitku vodu koju ipak koriste. Kvaliteta vode kontroliranih bunara ciklički se mijenja jer nakon sanacije voda odgovara propisanim standardima da bi nakon nekog vremena ponovno došlo do razvoja bakterija. Iz toga možemo izvući zaključak da je onečišćenje podzemlja konstantno i alarmantno tim više što se u dogledno vrijeme ne računa na investicije u rješavanje problema zdrave pitke vode.

Sve analize su potvrdile nazočnost koliformnih bakterija fekalnog porijekla među kojima i *Escherichia coli* od općeg značaja. Od akademskog značaja je vrsta *Streptococcus faecalis* koja je česta



Slika 6. Ulični bunar s hidroforskim postrojenjem kod virovskog groblja

u bunarskoj vodi, te *Proteus* vrste nađene u plitkim bunarima s jačim onečišćenjem vode. U nekim bunarima je povećan broj aerobnih mezofilnih i anaerobnih sulfito- reducirajućih bakterija (Higijensko epidemiološka služba Doma zdravlja Đurđevac 1987.).

Izmjerene vrijednosti svih parametara su u skladu i s istraživanjima Zavoda za zaštitu zdravlja iz Zagreba (1987.) za potrebe INA-Naftaplina.

Potvrđeno je da je bakteriološka slika voda dubljih bunara pod utjecajem Bilogore bolja dok je u plitkim bunarima u sjeveroistočnom dijelu Virja loša s visokim brojem saprofitnih bakterija te visokim koli- indeksom ukupnih i fekalnih koliformnih bakterija. Bakterije fekalnog porijekla potvrđene su nažalost i u 45 metara dubokom bunaru Dobrovoljnog vatrogasnog društva iz Virja. Budući do takvog onečišćenja nije u ovom slučaju moglo doći s površine očito je cijeli intersticij inficiran.

Zanimljiva je pojava termofilnih bakterija u bunarima koji su u blizini neuređenih gnojišta iz kojih curi gnojnica i u vrijeme kišnog perioda ispire se u podzemlje i onečišćuje vodu. U sušnom ljetnom periodu niti jedan uzorak na termofilne bakterije nije bio pozitivan.

U ispitivan uzorcima nađeno je jako malo triglobionata, nešto više troglofila i najviše trogloksenih organizma. Rod *Niphargus* zastupljen je s nekoliko vrsta u dubokim bunarima. Što su bunari plići odstupanje ekoloških faktora karakterističnih za podzemlje je veće pa prevladavaju trogloksene vrste.

Nekoliko nađenih indikator-organizma nije dovoljan podatak da bi se moglo zaključiti o trajnom znatnijem pogoršanju saprobiteta bunarske vode.

Pojedini izraženiji ekološki uvjeti u pojedinim bunarima pogodovali su razvoju posebnih skupina organizama, kao na primjer jako ispiranje s površine u proljeće razvoj *Rotatoria* ili jako tvrda voda pojavi *Ostracoda*.

Komparativnom analizom svih dobivenih podataka uočena je uska povezanost svih utjecaja na živi svijet bunarske vode, podzemne vode kao posebnog biotopa.

Temeljem svih podataka ispitivane bunare možemo podijeliti u tri skupine:

1. Duboki bunari smješteni uz same obronke Bilogore s debelom krovinom ispod koje su slojevi šljunka i pijeska kao dobar filtracijski sloj, s relativno dobrom bakterijskom slikom vode te češćom pojavom troglobionata i troglofila.
2. Dublji i srednje duboki bunari sa zadovoljavajućim fizikalno-kemijskim karakteristikama vode, osim povremene pojave nitrita i nitrata, s čestom pojavom koliformnih bakterija fekalnog porijekla i faunom brojnijom troglofilnim vrstama, ali i povremenom pojavom troglobionata.
3. Plitki i veoma plitki bunari s lošom bakterijskom slikom, jako povećanim vrijednostima nitrita, nitrata i fosfata, s visokim koli-indeksom ukupnih i fekalnih koliformnih bakterija, s fau-

nom siromašnom vrstama, ali populacijama bogatih jedinkama i pojavom uglavnom trogloksenih organizama.

Prema tome iz prve grupe se voda može koristiti za piće, iz druge uz povremenu sanaciju, a voda iz treće grupe bunara ne bi se smjela koristiti za piće ljudi jer predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje.

