

Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

Broj: _____ / 09

Predstojnica Zavoda:

Ravnatelj Instituta:

Dr.sc. Željka Brkić, dipl.inž.geol.

Dr.sc. Josip Halamić, dipl.inž.geol.

Zagreb, lipanj 2009

PROJEKT: Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske

NARUČITELJ: HRVATSKE VODE
Zavod za vodno gospodarstvo
Ul. grada Vukovara 220, Zagreb

UGOVOR: Klasa: 325-01/08-01/887 (Hrvatske vode)
Ur. broj: 374-1-03-08-6

4874/08 (Hrvatski geološki institut)

IZVOĐAČ: HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
Sachsova 2, Zagreb

Voditelj projekta: Dr.sc. Željka Brkić, dipl.inž.geol.

Autori izvješća: Dr.sc. Željka Brkić, dipl.inž.geol.
Dr.sc. Ozren Larva, dipl.inž.geol.
Dr.sc. Tamara Marković, dipl.inž.geol.

Suradnici: Mr.sc. Jasmina Lukač Reberski, dipl.inž.geol.
Kosta Urumović, dipl.inž.geol.
Josip Kolarić, inž.geoteh.

SADRŽAJ

Uvod	1
1. Identifikacija, karakterizacija i delineacija cjelina podzemnih voda	1
1.1. Značajke vodonosnika	2
1.2. Značajke krovinskih naslaga	6
1.3. Tok podzemne vode i napajanje vodonosnika	7
1.4. Metodologija određivanja i ograničavanja cjelina podzemnih voda	9
1.5. Rezultati određivanja i ograničavanja cjelina podzemnih voda	9
2. Identifikacija cjelina podzemnih voda unutar kojih je ekosustav ovisan o podzemnoj vodi	11
3. Identifikacija opterećenja na cjeline podzemnih voda	14
3.1. Identifikacija opterećenja iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja	14
4.2.1. Metodologija	14
3.1.2. Značajni točkasti izvori onečišćenja	14
3.1.3. Značajni raspršeni izvori onečišćenja	17
3.2. Identifikacija opterećenja od korištenja (crpljenja) podzemnih voda	23
4.2.1. Metodologija	23
4.2.1. Rezultati analize	23
3.3. Identifikacija opterećenja od umjetnog napajanja	24
4. Procjena stanja i rizika na cjeline podzemnih voda s gledišta kakvoće podzemnih voda	25
4.1. Metodologija	25
4.2. Rezultati procjene stanja kakvoće podzemne vode po grupiranim cjelinama	26
4.2.1. Cjelina Međimurje	26
4.2.2. Cjelina Varaždinsko područje	32
4.2.3. Cjelina sliv Bednje.....	39
4.2.4. Cjelina Legrad – Slatina.....	43
4.2.5. Cjelina Novo Virje	50
4.2.6. Cjelina istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava	51
4.2.7. Cjelina sliv Sutle i Krapine	56
4.2.8. Cjelina sliv Ilova – Lonja – Pakra	61
4.2.9. Cjelina sliv Orljave	68
4.2.10. Cjelina Zagreb	74

4.2.11. Cjelina Lekenik – Lužani	113
4.2.12. Cjelina istočna Slavonija – sliv Save	118
4.2.13. Cjelina Žumberak – Samoborsko gorje	124
4.2.14. Cjelina donji tok Kupe	127
4.2.15. Cjelina donji tok Une	130
4.2.16. Sažeti prikaz kakvoće podzemne vode po cjelinama	131
4.3. Prirodna ranjivost vodonosnika	133
4.4. Rezultati procjene rizika	136
5. Procjena stanja i rizika na cjeline podzemnih voda s obzirom na količinsko stanje (zalihe podzemnih voda)	139
5.1. Metodologija	139
5.2. Rezultati analize	140
5.2.1. Cjelina Međimurje	140
5.2.2. Cjelina Varaždinsko područje	142
5.2.3. Cjelina sliv Bednje.....	145
5.2.4. Cjelina Legrad – Slatina.....	146
5.2.5. Cjelina Novo Virje	151
5.2.6. Cjelina istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava	153
5.2.7. Cjelina sliv Sutle i Krapine	158
5.2.8. Cjelina sliv Ilova – Lonja – Pakra	159
5.2.9. Cjelina sliv Orljave	159
5.2.10. Cjelina Zagreb	159
5.2.11. Cjelina Lekenik – Lužani	164
5.2.12. Cjelina istočna Slavonija – sliv Save	167
5.2.13. Cjelina Žumberak – Samoborsko gorje	169
5.2.14. Cjelina donji tok Kupe	169
5.2.15. Cjelina donji tok Une	170
5.2.16. Sažeti prikaz kakvoće podzemne vode po cjelinama	170
6. Nedostatak podataka	172
7. Preporuke za motrenje podzemnih voda	172
7.1. Motrenje količinskog stanja podzemnih voda	172
7.2. Motrenje stanja kakvoće podzemnih voda	173
Literatura	175

PRILOZI

1. Cjeline podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske
2. Procjena rizika cjelina podzemne vode sa stanovišta kakvoće podzemne vode
3. Procjena rizika cjelina podzemne vode sa stanovišta količina podzemne vode
4. Trend razina podzemne vode
5. Trend niskih i visokih godišnjih razina podzemne vode
 - 5/1. Profil Varaždin
 - 5/2. Profil Donja Dubrava
 - 5/3. Profil Botovo
 - 5/4. Profil Novo Virje
 - 5/5. Profil Terezino polje
 - 5/6. Profil Podravska Moslavina
 - 5/7. Profil Donji Miholjac
 - 5/8. Profil Belišće
 - 5/9. Profil Osijek
 - 5/10. Profil Medsave i Zaprešić – Strmec
 - 5/11. Profil Mlaka – Lukavec i Rugvica – Novo Čiče
 - 5/12. Profil Dubrovčak
 - 5/13. Profil Strelečko

Uvod

U okviru prethodno provedene inicijalne karakterizacije cjelina podzemnih voda na području Crnomorskog sliva izdvojeno je ukupno 363 cjeline podzemnih voda (Brkić i dr., 2005). Od toga se 316 cjelina podzemnih voda odnosi na panonski dio Hrvatske, a ostatak na krški dio. Izdvajanje cjelina podzemne vode provedeno je korištenjem Osnovne geološke karte RH 1:100.000, Hidrogeološke karte 1:200.000, Hidrogeološke karte 1:300.000, te izvješća Instituta za geološka istraživanja, Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju načinjenog u okviru Vodnogospodarske odnove RH – dio Podzemne vode, kao i brojnih drugih objavljenih i neobjavljenih radova.

Budući da ovako veliki broj cjelina podzemnih voda, od kojih veliki broj zauzima razmjerno malu površinu, onemogućava optimalno upravljanje, u skladu s Okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EC) cjeline podzemnih voda mogu se grupirati pod uvjetom da rezultati motrenja podzemnih voda daju pouzdanu ocjenu stanja svake cjeline. Odnosno, grupiranje cjelina podzemnih voda provodi se za potrebe motrenja, izvješćivanja i upravljanja riječnim bazenima.

Prema ugovoru Kl. 325-01/08-01/887, Ur. br. 374-1-03-08-6 (Hrvatske vode) i br. 4874/08 (HGI) Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju preuzeo je obvezu izrade projekta – ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.

U skladu s projektnim zadatkom načinjeno je sljedeće:

- Početno grupiranje ranije određenih cjelina podzemne vode
- Ocjena kvantitativnog stanja podzemne vode po grupiranim cjelinama podzemne vode
- Ocjena stanja kakvoće podzemne vode po grupiranim cjelinama podzemne vode
- Analiza opterećenja i utjecaja ljudskih djelatnosti na podzemne vode iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja
- Procjena rizika cjelina podzemne vode
- Daljnja karakterizacija cjelina podzemne vode koje su „pod rizikom“
- Završno grupiranje cjelina podzemnih voda
- Prijedlog motrenja podzemnih voda

Svi rezultati istraživanja prikazani su u GIS tehnologiji.

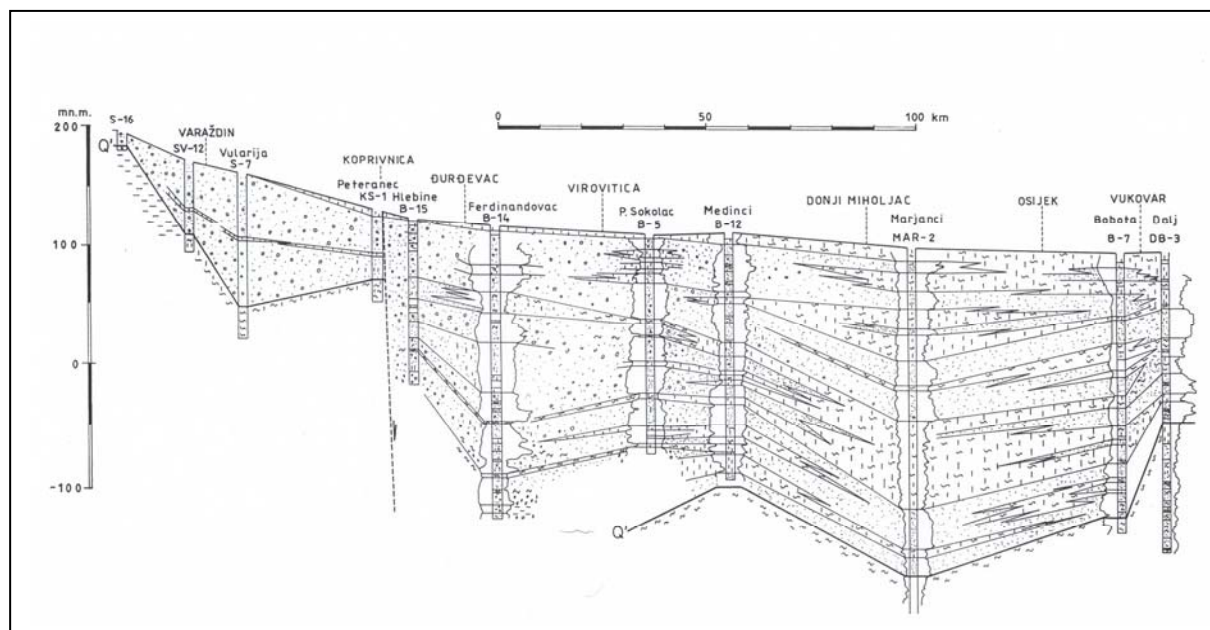
1. Identifikacija i karakterizacija cjelina podzemnih voda

Količina i prostorna raspodjela podzemnih voda u Hrvatskoj uvjetovani su geološkom građom, klimatskim i hidrološkim uvjetima, te hidrogeološkim značajkama pojedinih područja. Sjeverna i istočna Hrvatska pripada južnom rubu Panonskog bazena kojim dominiraju prostrane ravnice rijeka Drave i Save u kojima su formirani vodonosnici intergranularne poroznosti. Između njih prostire se brdovito i brežuljkasto područje također uglavnom izgrađeno od naslaga intergranularne poroznosti, a karbonatne vodonosne stijene pukotinske poroznosti nalaze se na u najvišim dijelovima gorskih područja. Područje Panonskog bazena pretežito ima razvijeno površinsko otjecanje, što je rezultiralo brojnim velikim rijekama i manjim vodotocima.

1.1. Značajke vodonosnika

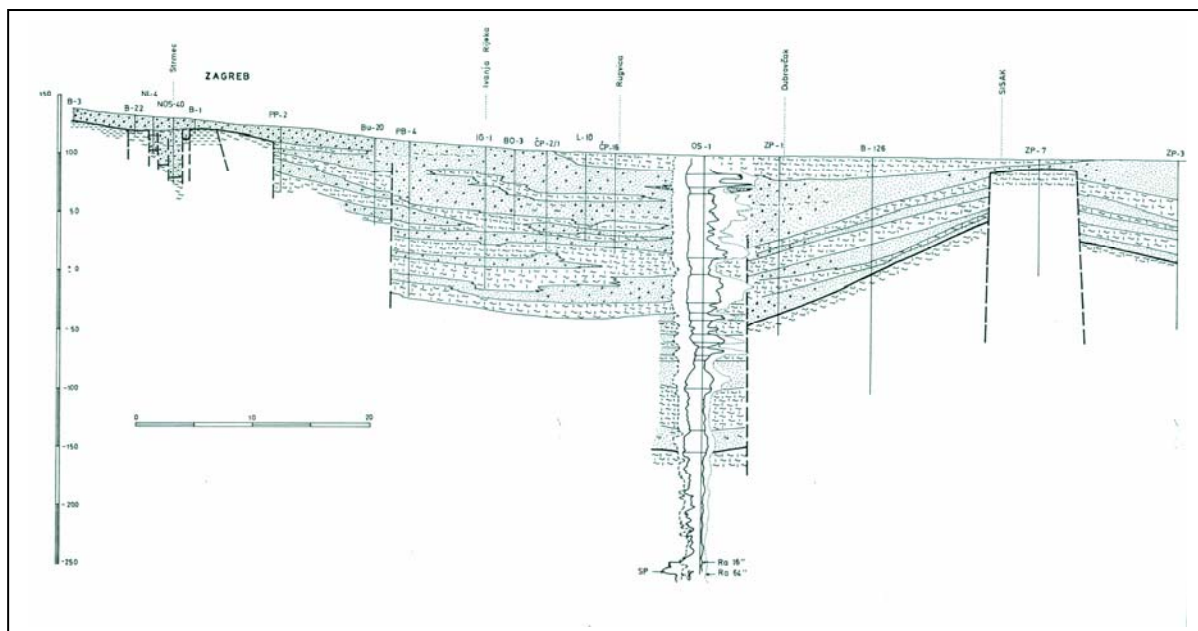
Aluvijalni vodonosnici sjeverne Hrvatske nalaze se unutar velikih sedimentacijskih bazena kao sastavnih dijelova Panonskog bazena. Na sjeveru su to Murski i Dravski bazen, a na jugu Savski i Slavonsko-srijemski bazen. Na njihov su nastanak, s jedne strane utjecali tektonski pokreti tijekom neogena i kvartara, a s druge strane klimatske prilike u kvartaru. Osnovni preduvjet za stvaranje taložnih bazena bili su tektonski pokreti kao posljedica ekstenzije Panonskog bazena i navlačenja u području Alpa, Karpata i Dinarida. Duž aktivnih velikih desnih transkurentnih rasjeda, koji su u ovom dijelu Panonskog bazena imali pružanje SZ-JI, nastaje nekoliko manjih *pull-apart* bazena, a lokalni manji *pull-aparti* povezani su i s lijevim transkurentnim rasjedima pružanja SI-JZ. Neotektonska faza u pliocenu i kvartaru uvjetuje stvaranje novih strukturnih odnosa koji su posljedica orijentacije regionalnog stresa sjever-jug, desnih transkurentnih pomaka i izražene kompresije (transpresije) jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Zbog ovakvih zbivanja Savski bazen nema veliko lateralno prostiranje i stješnjen je neposredno uz rub Panonskog bazena, dok se Dravski bazen široko "otvara" prema sjeveroistoku. U ovako nastalim bazenskim prostorima talože se velike količine riječnih, jezerskih, močvarnih i eolskih naslaga koje mjestimice bivaju borane i izdizane tektonskim pokretima. Eroziiju, transport i akumulaciju tog klastičnog materijala omogućili su kvartarni pluvijali.

Ovakav recentni strukturni sklop u području sjeverne Hrvatske uvjetovao je i raznolikost u prostiranju aluvijalnih vodonosnika u Dravskom i Savskom bazenu. Dravski kvartarni vodonosnik se postupno produbljava od zapada prema istoku, uglavnom ravnomjerno (slika 1.1.1). Najizraženija lokalna izdignuta struktura je legradski prag kojim je Murski bazen strukturno odvojen od Dravskog. Istočno od praga vodonosnik je relativno ujednačene debljine koja iznosi 250-300 m.



Slika 1.1.1. Litološki profil aluvijalnog vodonosnika u slivu rijeke Drave (Urumović i dr., 1994)

Lateralno prostiranje kvartarnog vodonosnika u Savskom bazenu znatno je manje nego li u Dravskom. U poprečnom profilu kroz kvartarne naslage prisavske ravnice (slike 1.1.2 i 1.1.3) dobro se zapažaju brojne lokalne spuštene i izdignute strukture, nastale kao posljedica opisanih tektonskih pokreta. Na krajnjem zapadu posebno se izdvaja spuštenu strukturu Strmec koja je izdignutom strukturom podsusedskog praga odvojena od zagrebačkog bazena. Kod Siska se nalazi strukturno izdignuće sisački prag, a istočno od njega, također se zapažaju izdignute i spuštene strukture. Posebno se izdvaja lokalna uleknina između Migalovaca i Slavanskog Broda. Debljina kvartarnog vodonosnika u Savskom bazenu vrlo je raznolika i u prosjeku je znatno manja nego u Dravskom. Najveća debljina vodonosnika je kod Prevlake i Oborova, jugoistočno od Zagreba, gdje doseže 250 m. Idući prema zapadu smanjuje se na samo 10 m uz granicu sa Slovenijom, na sisačkom pragu iznosi oko 5 m, na području Lonjskog polja oko 100 m, od Jasenovca do Slavanskog Kobaša smanjuje se od oko 70 na oko 30 m, između Migalovaca i Slavanskog Broda iznosi preko 150 m. U Slavonsko-srijemskom bazenu debljina vodonosnika doseže oko 200 m.

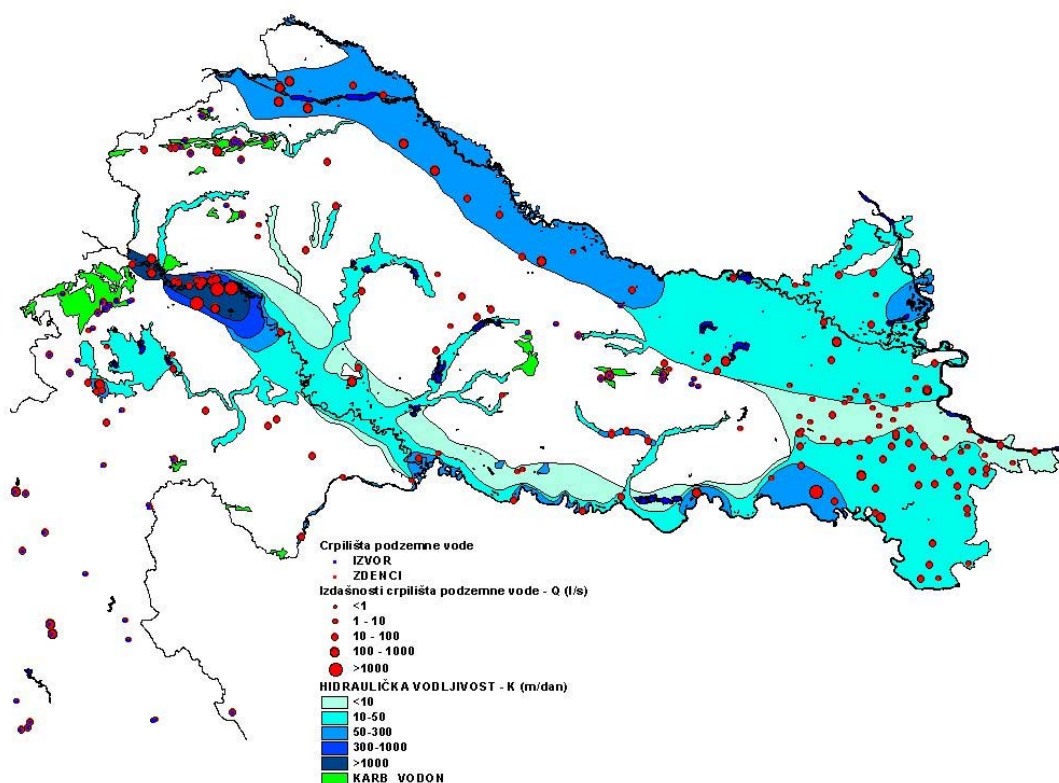


Slika 1.1.2. Litološki profil aluvijalnog vodonosnika između Zagreba i Siska (Brkić, 1999)

nalaze duboki subarteški i arteški vodonosnici čija starost odgovara pliocenu i starijem pleistocenu.

Vrijednosti prosječne hidrauličke vodljivosti vodonosnika u skladu su s litološkim sastavom vodonosnika. U zapadnim predjelima Dravskog i Savskog bazena su najveće, kao i u lepezastim nanosima desnih pritoka rijeke Save (slika 1.1.4).

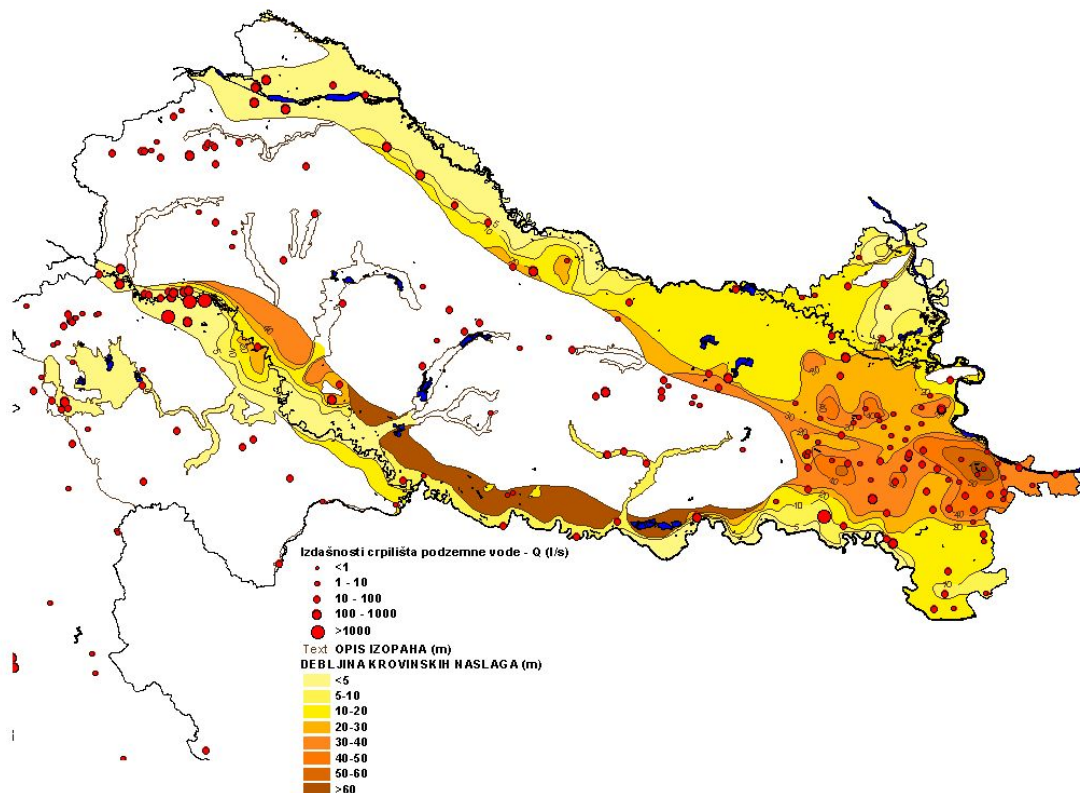
Gorski i brežuljkasti predjeli u dravskom i savskom slivu uglavnom su izgrađeni od slabo propusnih i nepropusnih stijena, što uz morfološke karakteristike terena ima za posljedicu površinsko otjecanje i slabu infiltraciju padalinskih voda u podzemlje. Općenito u njima nema izvora izdašnosti većih od 1 l/s. Najznačajniju vodonosnu sredinu predstavljaju raspucali dolomiti trijaskе starosti, koji izgrađuju središnje dijelove Kuna gore, Strahinjščice, Ivanščice, Papuka, Žumberačkog i Samoborskog gorja. Izdašnosti izvora iz ovih vodonosnika variraju u širokom rasponu, od 1 l/s do oko 60 l/s, a rijetko mogu dosežati i 140 l/s (izvor Veličanke na Papuku) u kišnim dijelovima godine. Podzemna voda iz ovih vodonosnika odlikuje se iznimno dobrom kakvoćom. Budući su njihova područja napajanja nenastanjena i šumom prekrivena gorja, ugroženost vodonosnika od onečišćenja praktički ne postoji.



Slika 1.1.4. Prosječna hidraulička vodljivost aluvijalnih vodonosnika panonske Hrvatske (Brkić, 2002)

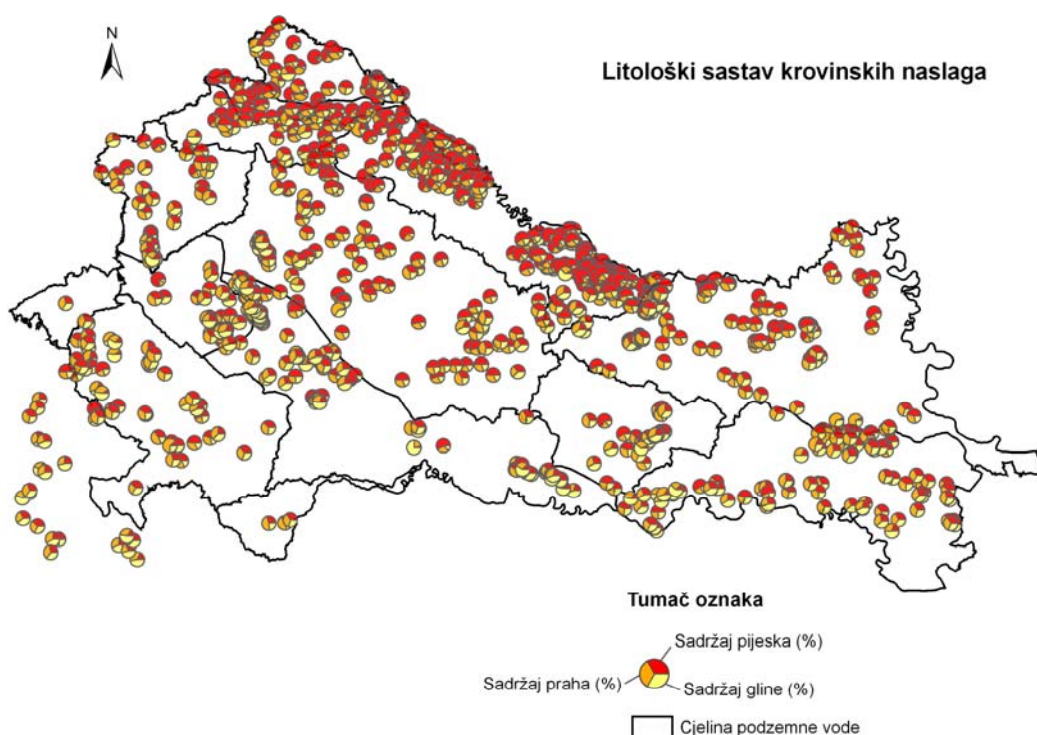
1.2. Značajke krovinskih naslaga

Aluvijalni vodonosnici sjeverne Hrvatske uglavnom su pokriveni polupropusnim prašinsto-glinovitim naslagama. U geološkom okviru ove naslage su sastavljene od čestica praha, gline i sitnozrnatog prašinstog pijeska, koje po starosti odgovaraju gornjem pleistocenu i holocenu. Propusnost im je za dva ili više redova veličine manja od propusnosti vodonosnika. Debljina krovinskih naslaga u pridravskoj i prisavskoj ravnici najmanja je na zapadu, a najveća na istoku, no prijelazi od neznatnih prema većim debljinama u sebi integriraju ne samo regionalna nego i snažna lokalna obilježja, pa su te promjene debljine pokrivača vrlo nepravilne (slika 1.2.1). Na krajnjem zapadu u obje ravnice, krovinske naslage uglavnom imaju debljinu manju od jednog metra, a na mnogim mjestima ih nema ili su predstavljene humusom. Idući nizvodno prema istoku, debljine su u pravilu znatno veće, a na krajnjem istoku dosežu čak i 50-70 m. Povećanje debljine uvjetovano je geološkim obilježjima terena i reljefom. Zbog strmijeg reljefa u zapadnom dijelu obje depresije, te većeg uzdužnog pada rijeka Drave i Save na zapadu, koje su donoseći novi, krupniji materijal odnosile stari, ove se naslage nisu uspjele zadržati na površini. U istočnoj Hrvatskoj reljef je uglavnom blag i spušten, pa su stvoreni uvjeti za taloženje najsitnijeg materijala. Osim toga, zanimljivo je da odebljanje pokrovnih naslaga prati lokalne spuštene strukture u kojima su istaložene i velike debljine gruboklastičnog materijala: južno i jugozapadno od Osijeka, istočno od Đakova, jugozapadno od Vinkovaca, između Zagreba i Siska. Velika debljina pokrovnih naslaga zapaža se i na Vukovarskom ravnjaku, između Čakovaca i Mikluševaca preko Lovasa do Bapske i Tovarnika, a predstavljene su prapornim naslagama.



Slika 1.2.1. Debljina krovinskih naslaga iznad aluvijalnih vodonosnika panonske Hrvatske (Brkić, 1999)

U litološkom sastavu krovinskih naslaga također postoji razlika između pridravске i prisavske ravnice. U pridravskoj ravnici, u sastavu pokrovnih naslaga više su zastupljeni prah i sitnozrnati prašinski pijesak, dok u prisavskoj ravnici u njihovom sastavu dominira glinovita komponenta (slika 1.2.2). Temeljem provedene analize prosječnih vrijednosti hidrauličke vodljivosti pojedinih tipova tala, koji se obično nalaze u sastavu krovinskih naslaga, a određivanih različitim metodama, proizilazi da za glinu prosječna hidraulička vodljivost iznosi između 10^{-5} i 10^{-3} m/dan, za prah je reda veličine 10^{-4} - 10^{-2} m/dan, dok za pijesak varira od 10^{-3} do 10^1 m/dan. U sastavu krovinskih naslaga u prirodi gotovo se nikada ne nalazi samo jedan tip tla. Obično se sastoje od izmjene slojeva pojedinih tipova tala čija litološka raznolikost, a time i pojedinačna propusnost uvjetuje procjeđivanje kroz krovinkse naslage.



Slika 1.2.2. Litološki sastav krovinskih naslaga iznad aluvijalnih vodonosnika panonske Hrvatske (Brkić i dr., 2005)

1.3. Tok podzemne vode i napajanje vodonosnika

Temeljem opisanih rubnih uvjeta aluvijalnih vodonosnika sjeverne Hrvatske u razrezu, može se reći da na krajnjem zapadu i jedne i druge ravnice, gdje krovinskih naslaga nema, ili su vrlo tanke, postoji otvoreni tip vodonosnika. Zbog toga se prirodno napajanje vodonosnika odvija infiltracijom padalina neposredno u vodonosnik, a procjenjuje se i na više od 30 % prosječnih godišnjih padalina. U tloctu su rubni uvjeti diktirani, osim geometrijom vodonosnika, i odnosom površinskih voda s podzemnom vodom u najplićem vodonosniku. Kod malih debljina krovinskih naslaga, riječno korito je urezano u najplići vodonosnik zbog

čega postoji izravan kontakt riječne i podzemne vode, tako da rijeka podzemlje ili napaja ili ga drenira. Na području pridravske ravnice prevladava otjecanje podzemne vode u Dravu, koje je još više izraženo izgradnjom drenažnih kanala. Napajanje iz površinskih tokova vezano je samo za područja akumulacijskih jezera na Dravi, te u inundacijskom području Drave i Dunava i to za vrijeme visokih vodostaja. Na krajnjem zapadnom dijelu prisavske ravnice, aluvijalni vodonosnik se napaja infiltracijom iz rijeke Save, koja je još više potaknuta intenzivnim crpljenjima podzemne vode na zagrebačkim crpilištima. Istočno od Črakovca podzemna voda otječe dijelom u Savu, a dijelom u Odru, koja pak nastaje na mjestu istjecanja podzemne vode na površinu što je naročito izraženo tijekom visokih voda. Istjecanje je uzrokovano dotokom podzemne vode sa zapadnog i južnog područja prisavske ravnice u neotektonsku depresiju gdje je piezometarska razina iznad razine terena. Tako su nastala brojna jezera iz kojih se izliva rijeka Odra. Slična situacija zbiva se i u prisavskom dijelu istočne Slavonije, čija je opća značajka da je korito rijeke Save usječeno u hipsometrijski viši teren od njenog zaobalja. Zbog male debljine krovinskih naslaga, korito Save se nalazi u najplićem vodonosniku zbog čega je ostvarena neposredna komunikacija rijeke i podzemlja, pa Sava pri visokim vodostajima održava visoku piezometarsku razinu koja nadvisuje razinu terena u zaobalju. Takovi odnosi su u predjelima smanjenje debljine krovinskih naslaga uzrokovali površinsko prelijevanje podzemne vode. Nastala su brojna jezera i kanali koji formiraju Beravu i u njenom nastavku Bosut. Bosut dalje teče po krovinskim naslagama čime je neposredni kontakt s podzemnom vodom znatno oslabljen. Ovakva izviranja predstavljaju mjesta pražnjenja podzemne vode. Sjeverno od njih, teren je nešto povišen, a zbog velike udaljenosti od rijeke Save utjecaj površinskih tokova na podzemnu vodu je zatumljen, pa se napajanje odvija infiltracijom padalina kroz krovinske naslage, a pražnjenje evapotranspiracijom i otjecanjem prema površinskim tokovima.

U uvjetima kada postoji napajanje iz površinskog toka, bilo da se radi o prirodnom napajanju ili o induciranom procjeđivanju riječne vode koje je izazvano intenzivnim crpljenjem podzemne vode, napajanje vodonosnika infiltracijom padalina kroz krovinske naslage vrlo je teško procijeniti jer je maskirano utjecajem rijeke. Obično je odnos rijeka-podzemlje slabo poznat budući da ne postoji dovoljno gusta opažачka mreža na samom kontaktu, što ima za posljedicu nedovoljno pouzdanu ocjenu jednog i/ili drugog izvora napajanja. S druge strane, kada se radi o otvorenim vodonosnicima koji nemaju krovinu, kakvi se pojavljuju na krajnjim zapadnim dijelovima i jedne i druge ravnice, velika količina padalina u pravilu se infiltrira u tlo. Da li će se ona sva procijediti do razine podzemne vode ovisi o klimatskim uvjetima i vlažnosti tla.

Idući prema istoku Hrvatske, aluvijalni vodonosnici i u pridravskoj i u prisavskoj ravnici su poluzatvorenog do zatvorenog tipa, budući da se debljina krovinskih naslaga povećava do znatnih debljina. Napajanje vodonosnika odvija se infiltracijom padalina kroz ove naslage. U prirodi je unutar njih formiran procjedni vodonosni sloj u kome se akumulira voda dospjela infiltracijom padalina i koji predstavlja "izvorni sloj" u procesu napajanja dublje položenog vodonosnika. Prema tome, bilanca vode u izvornom sloju uvjetovana je infiltracijom padalina, evapotranspiracijom, te procjeđivanjem u vodonosnik i otjecanjem u površinske tokove. Već je navedeno da se u prirodnim uvjetima tijekom ljetnih mjeseci, kada je deficit vlage u tlu veliki, evapotranspiracija odvija na račun efektivne infiltracije. U zimskim mjesecima pak, situacija je obrnuta. Međutim, kod velike količine crpljenja podzemne vode izaziva se

inducirana infiltracija koja se u tom slučaju može odvijati na račun evapotranspiracije. Prirodno napajanje vodonosnika u takovim uvjetima procjenjuje se na 10-20 % prosječnih godišnjih padalina (Brkić, 1999).

1.4. Metodologija određivanja i ograničavanja cjelina podzemnih voda

U okviru prethodno provedene inicijalne karakterizacije cjelina podzemnih voda na području Crnomorskog sliva izdvojeno je ukupno 363 cjelina podzemnih voda (Brkić i dr., 2005). Od toga se 316 cjelina podzemnih voda odnosi na panonski dio Hrvatske, a ostatak na krški dio. Izdvajanje cjelina podzemne vode provedeno je korištenjem Osnovne geološke karte RH 1:100.000, Hidrogeološke karte 1:200.000, Hidrogeološke karte 1:300.000, te izvješća Instituta za geološka istraživanja, Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju načinjenog u okviru Vodnogospodarske odnove RH – dio Podzemne vode, kao i brojnih drugih objavljenih i neobjavljenih radova. Osnova za izdvajanje cjelina podzemnih voda bila je analiza sljedećih elemenata:

- geološka građa terena (listostratigrafske jedinice i strukturno-tektonski odnosi)
- poroznost (intergranularna, pukotinska, pukotinsko-kavernozna)
- geokemijski sastav vodonosnika (silikatni, karbonatni)
- hidrogeološke karakteristike (hidrogeološke jedinice prema propusnosti, hidraulička vodljivost i transmisivnost vodonosnika).
- krovinske naslage iznad vodonosnika. Za izradu karte debljina korišteni su podaci bušenja oko 1500 strukturno-piezometarskih bušotina i pokusno-eksploatacijskih zdenaca. Proučavano područje nije ravnomjerno pokriveno podacima o litološkim profilima naslaga. Dok se najveći dio podataka odnosi se na šire područje Zagreba (oko 350) i dravskih hidrelektrana (oko 250), te oko pojedinih većih gradova, u ostalim su dijelovima podaci prilično rijetki.
- smjer toka podzemnih voda
- izdašnosti izvora i zdenaca
- napajanje podzemnih voda
- odnos s površinskim tokovima
- položaj cjelina podzemnih voda unutar riječnih slivova definiranih u okviru Vodnogospodarske osnove RH

1.5 Rezultati određivanja i ograničavanja cjelina podzemnih voda

Grupiranje ovako velikog broja cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske provedeno je na temelju sličnosti u pogledu hidrogeoloških karakteristika vodonosnika i opće sheme „napajanje – tok podzemne vode – istjecanje“. Na taj je način izdvojeno 15 cjelina podzemnih voda (tablica 1.5.1). Od toga 8 cjelina podzemne vode sadrže vodonosnik međuzrnske poroznosti, unutar 6 cjelina podzemne vode dominantno su zastupljeni vodonosnici međuzrnske poroznosti, a znatno manjim dijelom pukotinske poroznosti, te jedna cjelina podzemne vode s vodonosnikom isključivo pukotinske do pukotinsko-kavernozne poroznosti. Cjeline podzemnih voda u vertikalnom razrezu nisu izdvajane. Cjeline podzemnih voda prikazane su na prilogu 1.

<i>ID cjeline</i>	<i>Naziv cjeline podzemne vode</i>	<i>Poroznost</i>	<i>Geološka starost ⁽¹⁾</i>	<i>Litološki sastav</i>
1	MEĐIMURJE	Međuzrnska	Q	šljunak, pijesak, prah, glina
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	Međuzrnska	Q	šljunak, pijesak, prah, glina
3	SLIV BEDNJE	Dominantno međuzrnska	Q, Ng, T	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, dolomit, vapnenac
4	LEGRAD - SLATINA	Međuzrnska	Q	šljunak, pijesak, prah, glina
5	NOVO VIRJE	Međuzrnska	Q	šljunak, pijesak, prah, glina
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	Međuzrnska	Q	šljunak, pijesak, prah, glina
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	Dominantno međuzrnska	Q, Ng, T	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, dolomit, vapnenac
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	Dominantno međuzrnska	Q, Ng, Pz	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, vapnenac, metamorfne stijene
9	SLIV ORLJAVE	Dominantno međuzrnska	Q, Ng, T	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, dolomit, vapnenac
10	ZAGREB	Međuzrnska	Q, Ng	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, vapnenac
11	LEKENIK - LUŽANI	Međuzrnska	Q, Ng	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, vapnenac
12	ISTOČNA SLAVONIJA – SLIV SAVE	Međuzrnska	Q	šljunak, pijesak, prah, glina
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	Pukotinska do pukotinsko-kavernozna	K, J, T	dolomiti, vapnenci
14	DONJI TOK KUPE	Dominantno međuzrnska	Q, Ng	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, vapnenac
15	DONJI TOK UNE	Dominantno međuzrnska	Q, Ng	pijesak, šljunak, prah, glina, lapor, pješčenjak, vapnenac

⁽¹⁾ Q – Kvartar, Ng – Neogen, K – Kreda, J – Jura, T – Trijas, Pz - Paleozoik

Tablica 1.5.1. Glavne geološke i hidrogeološke karakteristike cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske

Panonski dio Hrvatske u cijelosti pripada Crnomorskom slivu, odnosno slivu rijeke Dunava, te riječnim bazenima njegovih pritoka. Zbog položaja Hrvatske unutar riječnih bazena, većina cjelina podzemnih voda ima prekogranični karakter (tablica 1.5.2).