7. ZAKLJUČAK

1.

Proučavanje podzemne faune počelo je u 17. stoljeću i to uglavnom u izvorima i spiljama. Intenzivnija istraživanja toga biotopa započela su početkom 20. stoljeća. Istraživanja su izvodili domaći i strani istraživači. Prvi nalaz spiljskog vodozemca *Proteus anguinus* (čovječja ribica) datira iz 1686 godine.

Najveći poticaj našim biologima za istraživanje podzemnih voda, posebno intersticijskih, imala su istraživanja S.L.Karamana. Intenzivnija istraživanja voda sjeverozapadnih krajeva započela su pedesetih godina 20. stoljeća (Sket, Meštrov). Svi ti radovi potvrdili su nalaze mnogih kosmopolitskih rodova, što potvrđuje njihovu starost. Brojni su relikti i endemi.

2.

Razvojem poljoprivrede i industrije, te porastom životnog standarda raste proporcionalno i potrošnja vode te produkcija otpadnih voda različitog sastava koje onečišćuju kopnene vode i prodiru u podzemlje ugrožavajući rezervoare pitke vode. Rezultati istraživanja u Virju ukazuju na hitnu potrebu izgradnje vodoopsrbnog sustava i kanalizacije budući je intersticij sve zagađeniji, a problem je i dislokacija otpadnih voda, posebice fekalnog porijekla koje se sada ispuštaju u potok Zdelju, na njive ili u grabe.

3.

Budući je Virje smješteno između rijeke Drave i obronaka Bilogore podzemne su vode pod njihovim utjecajem. U vrijeme visokog vodostaja Drava drenira podzemne vode, a za sušnog perioda značajan je utjecaj Bilogore čije podzemne vode hrane Dravu. Zbog takvog položaja mjesta velike su razlike u dubini bunara i debljini ilovačasto-glinenog sloja, krovine. Odabrano je 20 bunara s različitim karakteristikama i mogućnostima utjecaja okoliša na njih, kako bi se dobila slika o fizičko-kemijskim faktorima, bakterijskoj flori i sastavu podzemne faune. Bitno je bilo objasniti povezanost svih tih faktora i njihov utjecaj na kvalitetu pitke vode.

4.

Korištene metode mjerenja fizičko-kemijskih faktora, bakterijskih analiza i obrade faunističkog materijala opisane su u skraćenom obliku a rezultati su bogato ilustrirani tablicama i grafikonima.

5.

Iako je u brojnim bunarima evidentno povećanje broja bakterija, količine organske tvari su povišene samo u plitkim bunarima stoga je u njima zbog pojačanog bakterijskog metabolizma povećana i količina nitrata i nitrita, a znatno smanjena količina otopljenog kisika. Prisutnost određenih količina produkata mineralizacije i svjetlosti pogodovala je razvoju algi i potrošnji ugljik (IV) oksida za fotosintezu. U većini bunara su otopljene veće količine soli pa su te vode veoma tvrde i tvrde. Vrijednosti električne vodljivosti su jako visoke i kod većine bunara iznad dozvoljenih vrijednosti prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti pitke vode (Službeni list SFRJ,33/87).

Nakon onečišćenja bunara javlja se porast heterotrofnih bakterija koje čine najveći dio bunarske flore. U mnogim ispitivanim bunarima utvrđene su koliformne bakterije fekalnog porijekla čiji je

koli-indeks u nekim bunarima jako povišen tijekom cijele godine. Sve to utječe na sastav faune pa su u tim bunarima uglavnom troglofilne i trogloksene vrste. Troglobionti su pronađeni u dubljim bunarima s čistom vodom. U plitkim se bunarima proporcionalno intenzitetu promjena ekoloških faktora karakterističnih za podzemlje smanjuje broj vrsta ali su populacije s velikim brojem jedinkama.

6.

Osim navedenih istraživanja navedeni su još neki podaci o kvaliteti bunarske vode na području općine Đurđevac koju prati Higijensko-epidemiološka služba Doma Zdravlja Đurđevac i INA-Nafta-plin za svoje potrebe.

Usporedbom rezultata vidljiv je utjecaj naselja na kvalitetu bunarske vode. Bunari izvan naselja prema Bilogori imaju kvalitetnu pitku vodu. Onečišćenje dolazi preko intersticija koji je povezan s drenažnim jamama i neispravnim septičkim jamama i ispiranjem s površine. Ispiranjem gnojnice bunarske su vode kontaminirane i termofilnim bakterijama.

Prema tome virovske bunare možemo podijeliti u tri skupine:

1. Bunari s kvalitetnom pitkom vodom (područje prema Bilogori)
2. Bunari s povremenim, sezonskim onečišćenjem
3. Bunari čija voda ne odgovara kriterijima za pitku vodu (plitki bunari u sjevero-istočnom dijelu naselja).

8. LITERATURA

1. American public health Association, INC (1967.): Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, New York
2. Bertrand, H.(1954.): Les Insectes Aquatiques d'Europe, Encyclopédie entomologique XXX, volume I, Paul Lechevalier Editeur
3. Bertrand, H.(1954.): Les Insectes Aquatiques d'Europe, Encyclopédie entomologique XXXI, volume II, Paul Lechevalier Editeur
4. Birger, M.O.(1976.): Spravočnik po mikrobiološkim i virusološkim metodam isledovanja, Medicina, Moskva
5. Botosaneanu, L.(1986.): Stygofauna Mundi, Leiden, E. J. Brill/ dr.W. Backhuys
6. Böhmig, L.(1909.): Tricladida, Die Süßwasserfauna Deutschland, Heft 19, II Teil, Gustav Fischer Verlag, Jena
7. Chappuis, P. A.(1920.): Die Fauna der unterirdischen Gewässer Umgebung von Basel, Arch.f.Hydrobiol.,14,1
8. Chappuis, P. A.(1927.): Die Tierwelt der unterirdischen Gewässer, Die Binnengewässer, III, Stuttgart
9. Carausu, S., E.Dobrenau, C. Manolache(1955): Crustacea, Amphipoda, Fauna Republici Populare Romania, Acad. Republ. Popul. Romania, vol 4, Fase 4
10. Culver, C.D.(1928.): Cave life, evolution and ecology, Harvard University Press, Cambridge
11. Dauber, I.(1972.): Mikrobiologie des Wassers, Akademie Verlag, Berlin
12. Davis, M.(1955.): The Marine and Freshwater Plancton, Michigan State University Press
13. Dieffenbach, H., Sachse, R.(1909.): Rotatoria, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 14, Teil I, Gustav Fischer Verlag, Jena
14. Douwe, C.(1909.): Copepoda, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 11, Teil I, Gustav Fischer Verlag, Jena
15. Engelhardt, W.(1986.): Was lebt im Tümpel, Bach und Weiher, Kosmos Verlag, Stuttgart
16. Freeze, R. A., Cherry, J. A.(1979.): Grounwater, New Jersey
17. Geofizika, Zagreb (1985.): Vodoistraživački i vodozahvatni radovi, Virje 1985.
18. Ginet, R., Decou, V.(1977.): Initiation a'la Biologie et a Le'cologie souterrainness, Paris
19. Graff, L.V. (1909.): Turbellaria, Strudelwürmer, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 19, Teil I, Gustav Fischer Verlag, Jena
20. Grünberg, K. (1910.): Diptera, Zweiflüger, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 2A, Gustav Fischer Verlag, Jena
21. Handschin, E. (1929.): Urinsecten oder Apterygota (Protura, Collembola, Diplura, Thysanura), die Tierwelt Deutschland, 16.