<i>ID cjeline</i>	<i>Naziv cjeline podzemne vode</i>	<i>Pripadnost riječnom bazenu</i>	<i>Prekogranična cjelina podzemne vode sa susjednom državom:</i>
1	MEDIMURJE	Sliv Mure i Drave	SL, HU
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	Sliv Drave	SL
3	SLIV BEDNJE	Sliv Drave	SL
4	LEGRAD - SLATINA	Sliv Drave	HU
5	NOVO VIRJE	Sliv Drave	HU
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	Sliv Drave i Dunava	HU, SRB
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	Sliv Save	SL
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	Sliv Save	-
9	SLIV ORLJAVE	Sliv Save	-
10	ZAGREB	Sliv Save	SL
11	LEKENIK - LUŽANI	Sliv Save	BIH
12	ISTOČNA SLAVONIJA – SLIV SAVE	Sliv Save	BIH, SRB
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	Sliv Save	SL
14	DONJI TOK KUPE	Sliv Save	-
15	DONJI TOK UNE	Sliv Save	BIH

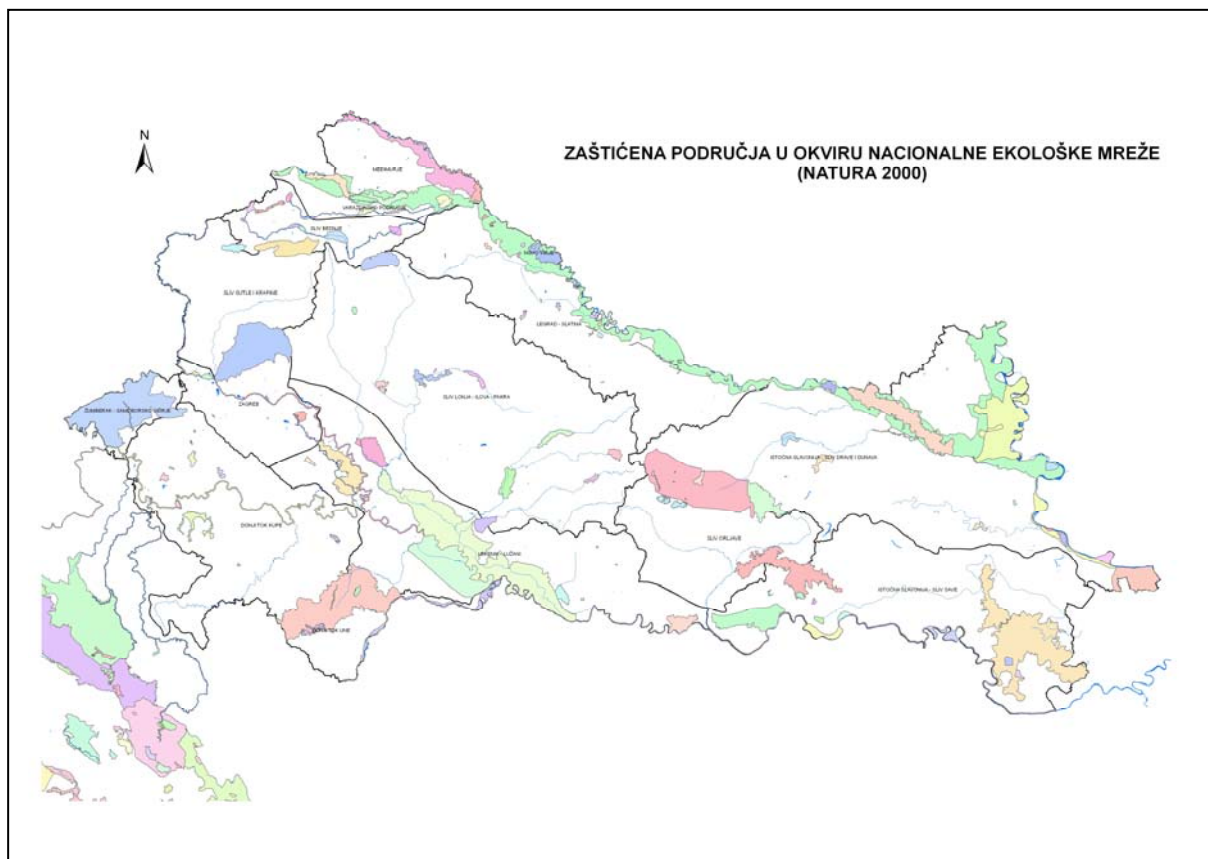
Tablica 1.5.2. Prekogranične cjeline podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske

Prekogranični karakter pojedinih cjelina podzemnih voda potrebno je definirati na temelju bilateralnih dogovora.

2. Identifikacija cjelina podzemnih voda unutar kojih je ekosustav ovisan o podzemnoj vodi

Cjeline podzemnih voda unutar kojih postoje ekosustavi ovisni o podzemnim vodama definirani su na temelju sljedećeg:

- Nacionalne ekološke mreže (NATURA 2000) kojom su izdvojeni ekosustavi u Hrvatskoj i smjernica za mjere zaštite u područjima ekološke mreže (slika 2.1),
- vodenih ekosustava unutar kojih podzemna voda tijekom cijele ili samo jednog dijela godine utječe na napajanje, odnosno pražnjenje površinskih voda unutar ekosustava,
- kopnenih ekosustava na čije održanje bitno utječe razina podzemne vode (npr. vlažni travnjaci, šume).



Slika 2.1. Zaštićena područja iz nacionalne ekološke mreže (NATURA 2000)

Ekosustavi ovisni o podzemnim vodama pojavljuju se u svih 15 cjelina podzemnih voda, a prikazani su u tablici 2.2.

<i>ID cjeline</i>	<i>Naziv cjeline podzemne vode</i>	<i>Tip ekosustava</i>	<i>Naziv ekosustava (prema Nacionalnoj ekološkoj mreži)</i>
1	MEĐIMURJE	vodeni, kopneni	Drava, Mura, stari tok Drave I, stari tok Drave II
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	vodeni, kopneni	Drava, Mura, stari tok Drave I, stari tok Drave II, Plitvica, potok Zbel, Hrastovljan, ušće Plitvice i Bednje
3	SLIV BEDNJE	vodeni, kopneni	Bednja, Slanje
4	LEGRAD - SLATINA	vodeni, kopneni	Drava
5	NOVO VIRJE	vodeni, kopneni	Drava, šuma Repaš
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	vodeni, kopneni	Drava, Dravske šume, Kopački rit, Dunav-Vukovar, Vuka, Papuk
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	vodeni, kopneni	Medvednica
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	vodeni, kopneni	Ribnjaci, dolina Bijeje
9	SLIV ORLJAVE	vodeni	Papuk
10	ZAGREB	vodeni, kopneni	Sava, Medvednica
11	LEKENIK - LUŽANI	vodeni, kopneni	Sava
12	ISTOČNA SLAVONIJA – SLIV SAVE	vodeni, kopneni	Dvorina, Gajna, Sava-Štitar, Spačvanski bazen
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	vodeni	dolina potoka Slapnica
14	DONJI TOK KUPE	vodeni, kopneni	Mala i Velika Utinja, Zrinska gora
15	DONJI TOK UNE	vodeni	dolina Une, Zrinska gora

Tablica 2.2. Cjeline podzemnih voda s ekosustavima ovisnim o podzemnoj vodi

3. Identifikacija opterećenja na cjeline podzemnih voda

3.1. Identifikacija opterećenja iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja

3.1.1. Metodologija

Za svaku od izdvojenih cjelina podzemne vode provedena je analiza opterećenja i utjecaja ljudske djelatnosti na podzemne vode. Raspoloživi izvori onečišćenja razvrstani su u skupine točkastih i raspršenih izvora, a svi relevantni podaci unijeti su u GIS bazu podataka.

U skupnu točkastih izvora svrstana su odlagališta otpada, dok su ostali onečišćivači promatrani kao raspršeni, odnosno poligonski izvori. Industrijski objekti nisu promatrani kao točkasti izvori onečišćenja zbog nedostatne količine informacija u postojećoj bazi industrijskih objekata. Iz navedenog su razloga oni promatrani kao raspršeni izvori u okviru industrijskih i komercijalnih jedinica izdvojenih u CORINE land cover podlozi.

Prostorna raspodjela načina korištenja prostora učinjena je uz pomoć CORINE land cover podloge. Za potrebe ovog zadatka učinjene su određene modifikacije postojeće baze. To se prije svega odnosi na grupiranje pojedinih tipova korištenja prostora u veće cjeline koje će biti prikladne za ocjenu postojećih opterećenja i naknadno u svrhu ocjene rizika. Kao najznačajniji raspršeni izvori onečišćenja ističu se područja s poljoprivrednom proizvodnjom te naseljena područja.

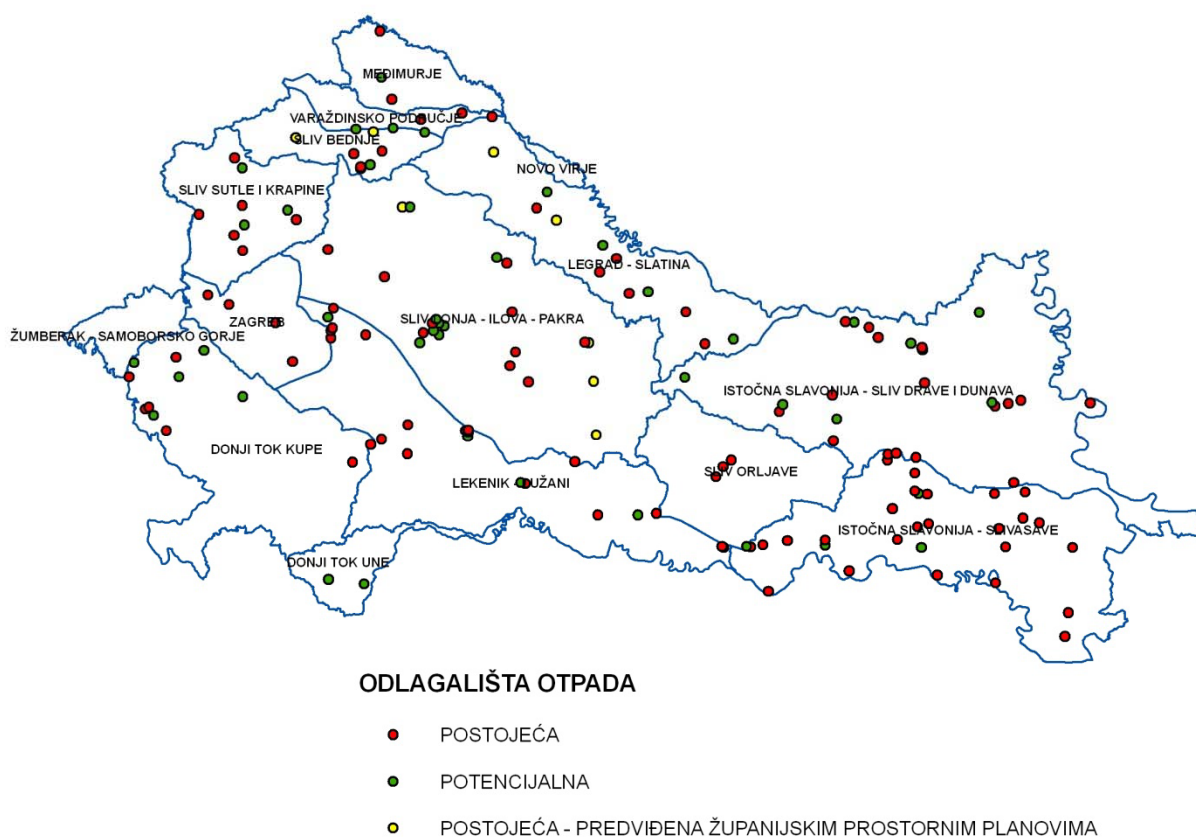
Rangiranje utjecaja poljoprivrede provedeno je na temelju statističkih podataka o primijeni umjetnih i prirodnih gnojiva na poljoprivrednim površinama iz 2000. godine.

3.1.2. Značajni točkasti izvori onečišćenja

U uvodnom je dijelu istaknuto da su zbog pomanjkanja podataka o ostalim izvorima onečišćenja isključivo odlagališta otpada promatrana kao točkasti izvori onečišćenja. Temeljem postojećeg sustava kategorizacije odlagališta su razvrstana u tri skupine:

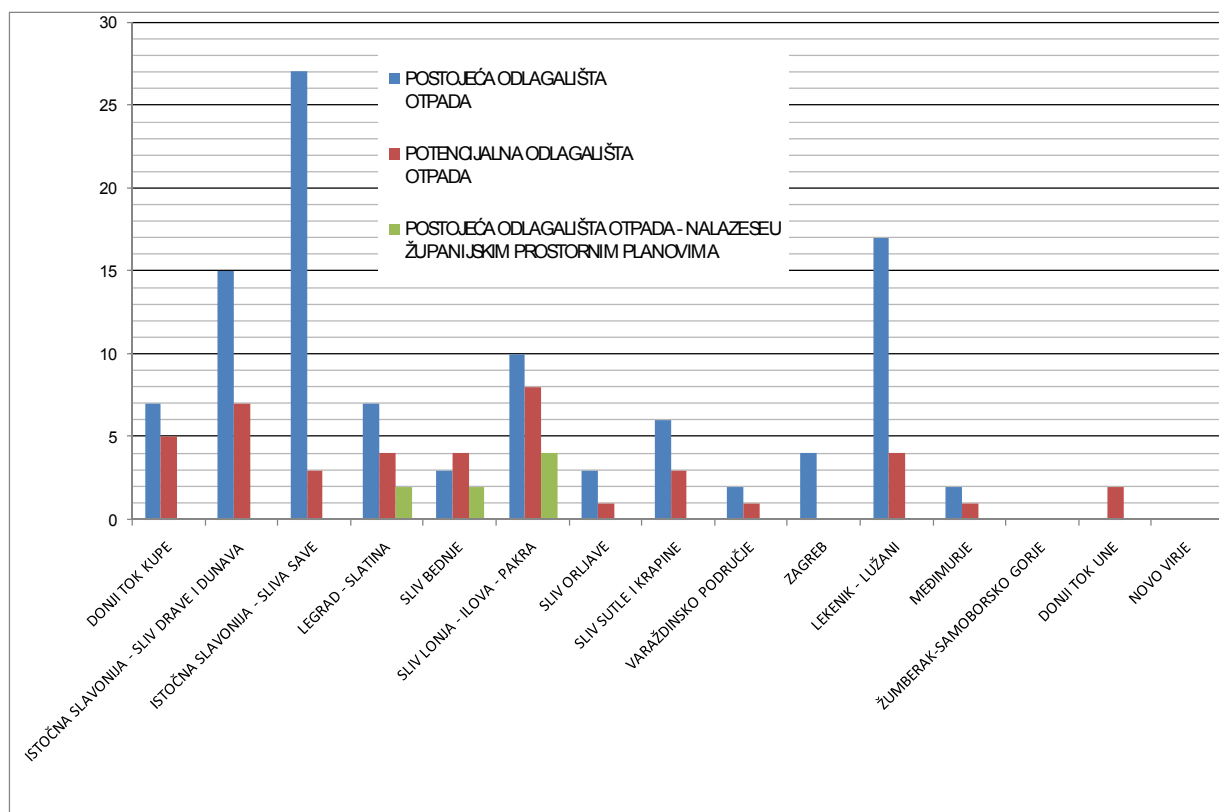
- 1) postojeća odlagališta
- 2) potencijalna odlagališta
- 3) postojeća odlagališta koja se nalaze u županijskim prostornim planovima

U prvoj skupni nalaze se odlagališta koja su trenutno u funkciji, ali u skoroj budućnosti je predviđeno njihovo napuštanje i odlaganje otpada na novim lokacijama koja pripadaju skupini potencijalnih odlagališta otpada. U treću skupinu svrstana su postojeća odlagališta koja su ujedno i potencijalna jer je županijskim planovima predviđeno na tim lokacijama dugoročno rješavanje problema odlaganja otpada. Prostorna distribucija pojedinih skupina prikazana je na slici 3.1.2.1.



Slika 3.1.2.1. Prostorna distribucija odlagališta otpada

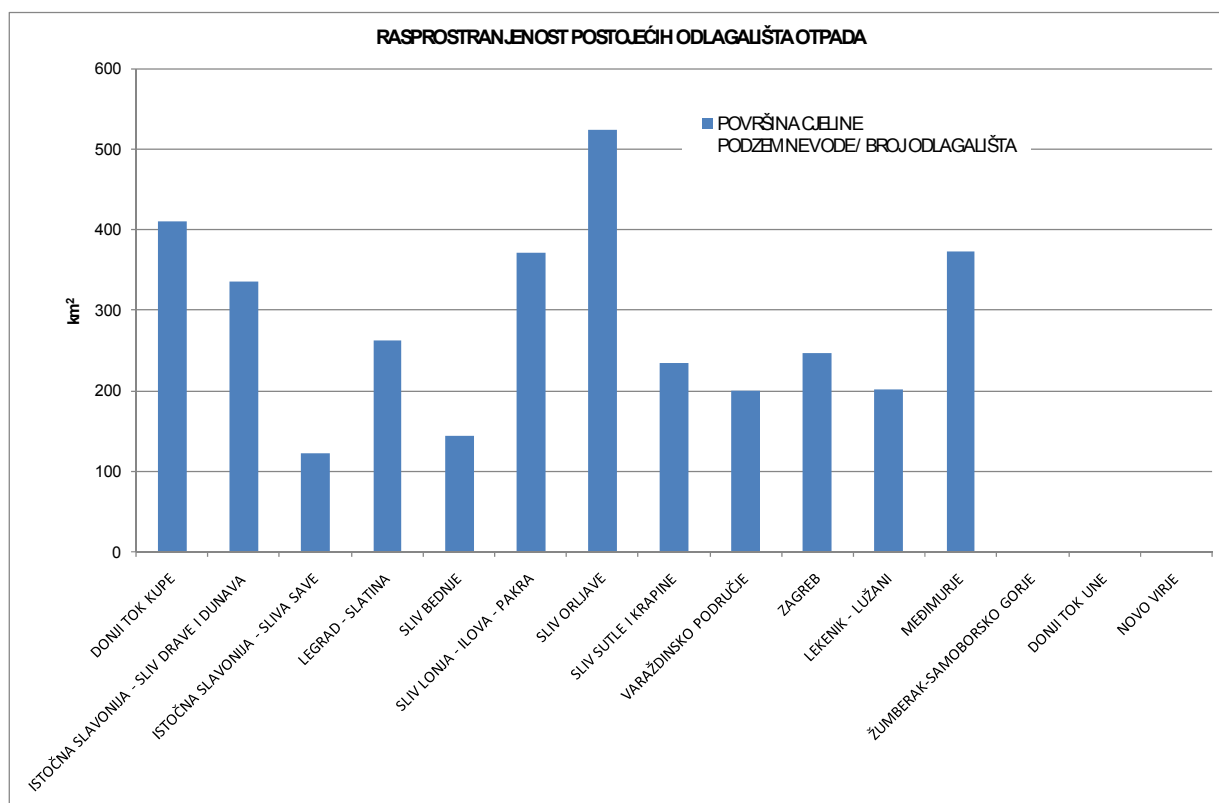
Najveći broj postojećih odlagališta, njih 27, nalazi se na području cjeline podzemne vode Istočna Slavonija – sliv Save (slika 3.1.2.2). Slijede cjeline Lekenik-Lužani sa 17 i Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava s 15 postojećih odlagališta. Nasuprot tome, na području cjeline podzemne vode Žumberak-Samoborsko gorje, Novo Virje i Donji tok Une trenutno ne postoje odlagališta većih proporcija. Odnos površine cjelina podzemne vode i broja postojećih odlagališta otpada također je najnepovoljniji na području cjeline Istočna Slavonija-sliv Save, gdje jednom odlagalištu odgovara nešto više od 100 km² (slika 3.1.2.3). Slijede Sliv Bednje sa 144 km², te Varaždinsko područje i Lekenik-Lužani s približno 200 km². Osim na cjelinama na kojima nema odlagališta otpada, povoljna je situacija i na području Donjeg toka Kupe, Istočne Slavonije-sliv Drave i Dunava, Sliva Lonja-Ilova-Pakra, Sliva Orljave i Međimurja gdje jednom odlagalištu odgovara više od 300 km².



Slika 3.1.2.2. Brojnost odlagališta otpada

Postojeća odlagališta otpada posebno se ističu s aspekta rizika od onečišćenja podzemne vode jer ih većina ne zadovoljava uvjete propisane za sanitarna odlagališta otpada te zato predstavljaju značajne izvore štetnih tvari širokog spektra. Rizik od onečišćenja podzemne vode procjednim vodama dodatno je potenciran na područjima koja su karakterizirana povišenim stupnjem prirodne ranjivosti vodonosnika, što je detaljno opisano u poglavlju 4.3.

U budućnosti će se formiranjem novih odlagališta, koja se trenutno vode kao potencijalna, ujednačiti njihova prostorna distribucija. Tako se primjerice na području cjeline podzemne vode Istočna Slavonija – sliv Save umjesto dosadašnjih 27 planira izgraditi 3 odlagališta. Primjećuje se također da se na području cjelina podzemne vode Zagreb, Žumberak-Samoborsko gorje i Novo Virje ne planiraju buduća odlagališta otpada, a postojeća će se na području Zagreba napustiti. To je povoljna okolnost s obzirom na značaj zagrebačkog vodonosnika i njegovu visoku prirodnu ranjivost.

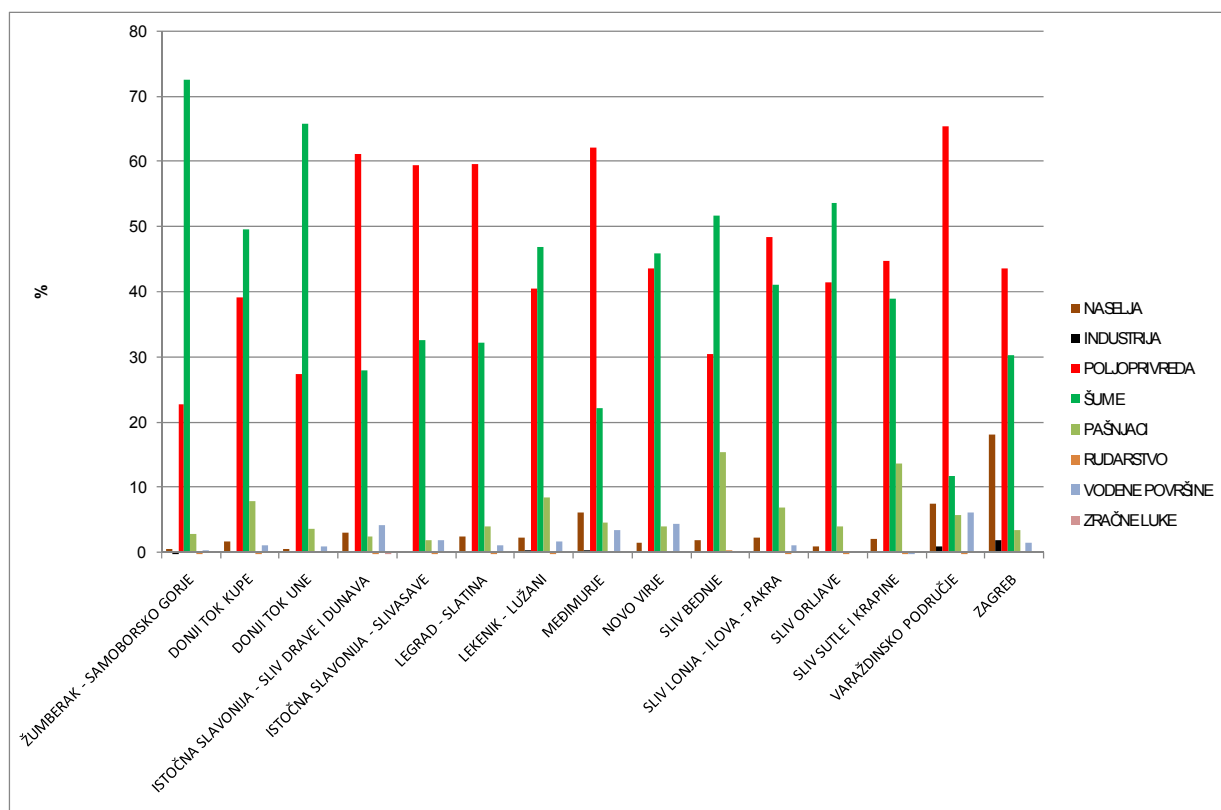


Slika 3.1.2.3. Rasprostranjenost postojećih odlagališta otpada

3.1.3. Značajni raspršeni izvori onečišćenja

Kategorizacija i prostorna distribucija raspršenih izvora onečišćenja učinjena je temeljem CORINE land cover podloge. U tu su svrhu provedena grupiranja pojedinih kategorija. Tako su u kategoriju *poljoprivrede* uključeni sljedeći elementi korištenja prostora: nenavodnjavano obradivo zemljište, vinogradi, voćnjaci, kompleks kultiviranih parcela i pretežno poljodjelska zemljišta s većim područjima prirodne vegetacije. U kategoriju naselja uključena su cjelovita gradska područja, nepovezana gradska područja kao i gradilišta, zelene gradske površine te sportsko rekreacijske površine.

Udjeli površina pojedinih kategorija korištenja prostora u odnosu na ukupnu površinu cjelina podzemne vode prikazani su na slici 3.1.3.1. Primjećuje se da poljoprivreda i šume zauzimaju glavninu prostora panonskog dijela RH. Na 8 od ukupno 15 cjelina podzemne vode prevladavaju poljoprivredne površine: Istočna Slavonija-sliv Drave i Dunava, Istočna Slavonija-sliv Save, Legrad-Slatina, Međimurje, Sliv Lonja-Ilova-Pakra, Sliv Sutle i Krapine, Varaždinsko područje i Zagreb. Na ostalima dominiraju površine pod šumama.



Slika 3.1.3.1. Površinski udjeli kategorija korištenja prostora

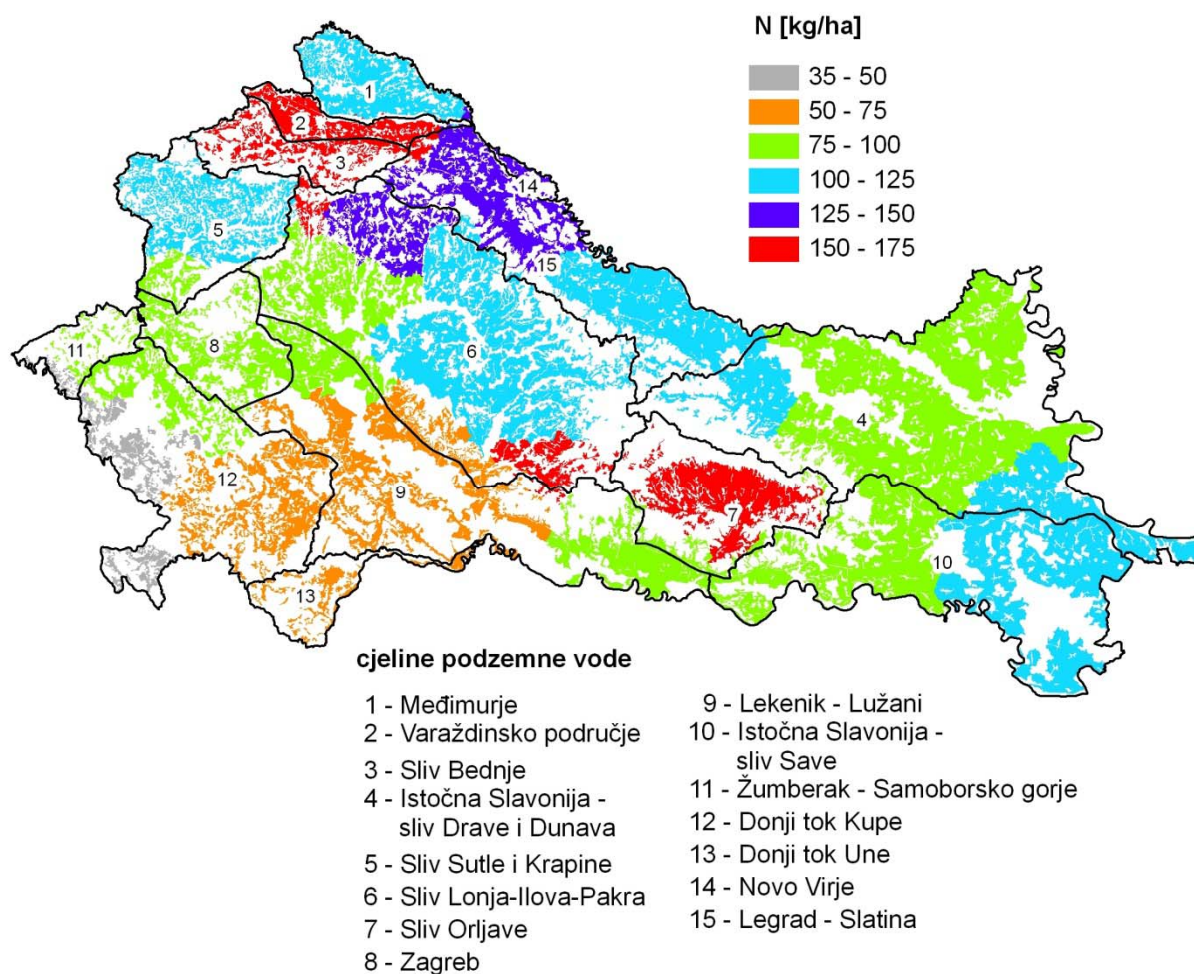
S obzirom na zastupljenost i veličinu dokazanog ili potencijalnog utjecaja na kakvoću podzemne vode posebno su razmotrene sljedeće kategorije raspršenih izvora:

- 1) poljoprivreda
- 2) naselja
- 3) industrija

Rangiranje veličine potencijalnog utjecaja poljoprivrednih aktivnosti provedeno je temeljem statističkih podataka o primjeni umjetnih i prirodnih gnojiva na poljoprivrednim površinama iz 2000. godine.

Slika 3.1.3.2. prikazuje ukupnu godišnju količinu dušika primijenjenog na jediničnoj poljoprivrednoj površini. Utvrđeno je sljedeće:

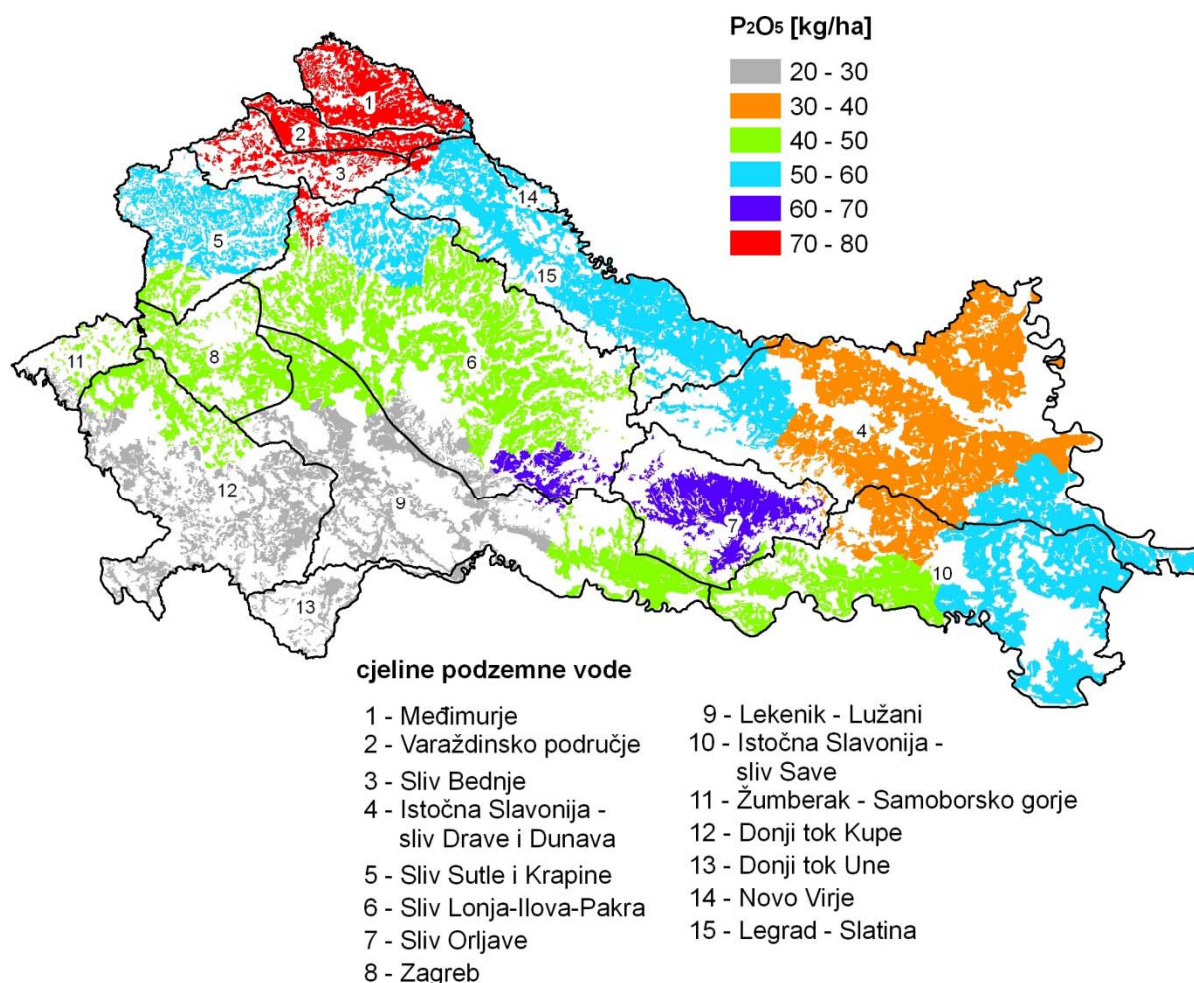
- poljoprivredne površine s najvećim opterećenjem dušikom (150-175 kg/ha) nalaze se na područjima cjelina podzemne vode: Varaždinsko područje, Sliv Bednje i Sliv Orpljave, a slijede Novo Virje, zapadni dio cjeline Legrad-Slatina i sjeverozapadni dio cjeline Sliv Lonja-Ilova-Pakra sa 125-150 kg/ha
- razmjerno male količine dušika (35-75 kg/ha) upotrebljavaju se na poljoprivrednim površinama koje se nalaze na cjelinama podzemne vode Donji tok Kupe, Donji tok Une te na središnjem dijelu cjeline Lekenik-Lužani.



Slika 3.1.3.2. Dušik iz mineralnih i organskih gnojiva, 2000. godina

Na slici 3.1.3.3. prikazana je ukupna godišnja količina fosfora primijenjenog na jediničnoj poljoprivrednoj površini. Utvrđeno je sljedeće:

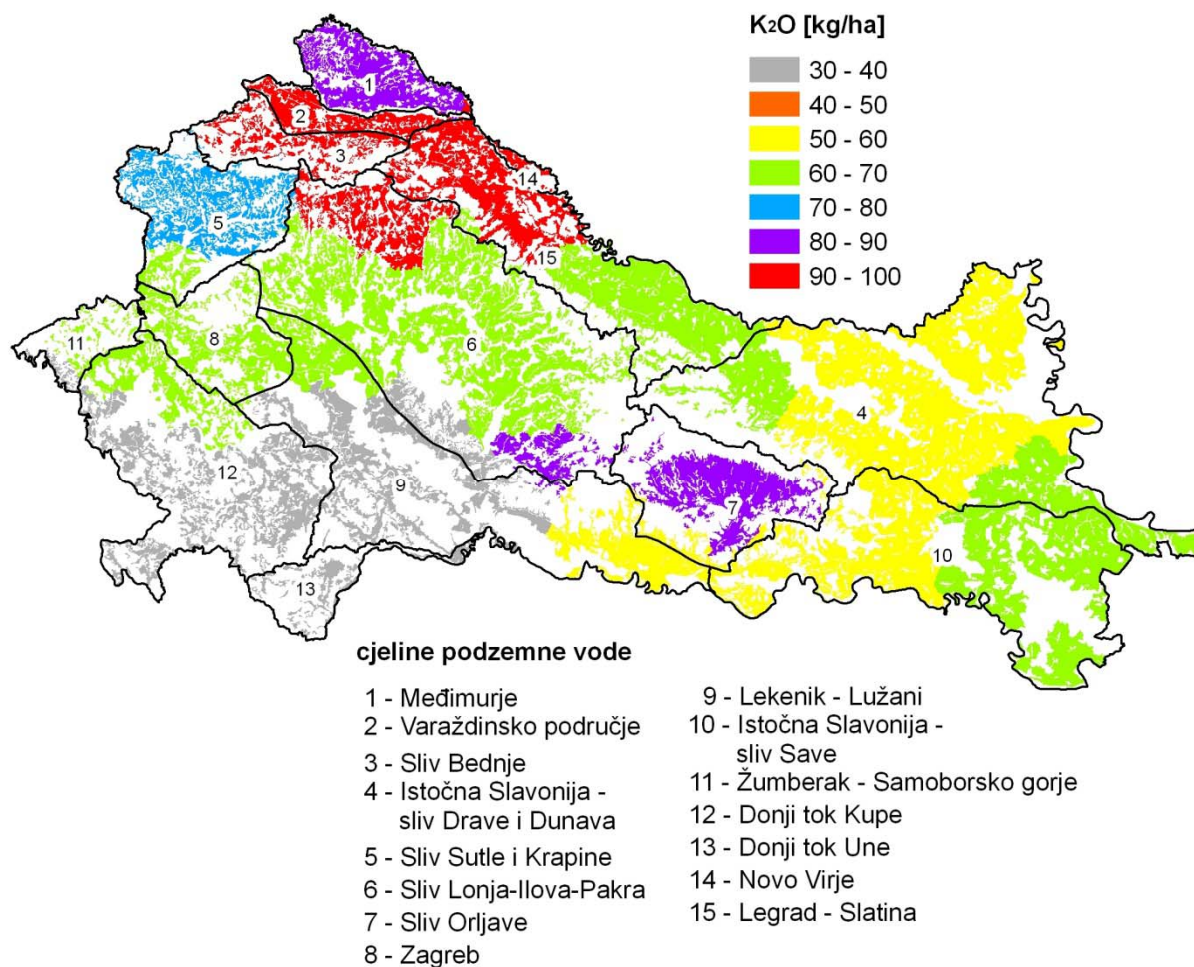
- najveće količine, u rasponu od 70-80 kg P₂O₅/ha, upotrebljavaju se na poljoprivrednim površinama sljedećih cjelina podzemne vode: Međimurje, Varaždinsko područje i Sliv Bednje. Slijede Sliv Orpljave i jugoistočni dio Sliva Lonja-Ilova-Pakra sa 60-70 kg P₂O₅/ha
- najmanje količine fosfora, u rasponu 20-30 kg P₂O₅/ha, koriste se na poljoprivrednim površinama koje se nalaze na području cjeline podzemne vode Donji tok Une te na prevladavajućem dijelu cjelina Lekenik-Lužani i Donji tok Kupe.



Slika 3.1.3.3. Fosfor iz mineralnih i organskih gnojiva, 2000. godina

Količine upotrijebljenog kalija na jediničnoj poljoprivrednoj površini prikazane su na slici 3.1.3.4. Ističe se sljedeće:

- najveće količine kalija, u rasponu od 90-100 kg K₂O /ha, odnose se na poljoprivredne površine na području cjelina podzemne vode Varaždinsko područje, Sliv Bednje, Novo Virje, zatim zapadnog dijela cjeline Legrad – Slatina, te sjeverozapadnog dijela cjeline Sliv Lonja-Ilova-Pakra. Slijede Sliv Orpljave i jugoistočni dio Sliva Lonja-Ilova-Pakra s 80-90 kg K₂O /ha
- i na ovom primjeru ističe se cjelina podzemne vode Donji tok Une, kao i prevladavajuće površine Donjeg toka Kupe i cjeline Lekenik-Lužani, s najmanjom količinom upotrijebljenog kalija (30-40 kg K₂O /ha).

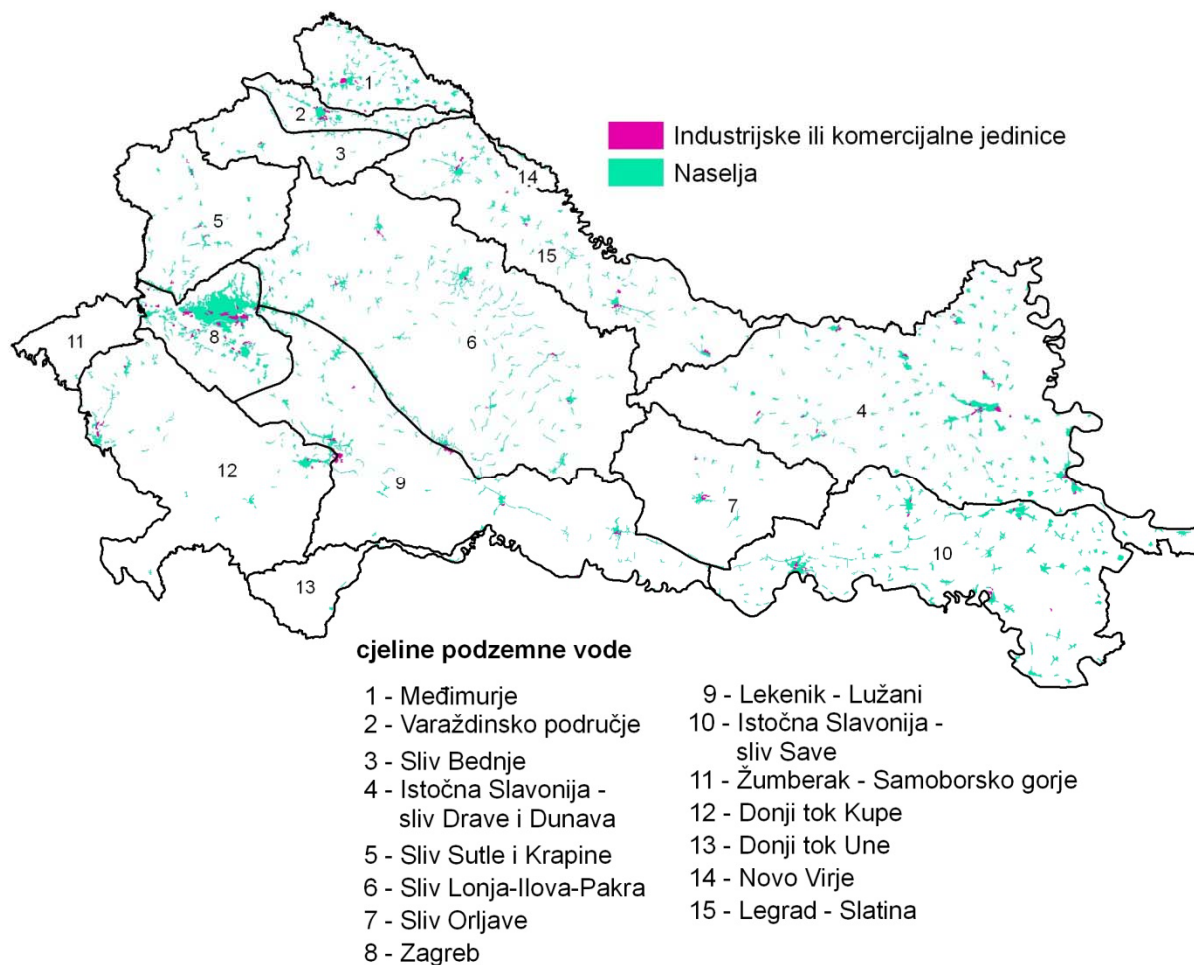


Slika 3.1.3.4. Kalij iz mineralnih i organskih gnojiva, 2000. godina

Prostorna distribucija naseljenih područja i industrijskih zona prikazana je na slici 3.1.3.5. Manjkavost podataka o stupnju izgrađenosti sustava odvodnje otpadnih voda onemogućila je njihovu detaljniju kategorizaciju.

Razmatrano je područje u cjelini uzevši relativno nenaseljeno. Najveća gustoća naseljenih područja nalazi se na cjelini podzemne vode Zagreb, gdje prostorni udio naselja iznosi više od 10 % (slika 3.1.3.1). Na većini ostalih cjelina naselja ne zauzimaju više od 5 % ukupne površine.

Industrijske zone zauzimaju male površine i vezane su skoro isključivo za veće gradove. Najveći prostorni udio imaju na području cjelina podzemne vode Zagreb s 1.9 %, a slijede Varaždinsko područje s 0.9 % i Međimurje s 0.4 %.



Slika 3.1.3.5. Prostorna distribucija naselja, te industrijskih ili komercijalnih jedinica

3.2. Identifikacija opterećenja od korištenja (crpljenja) podzemnih voda

3.2.1. Metodologija

Podzemna voda u Hrvatskoj čini oko 90% svih zahvaćenih količina vode za piće, a preostalih 10% čine zahvati površinskih voda iz vodotoka i višenamjenskih akumulacija. Na području panonskog dijela Hrvatske korištenje podzemne vode za navodnjavanje uglavnom je zastupljeno u Međimurju i Podravini no slabo je kontrolirano. Zbog malog broja izdanih koncesija za navodnjavanje, količina podzemne vode koja se u tu svrhu koristi slabo je poznata.

Motrenje razina podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske provodi se u okviru nacionalne mreže motrenja od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda Hrvatske. Motrenje je uspostavljeno na više stotina piezometara u dolinama rijeka Drave i Save. Veliki broj piezometara izveden je za potrebe projektiranja i praćenja rada hidroelektrana planiranih i/ili izvedenih na ovim rijekama. Najveći ih broj u zapadnom dijelu dravskog bazena, te u zapadnom dijelu Savskog bazena. Nizvodno od Siska, organiziranog motrenja podzemnih voda u savskom bazenu nema, kao i na brdovitim i brežuljkastim predjelima između dolina rijeke Drave i Save, Karlovačkom bazenu, te Žumberku i Samoborskom gorju.

Identifikacija opterećenja od korištenja podzemne vode na količinsko stanje cjelina podzemnih voda analizirana je usporedba procijenjenih obnovljivih zaliha podzemnih voda i eksploatacijskih količina za koje su izdane koncesije.

3.2.2. Rezultati analize

S obzirom na mogućnost korištenja za masovnu vodoopskrbu bitne su zalihe podzemnih voda koje se sezonski obnavljaju, te se mogu trajno koristiti. Obnovljive zalihe podzemnih voda u Hrvatskoj do sada su procjenjivane nekoliko puta. U mnogim dosadašnjim radovima, izvješćima i dokumentima pod obnovljivim zalihama podzemne vode navodile su se dvije vrijednosti. Jedna se odnosila na minimalne, a druga na maksimalne procjene. Razlike između jednih i drugih iznimno su velike, pa za sliv Save odnos minimalnih i maksimalnih procjena obnovljivih zaliha iznosi oko 1:6, za sliv Drave i Dunava 1:2 (tablica 3.2.2.1).

Sliv	Obnovljive zalihe podzemne vode (mil. m ³ /god)				
	(Gereš, 1998 - prema Miletić i dr.; 1988, 1992-1997) Minimalne ocjene	(Mayer, 1996 - prema Miletić i dr.; 1988, 1993) Maksimalne ocjene	(Urumović, 1981, 1994) - prema Miletić i dr.; 1988, 1993	(Biondić & Brkić, 2002)	Hrvatske vode (2009)
Sliv rijeka Drave i Dunava					
a) aluvijalni vodonosnici	499	556	569	1062	803
b) karbonatni vodonosnici					8
Sliv rijeke Save					
a) aluvijalni vodonosnici	1220	7109		1162	1198
b) karbonatni vodonosnici	482	3590			654
Ukupno:	1702	10699	11950		2663

Tablica 3.2.2.1. Procjena obnovljivih zaliha podzemne vode

Usporedba procijenjenih obnovljivih zaliha podzemnih voda unutar pojedinih cjelina i eksploatacijskih količina prikazana je u tablici 3.2.2.2.

<i>ID cjeline</i>	<i>Naziv cjeline podzemne vode</i>	<i>Procijenjene obnovljive zalihe podzemnih voda (Q_{inj}) $\times 10^6$ (m^3/god)</i>	<i>Crpljenje podzemnih voda (prema izdanim koncesijama) $\times 10^6$ (m^3/god)</i>
1	MEĐIMURJE	113	12
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	88	20
3	SLIV BEDNJE	52	17
4	LEGRAD - SLATINA	362	19
5	NOVO VIRJE	18	0
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	421	47
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	82	7
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	219	37
9	SLIV ORLJAVE	134	15
10	ZAGREB	273	198
11	LEKENIK - LUŽANI	636	11
12	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	379	21
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	139	4
14	DONJI TOK KUPE	287	42
15	DONJI TOK UNE	54	

Tablica 3.2.2.2. Procijenjene obnovljive zalihe podzemnih voda i eksploatacijske količine prema izdanim koncesijama za potrebe javne vodoopskrbe i industrije

Jedno od najvažnijih pitanja je svakako da li se obnovljive zalihe podzemne vode ujedno mogu smatrati količinom vode koja se može i trajno eksploatirati. Praksa je pokazala da se, i pored procijenjenih visokih vrijednosti zaliha podzemne vode, nailazi na poteškoće u osiguranju dovoljnih količina vode na pojedinim lokacijama. Povoljna okolnost je mogućnost induciranog napajanja vodonosnika tijekom crpljenja podzemne vode. Na zagrebačkom području (od Podsuseda do Turopolja) utvrđeno je da rijeka Sava sudjeluje u obnavljanju vode na crpilištima s oko 67 % (Bačani i dr., 2005).

Zbog toga stvarne količine crpljenja podzemne vode ovise o lokacijama crpilišta i njihovom prostornom rasporedu, položaju zdenaca u odnosu na granicu stalnog potencijala, o kakvoći podzemne vode, te o niz drugih čimbenika. Prema tome, zalihe podzemne vode treba određivati za svaku odabranu lokaciju posebno.

3.2. Identifikacija opterećenja od umjetnog napajanja

U panonskom dijelu Hrvatske nema umjetnog napajanja vodonosnika (u smislu upojnih zdenaca i kanala), pa opterećenja i utjecaja na količinsko stanje cjelina podzemnih voda s ovog aspekta nema.

4. Procjena stanja i rizika na cjeline podzemnih voda s gledišta kakvoće podzemnih voda

4.1. Metodologija

Za potrebe ocjene stanja kakvoće podzemne vode unutar svih cjelina, u skladnosti sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama (2000/60/EZ) i Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (2006/118/EZ), metodologija ocjenjivanja je sljedeća:

- Za graničnu vrijednost pokazatelja odnosno „threshold value“ u izdvojenim cjelinama koje su u riziku s obzirom na pokazatelj uzeta je maksimalno dopuštena koncentracija (MDK vrijednost) kao ta vrijednost. Ovaj pristup je prihvaćen zbog toga što u većini slučajeva ne postoje dugi nizovi motrenja pokazatelja. Osim toga, literatura preporuča (Müller, et.al. 2006), u slučajevima kada nema dovoljno podataka da se za te vrijednosti uzmu MDK vrijednosti.
- Na temelju dobivenih rezultata nacionalnog motrenja kakvoće podzemnih voda za referentne godine (2007. i 2008. godine) iz Hrvatskih voda definirane su sljedeće referentne vrijednosti pokazatelja odnosno prosječne izmjerene vrijednosti za arsen (As), kadmij (Cd), olovo (Pb), živa (Hg), amonijev ion (NH_4^+), kloridi (Cl^-), sulfati (SO_4^{2-}), nitrati (NO_3^-), trikloretilen, tetrakloretilen i pH-vrijednost. Međutim, u nekoliko grupiranih cjelina podzemnih voda uz navedene pokazatelje dodani su i željezo (Fe), mangan (Mn) i cink (Zn) jer se pojavljuju u visokim koncentracijama (ponekad i preko MDK vrijednosti), a podrijetlo im je prirodno. Isto tako, za nadopunjavanje spoznaja o kakvoći podzemne vode izdvojenih cjelina koristile su se analize iz fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta i pojedinih komunalnih poduzeća. Sveukupno je obrađeno 7 374 analize
- Temeljna razina pokazatelja odnosno „background level“ određena je samo za nitrata u dvije cjeline. Postoji nekoliko statističkih metoda pomoću kojih se „background level“ može odrediti, a da se pri tome mora izrazito paziti na geokemijsko ponašanje pokazatelja koji se razmatra, kako se ne bi dobila apsurdna vrijednost. Odabrane su sljedeće statističke metode: Lepeltier-ova metoda i metoda proračunavanja funkcije raspodjele. Lepeltier-ova metoda se razvila tijekom istraživanja rudnih ležišta, kao jedna od metoda određivanja geogenih elemenata i njihovih anomalija. Zasniva se na prosječnoj koncentraciji elementa (Clark-ovoj vrijednosti) i pretpostavci da vrijednosti elementa imaju log normalnu distribuciju. Temeljna razina se izračunava iz crtane krivulje relativnih frekvencija u logaritamskoj skali u točki zakrivljenja krivulje. Točka zakrivljenja krivulje je temeljna razina i iznosi srednja vrijednost $\pm 2\sigma$. Metoda proračunavanja funkcije raspodjele pretpostavlja da je distribucija elementa normalna, a ako nije potrebno ju je normalizirati, te nakon toga izračunati funkciju distribucije promatranog elementa. Međutim, ove metode zahtijevaju dugogodišnji niz motrenja pokazatelja za koji se želi izračunati „background level“. Na području istraživanja postoje samo dva područja s dugogodišnjim mjerenjima, a to su Zagrebačka i Varaždinska cjelina, pa je za njih izračunat „background level“ za nitrata. No, i u ovim dugogodišnjim mjerenjima postoji problem, a to je metoda na koji se određeni pokazatelj mjerio jer su se metode mjerenja kroz vrijeme mijenjale. Način mjerenja, dovodi do problema vjerodostojnosti podatka, a na kraju i izračunate vrijednosti.

Isto tako su korištene obavljene spoznaje o kakvoći podzemnih voda po pojedinim cjelinama obavljenim u znanstvenim i stručnim publikacijama, magistarskim i doktorskim disertacijama, te na kongresima autora Marković (2007), Larva (2008), Brkić et.al. (2003),

Grgić (1990), Kovač (2004), Nakić (2003), Nakić et.al. (2001, 2002, 2007, 2008), Šarin et.al. (1995), Šestanović (1969), Miletić (1969), Miletić et.al. (1971, 1973), Urumović (1990), Urumović et.al. (1971, 2003), Babić et.al., (1978), Vlahović et.al. (2000), Duić (2006).

Za cjeline na kojima se provodi praćenje kakvoće podzemne vode rizik je procijenjen s obzirom na vrijednosti pojedinih pokazatelja. U tu je svrhu vrijednost veća od 75% granične vrijednosti pokazatelja poslužila kao kriterij. Također su razmotrene površine na kojima se bilježe negativni antropogeni utjecaji u odnosu na ukupnu površinu cjeline podzemne vode. U situacijama gdje ona iznosi više od 30 %, procijenjeno je da se čitava cjelina podzemne vode nalazi u stanju rizika.

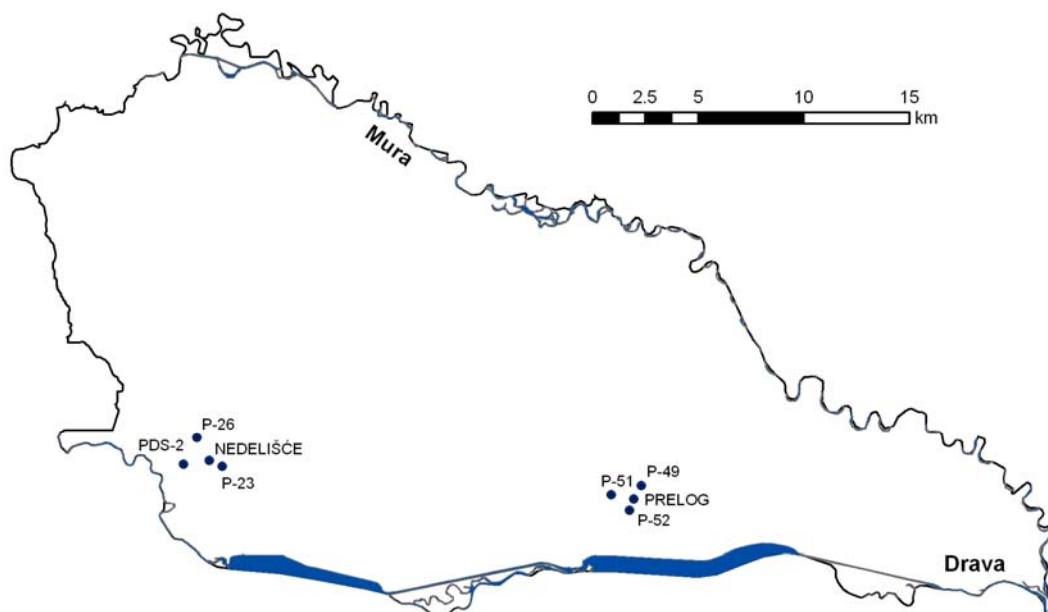
Za cjeline na kojima se ne provodi ekstenzivno praćenje kakvoće podzemne vode rizik je procijenjen na temelju rezultata prirodne ranjivosti vodonosnika i opterećenja izazvanih točkastim i raspršenim izvorima onečišćenja. Kriteriji su definirani na sljedeći način:

- ako područja s visokom i vrlo visokom ranjivošću vodonosnika zauzimaju manje od 30 % ukupne površine cjeline podzemne vode, tada je procijenjeno da se ona ne nalazi u stanju rizika bez obzira na uvjete korištenja prostora
- ako područja s visokom i vrlo visokom ranjivošću vodonosnika zauzimaju više od 30 % ukupne površine cjeline podzemne vode a uz to je na tim područjima izraženo opterećenje u vidu točkastih ili raspršenih onečišćivača, tada je procijenjeno da se ona nalazi u stanju potencijalnog rizika
- ako područja s visokom i vrlo visokom ranjivošću vodonosnika zauzimaju više od 30 % ukupne površine cjeline podzemne vode a opterećenja u vidu točkastih ili raspršenih onečišćivača nema ili je minimalno, tada je procijenjeno da se ona ne nalazi u stanju rizika.

4.2. Rezultati ocjene stanja kakvoće podzemne vode po grupiranim cjelinama

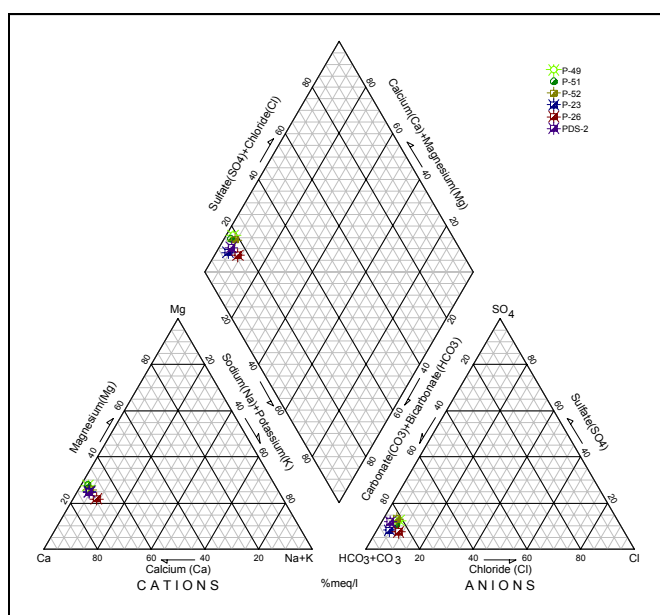
4.2.1. Cjelina Međimurje

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Međimurje korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja), komunalnog poduzeća Međimurskih voda i fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta.



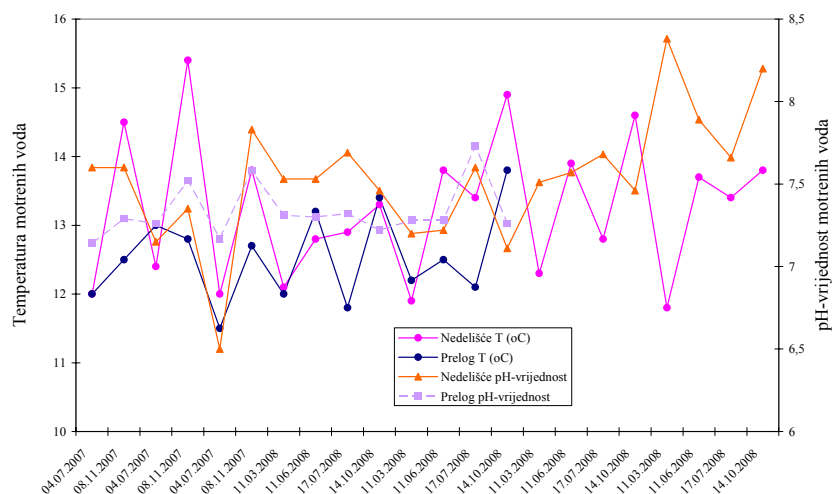
Shematski prikaz motrenih mjesta u cjelini Međimurje

Prema svom osnovnom ionskom sastavu motrene podzemne vode cjeline Međimurje pripadaju CaMg-HCO₃ hidrokemijskom facijesu, odnosno tipu voda. Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosnicima (slika 4.2.1.1).

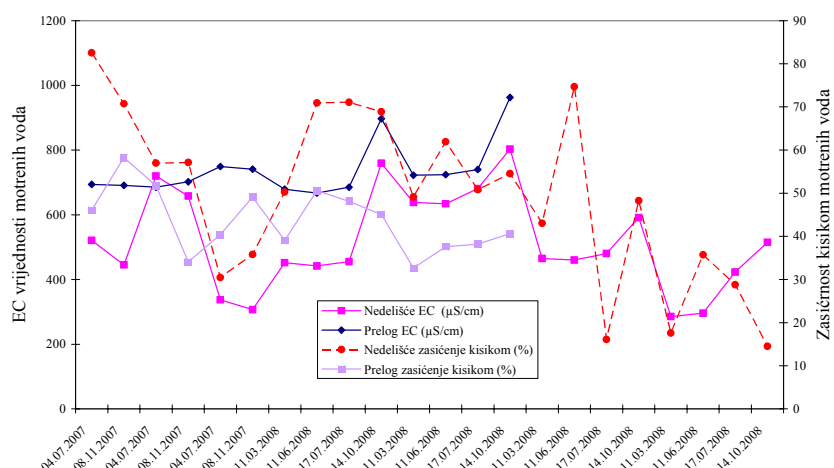


Slika 4.2.1.1. Piperov dijagram podzemnih voda cjeline Međimurje

Temperature podzemnih voda iznose između 12 i 15.4 °C (slika 4.2.1.2). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Viša temperatura na nekim piezometrima je posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.68 i 8.2 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.1.2). Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 307 do 963 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.1.3). Iz slike 4.2.1.3 vidljivo je da su podzemne vode u 45% slučajeva dobro zasićene kisikom, a ostalih 55% su slabo zasićene kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.



Slika 4.2.1.2. Raspodjela temperature i pH-vrijednosti motrenih voda

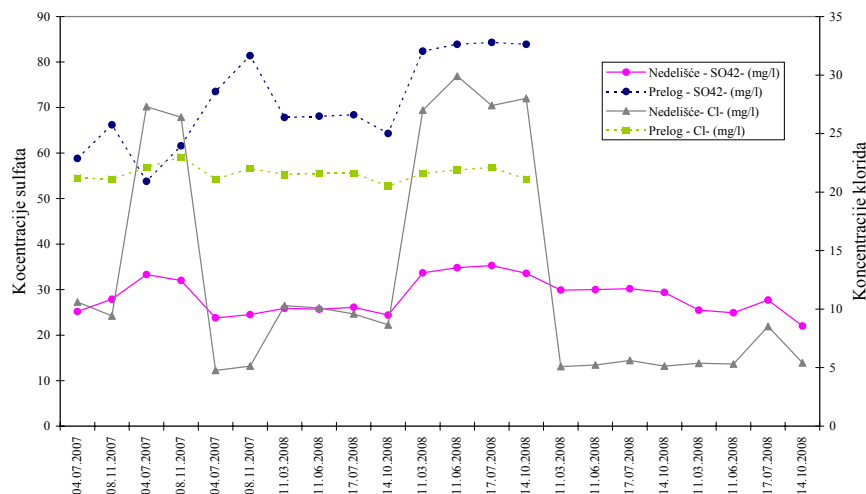


Slika 4.2.1.3 Raspodjela EC i zasićenosti kisikom motrenih voda

Tablica 4.2.1.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost, Fe, Mn, te trikloretilena i tetrakloretilen

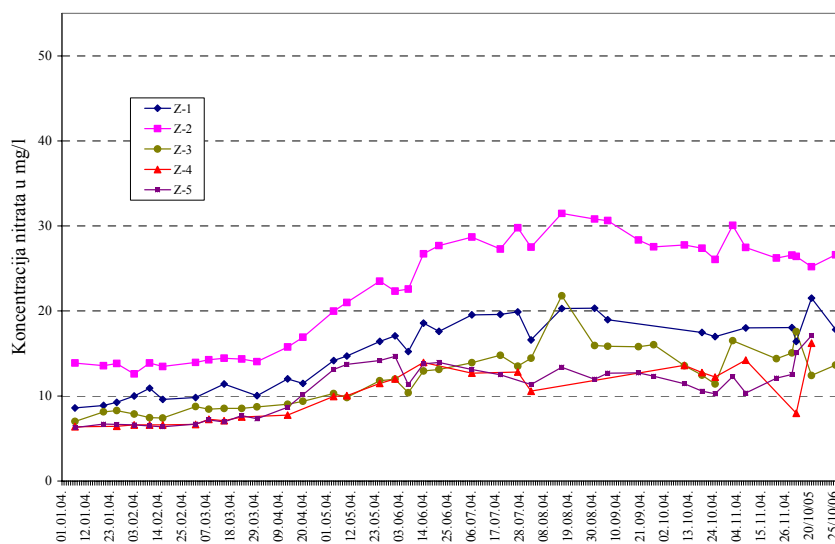
	"Threshold value" MDK	1 - Cjelina Međimurje srednje vrijednosti	
		Nedelišće	Prelog
As (µg/l)	10	0	0
Cd (µg/l)	5	0,08	0,02
Pb (µg/l)	10	2	1,9
Hg (µg/l)	1	0	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0	0,06
Cl ⁻ (mg/l)	250	12,7	21,6
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	28,4	71,3
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,49	7,33
trikloretilen i tetrakloretilen (µg/l)	10	0	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	18,2	37,8
Fe (µg/l)	200	342	580
Mn (µg/l)	50	3,4	11,4

U motrenim vodama crpilišta Nedelišće i Prelog koncentracije As, Hg, te trikloretilena i tetrakloretilena su ispod granice detekcije instrumenta odnosno nisu zabilježene (tablica 4.2.1.1). Sadržaj NH₄⁺ je zabilježen u pojedinim uzorcima vode na crpilištu Prelog, te se koncentracije kreću od ispod granice detekcije do 0.5 mg/l. Koncentracije Cd na crpilištu Nedelišće su od ispod granice detekcije do 0.4 µg/l, a na crpilištu Prelog od ispod granice detekcije do 0.2 µg/l, te srednje koncentracije iznose 0.08 µg/l i 0.02 µg/l. Sadržaji Pb na području crpilišta Nedelišće kreću se od ispod granice detekcije do 7.5 µg/l, a na području crpilišta Preloga od ispod granice detekcije do 18.1 µg/l, te srednje vrijednosti iznose 2 µg/l i 1.9 µg/l. Njihovo podrijetlo je prirodno jer se u sedimentu koji izgrađuje vodonosnik nalaze minerali koji sadržavaju Cd i Pb. Srednje vrijednosti koncentracija za kloride i sulfate na oba priljevna područja crpilišta su niske i ispod su MDK vrijednosti (tablica 4.2.1.1). Koncentracije klorida na području crpilišta Nedelišće kreću se od 5.4 do 29.9 mg/l, a na području crpilišta Prelog njihove su koncentracije ujednačenije i kreću se od 21.1 do 23 mg/l. Na priljevnom području crpilišta Nedelišće, tijekom hidrološke godine, postoje oscilacije koncentracija klorida koje su posljedica utjecaja soljenja cesta u zimskom periodu (slika 4.2.1.4). Međutim, ovaj utjecaj nije zamijećen na podzemne vode na priljevnom području crpilišta Prelog (slika 4.2.1.4).



Slika 4.2.1.4. Raspodjela klorida i sulfata u motrenim vodama

Srednja koncentracije nitrata na području crpilišta Nedelišće iznosi 18.2 mg/l, te je niska u odnosu na „threshold value“ – graničnu vrijednost. Međutim, na temelju nekoliko godina motrenja nitrata u zdencima na crpilištu, zapaža se lagani rast koncentracija nitrata, te stagnacija viših koncentracija (slika 4.2.1.5).



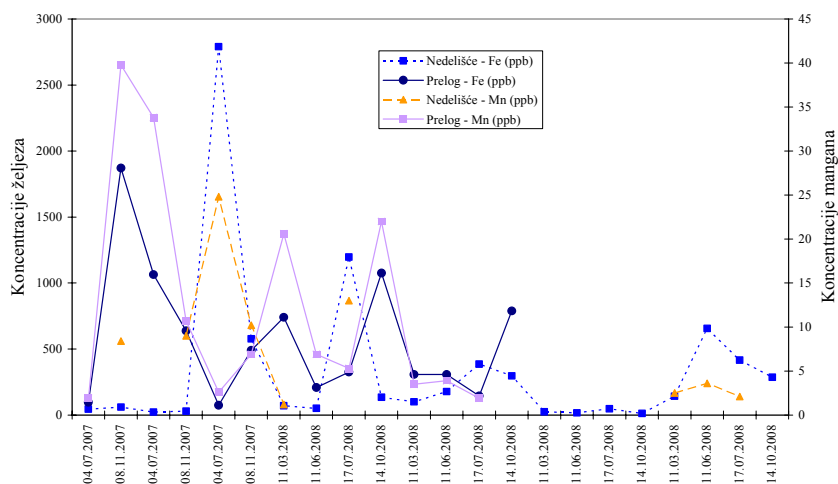
Slika 4.2.1.5. Raspodjela nitrata u vodama zdenaca na crpilištu Nedelišće

U motrenim vodama crpilišta Prelog zapažaju se koncentracije nitrata u intervalu od 34.3 do 43.7 mg/l (slika 4.2.1.6). Srednja koncentracija nitrata iznosi 37.8 mg/l (tablica 4.2.1.1). Visoke koncentracije nitrata ukazuje na izraziti antropogeni utjecaj na vodonosnik. Izvori nitrata su poljoprivreda i loš kanalizacijski sustav. Obzirom na ovaj pokazatelj, vodonosnik u ovom djelu cjeline je u riziku.



Slika 4.2.1.6. Raspodjela koncentracije nitrata na crpilištu Prelog

U oba priljevna područja crpilišta zapažaju se visoke koncentracije željeza koje se kreću od 34 do 1871 $\mu\text{g/l}$ – crpilište Prelog, a od 22 do 1129 $\mu\text{g/l}$ – crpilište Nedelišće (slika 4.2.1.7). Koncentracije mangana se kreću od 1.1 do 39 $\mu\text{g/l}$ – crpilište Prelog, a od 2.1 do 24.8 $\mu\text{g/l}$ – crpilište Nedelišće (slika 4.2.1.7). Njihovo podrijetlo je prirodno odnosno nalaze se u sedimentu koji izgrađuje vodonosnike.

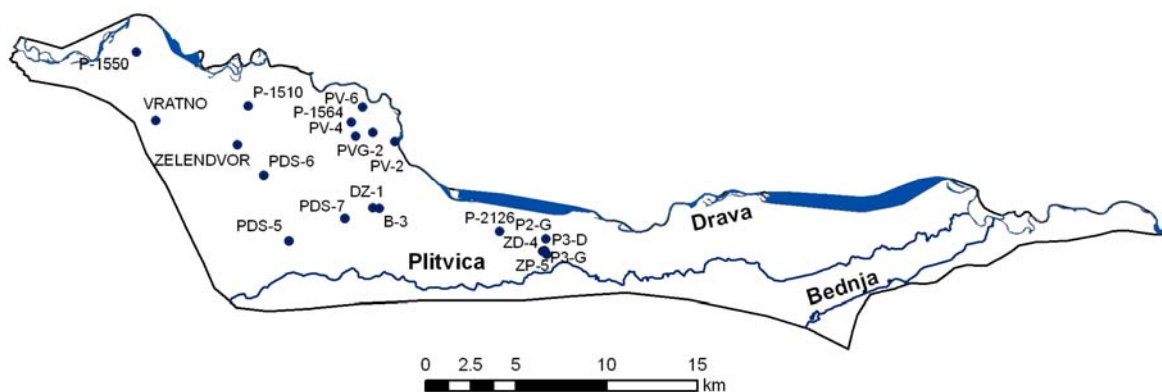


Okvirne direktive o vodama su ispod MDK vrijednosti. Povremeno su mikrobiološki pokazatelji povišeni.

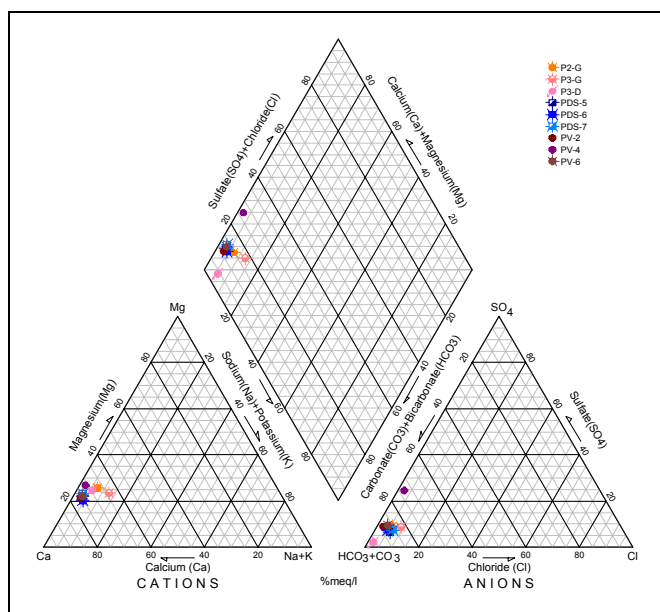
4.2.2. Cjelina Varaždinsko područje

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Varaždin korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerena u sklopu nacionalnog motrenja), komunalnog poduzeća VARKOM i fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta.

Hidrokemijska obilježja podzemnih voda varaždinskih vodonosnika posljedica su mineraloško-petrografskog sastava materijala koji je taložen. Iz Piperovog dijagrama (slika 4.2.2.1) vidljivo je da podzemne vode na području Varaždina pripadaju CaMg-HCO₃ hidrokemijskom facijesu. Zapaža se da je hidrokemijski facijes voda varaždinskog područja posljedica dominantnog otapanja karbonatnih minerala (kalcit i dolomit) u vodonosniku.

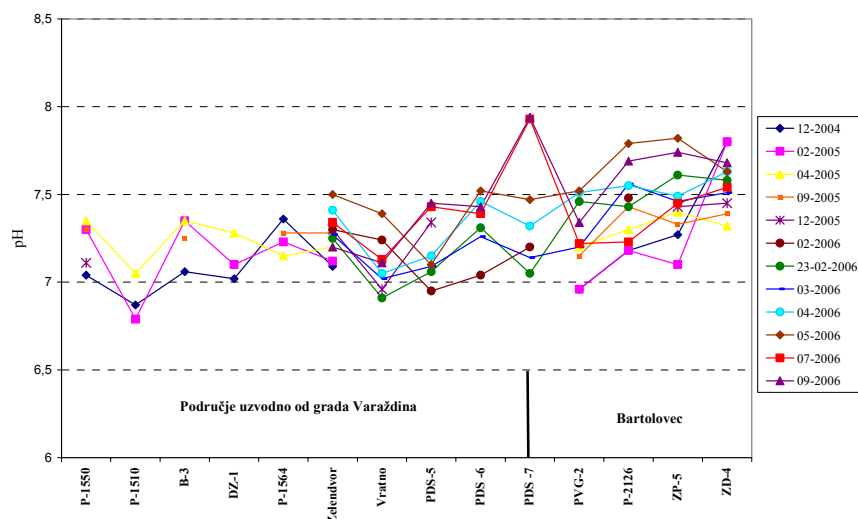


Shematski prikaz motrenih mjesta u cjeline Varaždinsko područje



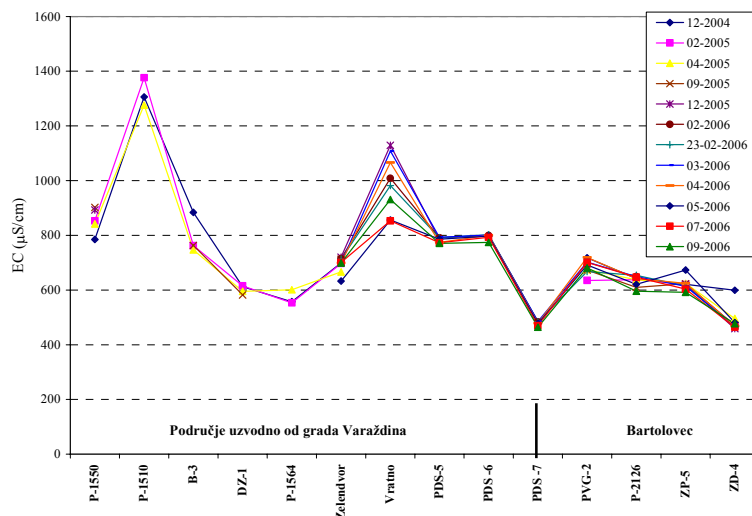
Slika 4.2.2.1. Piperov dijagram motrenih voda

Temperature podzemnih voda varaždinskog područja nalaze se u intervalu od 9 °C do 14 °C. Niže vrijednosti temperature podzemnih voda zabilježene su u hladnijim mjesecima, a više u toplijim mjesecima. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Izmjerene pH-vrijednosti podzemnih voda nalaze se u intervalu od 6.79 do 7.94. Stoga se može reći da su podzemne vode slabo kisele, neutralne do slabo alkalne (slika 4.2.2.2).



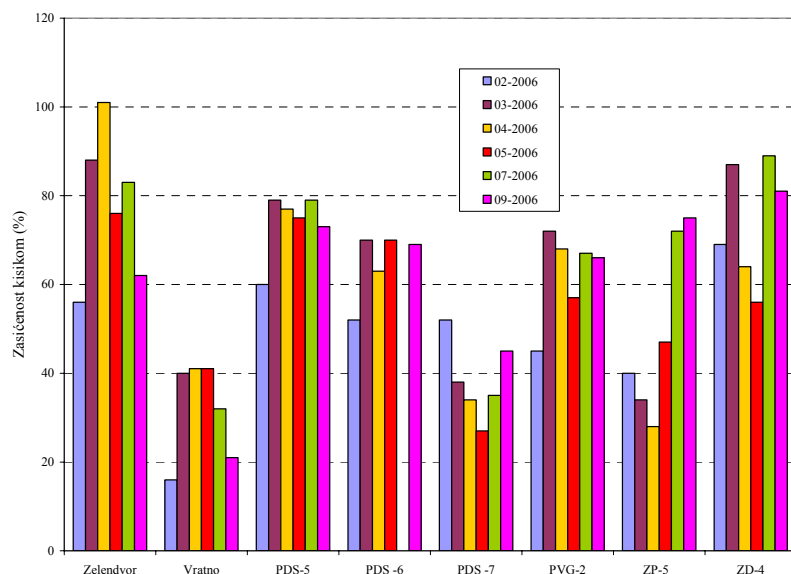
Slika 4.2.2.2 Raspodjela pH-vrijednosti motrenih voda

Vrijednosti EC podzemnih voda varaždinskog područja nalaze se u intervalu od 459 do 1376 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Zapažene su razlike u izmjerenim vrijednostima EC voda u piezometrima i zdencima uzvodno i nizvodno od grada Varaždina. Više vrijednosti imaju vode u vodnim objektima smještenim uzvodno od grada, a niže vrijednosti u nizvodno smještenim objektima. Uočena je i vertikalna stratifikacija u motrenom varaždinskom vodonosniku. Zdenci i piezometri koji zahvaćaju dublji dio varaždinskog vodonosnika (drugi vodonosni sloj) imaju niže vrijednosti EC, a zdenci i piezometri koji zahvaćaju plići dio varaždinskog vodonosnika (prvi vodonosni sloj) imaju više vrijednosti EC (slika 4.2.2.3). Ovakva raspodjela vrijednosti EC u vodama je posljedica postojanja znatno više otopljenih tvari (nitrata, kalcija, sulfata i klorida) u vodama prvog vodonosnog sloja nego u vodama drugog vodonosnog sloja. Više otopljenih tvari (nitrata, kalcija, sulfata i klorida) u vodama prvog vodonosnika je posljedica ispiranja nesaturirane zone koja je pod velikim antropogenim utjecajem. Utjecaj ispiranja nesaturirane zone na drugi vodonosni sloj je smanjen zahvaljujući prvom vodonosniku i postojanju glinovito-siltovitog proslojka između prvog i drugog vodonosnog sloja.



Slika 4.2.2.3. Raspodjela elektrolitičke vodljivosti u motrenim vodama

Podzemne vode varaždinskog područja su dobro do slabo zasićene kisikom (slika 4.2.2.4). Niski sadržaj kisika u vodama zdenaca i piezometara je posljedica trošenja kisika na oksidaciju organske tvari i amonija. Općenito sadržaj kisika u podzemnim vodama tijekom godine varira.