22. Heymonss, R.H. (1909.): Collembola, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 7, Gustav Fischer Verlag, Jena
23. Husmaann, S. (1966.): Versuch einer ökologischen Gliederung des interstitiellen Grundwasser in Lebensbereiche einiger Prägung, Arch.f. Hydrobiol. 62, 2, 231-268
24. Ihring, D. (1962.): Methode und Ergebnisse der Grundwasserforschung in Ungarn, Österreichische Wasserwirtschaft, Wien, Heft 2, 25-32
25. Illies, J. (1978.): Limnofauna Europea, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
26. Ina-Naftaplin Zagreb (1978): Analiza bunarske vode za potrebe Centrale pliske stanice Molve
27. Jägerskiöld, L. A. (1909): Freilebenden Süßwassernematoden, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 15, Gustav Fischer Verlag, Jena
28. Johansson, J. (1909.): Hirudinea, Egel, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 13, Gustav Fischer Verlag, Jena
29. Karaman, S. L. (1952.): Podrod Stygoniphargus u Hrvatskoj i Sloveniji, Prirodoslovna istraživanja, knjiga 25, JAZU, Zagreb
30. Karaman, S. L. (1954.): Naša podzemna fauna, Prirodnoučen muzej Skopje, Acta musei Macedonici scientiarum naturalium, 1, 9, 197-216
31. Karaman, S. L. (1953.): Die fauna der unterirdischen Gewässer Jugoslawiens, Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, VII, 46-73
32. Karaman, S. L. (1960.): Beitrag zur Kenntnis der mazedonischen Niphargiden, Biološki glasnik, 13, 309-396
33. Karaman, S. L. (1972.): Le probleme du genre Niphargus en Jugoslavie, Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Memorie fuori serie 5, 1-10
34. Karaman, G. S. (1973.): Dvije nove vrste roda Niphargus (Amphipoda) iz Crne Gore – *N. inclinatus* i *N. boskovici*
35. Karaman, G. S. (1974.): Crustacea, Amphipoda, Catalogus Faunae Jugoslaviae, Academia Scientiarum et artium Slovenica, Ljubljana
36. Karaman, G. S. (1983.): Three poorly known subterranean Niphargus Species from Yugoslavia (Contribution to the knowledge of the Amphipoda 32), Poljoprivreda i šumarstvo, XXIX, 2, 37-56, Titograd
37. Karaman, G. S. (1983.): Pregled istraživanja slatkovodnih Amphipoda (Crustacea, Malacostraca) u Jugoslaviji, s bibliografijom (Prilog poznavanju Amphipoda Jugoslavije 123), Glasnik republičkog zavoda za zaštitu prirode Prirodnačkog muzeja Titograd, 16, 97-116
38. Kiefer, F. (1960.): Ruderfusscrepse (Copepoden), Kosmos Verlag Franch., Stuttgart
39. Klie, W. (1938.): Krebstiere oder Crustacea, III Ostracoda, Muschelkrepse, Die Tierwelt Deutschlands, 34 Teil, Gustav Fischer Verlag, Jena
40. Klee, O. (1985.): Angewandte Hydrobiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
41. Koenike, F. (1909.): Acarina, Milben, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 2, Teil II, Gustav Fischer Verlag, Jena
42. Matoničkin, I. (1981.): Prilog valorizaciji ekosistema rijeke Save, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb
43. Matoničkih, I. (1981.): Beskralježnjaci, Biologija viših avvertibrata, Školska knjiga Zagreb
44. Meštrov, M. (1960.): Faunističko-ekološka istraživanja podzemnih voda savske nizine, Biološki glasnik, 13, 73-109
45. Meštrov, M., et. al. (1980.): Studija komparativnih ekološko-bioloških istraživanja rijeke Save i intersticijskih voda u području Brežica do Siska, Studija I, Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, 1- 244
46. Meštrov, M., et. al. (1981.): Studija komparativnih ekološko-bioloških istraživanja rijeke Save i intersticijskih voda u području Brežica do Siska, Studija II, Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, 1- 128
47. Meštrov, M., et. al. (1983.): Ekološka svojstva intersticijskih voda u odnosu na rijeku Savu, Acta biologica, 5-33
48. Michaelsen, W. (1909.): Oligochaeta, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 13, Gustav Fischer Verlag, Jena
49. Mitchell, R. (1972.): Water Pollution Microbiology, John Wiley and Sons, Inc. New York, London, Sydney, Toronto
50. Orghidan, T. (1959.): Ein neuer Lebensraum des unterirdischenwassers der hyporeische Biotop, Arch.f.Hydrobiol., 55 (3), 392-414
51. Rački, R., Borovečki, D. (1984.): Utjecaj rijeke Save na intersticijsko priobalje, III kongres ekologija Jugoslavije, 1, 1-185