Slika 4.2.2.4. Raspodjela zasićenosti kisikom motrenih voda

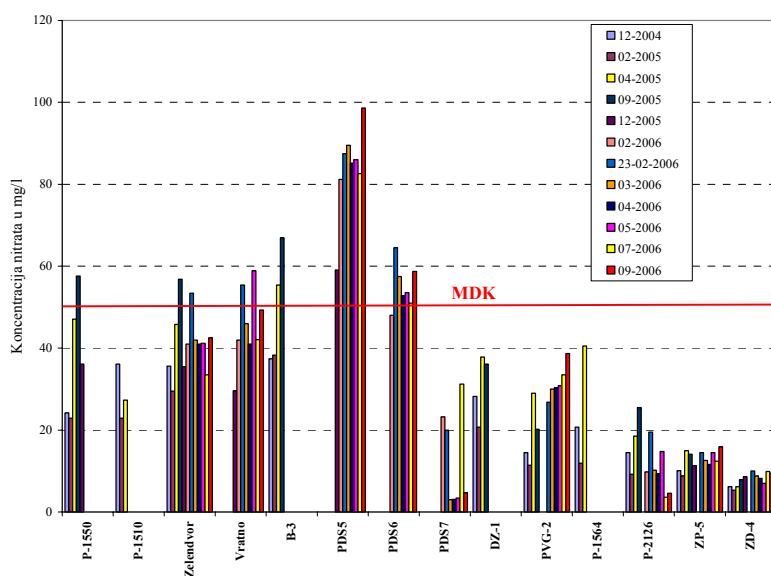
Tablica 4.2.2.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Fe, Mn, Zn, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilen

	"Threshold value" MDK	2 - Cjelina Varaždin srednje vrijednosti		
		Varaždin	Vinokošćak	Bartolovec
As (µg/l)	10	0	0	0
Cd (µg/l)	5	0,06	0	0,1
Pb (µg/l)	10	5	6,1	5,6
Hg (µg/l)	1	0	0	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0,003	0	0
Cl ⁻ (mg/l)	250	16,3	9,3	10,8
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	27,7	30,7	35,3
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,58	7,57	7,54
trikloretilen i tetrakloretilen	10	0	0	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	74,6	19,8	15,2
Fe (µg/l)	200	17,3	20,8	20,9
Mn (µg/l)	50	3,7	1,9	1,8
Zn (µg/l)	3000	44,4	21,4	31,5

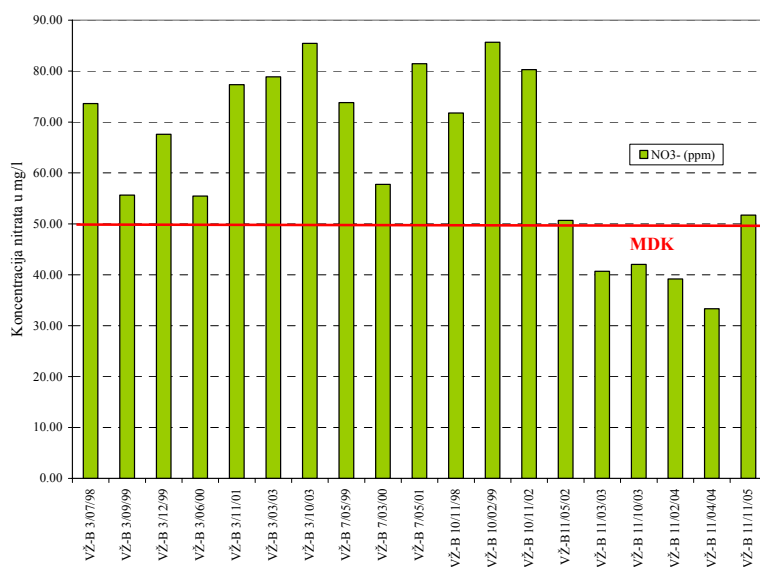
Vrijednosti koncentracije nitrata u motrenim uzorcima podzemnih voda na istraživanom području ukazuju na povišene, a ponekad i na visoke koncentracije nitrata koje prelaze MDK vrijednosti (slika 4.2.2.5). Visoke vrijednosti zapažene su u piezometrima i zdencima smještenim uzvodno od grada Varaždina odnosno na Varaždinskom crpilištu i zdencima uzvodno od crpilišta. Niže koncentracije (ispod MDK vrijednosti) zapažene su u uzorcima iz piezometara i zdenaca na području crpilišta Vinokošćak i Bartolovec (slike 4.2.2.5, 4.2.2.7, 4.2.2.8). Zapažaju se oscilacije koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Vinokošćak tijekom hidrološke godine (slika 4.2.2.7), ali koncentracije ne prelaze MDK vrijednosti. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da zdenci na crpilištu Bartolovec ZD-4 (na slici 4.2.2.8 B-4) i B-3 (slika 4.2.2.5), koji zahvaćaju samo drugi vodonosni sloj imaju daleko najniže koncentracije nitrata. Zdenci (B1_2 i B-5) koji zahvaćaju samo prvi vodonosni sloj na crpilištu Bartolovec imaju povišene koncentracije nitrata, no one ne prelaze MDK vrijednosti (slika 4.2.2.8).

Sukladno motrenim koncentracijama nitrata na crpilištima je i srednja vrijednost koncentracije nitrata, koja je izrazito visoka 74.6 mg/l (tablica 4.2.2.1) za područje uzvodno od crpilišta Varaždin, te je to područje pod rizikom obzirom na nitrate. Srednje vrijednosti za priljevna područja crpilišta Bartolovec i Vinokošćak su niske, 15.2 i 19.8 mg/l.

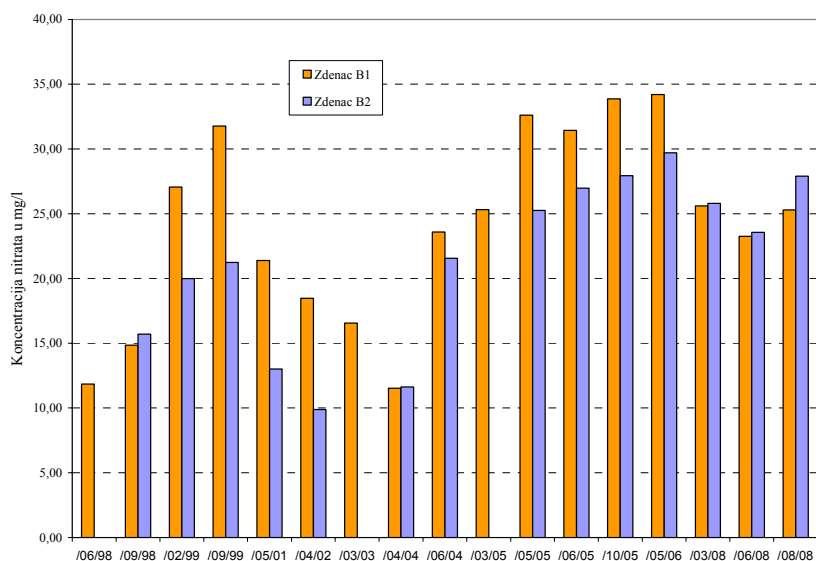
Razlike u koncentracijama nitrata između vodonosnika smještenog uzvodno od grada Varaždina i nizvodno je posljedica što je u uzvodnom području smješten veliki broj peradarskih farmi koje nekontrolirano odlažu pileći izmet, a svega nekoliko farmi postoji nizvodno. Osim toga, količina akumulirane podzemne vode u vodonosniku je znatno manja uzvodno od grada Varaždina u odnosu na nizvodno područje. Također u uzvodnom području je intenzivnija proizvodnja kupusa koja zahtijeva više dušičnih gnojiva, a u nizvodnom području većinom se proizvodi kukuruz i žitarice. Značajke tla uzvodnog i nizvodnog područja se razlikuju. Isto tako je uočeno da povećanje koncentracije nitrata u vodama nastaje nakon infiltracije oborina kroz nesaturiranu zonu poslije sušnog perioda.



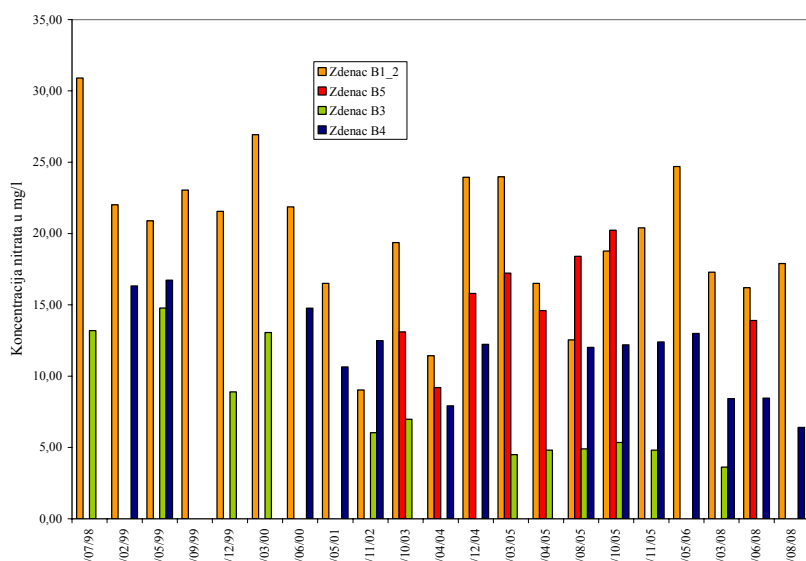
Slika 4.2.2.5. Raspodjela koncentracija nitrata u podzemnim vodama



Slika 4.2.2.6. Raspodjela koncentracija nitrata u podzemnim vodama crpilišta Varaždin

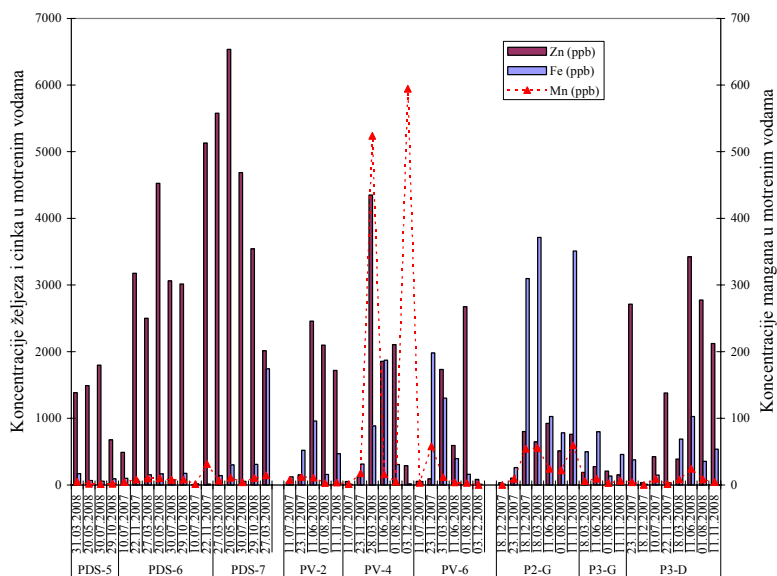


Slika 4.2.2.7. Raspodjela koncentracija nitrata u podzemnim vodama crpilišta Vinokošćak



Slika 4.2.2.8. Raspodjela koncentracija nitrata u podzemnim vodama crpilišta Bartolovec

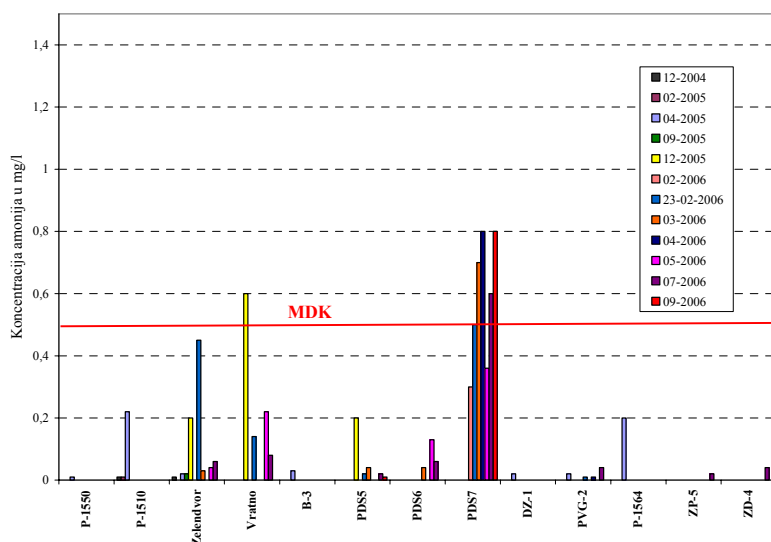
Koncentracije Zn, Fe i Mn u motrenim vodama u zdencima na crpilištima su ispod MDK vrijednosti, međutim u priljevnom području zdenaca su iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.2.9). Izračunate srednje vrijednosti za navedene metale su niske (tablica 4.2.2.1), ali ih je potrebno ovdje navesti zbog njihovog dvojakog podrijetla – prirodno i antropogeno. Drava je istaložila tijekom geološke prošlosti sediment iz Alpa na području cjelina Varaždin koji je sadržavao minerale Zn, Fe i Mn. Isto tako, kada je u Sloveniji i Austriji intenzivno radila rudarsko-prerađivačka industrija, otpadne vode su se upuštale u rijeku Dravu. Rijeka Drava je na varaždinskom području taložila zagađeni fluvijalni sediment.



Slika 4.2.2.9. Raspodjela Zn, Fe i Mn u motrenim vodama

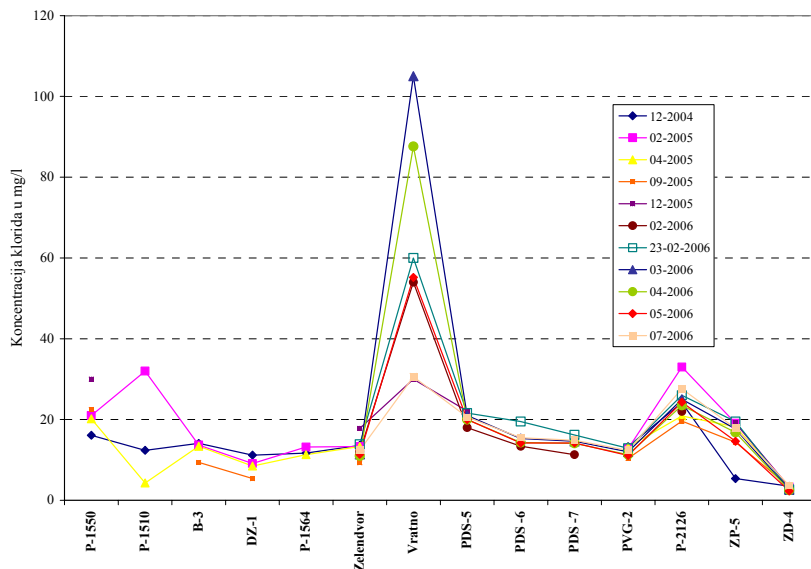
U motrenim vodama nije zabilježeno postojanje As i Hg (tablica 4.2.2.1), ali je uočen postojanje Cd i Pb (tablica 4.2.2.1). Srednje koncentracije Pb su 5 µg/l – crpilište Varaždin, 6.1 µg/l – crpilište Vinokošćak, te 5.6 µg/l – crpilište Bartolovec. Njegovo podrijetlo je isto kao u slučaju Fe, Mn i Zn.

Visoke koncentracije amonija su zabilježene na području uzvodno od crpilišta Varaždin, dok na ostalim područjima su niske koncentracije ili ispod granice detekcije (slika 4.2.2.10 i tablica 4.2.2.1).



Slika 4.2.2.10. Raspodjela amonija u motrenim vodama

Srednje koncentracije klorida se kreću od 9.3 (Vinokošćak), 10.8 (Bartolovec) do 16.3 mg/l (Varaždin). Općenito, koncentracije klorida variraju tijekom godine, jer na promjenu koncentracije utječe soljenje cesta tijekom zimskih mjeseci i udaljenost ceste od objekta koji je u mreži opažanja (slika 4.2.2.11).



Slika 4.2.2.11. Raspodjela klorida u motrenim vodama

Srednje koncentracije sulfata se kreću od 27.7 (Varaždin), 30.7 (Vinokošćak) do 35.3 mg/l (Bartolovec), a njihove koncentracije osciliraju ovisno o blizini prosjeka u podzemlju koji sadrži ZnS ili organsku materiju do opažanog objekta (slika 4.2.2.11).

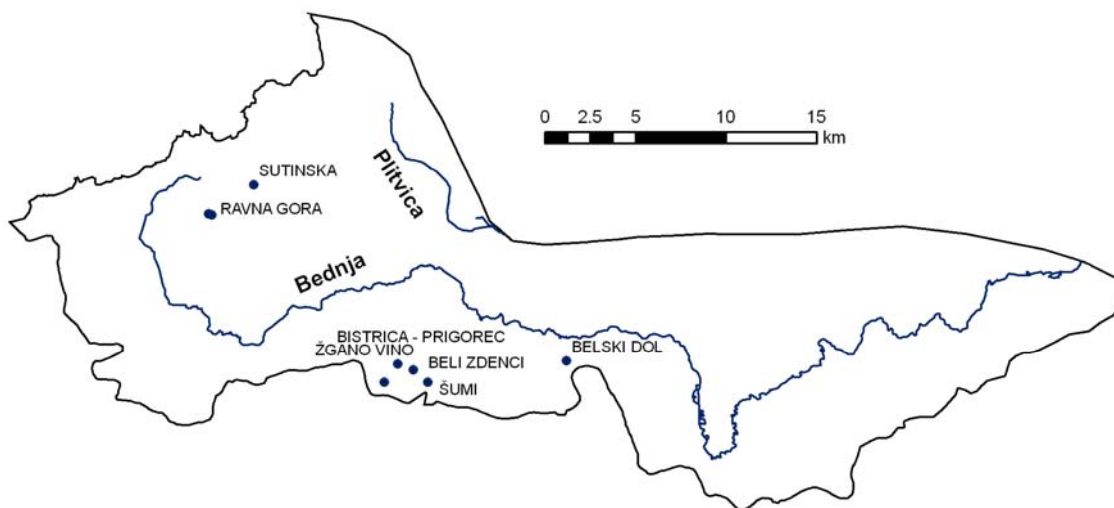
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena su ispod granice detekcije instrumenta odnosno nisu zabilježene u motrenim uzorcima.

Općenito se može reći da su podzemne vode cjeline Varaždinskog područja, obzirom na As, Cd, Pb, Hg, NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , pH-vrijednost, te trikloretilene i tetrakloretilene dobre kakvoće. Visoke koncentracije nitrata iznad granične vrijednosti zabilježene su na priljevnom području crpilišta Varaždin. Na ovom području zapažaju se opterećenje vodonosika ukupnim i mineralnim uljima, fenolima i mikrobiološkim pokazateljima, ali navedeni pokazatelji nisu u zahtjevima Okvirne direktive o vodama. Ostali pokazatelji anorganski i organski, koji nisu u zahtjevima Okvirne direktive o vodama, na priljevnim područjima crpilišta Bartolovec i Vinokošćak su ispod MDK vrijednosti.

4.2.3. Cjelina sliv Bednje

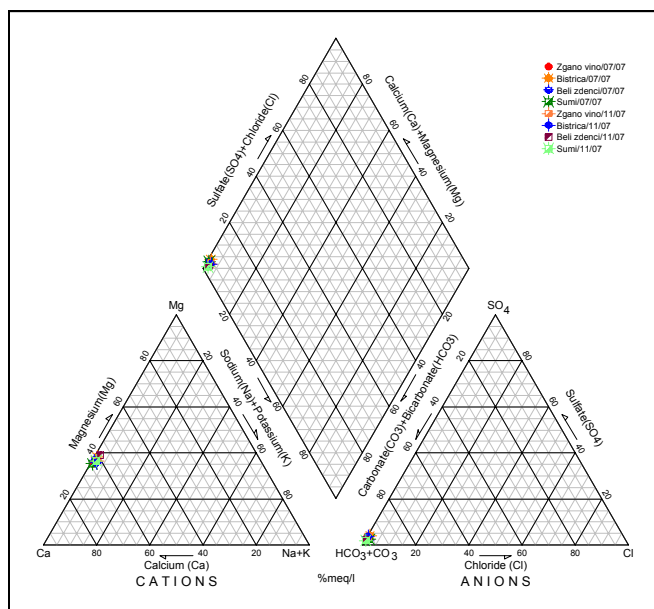
Veće područje sliva Bednje ima značajke prigorskog i brežuljkastog reljefa, prekrivenog miocenskim i pliocenskim sedimentima. Manju površinu zauzimaju gorski masivi Ivanščice, i Ravne gore koji su izgrađeni pretežito od karbonatnih i klastičnih stijena. Vodoopskrba stanovništva je pretežito iz trijaskih (dolomiti, vapnenci, dolomitne breče) karbonatnih vodonosnika. Plitki zahvati iz pliocenskih naslaga (pijesaka, pješčenjaka, šljunaka i konglomerata) su za lokalnu vodoopskrbu te nisu za javnu vodoopskrbu.

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline sliva Bednje korišteni su prvenstveno podaci iz fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta i komunalnih poduzeća IVKOM – Ivanec i VARKOM – Varaždin.



Shematski prikaz motrenih mjesta u cjelini sliv Bednje

Iz Piperovog dijagrama (slika 4.2.3.1) vidljivo je da motrene izvorske vode prema svom osnovnom ionskom sastavu pripadaju CaMg-HCO₃ tipu voda. Ovakav hidrokemijski facijes voda je posljedica otapanja karbonatnih minerala u području prihranjivanja izvora.



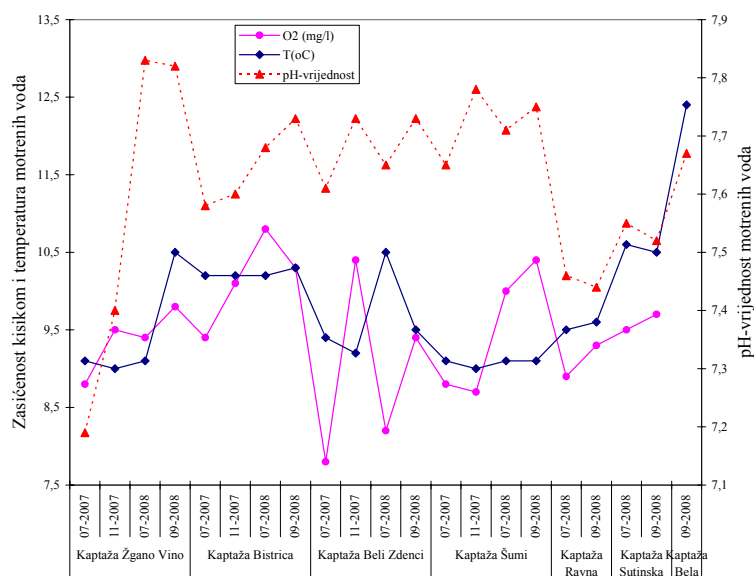
Slika 4.2.3.1. Piperov dijagram izvorskih voda

Temperature izvorskih voda na području Ivanšćice kreću se od 9.1°C do 10.5°C, a temperature voda na području Ravne gore kreću se od 8.9 °C do 12.7 °C (slika 4.2.3.2). Izmjerene temperature izvorskih voda upućuju na srednju godišnju temperaturu područja

prihranjivanja izvora. Međutim, primjećuje se da je nešto viša temperatura (12.7 °C) na izvoru Šestanji u rujnu mjesecu. Ova pojava je posljedica ne tečenja vode van iz "primitivne" kaptaze i zagrijavanja tijekom toplih mjeseci.

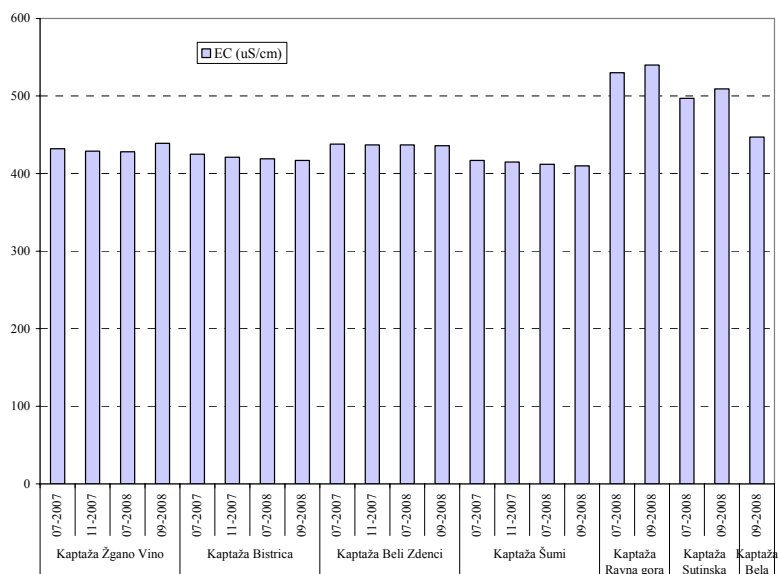
pH-vrijednosti motrenih voda na području Ivanšćice su od 7.65 do 7.83, a na području Ravne gore pH-vrijednosti kreću se od 7.33 do 7.67 (slika 4.2.3.2). Najniža vrijednost je izmjerena u izvoru Šestanji (Ravna gora), a najviša u kaptazi Žgano Vino (Ivanšćica). Uzorkovane vode prema pH-vrijednostima su neutralne do slabo alkalne, te pH ukazuje da je vodonosnik dobro pufiriran hidrogenkarbonatima koji nastaju kao posljedica otapanja karbonatnih minerala uz prisutnost otopljene ugljične kiseline u vodi.

Izvorske vode na oba područja su dobro zasićene kisikom, te se vrijednosti otopljenog kisika u vodama kreću od 7.3 do 10.4 mg/l (slika 4.2.3.2). Osim izvorske vode Šestanji čije vrijednosti otopljenog kisika su 6 i 5.8 mg/l (slika 4.2.3.2). Niske vrijednosti kisika u ovoj vodi je posljedica nakupljanja finog mulja koji sadrži organsku materiju na dnu kaptaze, te se kisik troši na razgradnju organske materije.



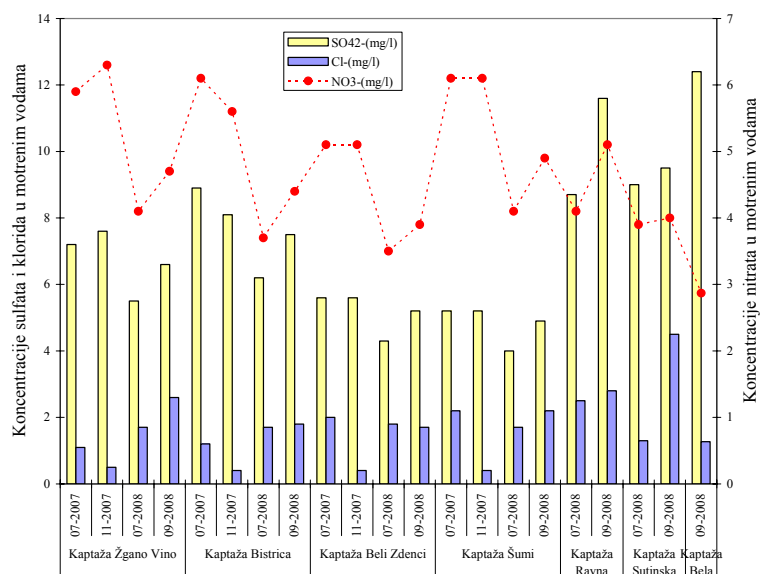
Slika 4.2.3.2. Raspodjela temperature, zasićenosti kisikom i pH-vrijednosti motrenih voda

Zapažene su niže vrijednosti elektrolitičke vodljivosti u vodama Žganog Vina, Bistrice, Belih Zdenaca i Šumija u donosu na vrijednosti izmjerene u vodama kaptaza Ravne gore, Višnjice, Sutinske i Šestanji (slika 4.2.3.3). Na području Ivanšćice vrijednosti se kreću od 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kaptaza Šumi) do 439 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kaptaza Žgano Vino), a na području Ravne gore vrijednosti se kreću od 497 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kaptaza Sutinska) do 557 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Šestanji) (slika 4.2.3.3). Više vrijednosti EC na području Ravne gore su posljedica veće zastupljenosti vapnenaca nego na području Ivanšćice. Općenito je poznato da se vapnenci lakše otapaju nego dolomiti.



Slika 4.2.3.3. Raspodjela elektrolitičke vodljivosti motrenih voda

Koncentracije klorida, sulfata i nitrata su daleko ispod MDK vrijednosti u svim motrenim vodama, te srednje vrijednosti iznose 1.7 mg/l za kloride, 7.1 mg/l za sulfate, i 2.9 mg/l za nitratre (slika 4.2.3.4).



Slika 4.2.3.4. Koncentracije sulfata, klorida i nitrata u izvorskim vodama

Tablica 4.2.3.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilena

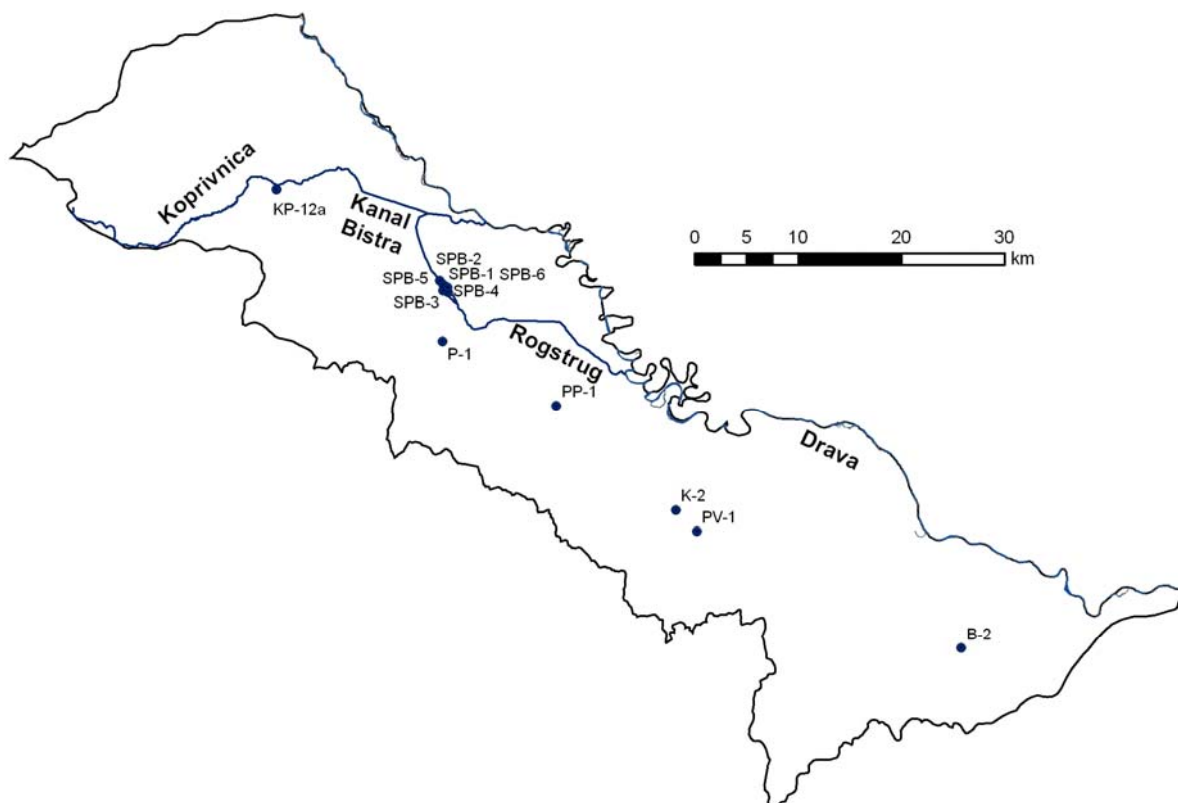
	"Threshold value" MDK	7 - Cjelina sliv Bednje srednje vrijednosti
As ($\mu\text{g/l}$)	10	0
Cd ($\mu\text{g/l}$)	5	0
Pb ($\mu\text{g/l}$)	10	0
Hg ($\mu\text{g/l}$)	1	0
NH_4^+ (mg/l)	0,5	0
Cl^- (mg/l)	250	1,7
SO_4^{2-} (mg/l)	250	7,1
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,62
trikloretilen i tetrakloretilen ($\mu\text{g/l}$)	10	0
NO_3^- (mg/l)	50	2,9

Sadržaji olova, kadmija, arsena, žive, amonija, trikloretilena i tetrakloretilena nisu prisutni u motrenim vodama (tablica 4.2.3.1).

Općenito se može reći da su vode masiva Ivanščice odlične kakvoće, jer nisu ni mikrobiološki opterećene. Obzirom na kemijske pokazatelje podzemne vode Ravne gore su dobre kvalitete, međutim su mikrobiološki opterećene.

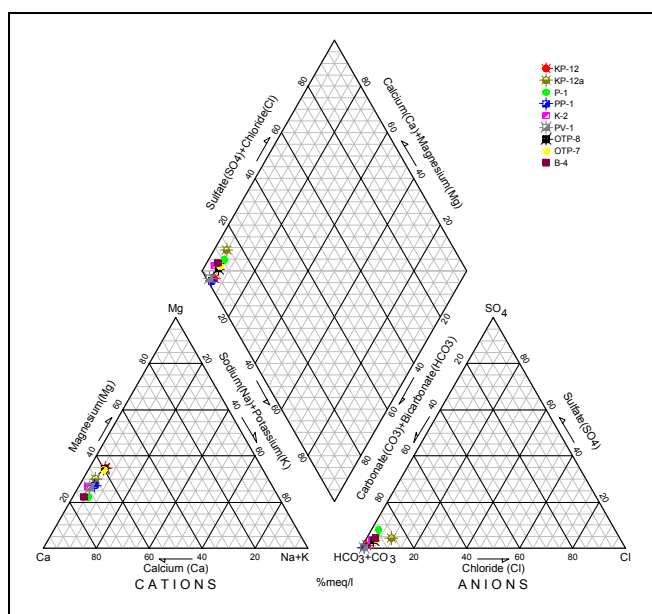
4.2.4. Cjelina Legrad – Slatina

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Legrad – Slatina korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja) i fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta.



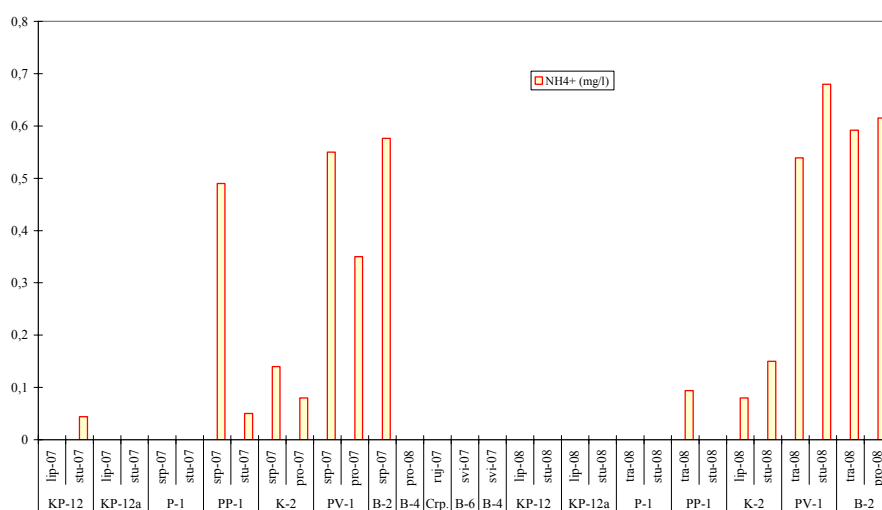
Shematski prikaz mjesta motrenja u cjelini Legrad - Slatina

Prema svom osnovnom ionskom sastavu motrene podzemne vode pripadaju CaMg-HCO₃ hidrokemijskom facijesu, odnosno tipu voda. Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosnicima (slika 4.2.4.1).



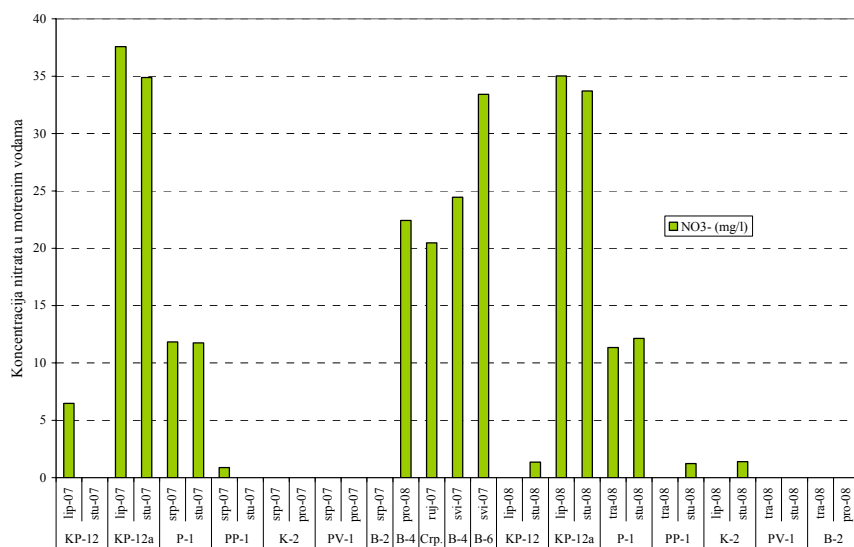
Slika 4.2.4.1. Piperov dijagram podzemnih voda

Koncentracije amonijaka se kreću od ispod granice detekcije do 0.68 mg/l (slika 4.2.4.4). Zapaža se, da na dva vodna objekta (B-2 i PV-1) koncentracija NH_4^+ prelazi MDK vrijednosti, što čini 12% od motrenih objekata, a na jednom je zabilježena koncentracija u iznosu od 0.49 mg/l (PP-1) (slika 4.2.4.4). Piezometar PV-1 je smješten uz odlagalište otpada koje je izvor NH_4^+ . U ostalim piezometrima podrijetlo amonijaka može biti dvojak: utjecaj septičkih jama ili prirodno, obzirom da na području Virovitice – Slatine, postoje naslage koje sadrže organski dušik koji transformacijskim procesima prelazi u NH_4^+ . U prilog prirodnom izvoru NH_4^+ u navedenim piezometrima ide izrazito niska zasićenost kisikom, koja upućuje na oksidaciju dušika.



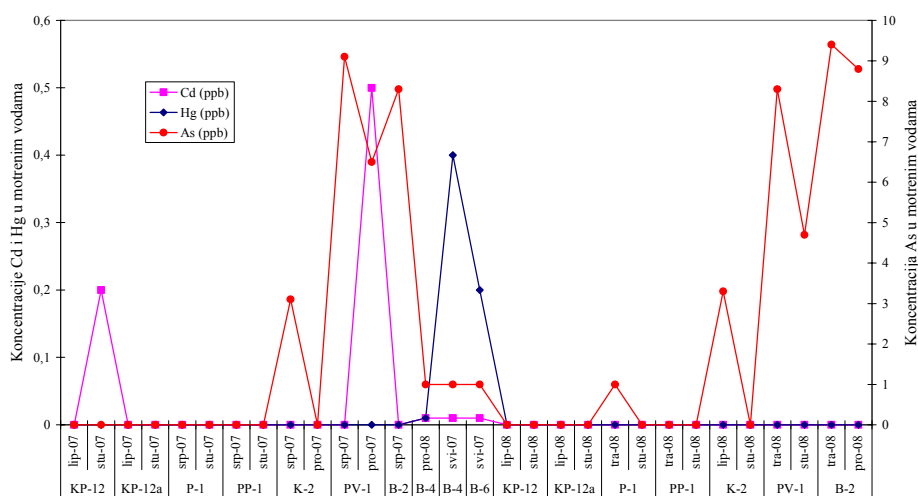
Slika 4.2.4.4 Raspodjela amonija u motrenim podzemnim vodama

Koncentracije nitrata su daleko ispod MDK vrijednosti i kreću se od 0.2 do 8.56 mg/l (slika 4.2.4.5). Međutim, na području Đurđevca koncentracije nitrata su ispod MDK vrijednosti, ali su povišene i iznose od 22.4 do 33.4 mg/l (slika 4.2.4.5). Povišene koncentracije su posljedica utjecaja poljoprivrede.

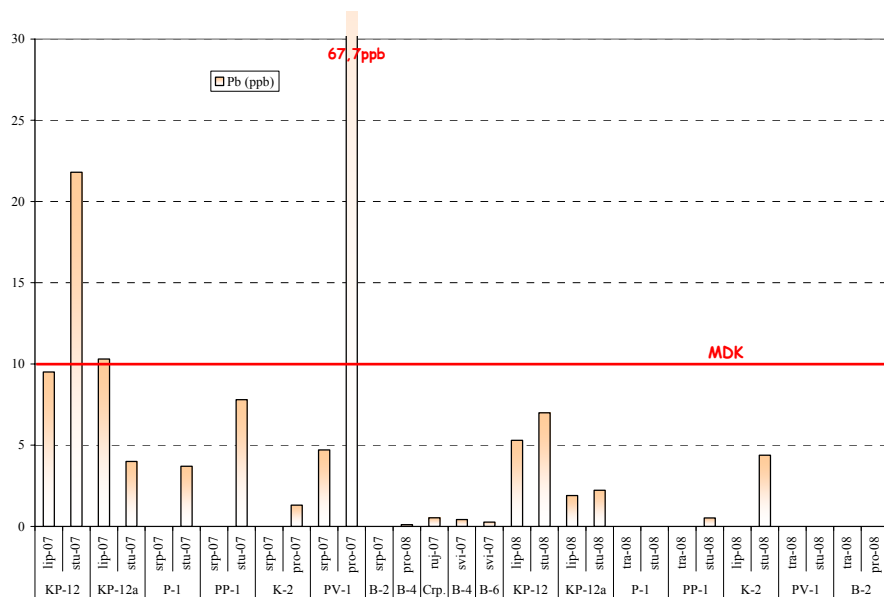


Slika 4.2.4.5. Raspodjela koncentracija nitrata u podzemnim vodama

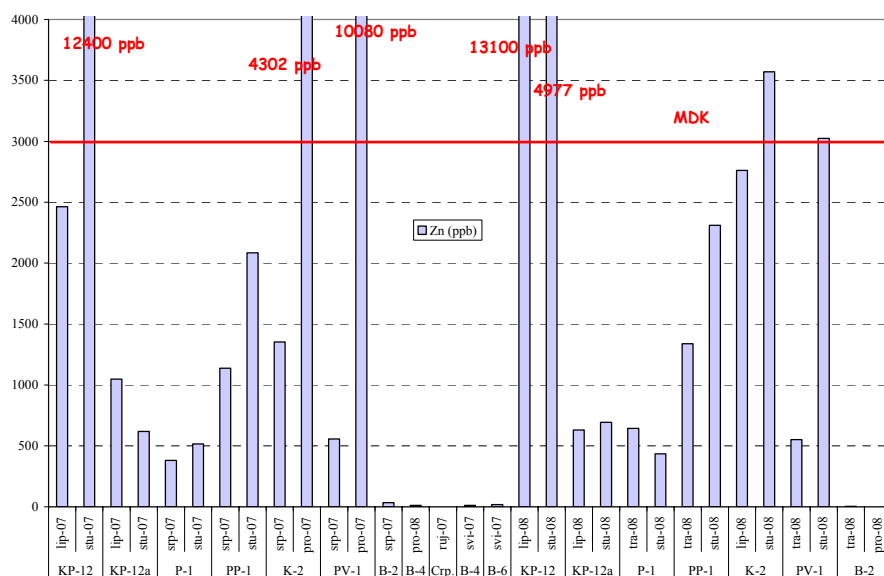
Koncentracije Cd, Hg, As, Zn i Pb u motrenim podzemnim vodama su ispod MDK vrijednosti (slika 4.2.4.6, 4.2.4.7 i 4.2.4.8). Međutim, u vodama piezometra PV-1 zabilježene su visoke koncentracije As (blizu MDK vrijednosti). Njegovo postojanje u vodi je zbog utjecaja smetlišta. Isto tako, na spomenutom piezometru su velike koncentracije Pb 67 ppb i Zn 10080 ppb (slika 4.2.4.7). Koncentracije Pb i Zn su povišene u KP-12 i K-12. Iako su na ostalim objektima koncentracije Pb i As ispod MDK vrijednosti, ipak su malo povišene. Povišenost koncentracija navedenih metala je antropogena. Tretiranjem poljoprivrednih površina agrokemikalijama (hrebicidima, insekticidima, fungicidima), mineralnim i prirodnim gnojivima unose se u tlo teški metali. Međutim, u tlu postoje minerali koji sadrže teške kovine koji su donošeni rijekom Dravom s područja Alpa.



Slika 4.2.4.6. Raspodjela Cd, Hg i As u podzemnim vodama



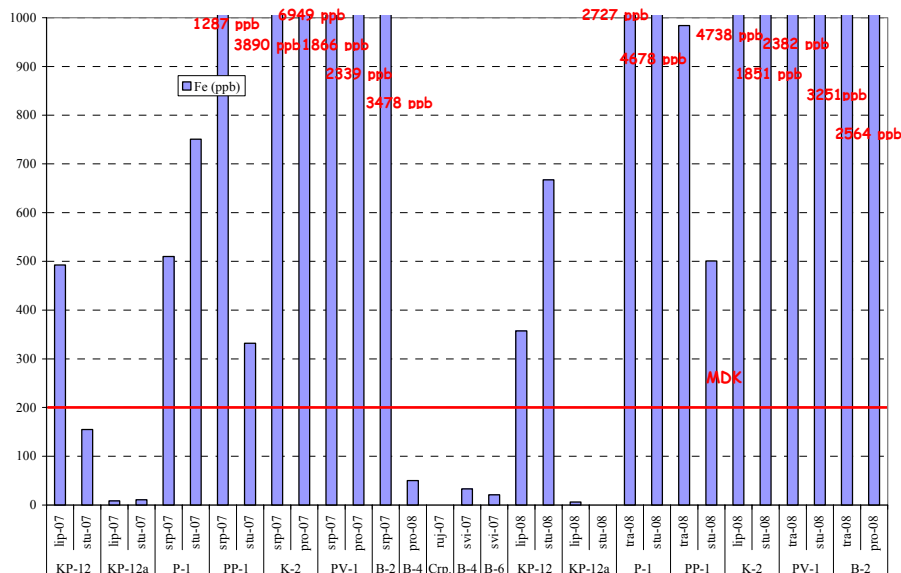
Slika 4.2.4.7. Raspodjela Pb u podzemnim vodama



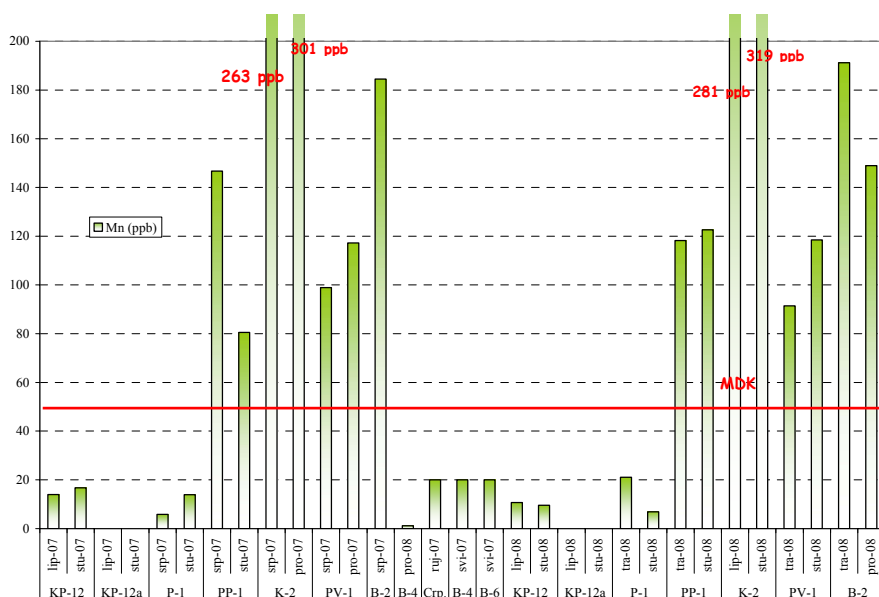
Slika 4.2.4.8. Raspodjela Zn u podzemnim vodama

Koncentracije Fe u 41% motrenih mjesta nije problematično tj. koncentracije ne prelaze MDK vrijednosti. U 59% motrenih mjesta koncentracije Fe prelaze MDK vrijednosti i kreću se od 332 do 6549 ppb (slika 4.2.4.9). Visoke koncentracije su posljedica prirodnog utjecaj tj. utjecaj sedimenta koji izgrađuje vodonosnik u kojem se nalaze minerali željeza. Međutim, na pojedinim mjestima Fe može biti antropogenog podrijetla zbog mjesta opažanog objekta. Isto tako je problem i s Mn koji je u mineralnoj asocijaciji s Fe, te je u 41% slučajeva

problematičan, tj. iznad MDK vrijednosti, i kreće se od 80 do 302 ppb, a u 59% slučajeva je ispod MDK (slika 4.2.4.10).



Slika 4.2.4.9. Raspodjela Fe u podzemnim vodama



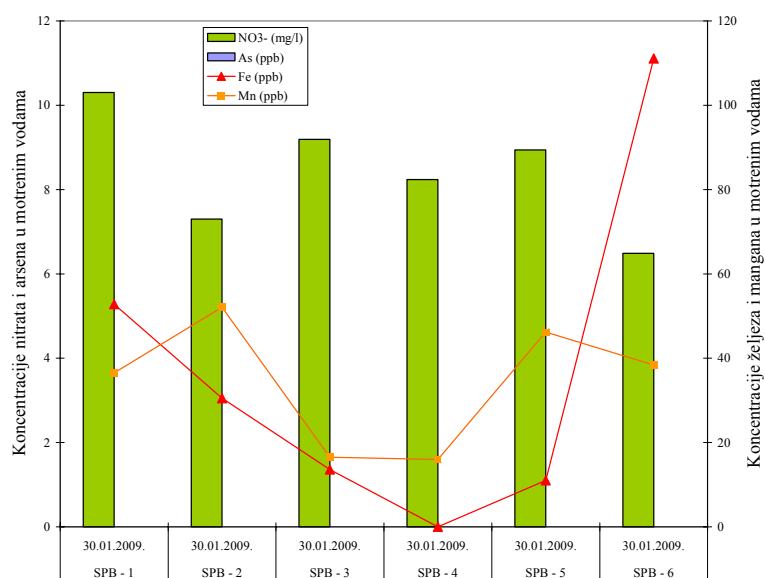
Slika 4.2.4.10. Raspodjela Mn u podzemnim vodama

U motrenim vodama nisu zabilježeni trikloretilen i tetrakloretilen. Međutim, zamjećuju se na pojedinim vodnim objektima (u 31% objekata) vrlo visoke koncentracije mineralnih ulja koje prelaze MDK vrijednosti. Njihovo postojanje u vodi je posljedica antropogenog onečišćenja.

Tablica 4.2.4.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Fe, Mn, pH-vrijednost, te trikloretilena i tetrakloretilena

	"Threshold value" MDK	4 - Cjelina Legrad - Slatina srednje vrijednosti
As (µg/l)	10	3,4
Cd (µg/l)	5	0,1
Pb (µg/l)	10	5,6
Hg (µg/l)	1	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0,3
Cl ⁻ (mg/l)	250	6,8
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	8,5
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,41
trikloretilen i tetrakloretilen	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	7,4
Fe (µg/l)	200	993
Mn (µg/l)	50	99
Zn (µg/l)	3000	493

Obzirom na srednje vrijednosti koncentracija As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te tri- i tetrakloretilen motrene podzemne vode cjeline Legrad – Slatina su dobre kakvoće (tablica 4.2.4.1). U ovoj cjelini su problem točke opažanja, tj. nisu izabrane reprezentativne točke. Mjesta opažanja su previše pod lokalnim utjecajem (smetlište, industrijska zona itd.) te zahvaćaju plitke vodonosnike, jer analizom voda uzetih na budućem crpilištu Đurđevac pojedini elementi kao što je As, amonij su ispod granice detekcije, a koncentracije Fe i Mn su isto niže (slika 4.2.4.11).



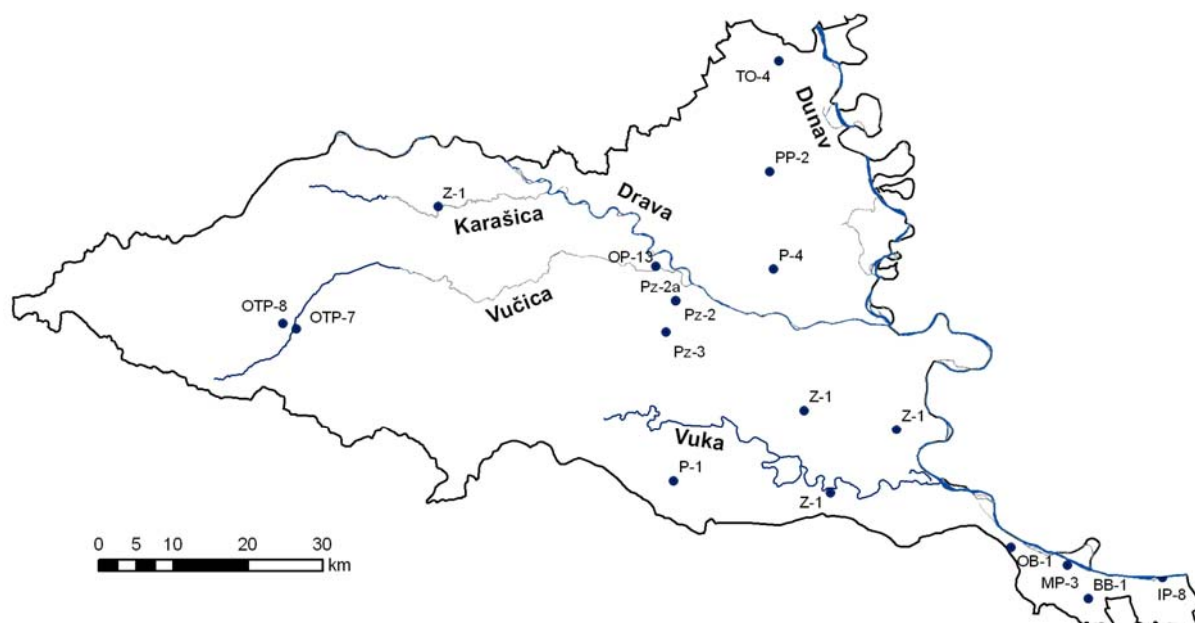
Slika 4.2.4.11. Raspodjela nitrata, arsena, željeza i mangana u motrenim vodama budućeg crpilišta Đurđevac

4.2.5. Cjelina Novo Virje

Za ovu cjelinu nema podataka o kakvoći podzemnih voda.

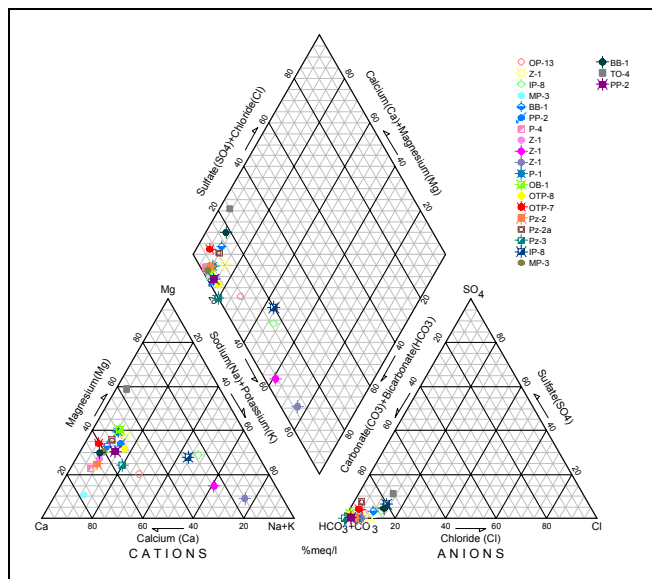
4.2.6. Cjelina Istočna Slavonija sliv Drave i Dunava

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Istočna Slavonija sliv Drave i Dunava korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja), komunalnog poduzeća Vodovod – Osijek i fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta.



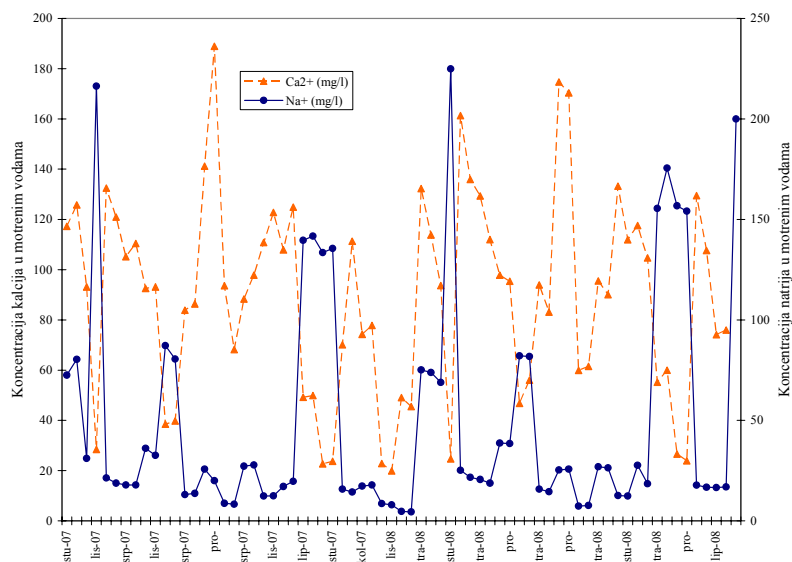
Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline Istočna Slavonija sliv Drave i Dunava

Prema svom osnovnom ionskom sastavu motrene podzemne vode pripadaju CaMg-HCO_3 , MgCa-HCO_3 , CaMgNa-HCO_3 i NaCa-HCO_3 hidrokemijskim facijesima (slika 4.2.6.1). Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosnicima, međutim ukazuje i na ionsku zamjenu Ca^{2+} (iz vode) i Na^+ (iz minerala glina) u vodonosniku.



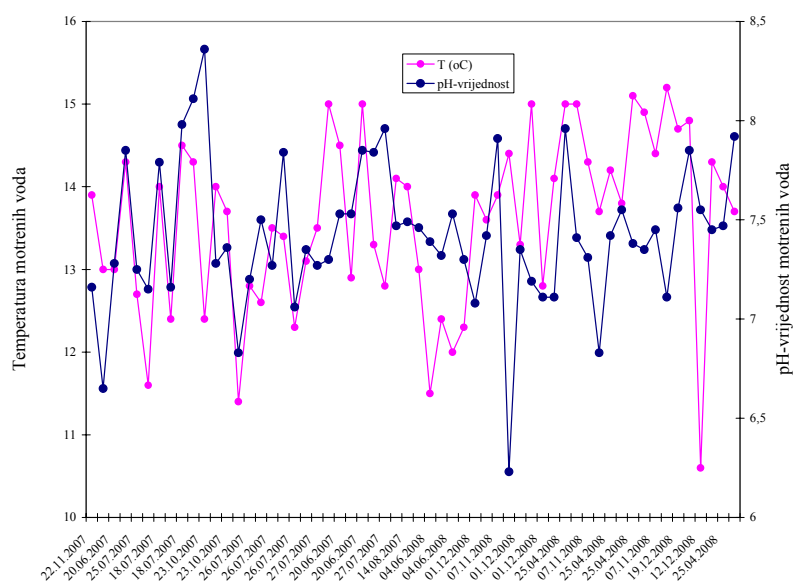
Slika 4.2.6.1. Piperov dijagram motrenih voda

Ionska zamjena se najbolje zamjećuje kada se uzmu u odnos izmjerene koncentracije Ca^{2+} i Na^+ u piezometrima i zdencima (slika 4.2.6.2). Iz slike 4.2.6.2 vidljivo je, kada se poveća koncentracija Na^+ u vodi, koncentracija Ca^{2+} se smanjuje i obrnuto.



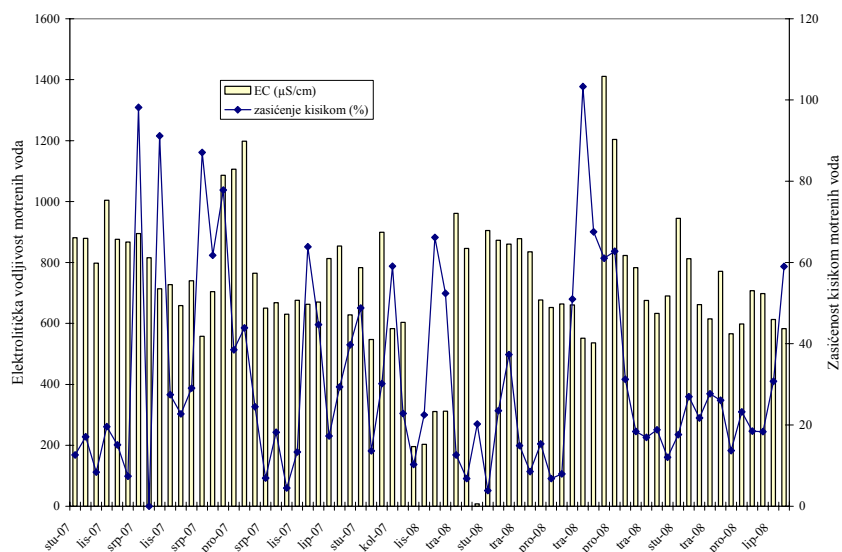
Slika 4.2.6.2. Raspodjela Ca^{2+} i Na^+ u motrenim vodama

Temperature podzemnih voda područja istraživanja nalaze se u intervalu od 10 do 15 °C. Niže vrijednosti temperature podzemnih voda zabilježene su u hladnijim mjesecima, a više u toplijim mjesecima. Više temperature na nekim piezometrima posljedica su zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Izmjerene pH-vrijednosti podzemnih voda nalaze se u intervalu od 6.3 do 8.3. Stoga se može reći da su podzemne vode slabo kisele, neutralne do slabo alkalne (slika 4.2.6.3).



Slika 4.2.6.3. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Vrijednosti EC podzemnih voda promatrane cjeline nalaze se u intervalu od 550 do 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 4.2.6.4). Podzemne vode su dobro do slabo zasićene kisikom (slika 4.2.6.4).

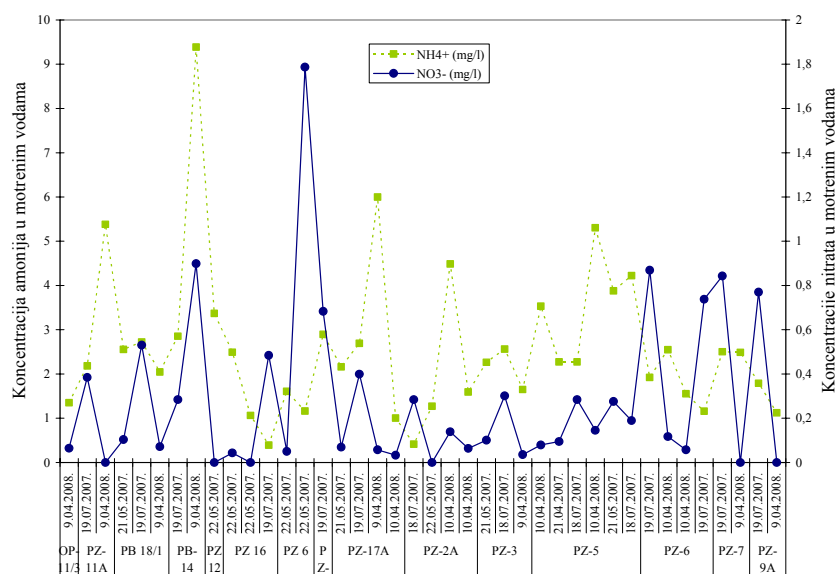


Slika 4.2.6.4. Raspodjela EC i zasićenosti kisikom motrenih voda

Tablica 4.2.6.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Fe, Mn, Zn, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilen

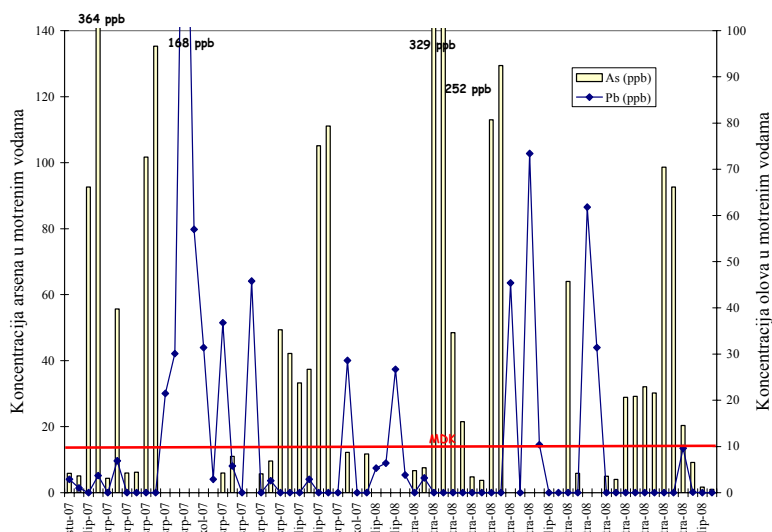
	"Threshold value" MDK	6 - Cjelina istočna Slavonija sliv Drave i Dunava srednje vrijednosti
As (µg/l)	10	37,5
Cd (µg/l)	5	0,09
Pb (µg/l)	10	10,7
Hg (µg/l)	1	0,03
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0,59
Cl ⁻ (mg/l)	250	15,7
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	12,7
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,42
trikloretilen i tetrakloretilen	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	2,8
Fe (µg/l)	200	2173
Mn (µg/l)	50	137
Zn (µg/l)	3000	2127

Koncentracije nitrata u području istraživanja su niske (slika 4.2.6.5), pa tako i izračunata srednja vrijednost je niska i iznosi 2.8 mg/l. Međutim, koncentracija amonija je na pojedinim piezometrima visoka, te prelazi MDK, a sukladno s tim srednja vrijednost je visoka i iznosi 0.59 mg/l (slika 4.2.6.5 i tablica 4.2.6.1). Međutim podrijetlo amonija u ovim vodama je prirodno i nije inducirano antropogenom aktivnošću.

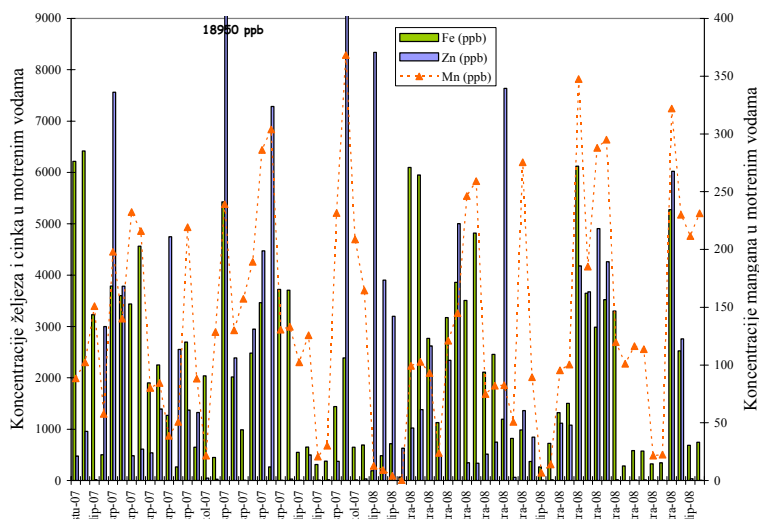


Slika 4.2.6.5. Raspodjela amonija i nitrata u motrenim vodama

Isto tako su visoke koncentracije As, Pb, Fe, Mn i Zn u motrenim vodama (slike 4.2.6.7 i 4.2.6.8). Njihove srednje vrijednosti su također visoke (tablica 4.2.6.1). Njihovo je podrijetlo, kao u slučaju amonija prirodno. Međutim, granične vrijednosti i temeljne razine za NH₄⁺, As, Pb, Fe, Mn i Zn nije moguće izračunati zbog malog broja podataka.

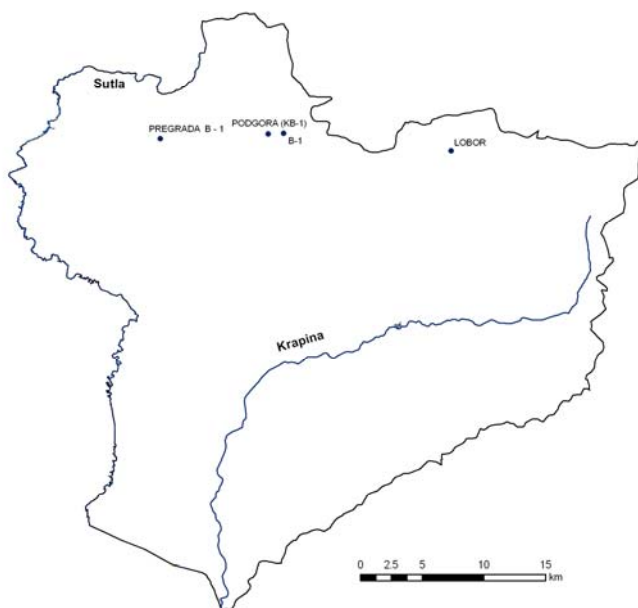


Slika 4.2.6.6. Raspodjela As i Pb u motrenim vodama



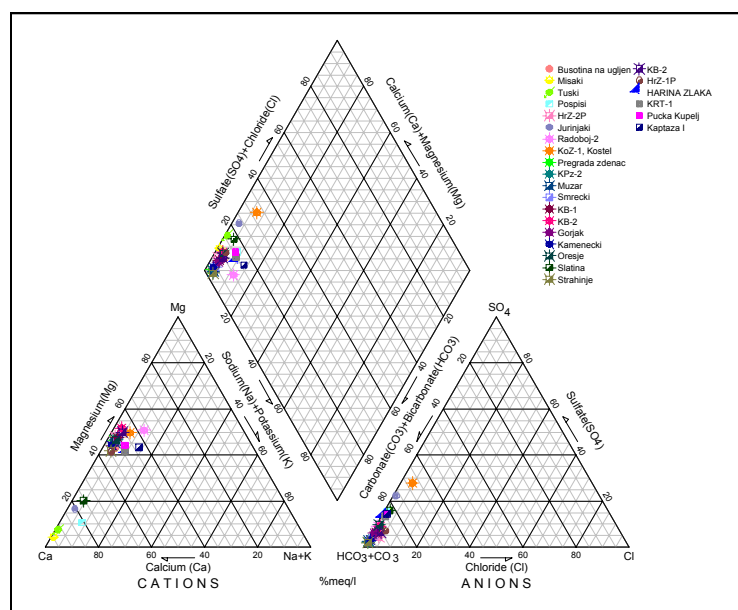
Slika 4.2.6.7. Raspodjela Fe, Mn i Zn u motrenim vodama

Koncentracije klorida i sulfata su niske (slika 4.2.6.8), a njihove srednje vrijednosti iznose 15.7 mg/l za Cl^- , a 12.7 mg/l za SO_4^{2-} .



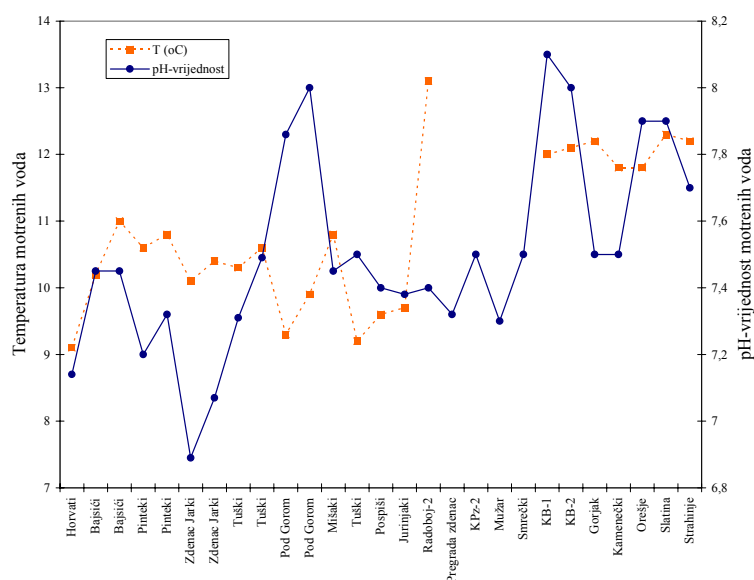
Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline sliv Sutle i Krapine

Iz Piperovih dijagrama slike 4.2.7.1 vidljivo je da vode iz trijaskih naslaga pripadaju CaMg-HCO₃ i MgCa-HCO₃ tipu voda, a voda iz badenskih naslaga pripadaju Ca-HCO₃ tipu voda. Vode iz pijesaka i šljunaka pripadaju pripadaju Ca-HCO₃ tipu voda. Hidrokemijski facijes voda iz trijaskog vodonosnika je posljedica utjecaja otapanja dolomita i vapnenaca, a badenskog vodonosnika je utjecaj otapanja vapnenaca. Otapanje vapnenačkih valutica u pjeskovito-šljunkovitom vodonosniku imaju utjecaj na hidrokemijskih facijes u tom vodonosiku.

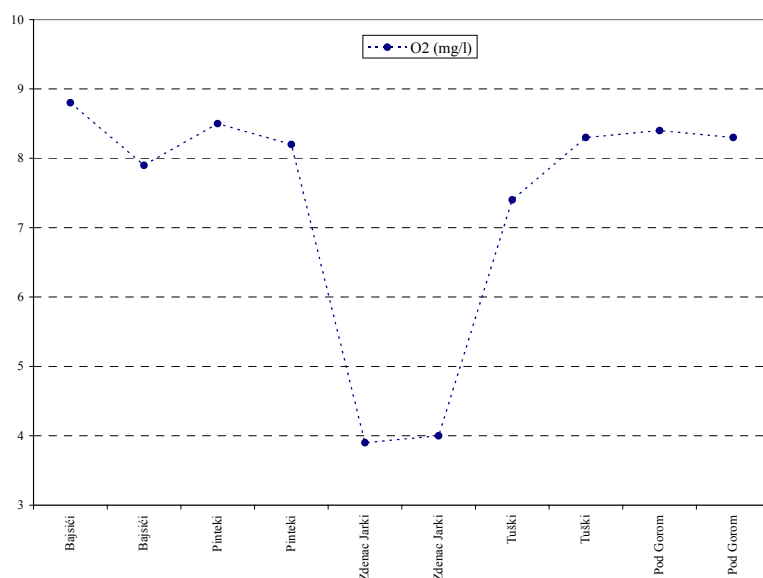


Slika 4.2.7.1. Piperov dijagram podzemnih voda

Temperature motrenih voda nalaze se u intervalu od 9.1 do 13°C (slika 4.2.7.2). Izmjerene temperature voda upućuju na srednju godišnju temperaturu područja prihranjivanja izvora. pH-vrijednosti se nalaze u intervalu od 6.89 do 8.1 (slika 4.2.7.2), te su vode slabo kiesele, neutralne do slabo lužnate. Podzemne vode su dobro zasićene kisikom (slika 4.2.7.3), osim vode u zdencu Jarki gdje su niske vrijednosti koje upućuje na postojanje organske tvari u sedimentu koji izgrađuje vodonosnik zdenca.



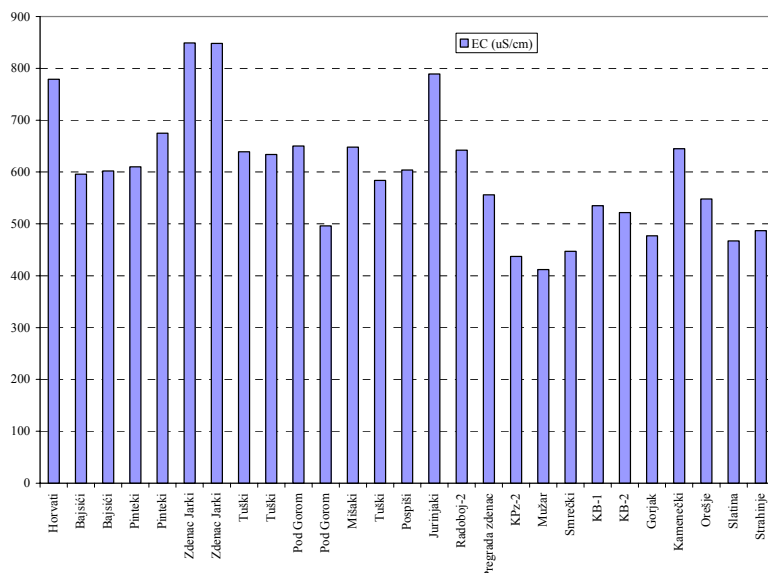
Slika 4.2.7.2. Temperatura i pH-vrijednost motrenih voda



Slika 4.2.7.3. Zasićenost kisikom motrenih voda

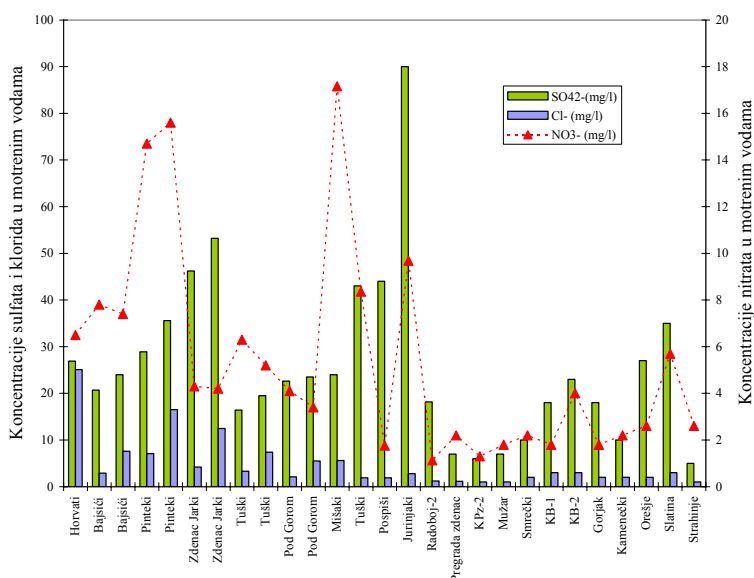
Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti podzemnih voda kreću se od 412 do 849 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 4.2.7.4). Varijacije u EC vrijednostima su posljedica utjecaja različitih stijena koje izgrađuju

slivna područja izvora i zdenaca. U slivnim područjima izvora i zdenaca s višim vrijednostima EC nalaze se stijene koje se lakše i brže troše (litavac, litotamnijski vapnenac, ugljenonosne naslage, pijesci i šljunci s karbonatnim valuticama), a u slivnim područjima ostalih izvora i zdenaca prevladavaju dolomiti, dolomitični vapnenci, dolomitne breče, vapnenci, pješčenjaci koji su također podložni trošenju, ali su rezistentniji nego prethodno navedene naslage.

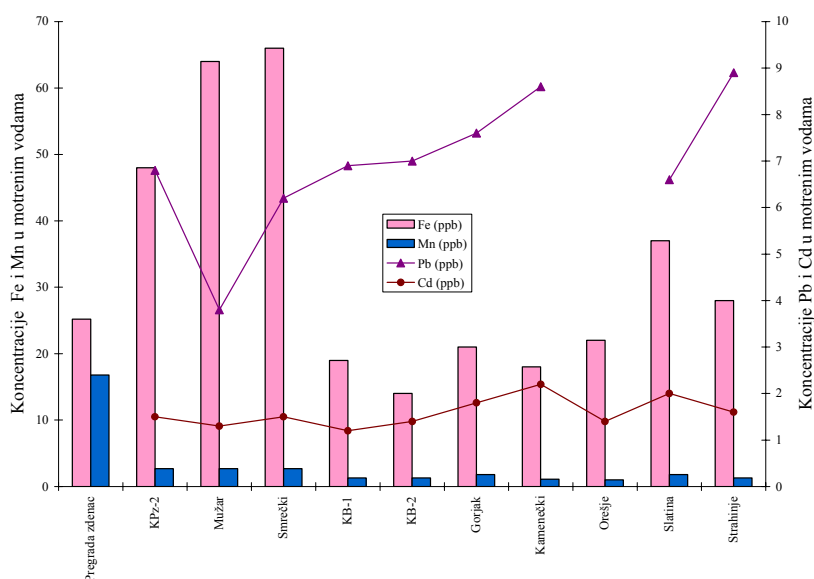


Slika 4.2.7.4. Raspodjela elektrolitičke vodljivosti motrenih voda

Iz slika 4.2.7.5 vidljivo je da su koncentracije sulfata, klorida i nitrata daleko ispod MDK vrijednosti. Više koncentracije sulfata su zapažene u podzemnim vodama koje u svom slivnom području imaju prisutne ugljenosne naslage. Srednje vrijednosti koncentracija za kloride iznose 2.2 mg/l, za sulfate 24 mg/l, a za nitrata 4.1 mg/l.



Slika 4.2.7.5. Raspodjela sulfata, klorida i nitrata u motrenim vodama



Slika 4.2.7.6. Koncentracije Fe, Mn, Pb i Cd u motrenim vodama

Sadržaj olova je ispod MDK vrijednosti u motrenim vodama, ali je povišen i kreće se od 4 do 9 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.7.6). Podrijetlo ovih metala u vodama izvora i zdenaca u području Pregrade i Podgore posljedica je prisutnosti anizičkih vulkanogeno-sedimentnih naslaga koje sadrže metale.