52. Rheinheimer, G. (1975.): Mikrobiology der Gewässer, Gustav Fischer Verlag, Jena
53. Reiter, E. (1909.): Coleoptera, Die Süßwasserfauna Deutschlands, Heft 3 und 4, Gustav Fischer Verlag, Jena
54. Ruffo, E. (1961.): Problemi relativiallo della fauna interstiziale imporeica, Bull. di Zool., 28 (2), 273-319
55. Rutner, F. (1952.): Grundriss der Limnologie, Verlag Walter de Gruyter u. Co., Berlin
56. Sauer, F. (1982.): Tiere ud Pflanzen im Wasswertropfen, Fauna Verlag, Karsfeld
57. Schellenberg, A. (1942.): Krebstiere oder Crustacea, IV Flohkrebse oder Amphipoda, Die Tierewelt Detschlands, Teill 40, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
58. Schneider, W. (1939.): Würmer oder Verms, II Faderwürmer oder Nematoden, Die Tierewelt Detschlands, Teill 36, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
59. Sladeček, V. (1973): System of Water Qualiti from the Biological Point of View, Arch.f. Hydrobiol., 7 (1-4), 1-128
60. Službeni list SFRJ 33/1987.: Pravilnik o higijenskoj ispravnosti pitke vode, 865-873
61. Spandel, H. (1926.): Die Tierwelt der unterirdischen Gewässer, Verlag Speleologisches Institut, Wien
62. Stanković, S. (1962.): Ekologija životinja, Zavod za izdavanje udžbenika Narodne republike Srbije, Beograd
63. Streble, H., Krauter, D. (1985): Das Leben in Wassertpopfen, Kosmos Verlag, Stuttgart
64. Stock, J.H., Gleidhill, T. (1977.): The Niphargus kochianus Groop in Hort- Westert Europe, Crustaceana Suppl., 4, E.J. Brill, Leiden
65. Thinemann, A. (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwasser Tierwelt Europas, Die Binnengewässer, Band XVIII, Stutgart
66. Ude, H. (1929.): Würmer oder Vermer, I Oligochaeta, Hirudiea, Die Tierewelt Detschlands, 15 Teil, Gustav Fischer Verlag, Jena
67. Ulman, D. (1975.): Hydrobyologi – Ein grundriss für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Gustav Fischer Verlag, Jena
68. Vandel, V. (1964.): Biospeleogie, Paris
69. Vejdovsky, F. (1882.): Tierische Organismen der Brunnengewässer von Prag, Prag
70. Vodna zajednica Đurđevac (1970.): Podaci o podzemnim vodama sliva rijeke Drave, knjiga 1-4
71. Wachter, W. (1937.): Isopoda, Der Tierwelt Mitteleuropas, 2 Bd., Lisf. 2b, Quedle und Myer, Leipzig
72. Wagler, E. (1937.): Crustacea, Phyllopoda, Ostracoda, Copepoda, Branchinura, Die Tierwelt Mitteleuropas, Qudle und Meyer, Leipzig
73. Werner-Baur, H. (1987.): Gewässergüte bestimmen und beurteilen, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin
74. Wessenberg-Lund, C. (1939.): Biologie des Süßwassertiere, Springer, Wien
75. Grupa autora (1974.): Geografija Hrvatske, knjiga 2, Institut za geografiju Hrvatske, Školska knjiga Zagreb

9. SUMMARY

The interest in studying ground waters arose in the 17th century, with intensive study beginning in the 20th century. In the 1950s, a more systematic approach was taken to investigating the subterranean fauna of northwestern Croatia.

Considering that the ground waters of Virje and the surrounding areas have not previously been investigated, 20 wells were selected for the research of physico-chemical, bacterial and faunal properties of their waters. These are areas in which the ground waters are under the influence of the Drava and Bilogora Rivers. The research was conducted during 1987. The physico-chemical factors were determined using standard methods (APHA). Bacterial methods included determining the total number of saprophytic bacteria, determining the coli-titre and coli-index of total coliform bacteria and bacteria of faecal origin, and thermophilic bacteria. Faunal samples were taken by filtering 100 L of well water.

Changes were observed to the ecological properties of the well water, with changes to the faunal and bacterial composition of the samples. The settlement has a high influence of this biotype, as seen in the constant increase in the number of bacteria of faecal origin. Strong bacterial activity was particularly seen in the shallow wells, which are more exposed to surface pollution. A penetration of thermophilic bacteria from manure piles underground was confirmed. The changes in the physico-

chemical factors caused changes in the bacterial and faunal composition of the well waters, such that the troglobionts (*Niphargus*) were also found in the deepest and the cleanest wells. Troglaphiles and troglaxenes comprised the fauna of the shallow wells with fewer species, but with a large number of individuals (*Cyclops*).

All the research indicates the mutual association and dependence of the bacterial and faunal system on the physico-chemical properties of well water, i.e. of pollution. The quality of well water for drinking is dependent on this, and the tested wells do not meet the prescribed criteria. It is therefore essential to begin construction of a water supply and sewage system in this area.