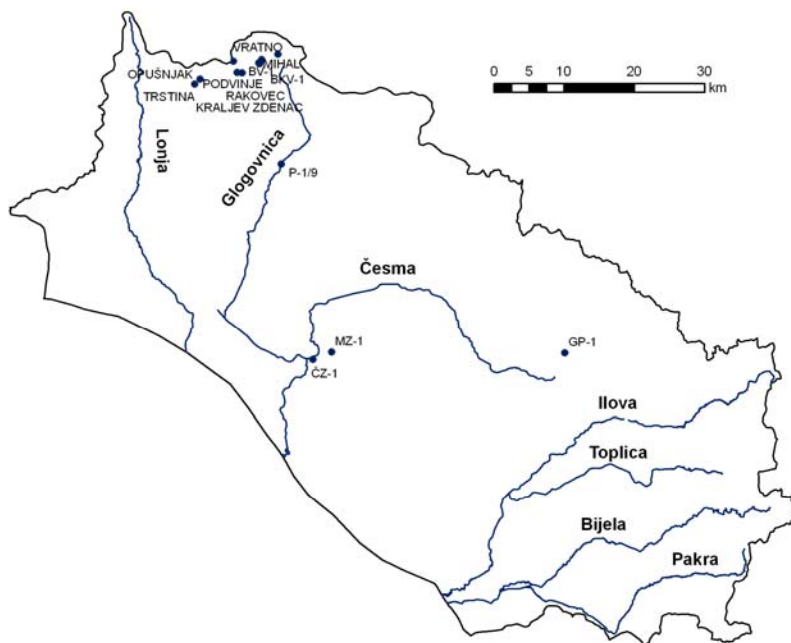
Tablica 4.2.7.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , pH-vrijednost, te trikloretilena i tetrakloretilena

	"Threshold value" MDK	3 - Cjelina sliv Sutle i Krapine srednje vrijednosti
As ($\mu\text{g/l}$)	10	0
Cd ($\mu\text{g/l}$)	5	1,4
Pb ($\mu\text{g/l}$)	10	6,2
Hg ($\mu\text{g/l}$)	1	0
NH_4^+ (mg/l)	0,5	0
Cl^- (mg/l)	250	2,2
SO_4^{2-} (mg/l)	250	24
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,62
trikloretilen i tetrakloretilen ($\mu\text{g/l}$)	10	0
NO_3^- (mg/l)	50	4,1

Općenito, gledajući tablicu 4.2.7.1 motrene vode sliva Sutle i Krapine su dobre kakvoće, pogotovo vode iz trijaskog vodonosnika koje nisu niti mikrobiološki opterećene. Slivna područja izvora trijaskog vodonosnika smještena su u masivima Ivanščice, Strahinjščice koji nisu naseljeni. Podzemne vode iz badenskih naslaga imaju mikrobiološka onečišćenja, posebice nakon obilnih oborina kada dolazi do ispiranja površinskog dijela terena. Priljevna područja obuhvaćaju i naselja u kojima nije izgrađen kanalizacijski sustav ili imaju star sustav, pa je prisutno zagađenje podzemnih voda kanalizacijskim vodama. Zamjećuje se da vodonosnici koji su u kontaktu s vulkanogeno-sedimentnim kompleksom i ugljenonim naslagama imaju povišene sadržaje kadmija i olova.

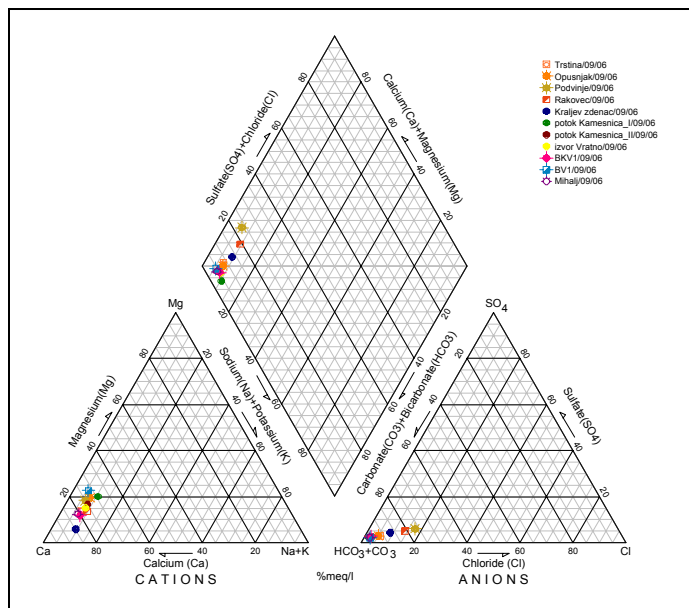
4.2.8. Cjelina sliv Ilova –Lonja – Pakra

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline sliva Lonja – Ilova – Pakra korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja) i fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta.

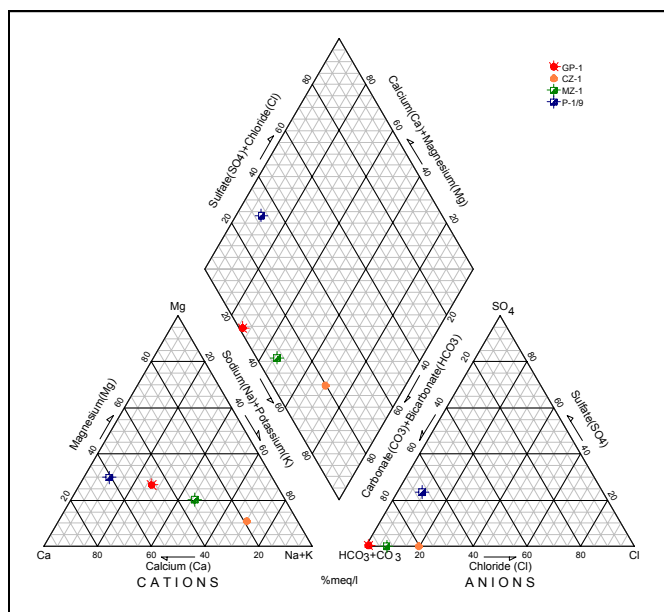


Shematski prikaz motrenih mjesta cjeline sliv Ilova – Lonja - Pakra

Iz Piperovog dijagrama (slike 4.2.8.1a i 8.1b) vidljivo je da motrene vode područja masiva Kalnika prema svom osnovnom ionskom sastavu pripadaju od Ca- HCO₃ do CaMg-HCO₃ tipu voda, a vode središnjeg dijela cjeline od CaMgNa-HCO₃ do NaCa-HCO₃ tipu voda. Hidrokemijski facijes voda masiva Kalnika je posljedica otapanja karbonatnih minerala u području prihranjivanja izvora i zdenca, dok u središnjem dijelu cjeline osim otapanja karbonatnih minerala utječe i trošenje minerala gline i ionska zamjena Na⁺ s Ca²⁺ i Mg²⁺.



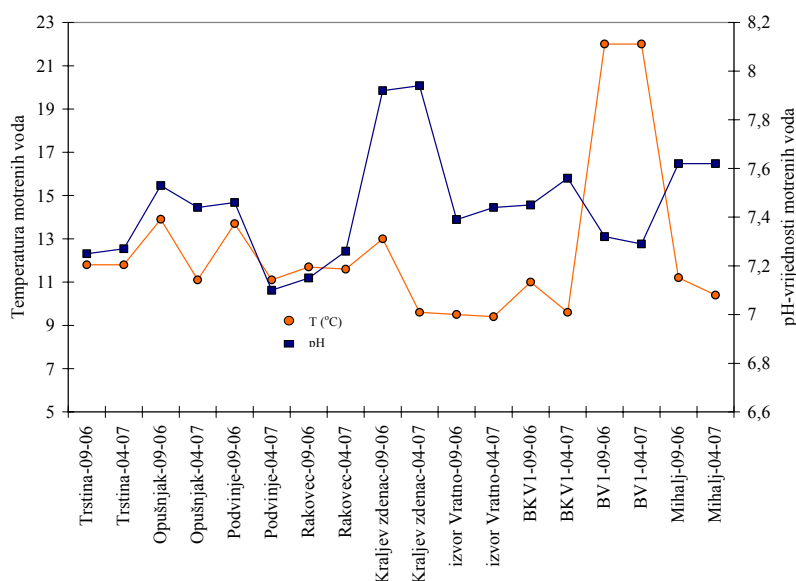
Slika 4.2.8.1a. Piperov dijagram motrenih voda masiva Kalnika



Slika 4.2.8.1b. Piperov dijagram motrenih voda u središnjem dijelu cjeline

Temperature motrenih voda kreću se od 9.5 do 14 °C, osim vode uzete u zdenču BV1, čija je temperatura 22 °C (slika 4.2.8.2). Temperatura vode zdenča BV1 upućuje na termalnu vodu jer je viša od srednje godišnje temperature zraka područja prihranjivanja zdenča. Temperature ostalih voda izvora i zdenaca ukazuju na srednju godišnju temperaturu područja prihranjivanja. Nešto više temperature voda su izmjerene u rujnu mjesecu na pojedinim izvorima nego u travnju. Razlika u temperaturi je posljedica ujezerivanja pojedinih izvora koji se zagrijavaju tijekom toplijih mjeseci.

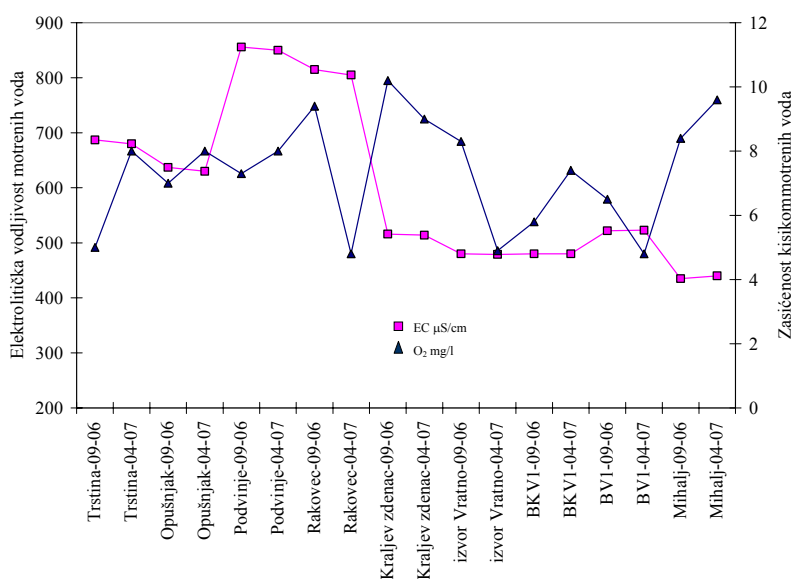
Vrijednosti pH-vrijednosti motrenih voda kreću se od 7.1 do 7.92 pri čemu su vode neutralne do slabo lužnate (slika 4.2.8.2).



Slika 4.2.8.2. Raspodjela temperature i pH-vrijednosti voda na području Kalnika

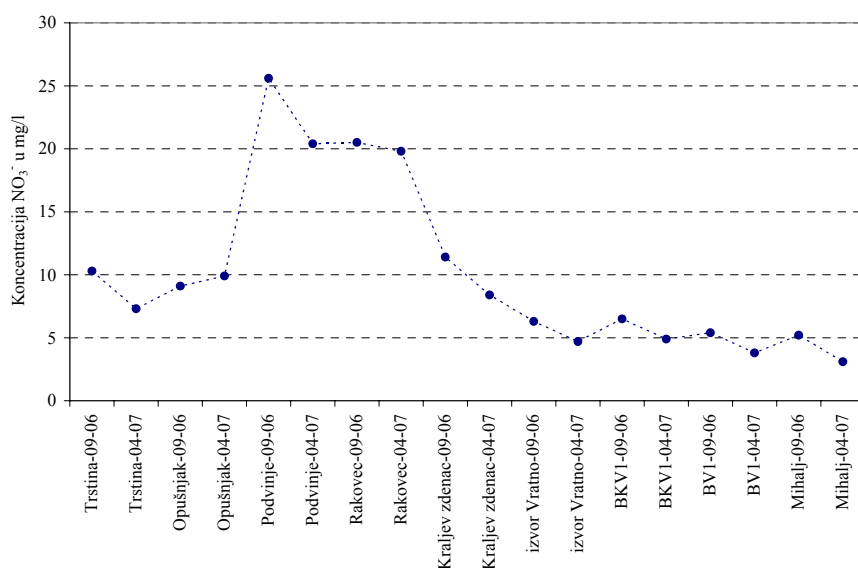
Zasićenost kisikom motrenih voda je dobra (slika 4.2.8.3). Uočena je niža zasićenost kisikom voda uzetih u rujnu mjesecu nego u travnju što je posljedica ispiranja organske tvari u podzemlje tijekom rujna na kraju vegetacijskog ciklusa. Također se zapaža slaba zasićenost kisikom izvorske vode Trstina zbog procesa razgradnje organske tvari na dnu jezera te srednja zasićenost kisikom vode zdenca BKV1. Zdenac BKV1 zahvaća vodu iz aluvijalnog vodonosnika. Općenito je poznato da su vode aluvijalnih vodonosnika srednje zasićene kisikom zbog trošenja kisika tijekom geokemijskih procesa (oksidacija, redukcija i drugi procesi) u vodonosniku.

Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti (EC) se kreću od 435 do 840 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 4.2.8.3). Više vrijednosti EC izmjerene su na izvorima Trstina, Opušnjak i Rakovec te u zdencu Podvinje. Nešto niže vrijednosti EC izmjerene su na izvorima Kraljev Zdenac i Vratno te potoku Kamešnica, zdencima BKV1 i BV1, a najniža je izmjerena na izvoru Mihalj (slika 4.2.8.3). U vodama izvora Trstina, Opušnjak i Rakovec te zdenca Podvinje otopljene su veće količine krutih tvari te su EC vrijednost više, dok je u ostalim vodama količina otopljenih krutih tvari nešto manja pa su vrijednosti EC niže. Više vrijednosti EC, odnosno veće količine otopljenih krutih tvari u vodama izvora Trstina, Opušnjak i Rakovec te zdenca Podvinje, posljedica su antropogenog utjecaja tj. poljoprivrede. Navedeni izvori i zdenci se nalaze podno brežuljaka na kojima je intenzivna poljoprivredna proizvodnja (oranice i vinogradi) te dolazi do ispiranja poljoprivrednih površina u podzemlje.

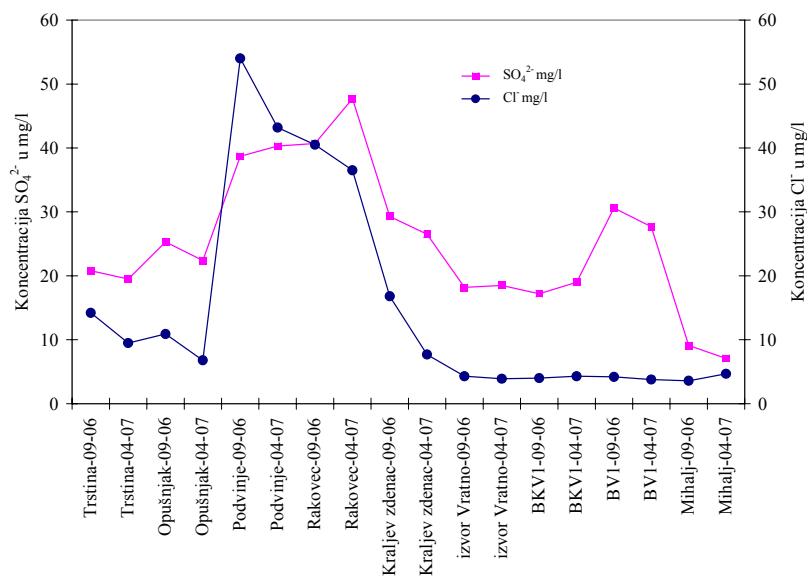


Slika 4.2.8.3. Raspodjela EC i zasićenosti kisikom voda na području Kalnika

Izmjerene koncentracije nitrata u uzorkovanim vodama su ispod MDK vrijednosti i kreću se od 3.1 mg/l do 25.6 mg/l (slika 3.2.8.4). Međutim, uočene su visoke koncentracije nitrata u vodama izvora Rakovec, Trstina i Opušnjak te zdencu Podvinje. Visoke koncentracije nitrata u vodama su posljedica poljoprivredne proizvodnje u području prihranjivanja izvora i zdenaca. U području se nalaze mnogobrojne oranice i vinogradi koji se tretiraju prirodnim i mineralnim gnojivima te različitim agrokemikalijama. Također se u vodama izvora Rakovec, Trstina i Opušnjak te zdencu Podvinje zapažaju visoke koncentracije sulfata, klorida i kalija, koji upućuju na utjecaj poljoprivredne proizvodnje na podzemne vode (slika 4.2.8.5). No, podrijetlo klorida nije samo od poljoprivredne djelatnosti već i utjecaj soljenja cesta tijekom hladnijih mjeseci jer se izvori i zdenac nalaze u blizini prometnica.

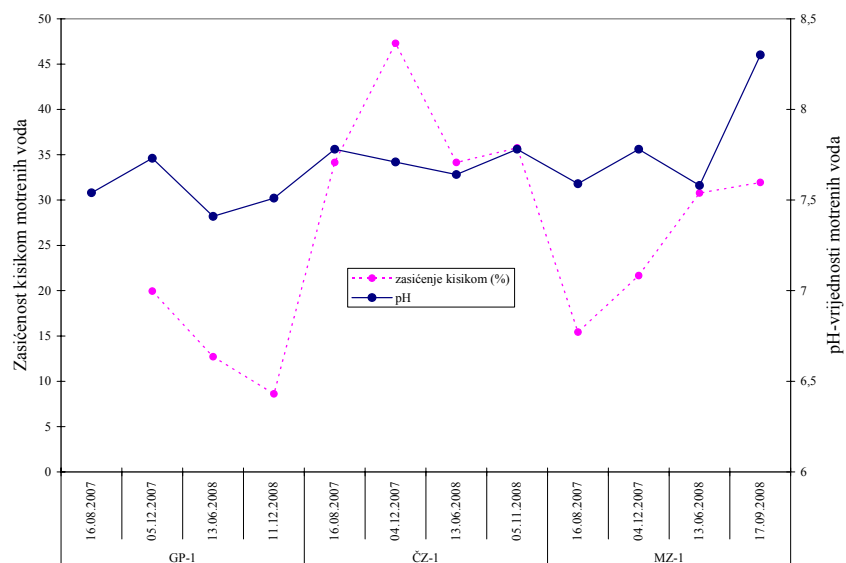


Slika 4.2.8.4. Raspodjela nitrata u vodama na području Kalnika

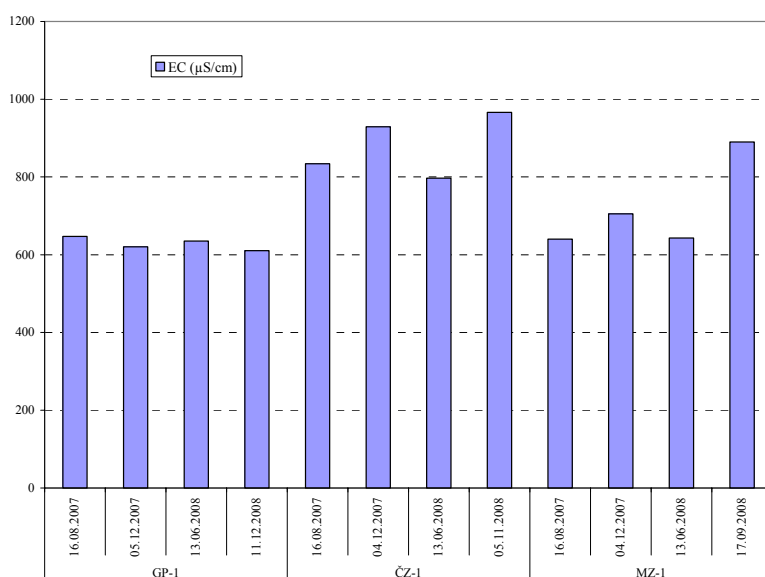


Slika 4.2.8.5 Raspodjela sulfata i klorida u vodama na području Kalnika

Podzemne vode u središnjem dijelu cjeline su slabo zasićene kisikom, a pH- vrijednosti se kreću od 6.5 do 8.4 (slika 4.2.8.6). Ove vrijednosti se razlikuju od istih vrijednosti izmjerene na području Kalnika. Ova razlika je posljedica tipa vodonosnika. Vodonosnik središnjeg dijela je pjeskovit, ispresjecan proslojcima gline, silta, pa čak u blizini pojedinih piezometara ima barskih sedimenta, koji određuju Eh-pH uvjete vodonosnika. Isto tako, EC vrijednosti su puno veće i kreću se od 600 do 890 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 4.2.8.7).

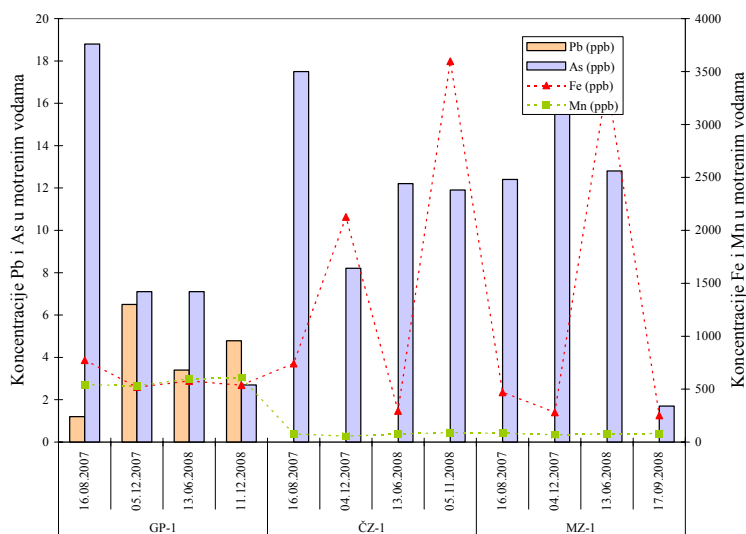


Slika 4.2.8.6. Raspodjela pH-vrijednosti i zasićenosti kisikom voda u središnjem dijelu cjeline

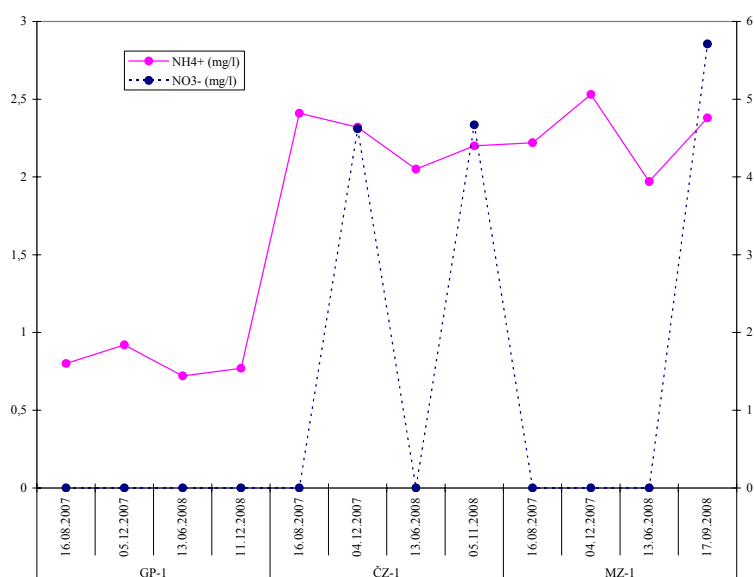


Slika 4.2.8.7. Raspodjela EC vrijednosti voda u središnjem dijelu cjeline

Zapažene su visoke koncentracije As, Fe i Mn i povišene koncentracije Pb (slika 4.2.8.8). Isto tako, visoke su koncentracije amonija (slika 4.2.8.9), dok su koncentracije nitrata niske. Visoke koncentracije navedenih pokazatelja su posljedica prirodnog stanja vodonosnika, odnosno, vodonosnici su izgrađeni od sedimenta koji sadržavaju minerale navedenih metala, ali postoje i barski sedimenti koji su obogaćeni s organskom materijom i mineralima navedenih metala. Eh-pH uvjeti u vodonosnicima su takvi odnosno "negativni" da se u podzemnu vodu izlužuju navedeni spojevi. Isto tako, organski dušik se ne može transformirati u nitratan oblik zbog Eh-pH uvjeta u vodonosnicima, te je prisutan u NH_4^+ obliku, zbog toga su na pojedinim piezometrima koncentracije NH_4^+ visoke, a NO_3^- uopće nije detektiran.



Slika 4.2.8.8. Raspodjela Pb, As, Fe i Mn u vodama središnjeg dijela cjeline



Slika 4.2.8.9. Raspodjela amonija i nitrata u vodama središnjeg dijela cjeline

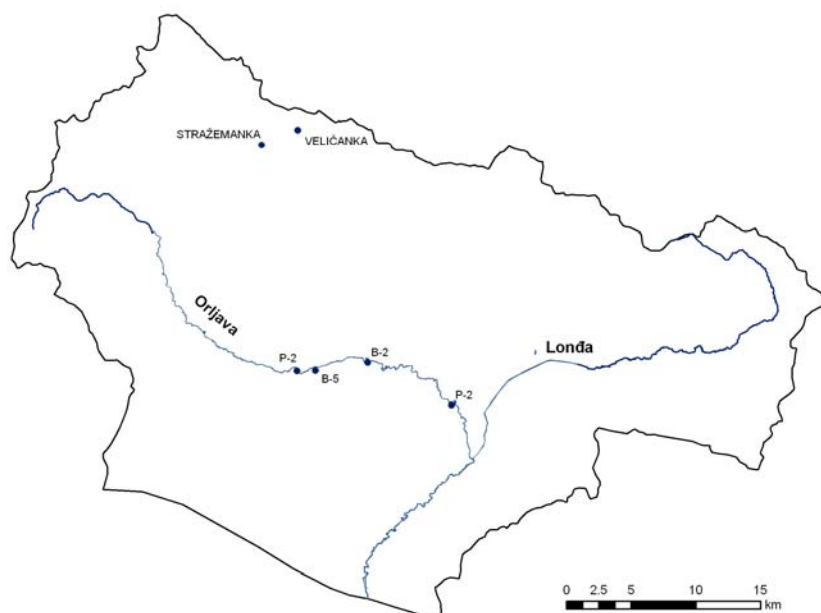
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena nisu zabilježene u motrenim vodama, odnosno su ispod granice detekcije. Kada se uzmu u obzir sve analizirane vode na području cjeline sliva Lonja – Ilova – Pakra, dobiju se sljedeće srednje vrijednosti koje su prikazane u tablici 4.2.8.1. Vidljivo je da su navedene srednje vrijednosti ispod MDK vrijednosti, osim koncentracija amonija koja je iznad MDK, no njegovo podrijetlo je prirodno. Zamjećuje se da su koncentracije Fe i Mn puno više od MDK vrijednosti, no njihovo podrijetlo je prirodno.

Tablica 4.2.8.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Fe, Mn, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilen

	"Threshold value" MDK	8 - Cjelina sliv Lonja - Ilova - Pakra srednje vrijednosti
As (µg/l)	10	3,7
Cd (µg/l)	5	0,03
Pb (µg/l)	10	0,5
Hg (µg/l)	1	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	1,3
Cl ⁻ (mg/l)	250	22,8
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	38,2
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,39
trikloretilen i tetrakloretilen (µg/l)	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	9,3
Fe (µg/l)	200	852
Mn (µg/l)	50	181

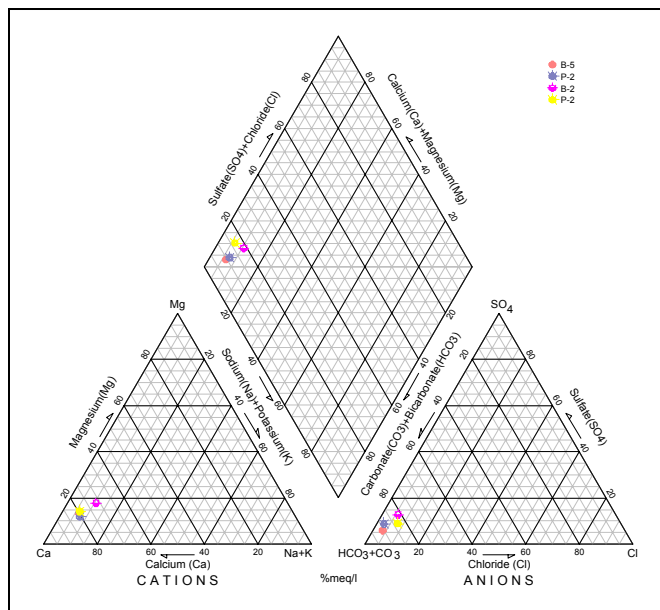
4.2.9. Cjelina sliv Orljave

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline sliv Orljave korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja) i fonda Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta. U cjelini sliva Orljave razmotrena su dva tipa vodonosnika: karbonatni na Papuku i vodonosnik s međuzrnskom poroznošću u Požeškoj kotlini.

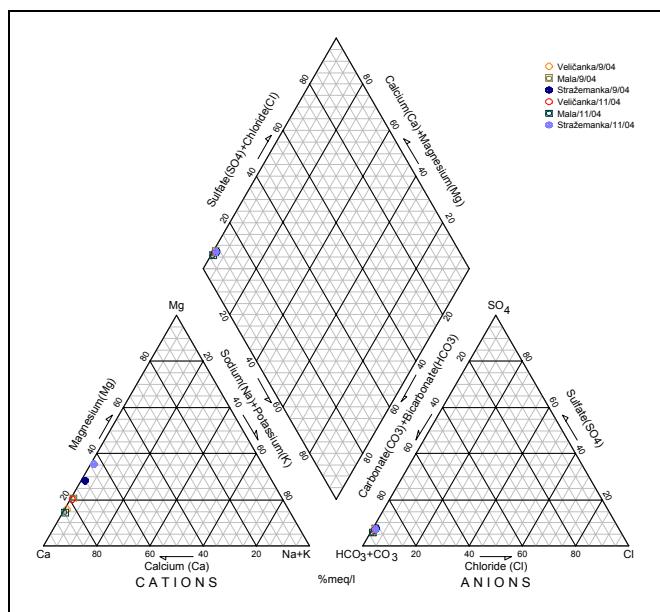


Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline sliv Orljave

Prema svom osnovnom ionskom sastavu motrene podzemne vode razmatrane cjeline pripadaju Ca-HCO₃ tipu voda (podzemne vode u Požeškoj kotlini), a podzemne vode Papuka od Ca-HCO₃ do CaMg-HCO₃ tipu voda (slike 4.2.9.1a i 4.2.9.1b). Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosnicima.



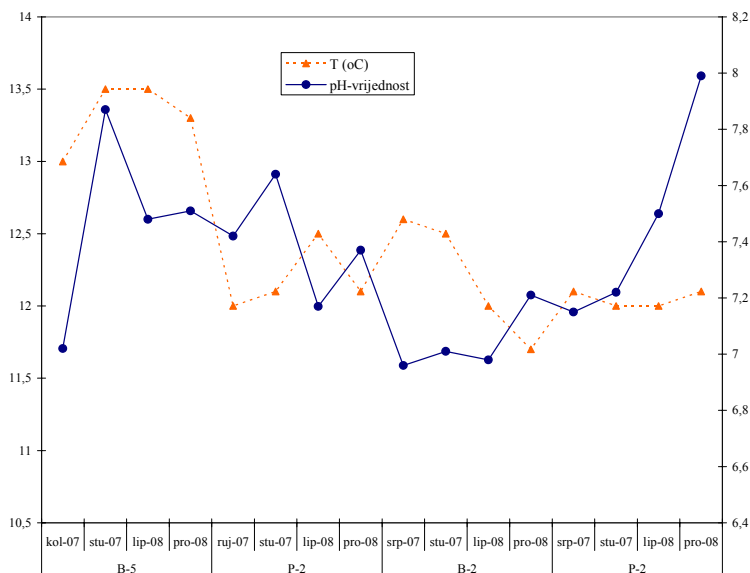
Slika 4.2.9.1a. Piperov dijagram podzemnih voda Požeške kotline



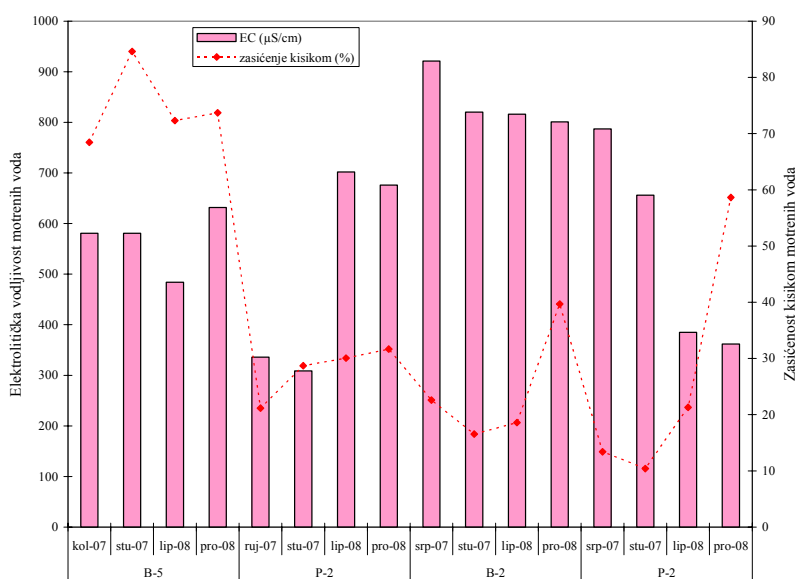
Slika 4.2.9.1b. Piperov dijagram podzemnih voda Papuka

Temperature vode vodonosnika međuzrnske poroznosti iznose između 11.7 i 13.5 °C (slika 4.2.9.2). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.96 i 7.99 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.9.2). Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 362 do 921 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.9.3). Iz slike 4.2.8.3 vidljivo je da su podzemne vode u 25% slučajeva dobro zasićene kisikom, a ostalih 75% motrenih podzemnih voda su slabo zasićene kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite

kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.



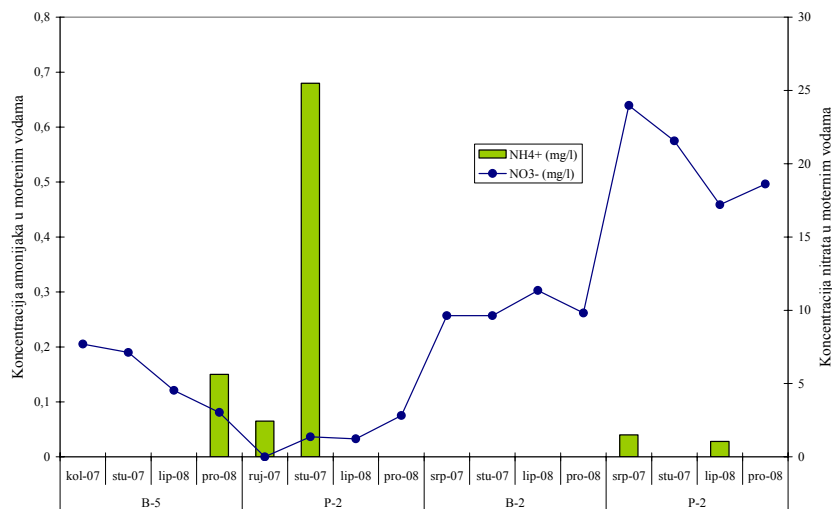
Slika 4.2.9.2. Raspodjela temperature i pH-vrijednosti motrenih voda Požeške kotline



Slika 4.2.9.3. Raspodjela EC i zasićenost kisikom motrenih voda Požeške kotline

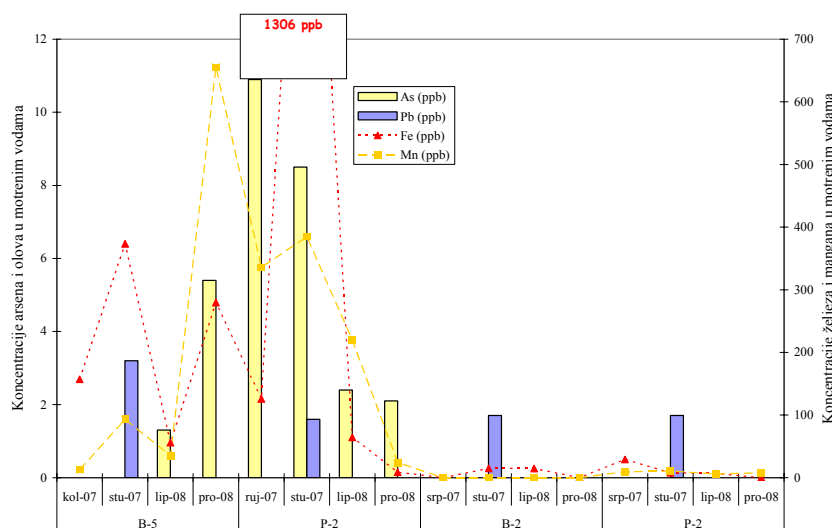
Zapaža se u vodama vodonosnika međuzrnske poroznosti da su koncentracije nitrata ispod MDK vrijednosti, a u piezometru P-2 (Luke) koncentracije nitrata su ispod granice detekcije (slika 4.2.9.4). Isto tako, se zapažaju na navedenom piezometru visoke koncentracije NH_4^+ , preko MDK vrijednosti (slika 4.2.9.4). Na ostalim objektima koncentracija NH_4^+ je ispod MDK vrijednosti ili ispod granice detekcije. Podrijetlo amonija može biti prirodno, ali i

antropogeno. Više koncentracije nitrata su zabilježene na B-2 i P-2 (Vesela), što je posljedica utjecaja poljoprivrede.



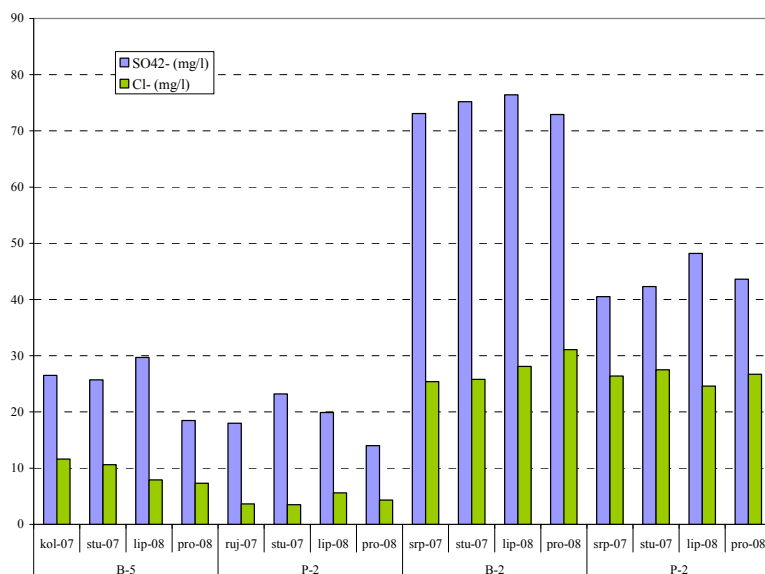
Slika 4.2.9.4. Raspodjela amonijaka i nitrata motrenih voda Požeške kotline

Koncentracije As, Pb, Fe i Mn su najviše na pizeometru P-2 (Luke), ali i na zdencu B-5 (Zapadno polje) (slika 4.2.9.5). Navedeni metali postoje prirodno u sedimentu koji izgrađuje vodonosnik. U ostalim objektima koncentracije metala su ispod MDK vrijednosti.



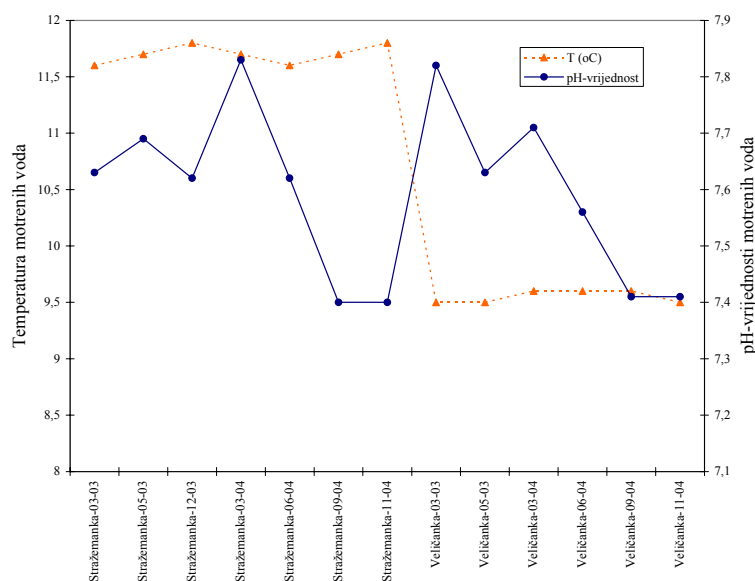
Slika 4.2.9.5. Raspodjela As, Pb, Fe i Mn u motrenim vodama Požeške kotline

Koncentracije sulfata u motrenim vodnim objektima kreću se od 14 do 76.4 mg/l, a koncentracije klorida se kreću od 3.6 do 26.7 mg/l. Obje koncentracije su daleko ispod MDK vrijednosti. Njihovo podrijetlo je prirodno (minerali koji izgrađuju vodonosnik sadržavaju navedene anione), ali i antropogeno (soljenje cesta tijekom zimskih mjeseci, industrija).

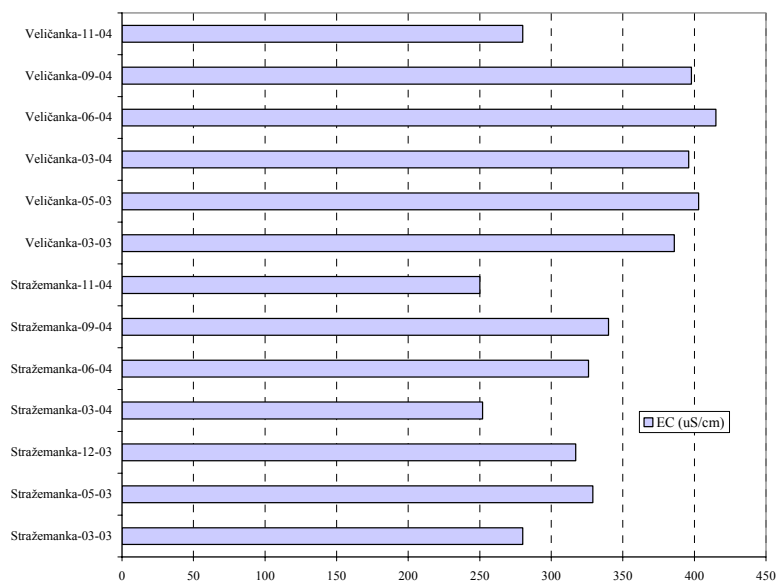


Slika 4.2.8.5. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama Požeške kotline

Temperature izvorskih voda nalaze se u intervalu od 9,5 (Veličanka) do 11,8 °C (Stražemanka) (slika 4.2.9.6). pH-vrijednosti se kreću od 7.4 do 7.83 (slika 4.2.9.6), te su vode definirane kao neutralne do slabo lužnate. Veće vrijednosti elektrolitičke vodljivosti (EC) izmjerene su u izvorskoj vodi Veličanke, a nešto niže vrijednosti su izmjerene u izvorskoj vodi Stražemanke (slika 4.2.9.7), a vrijednosti se nalaze u intervalu od 280 do 415 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nešto niže vrijednosti su posljedica nižih vrijednosti ukupno otopljenih tvari u izvorskim vodama Stražemanke. Vjerojatno je to posljedica postojanja silikatnih stijena u litološkom sastavu slivnog područja izvora tj. hidroliza silikata utječe na kemizam izvorske vode odnosno na ukupno otopljene tvari.

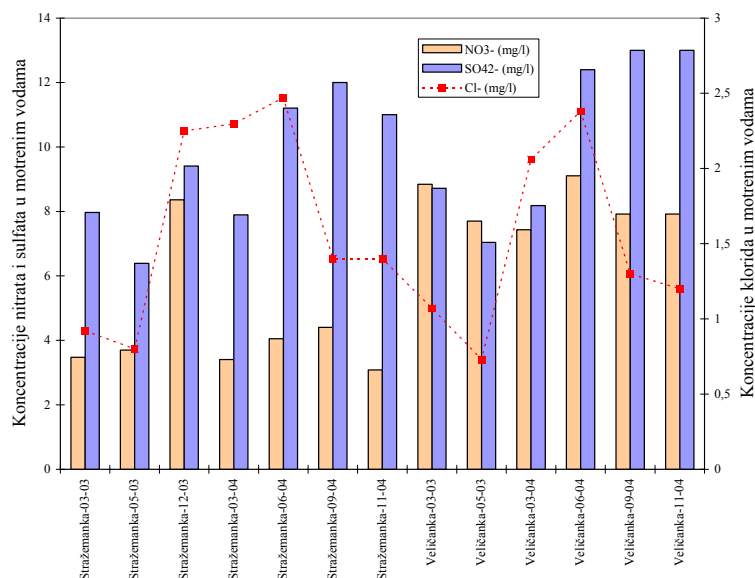


Slika 4.2.9.6. Raspodjela temperature i pH-vrijednosti izvorskih voda Papuka



Slika 4.2.9.7. Raspodjela EC vrijednosti izvorskih voda Papuka

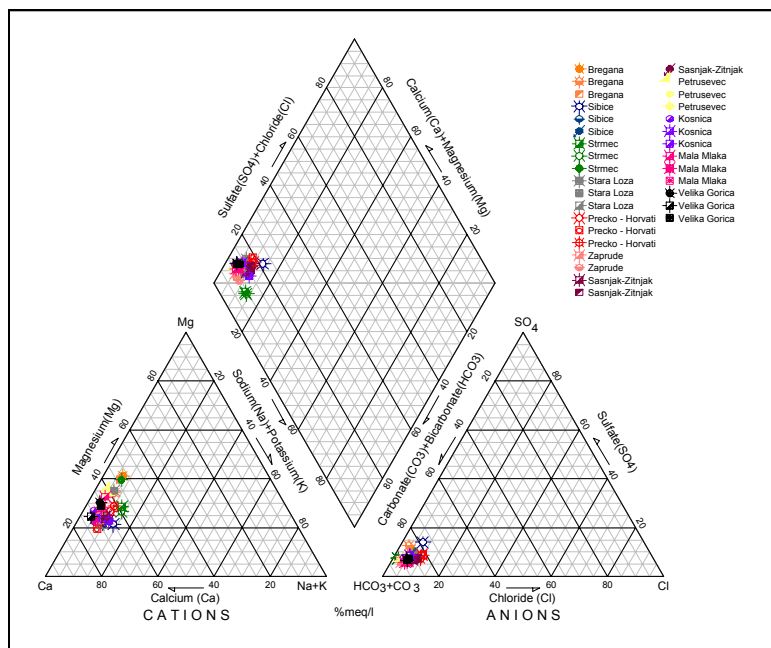
Koncentracije nitrata u izvorskim vodama su daleko ispod MDK vrijednosti i kreće se od 3.4 do 9.1 mg/l (slika 4.2.9.8). Isto tako, koncentracije sulfata i klorida su daleko ispod MDK vrijednosti (slika 4.2.9.8).



Slika 4.2.9.8. Raspodjela nitrata, sulfata i klorida u izvorskim vodama Papuka

Koncentracije žive, trikloretilena i tetrakloretilena su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene u uzorkovanim vodama. Kada se uzmu u obzir sve analizirane vode na području cjeline sliva Orljave, dobiju se sljedeće srednje vrijednosti koje su prikazane u tablici 4.2.9.1.

S obzirom na osnovni ionski sastav podzemne vode zagrebačkog vodonosnika na priljevnim područjima crpilišta Bregana, Šibice, Stara Loza, Prečko-Horvati, Zapruđe, Sašnjak-Žitnjak, Petruševac, Kosnica, Mala Mlaka, Velika Gorica i Ivanja Reka pripadaju CaMg-HCO₃ hidrogeokemijskom tipu, a dublji dijelovi vodonosnika na području Strmca pripadaju CaMgNa- HCO₃ hidrogeokemijskom tipu (slika 4.2.10.1). Ovakav sastav voda je posljedica otapanja stijena odnosno minerala koji izgrađuju vodonosnik. Uočeni povremeni povišeni sadržaja natrija u dubokim dijelovima vodonosnika na Strmcu posljedica je hidrolize alumosilikata u glinovito prašinstim naslagama.



Slika 4.2.10.1. Piperov dijagram motrenih voda

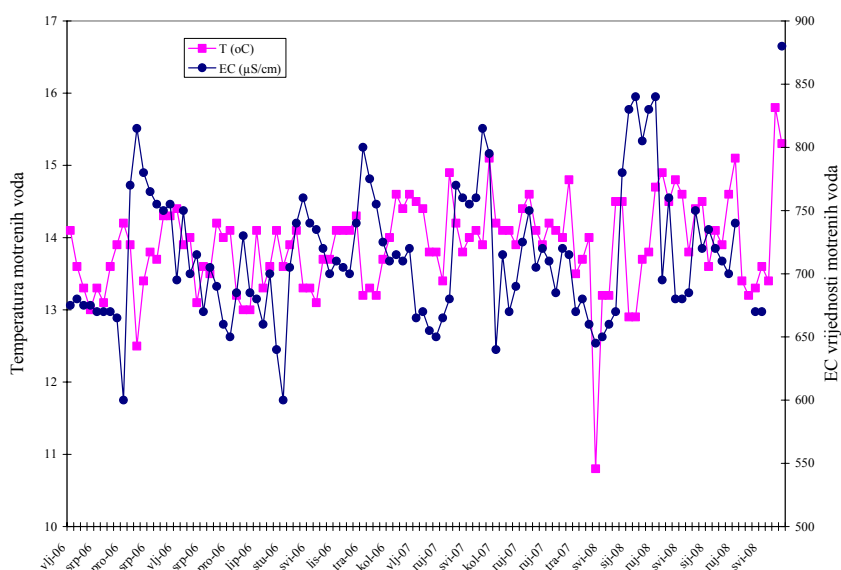
Ostali pokazatelji kakvoće podzemne vode na području cjeline Zagreb razrađeni su po priljevnim područjima crpilišta sljedećim redom: Bregana, Šibice, Strmec, Stara Loza, Prečko-Horvati, Zapruđe, Sašnjak-Žitnjak, Petruševac, Kosnica, Mala Mlaka, Velika Gorica i Ivanja Reka.

Tablica 4.2.10.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost, te trikloretilen i tetrakloretilen

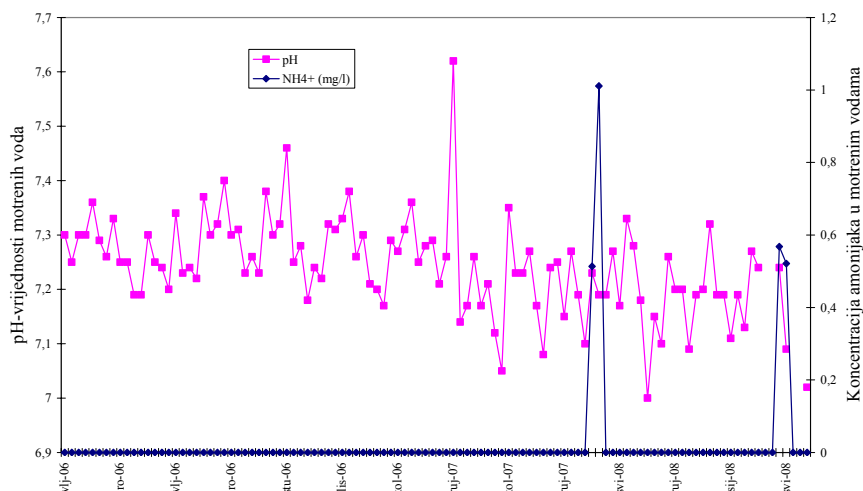
	"Threshold value" MDK	10 - Cjelina Zagreb srednje vrijednosti											
		Bregana	Šibice	Strmec	Stara Loza	Prečko - Horvati	Zapruđe	Sašnjak - Žitnjak	Petruševac	Kosnica	Mala Mlaka	Velika Gorica	Ivanja Reka
As (µg/l)	10	0,03	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd (µg/l)	5	0,4	0,003	0,14	0,22	0,16	0,04	0,14	0,2	0,15	0,21	0,26	0,3
Pb (µg/l)	10	3	0,004	1,3	1,4	1,6	0,7	2,1	1,3	1,3	1,6	1,5	2,8
Hg (µg/l)	1	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0,02	0,007	0,09	0,006	0,001	0	0	0	0	0,004	0	0,02
Cl ⁻ (mg/l)	250	15,3	19,9	9,3	20,5	36,1	5,6	71,8	6	8,8	22,1	16,6	13,5
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	43,2	34,5	24	31,5	40,4	11,2	54,5	12,8	23,7	19,5	21,8	48,6
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,24	7,2	7,29	7,18	7,09	7,5	7,11	7,45	7,48	7,19	7,21	7,28
trikloretilen i tetrakloretilen (µg/l)	10	1,5	0	0	1,2	1,5	0	4,6	0,07	0,07	2	0	1,8
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	12,5	22,6	8,6	8,2	27,3	4,8	21,4	6,3	7,6	25,6	21	3,4
Fe (µg/l)	200	54,3	214,3	217,7	5,8	18,5	2,6	18,2	3,2	41,9	5,8	33,3	533
Mn (µg/l)	50	4,9	19,9	61,1	15,9	14,8	16,2	6	50	49,2	3,9	1,3	206

Crpilište Bregana

Temperature podzemnih voda iznose između 10.8 i 15.8 °C (slika 4.2.10.2). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 600 do 880 $\mu\text{S/cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.2). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7 i 7.62 prema čemu je voda neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.3). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.

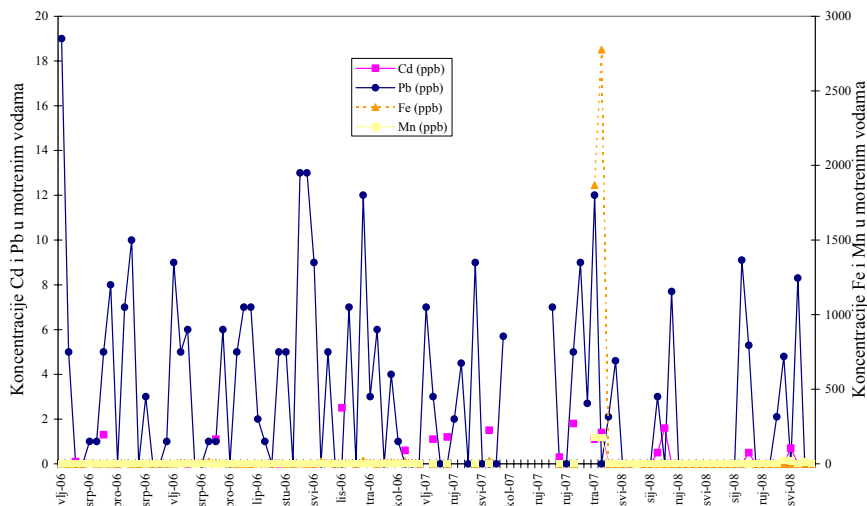


Slika 4.2.10.2. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama

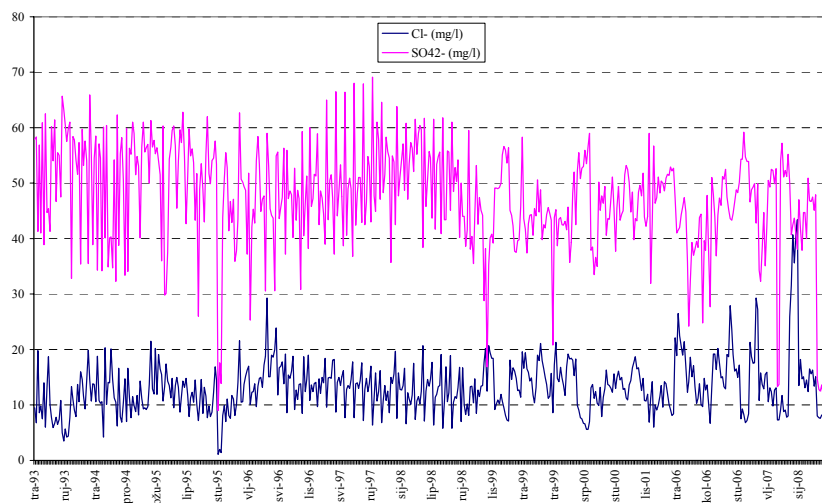


Slika 4.2.10.3. Raspodjela pH i amonija u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ u tri slučaja su zabilježene iznad MDK vrijednosti, a u ostalim su daleko ispod MDK vrijednosti odnosno ispod granice detekcije (slika 4.2.10.3). Visoke koncentracije su posljedica lokalnog utjecaja na motreni piezometar. Srednja vrijednost koncentracije za NH_4^+ na ovom crpilištu je 0.02 mg/l. Koncentracije Cd su ispod MDK, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.4 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.4). Isto tako, koncentracije As su daleko ispod MDK vrijednosti ili čak ispod granice detekcije, a srednja koncentracija je 0.03 $\mu\text{g/l}$. Sadržaj Hg nije zabilježen u motrenim vodama. Koncentracije Pb se kreću od 1 do 19 $\mu\text{g/l}$, te u tri slučaja je koncentracija iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.4). Visoke koncentracije su posljedica prirodnog i antropogenog utjecaja na priljevno područje motrenog piezometra. Srednja vrijednost koncentracije Pb je 3 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od 0.1 do 2776 $\mu\text{g/l}$, a Mn od 0.1 do 176.4 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.4).



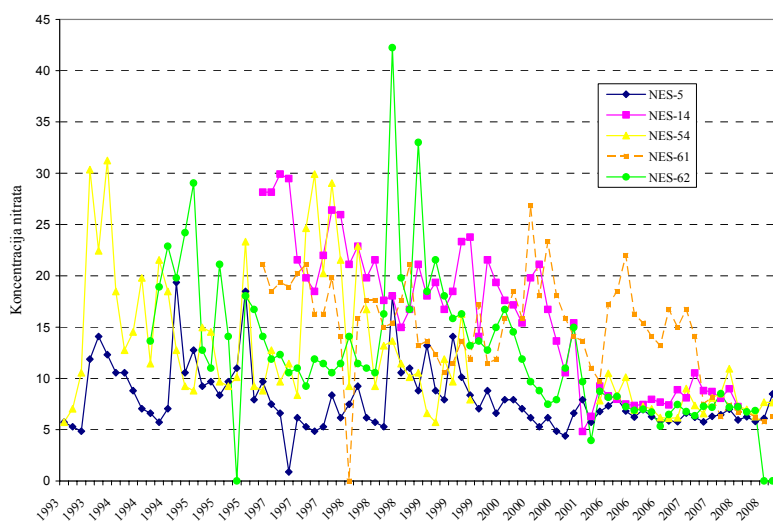
Slika 4.2.10.4. Raspodjela metala u motrenim vodama



Slika 4.2.10.5 Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

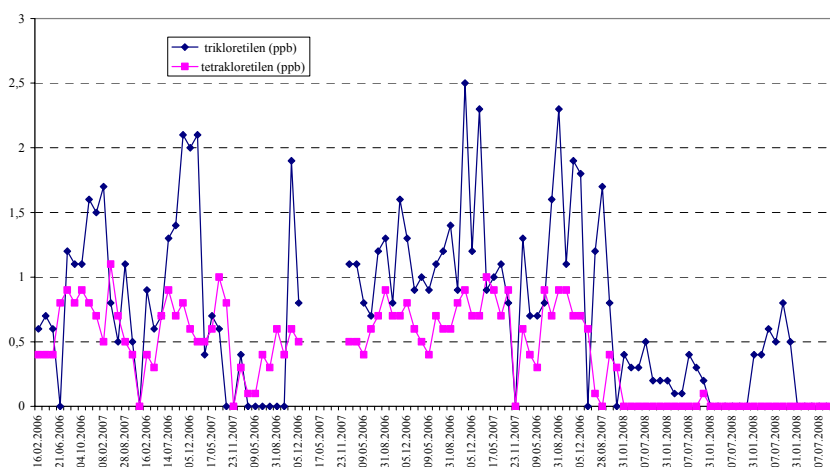
Koncentracije klorida kreću se od 6.7 do 43.3 mg/l, a koncentracije sulfata kreću se od 11.2 do 69.2 mg/l (slika 4.2.10.5). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 15.3 mg/l, a za sulfate 43.2 mg/l.

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Bregana su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 12.5 mg/l. Prijašnjih godina koncentracije NO_3^- su bile više, međutim nisu prelazile MDK vrijednosti (slika 4.2.10.6). Zamjećuje se u promatranom nizu od 1993. do 2008. godine smanjivanje koncentracija NO_3^- u vodama crpilišta (slika 4.2.10.6).



Slika 4.2.10.6. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Bregana od 1993. do 2008. godine

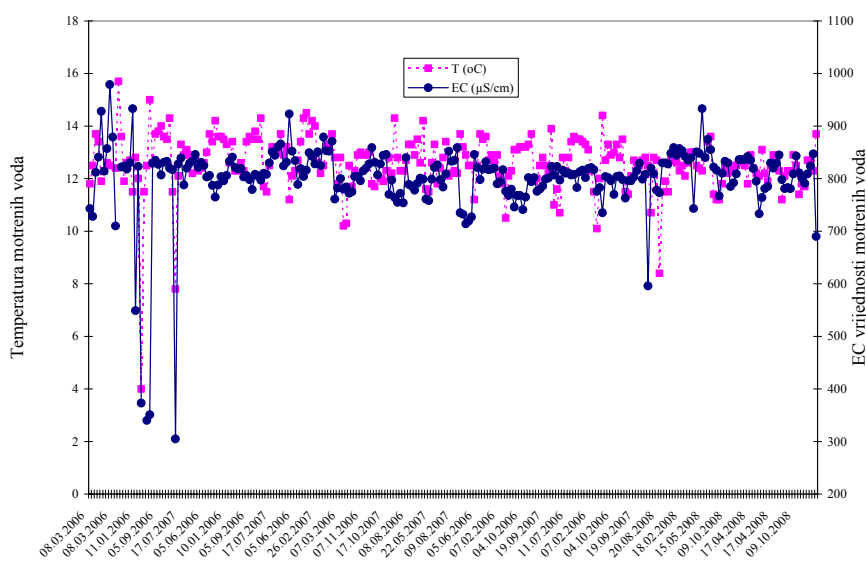
Sumarna vrijednost trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta su ispod MDK vrijednosti, a srednja koncentracija iznosi 1.5 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.6).



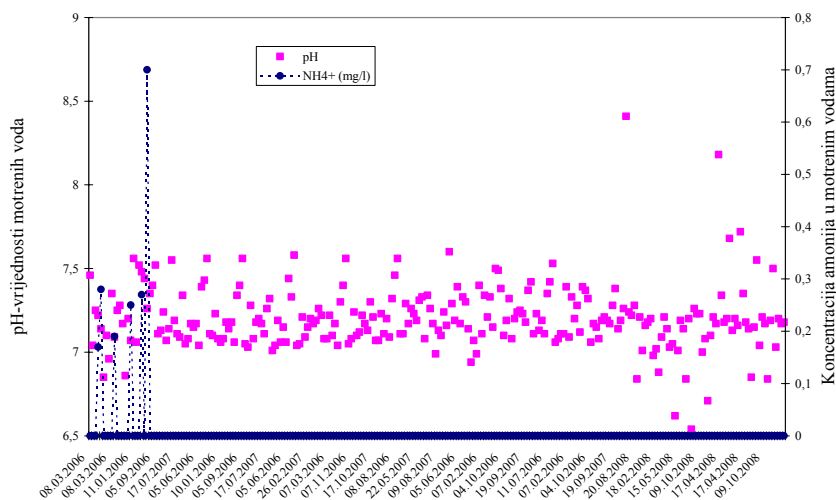
Slika 4.2.10.6. Raspodjela triklor i tetrakloretilena u motrenim vodama

Crpilište Šibice

Temperature podzemnih voda iznose između 8.4 i 14.4 °C (slika 4.2.10.7). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 340 do 933 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.7). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.54 i 8.41 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.8). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije.

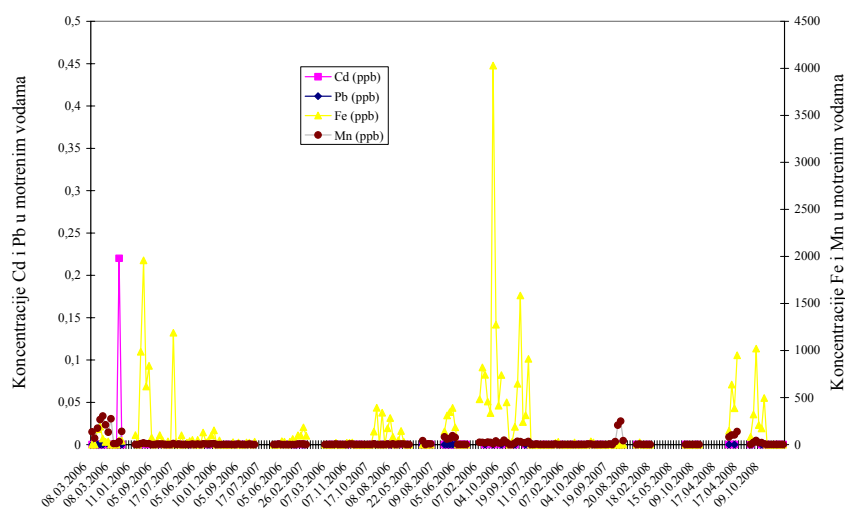


Slika 4.2.10.7. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



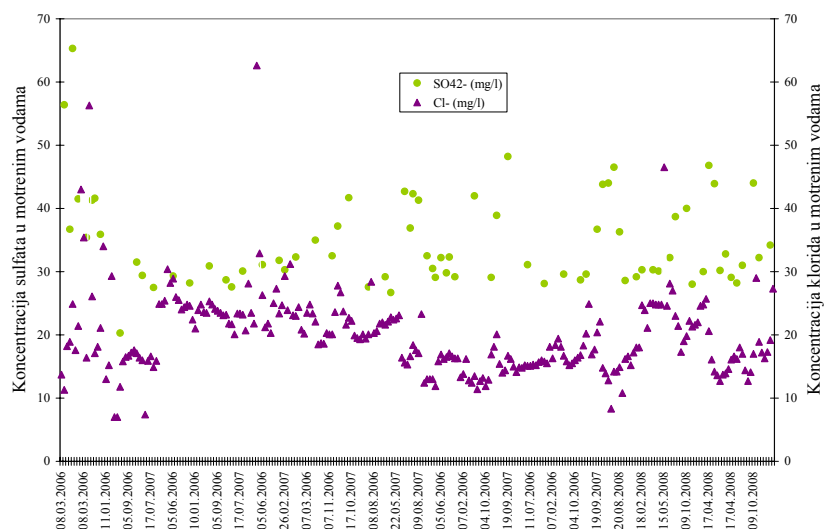
Slika 4.2.10.8. Raspodjela pH i amonija u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ u šest slučajeva je zabilježena iznad MDK vrijednosti, a u ostalim su daleko ispod MDK vrijednosti odnosno ispod granice detekcije (slika 4.2.10.8). Visoke koncentracije su posljedica lokalnog utjecaja na motreni piezometar. Srednja vrijednost koncentracije za NH_4^+ na ovom crpilištu je 0.007 mg/l. Koncentracije Cd su ispod MDK, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.003 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.9). Isto tako, koncentracije As su daleko ispod MDK vrijednosti ili čak ispod granice detekcije, a srednja koncentracija je 0.65 $\mu\text{g/l}$. Sadržaj Hg zabilježen je u nekim uzorcima voda, te srednja vrijednost iznosi 0.002 $\mu\text{g/l}$. Koncentracije Pb su vrlo niske, u većini slučajeva ispod granice detekcije (slika 4.2.10.9), a srednja vrijednost iznosi 0.004 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od 20 do 4000 $\mu\text{g/l}$, a Mn od 1 do 250 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.9).



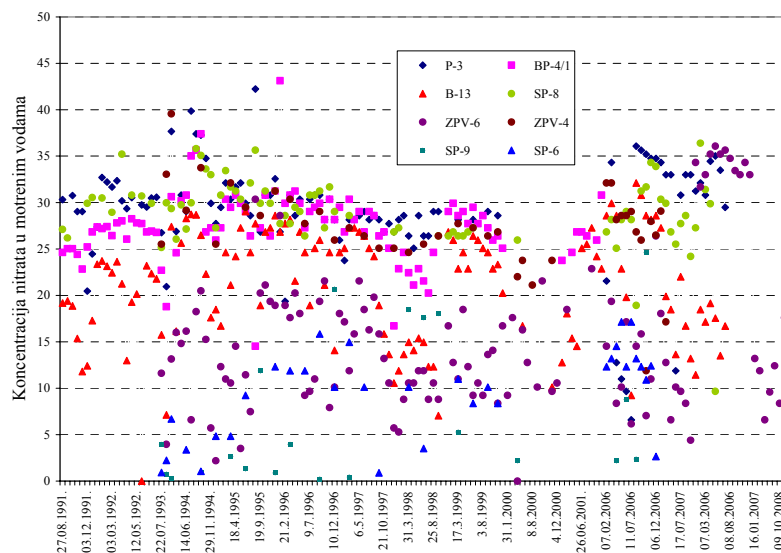
Slika 10.9. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 8.3 do 46.5 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 28 do 48.2 mg/l (slika 4.2.10.10). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 19.9 mg/l, a za sulfate 34.5 mg/l.



Slika 4.2.10.10. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Šibice su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 22.6 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom razdoblju od 1991. do 2008. godine ukazuju na stagnaciju viših koncentracija NO_3^- u vodama crpilišta (slika 4.2.10.11).

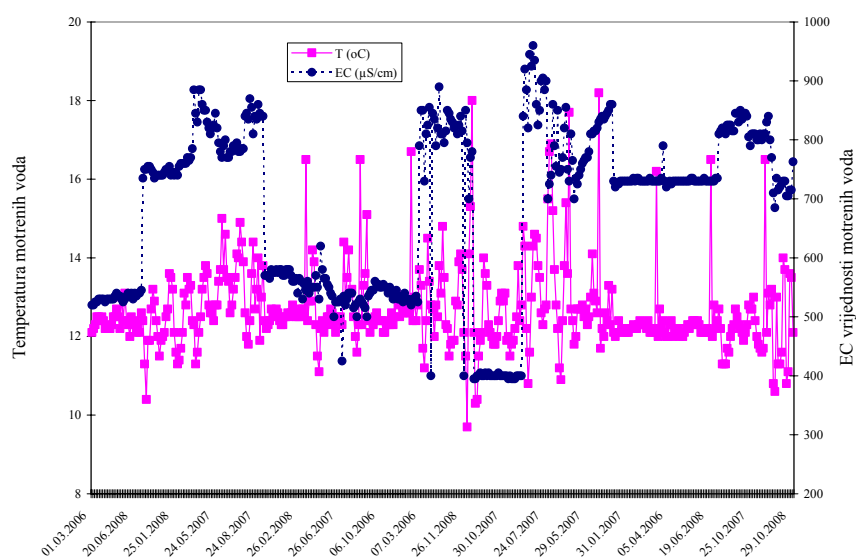


Slika 4.2.10.11. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Šibica od 1991. do 2008. godine

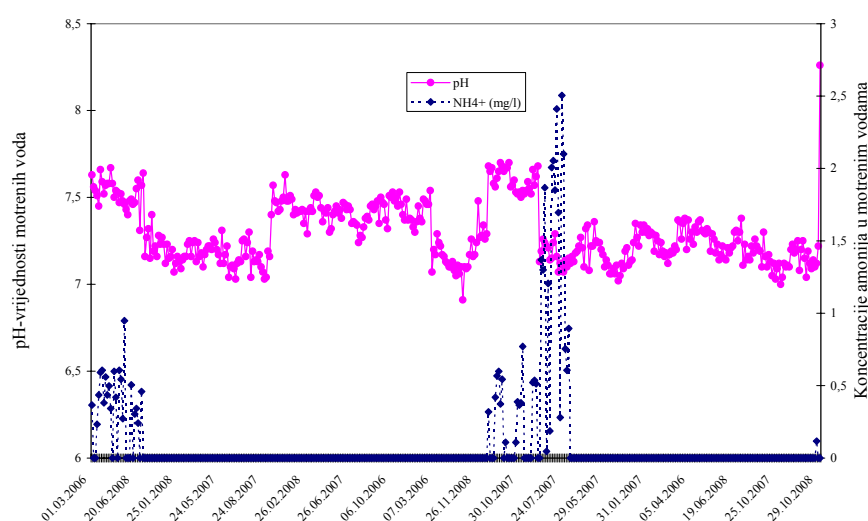
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Šibice su ispod granice detekcije instrumenta odnosno nisu zabilježene u vodi.

Crpilište Strmec

Temperature podzemnih voda iznose između 9.7 i 18.2 °C (slika 4.2.10.12). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 395 do 960 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.12). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.91 i 8.26 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.13). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije.

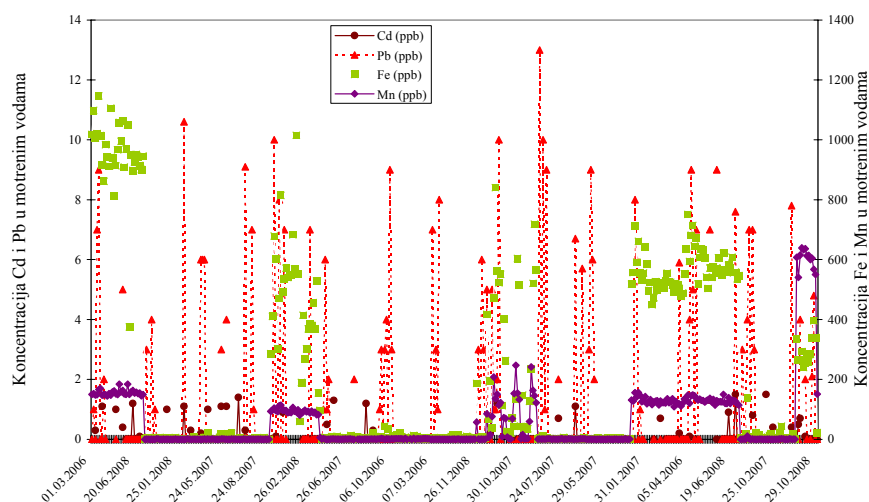


Slika 4.2.10.12. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



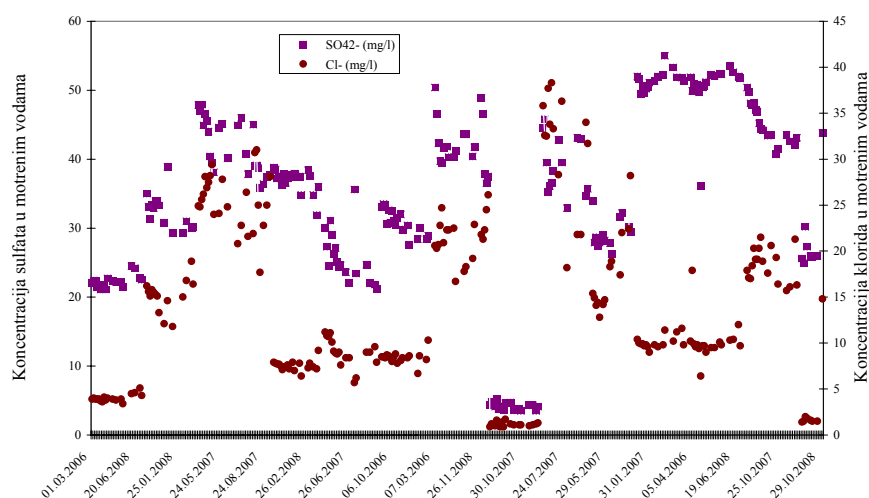
Slika 4.2.10.13. Raspodjela pH i amonija u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ u nekoliko slučajeva su zabilježene iznad MDK vrijednosti, a u ostalim su daleko ispod MDK vrijednosti odnosno ispod granice detekcije (slika 4.2.10.13). Visoke koncentracije su u vodama piezometara koji zahvaćaju dublje dijelove vodonosnika. Srednja vrijednost koncentracije za NH_4^+ na ovom crpilištu je 0.09 mg/l. Koncentracije Cd su ispod MDK, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.14 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.14). Sadržaji As i Hg u motrenim vodama su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježeni. Koncentracije Pb su u dva slučaja iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.14), a srednja vrijednost iznosi 1.3 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od 1 do 1147 $\mu\text{g/l}$, a Mn od 1 do 639 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.14).



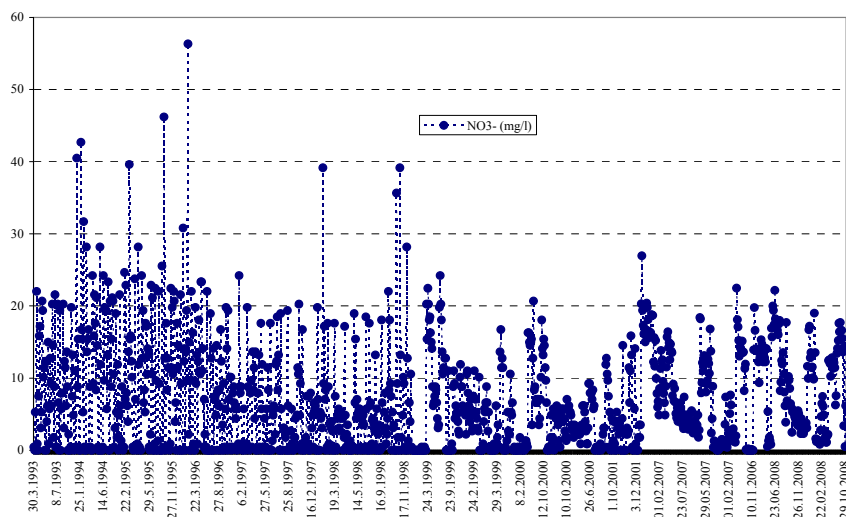
Slika 4.2.10.14. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 1.9 do 38.3 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 3.5 do 55 mg/l (slika 4.2.10.15). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 9.3 mg/l, a za sulfate 24 mg/l.



Slika 4.2.10.15. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Strmec su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 8.6 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom nizu od 1993. do 2008. godine ukazuju na stagnaciju koncentracija NO_3^- u vodama crpilišta (slika 4.2.10.16), s time da su do 1996. godine na pojedinim piezometrima bile zabilježene koncentracije iznad MDK vrijednosti.

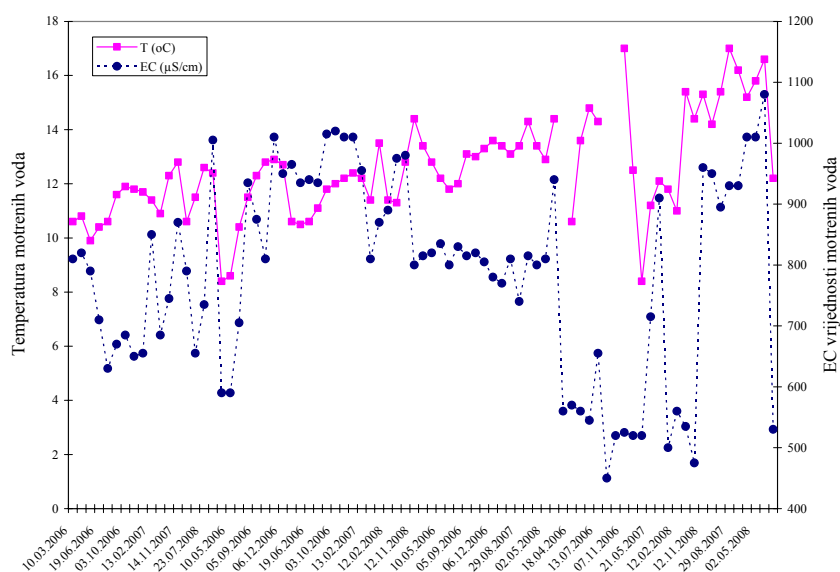


Slika 4.2.10.16. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Strmec od 1993. do 2008. godine

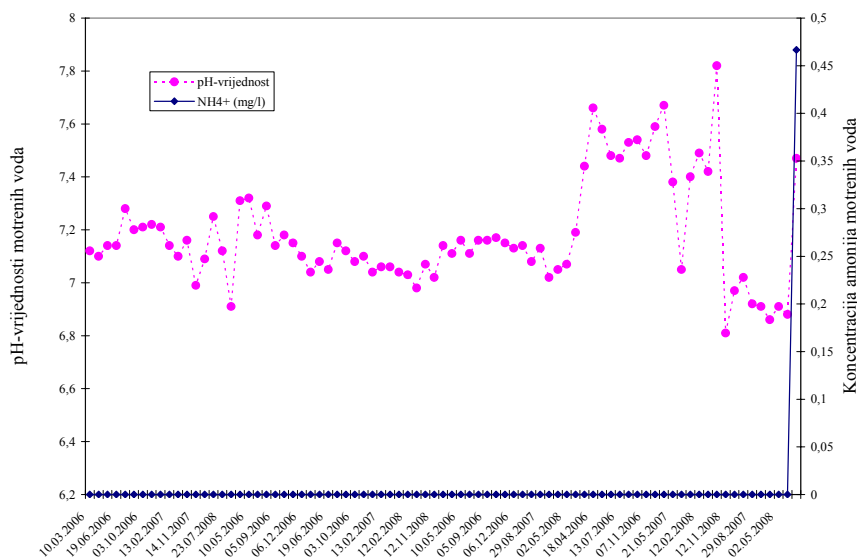
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Strmec su ispod granice detekcije instrumenta.

Crpilište Stara Loza

Temperature podzemnih voda iznose između 8.4 i 17 °C (slika 4.2.10.17). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 450 do 1080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.17). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.81 i 7.82 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do lužnata (slika 4.2.10.18). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije.

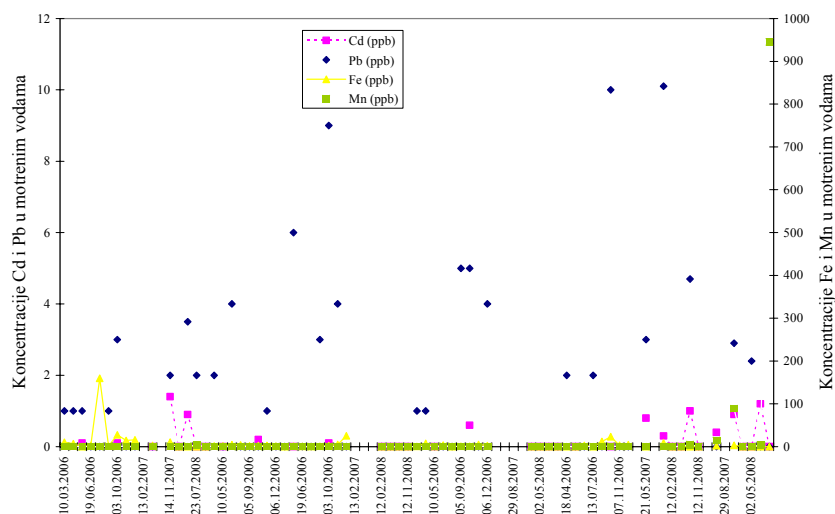


Slika 4.2.10.17. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



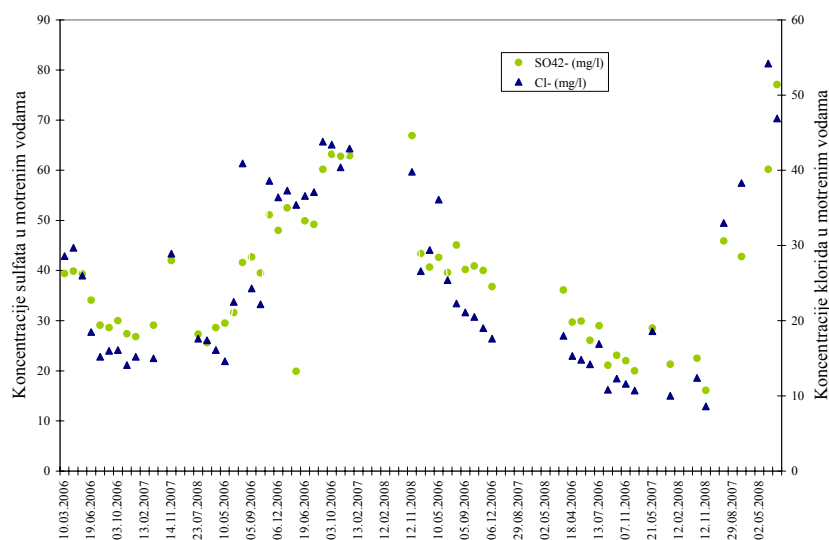
Slika 4.2.10.18. Raspodjela pH i amonija u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ u jednom slučaju je zabilježena iznad MDK vrijednosti, a u ostalim slučajevima je ispod granice detekcije (slika 4.2.10.18). Srednja vrijednost koncentracije za NH_4^+ na ovom crpilištu je 0.006 mg/l. Koncentracije Cd su ispod MDK, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.22 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.19). Sadržaji As i Hg u motrenim vodama su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježeni. Koncentracije Pb su u dva slučaja iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.19), a srednja vrijednost iznosi 1.4 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 159 $\mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 88 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.19).



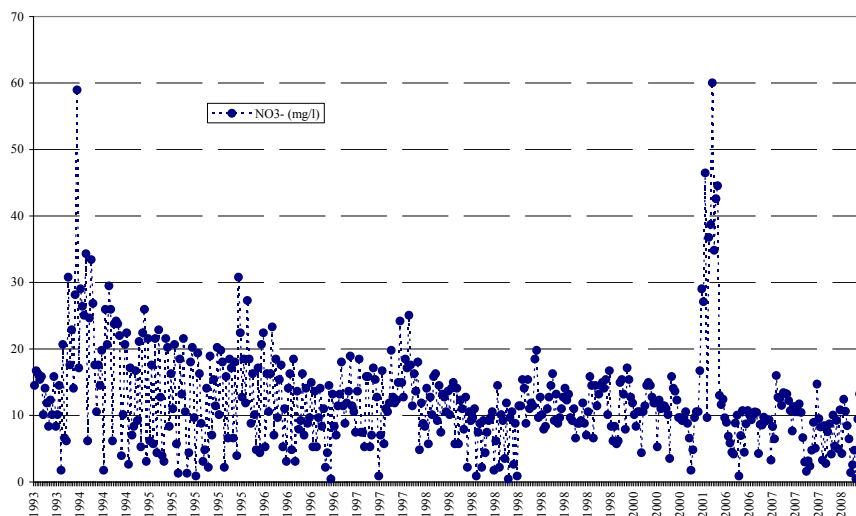
Slika 4.2.10.19. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 8.6 do 54.2 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 16.1 do 77.1 mg/l (slika 4.2.10.20). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 20.5 mg/l, a za sulfat 31.5 mg/l.

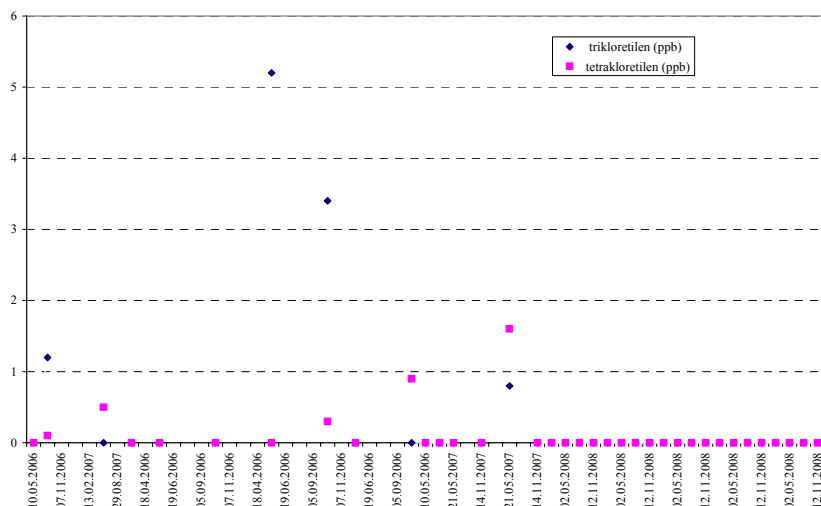


Slika 4.2.10.20. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Stara Loza su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 8.2 mg/l. Koncentracije NO₃⁻ u promatranom razdoblju od 1993. do 2008. godine ukazuju na blagi trend smanjivanja koncentracija NO₃⁻ u vodama crpilišta (slika 4.2.10.21), s time da su u razdoblju od 2001. do 2006. na pojedinim piezometrima koncentracije porasle i u jednom trenutku bile iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.21).



Slika 4.2.10.21. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Stara Loza od 1993. do 2008. godine



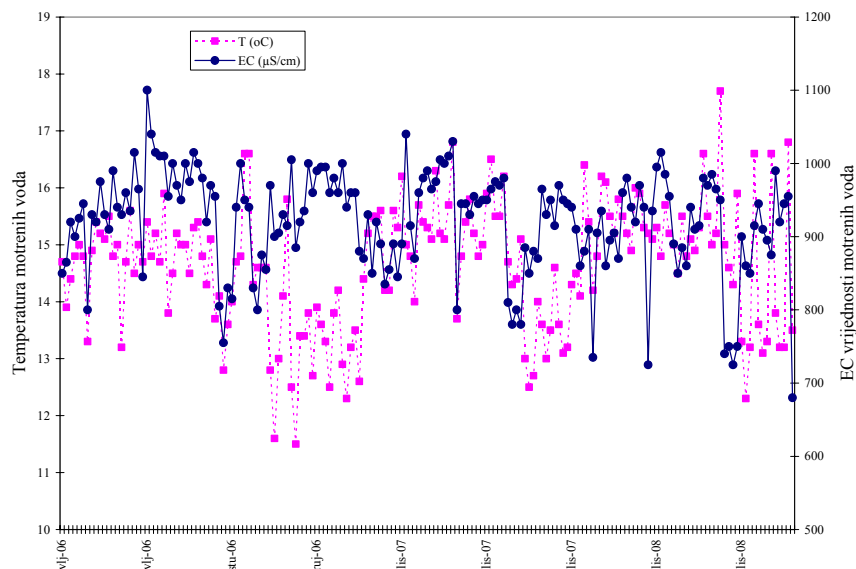
Slika 4.2.10.22. Raspodjela triklor- i tetrakloretilena u vodama crpilišta Stara Loza

Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Stara Loza su ispod MDK vrijednosti ili ispod granice detekcije instrumenta (slika 4.2.10.22).

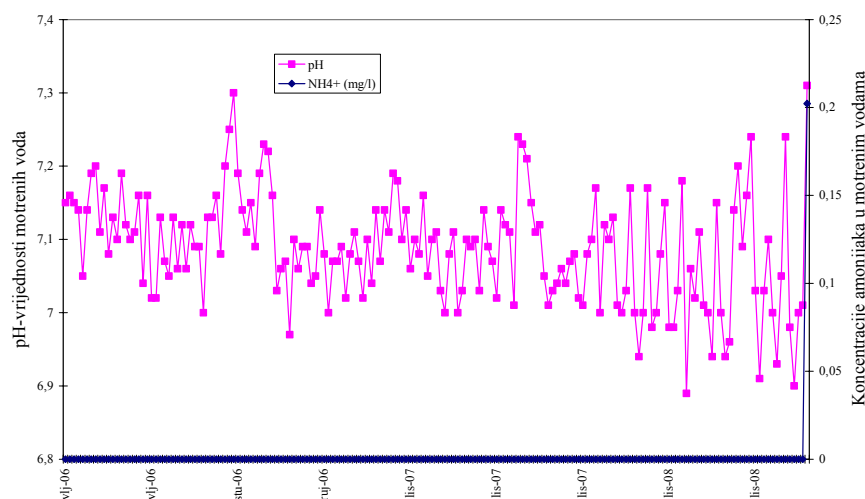
Crpilište Prečko – Horvati

Temperature podzemnih voda iznose između 12.3 i 17.7 °C (slika 4.2.10.23). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi zbog slabe cirkulacije vode. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 680 do 1040 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.23). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.89 i 7.31 prema čemu je voda slabo kisela do

neutralna (slika 4.2.10.24). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije.



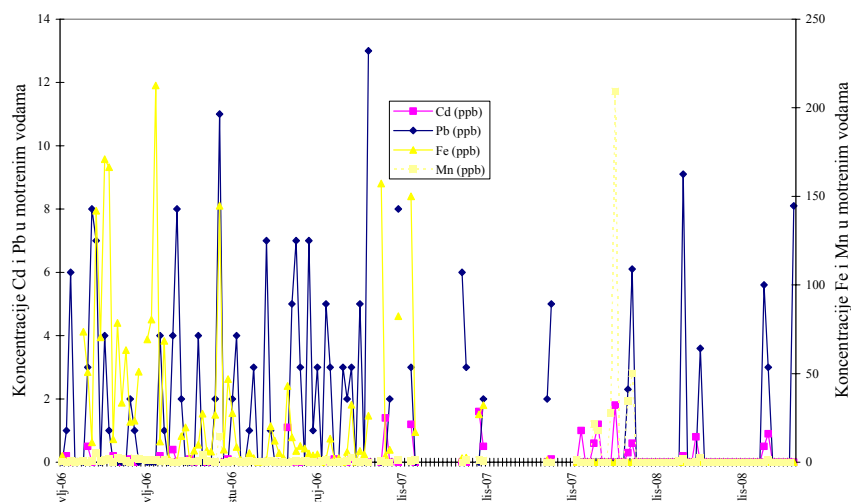
Slika 4.2.10.23. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



Slika 4.2.10.24. Raspodjela pH i amonija u motrenim vodama

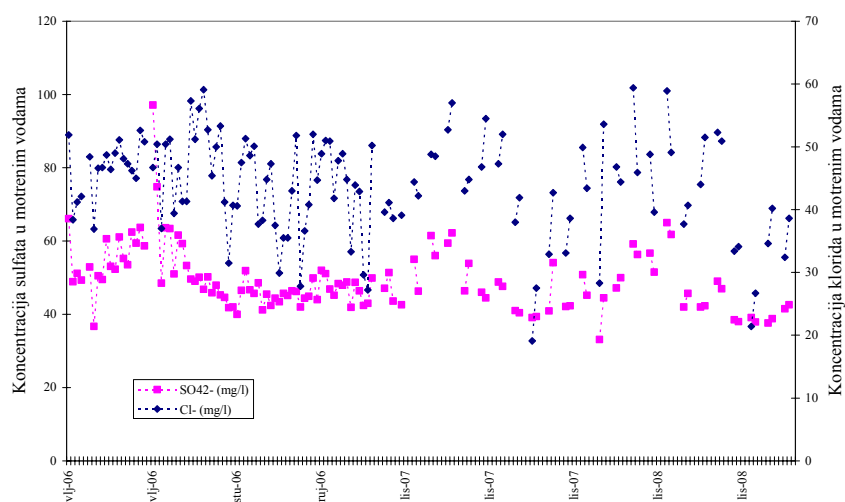
Koncentracije NH_4^+ u jednom slučaju je zabilježena u vrijednosti od 0.2 mg/l, a u ostalim slučajevima je ispod granice detekcije (slika 4.2.10.24). Srednja vrijednost koncentracije za NH_4^+ na ovom crpilištu je 0.001 mg/l. Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do 1.8 $\mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.16 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.25). Sadržaji As i Hg u motrenim vodama su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježeni (tablica 4.2.10.1). Koncentracije Pb su u dva slučaja iznad MDK vrijednosti (slika

4.2.10.25), a srednja vrijednost iznosi 1.6 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 157 $\mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 209 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.25). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 18.5 $\mu\text{g/l}$, a za Mn je 14.8 $\mu\text{g/l}$.



Slika 4.2.10.25. Raspodjela metala u motrenim vodama

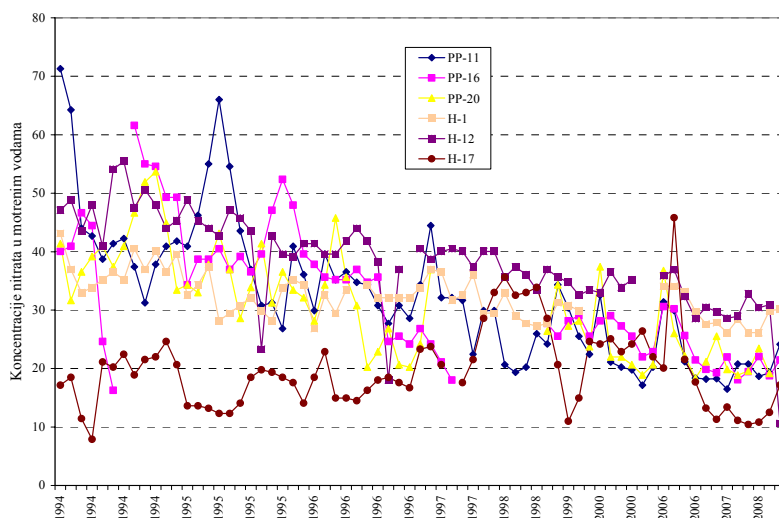
Koncentracije klorida se kreću od 19.1 do 59.4 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 33.1 do 65 mg/l (slika 4.2.10.26). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 36.1 mg/l, a za sulfate 40.4 mg/l.



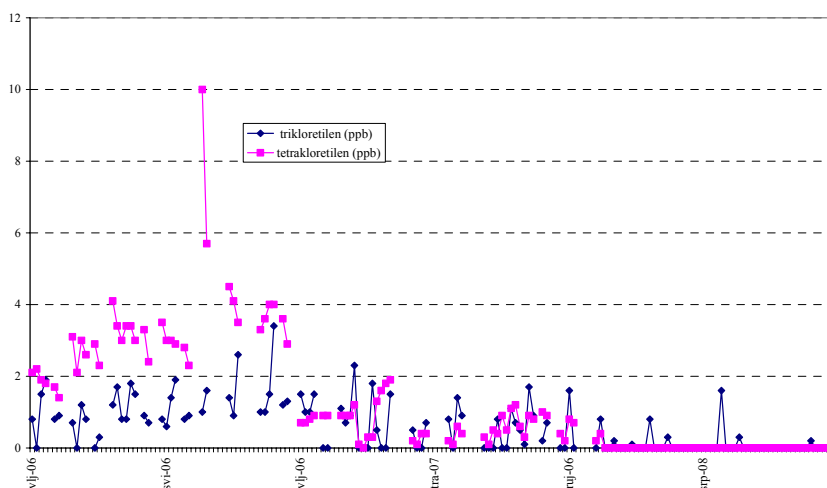
Slika 4.2.10.26. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Prečko – Horvati su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 27.3 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom

razdoblju od 1994. do 2008. godine ukazuju na blagi trend smanjivanja koncentracija NO_3^- u vodama crpilišta (slika 4.2.10.27). Međutim u razdoblju od 1994. do 1996. na pojedinim piezometrima koncentracije su bile iznad MDK vrijednosti, no do danas su se smanjile (slika 4.2.10.27).



Slika 4.2.10.27. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Prečko - Horvati od 1994. do 2008. godine

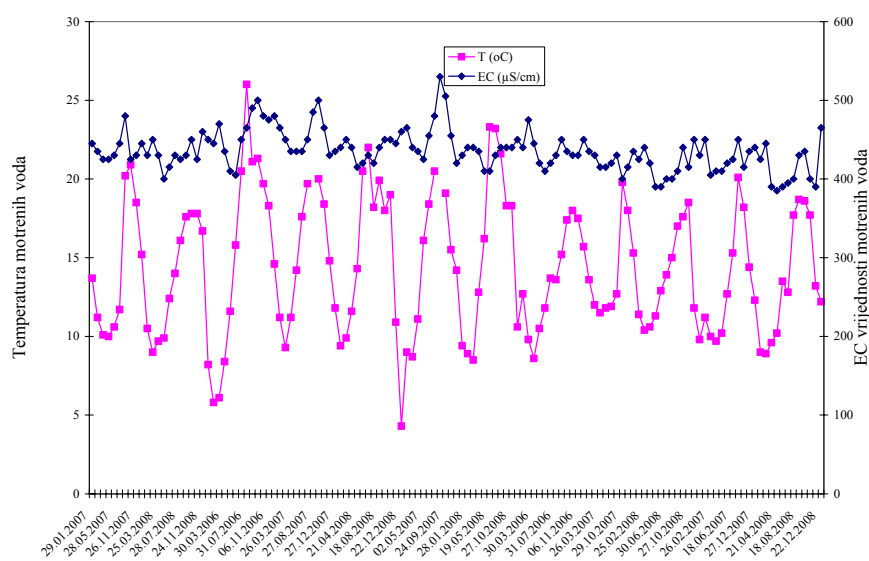


Slika 4.2.10.28. Raspodjela triklor- i tetrakloretilena u vodama crpilišta Prečko - Horvati

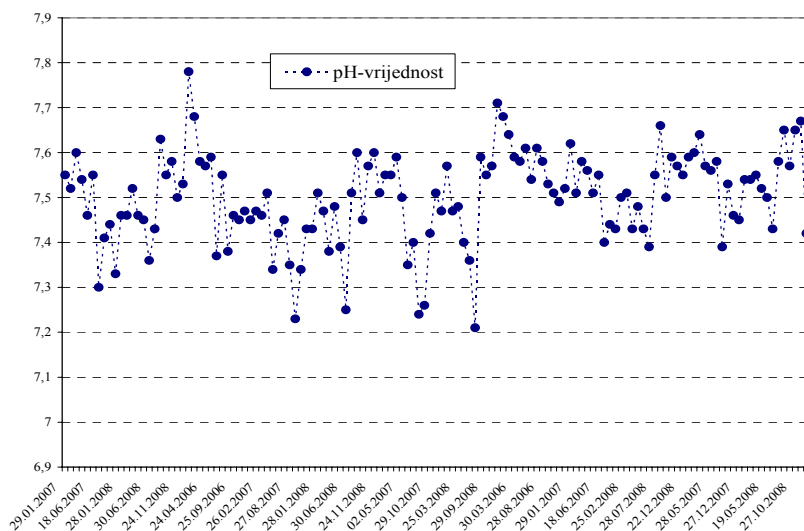
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Prečko - Horvati su ispod MDK vrijednosti ili ispod granice detekcije instrumenta, a srednja koncentracija iznosi $1.5 \mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.28). Međutim, na jednom piezometru u 2007. godini je zabilježena koncentracija iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.28).

Crpilište Zapruđe

Temperature podzemnih voda iznose između 4.3 i 26 °C (slika 4.2.10.29). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Međutim, u ovim vodama se zamjećuje intenzivni utjecaj hladnijih i toplijih mjeseci na vodu u piezometrima, odnosno prije uzimanja uzoraka vode nije bilo dovoljno iscrpljeno vode iz piezometra da bi se smanjili ovi utjecaji. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 385 do 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.29). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7.21 i 7.71 prema čemu je voda slabo lužnata (slika 4.2.10.30). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.

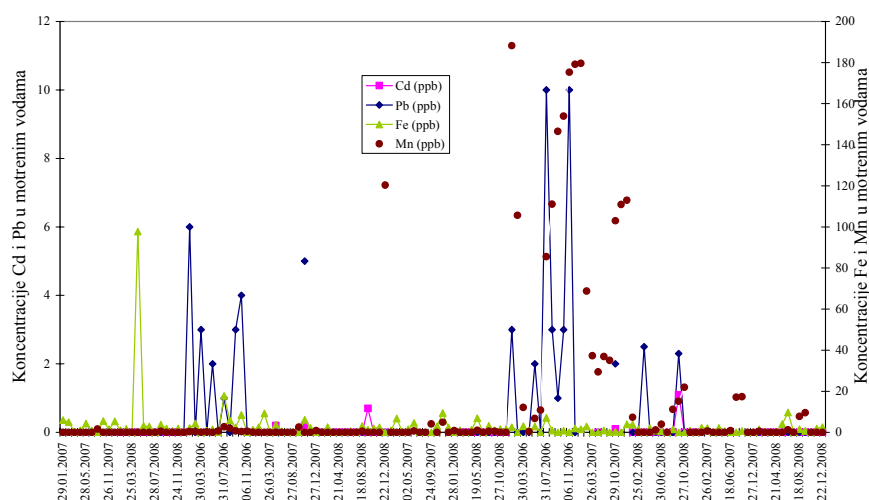


Slika 4.2.10.29. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



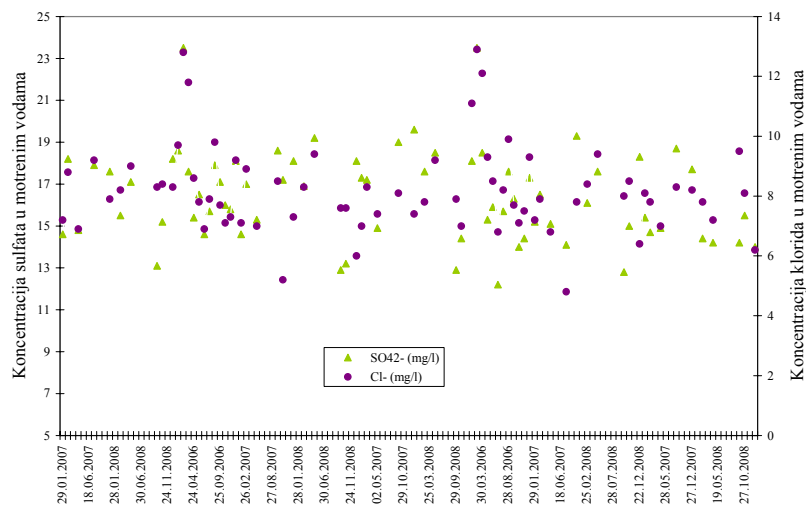
Slika 4.2.10.30. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ , As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene niti u jednom uzorku (tablica 4.2.10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do 1.1 $\mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.04 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.3.2.10.31). Koncentracije Pb su u dva slučaja točno MDK vrijednosti (slika 4.2.10.31), a srednja vrijednost iznosi 0.7 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 17.8 $\mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 188 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.31). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 2.6 $\mu\text{g/l}$, a za Mn je 16.2 $\mu\text{g/l}$.



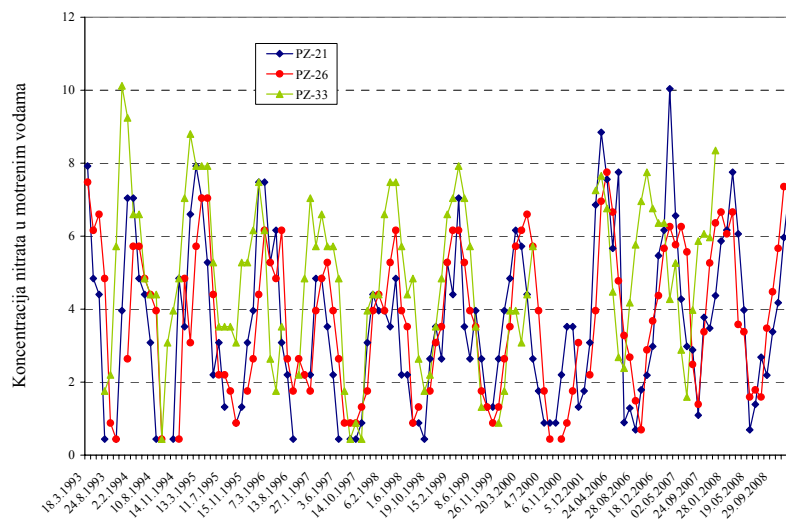
Slika 4.2.10.31. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 4.8 do 12.9 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 12.2 do 23.5 mg/l (slika 4.2.10.32). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 5.6 mg/l, a za sulfate 11.2 mg/l.



Slika 4.2.10.32. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Zapruđe su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 4.8 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom razdoblju od 1993. do 2008. godine ukazuju na povećavanje i smanjivanje koncentracija tijekom hidrološke godine. Ovakva oscilacija koncentracija je posljedica ispiranja nesaturirane zone i transformacijskih procesa dušika.

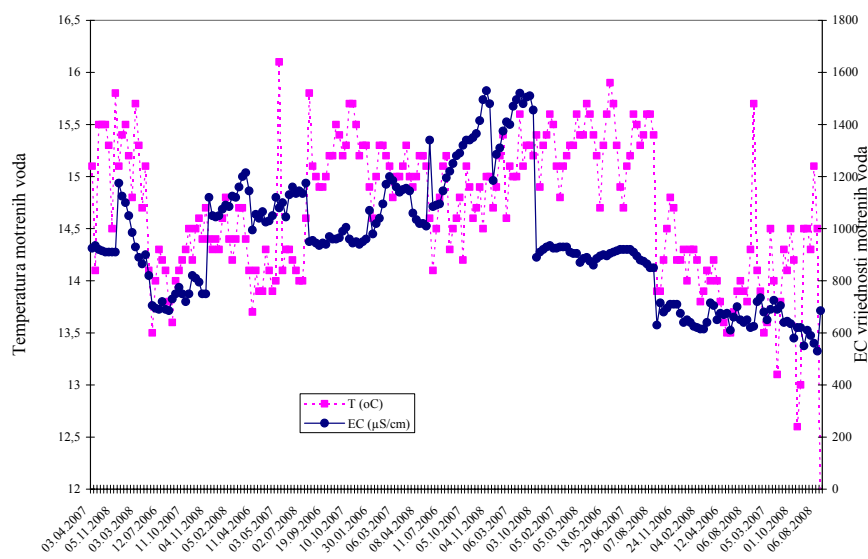


Slika 4.2.10.33. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Zapruđe od 1994. do 2008. godine

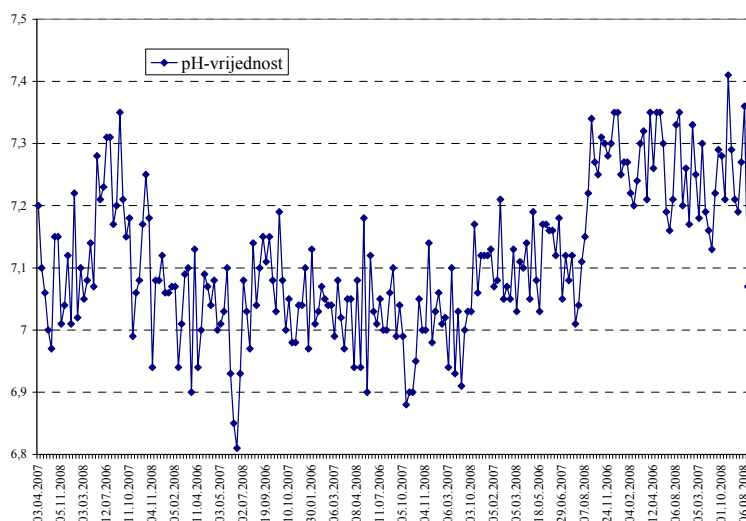
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Zapruđe su ispod granice detekcije instrumenta odnosno nisu zabilježene (tablica 4.2.10.1).

Crpilište Sasnjak - Žitnjak

Temperature podzemnih voda iznose između 11.5 i 15.9 °C (slika 4.2.10.34). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 530 do 1530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.34). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7.41 i 7.81 prema čemu je voda slabo lužnata (slika 4.2.10.35). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom.



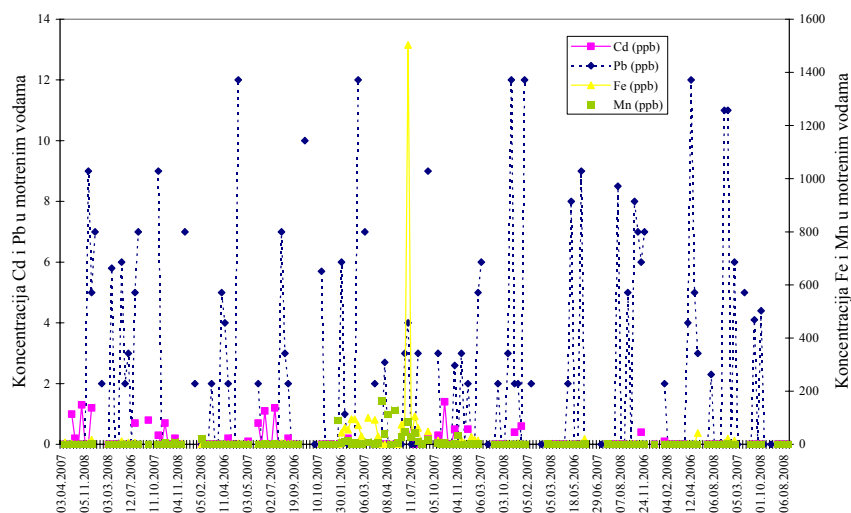
Slika 4.2.10.34. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



Slika 4.2.10.35. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

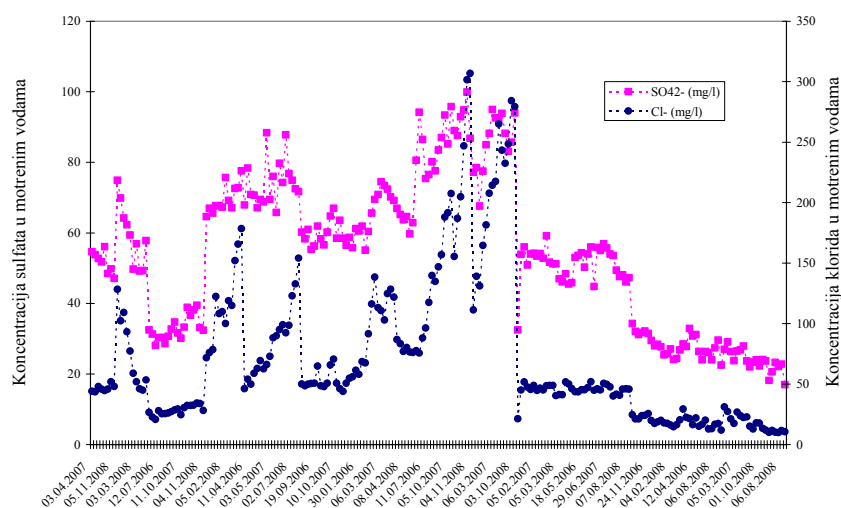
Koncentracije NH_4^+ , As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene niti u jednom uzorku (tablica 10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice

detekcije do 0.6 $\mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.14 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.36). Koncentracije Pb su u nekoliko slučajeva iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.36), a srednja vrijednost iznosi 2.1 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 1503 $\mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 162.3 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.36). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 18.2 $\mu\text{g/l}$, a za Mn je 6 $\mu\text{g/l}$.



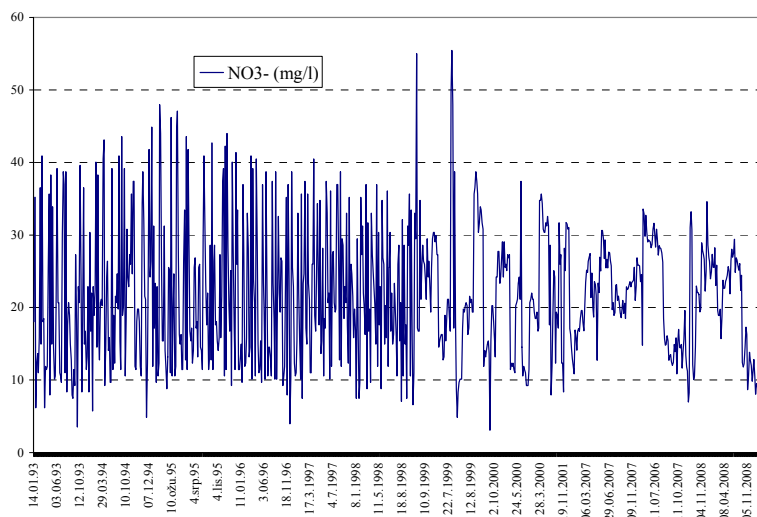
Slika 4.2.10.36. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 9.9 do 306.9 mg/l , a koncentracije sulfata se kreću od 17 do 99.9 mg/l (slika 4.2.10.37). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 71.8 mg/l , a za sulfat 54.5 mg/l .

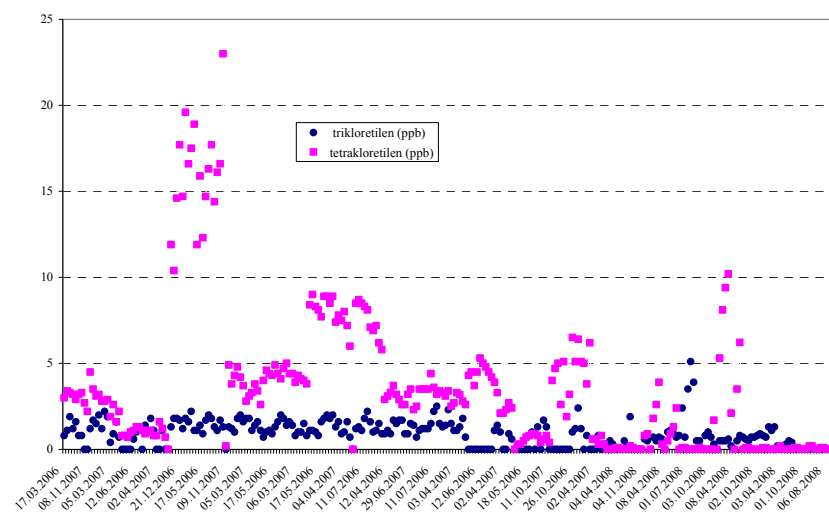


Slika 4.2.10.37. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Sašnjak - Žitnjak su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 21.4 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom razdoblju od 1993. do 2008. godine ukazuju na stagniranje koncentracija. Međutim je u 1999. godini zabilježena na pojedinim piezometrima povišena koncentracija odnosno koncentracija iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.38).



Slika 4.2.10.38. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Sašnjak - Žitnjak od 1993. do 2008. godine



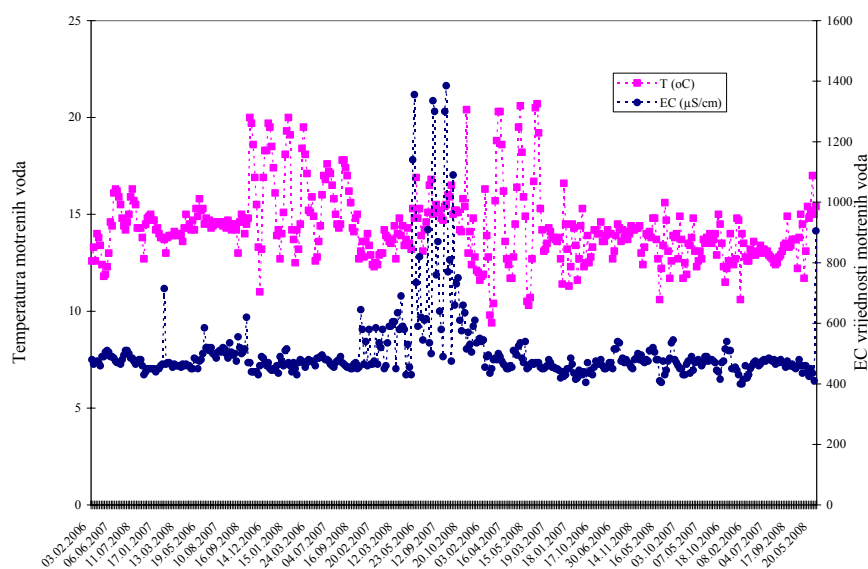
Slika 4.2.10.39. Raspodjela triklor i tetrakloretilena u motrenim vodama

Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Sašnjak – Žitnjak su povišene te su tijekom 2006. godine prelazile MDK vrijednosti (slika 4.2.10.39). U 2008.

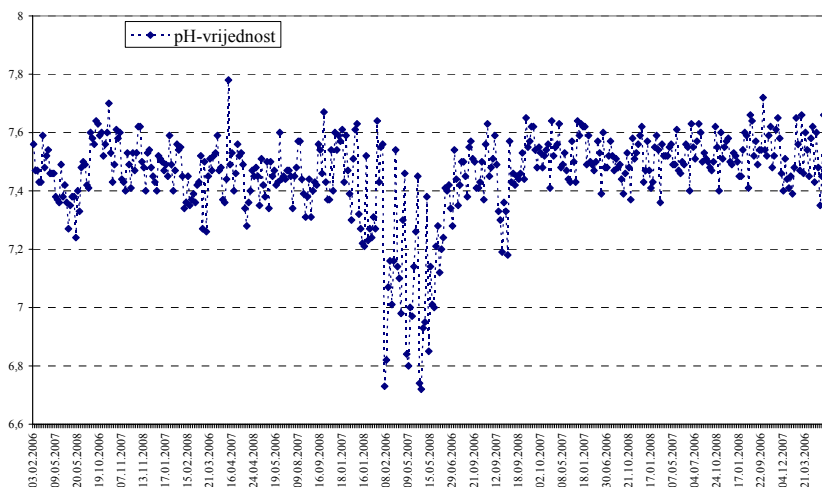
godini koncentracije se smanjuju te srednja vrijednost iznosi 4.6 $\mu\text{g/l}$ (tablica 4.2.10.1. i slika 4.2.10.39).

Crpilište Petruševac

Temperature podzemnih voda iznose između 9.4 i 20.7 °C (slika 4.2.10.40). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Međutim, motrene temperature vode na crpilištu Petruševac ukazuju na utjecaj zagrijavanja vode u piezometrima. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 400 do 1385 $\mu\text{S/cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.40). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.72 i 7.78 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.41). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.

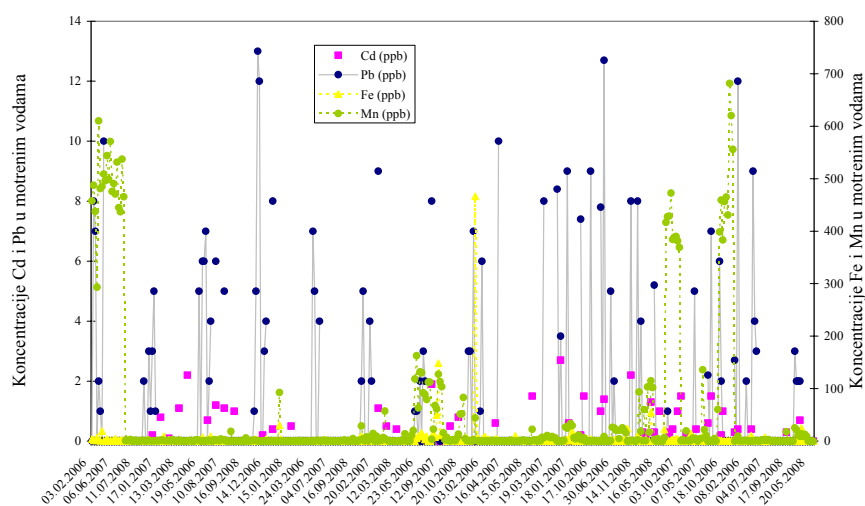


Slika 4.2.10.40. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



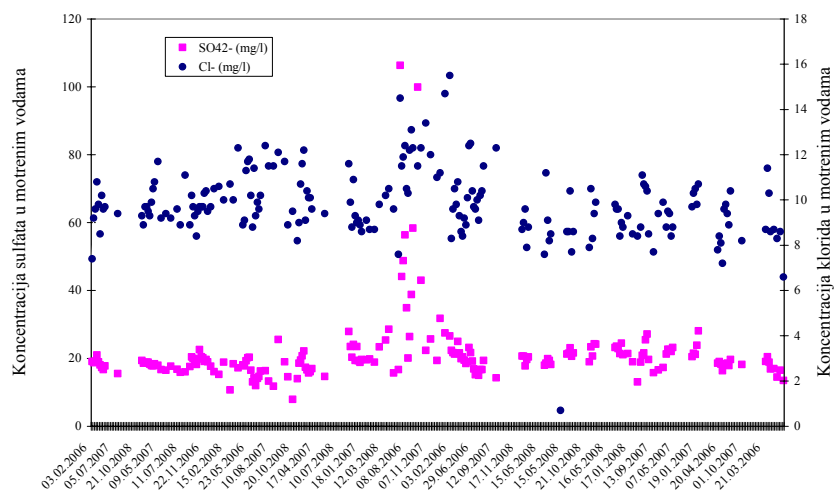
Slika 4.2.10.41. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ , As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene niti u jednom uzorku (tablica 4.2.10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do 2.7 $\mu\text{g}/\text{l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ (slika 4.2.10.42). Koncentracije Pb su u nekoliko slučajeva iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.42), a srednja vrijednost iznosi 1.3 $\mu\text{g}/\text{l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 466.3 $\mu\text{g}/\text{l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 681.6 $\mu\text{g}/\text{l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.42). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 4.2 $\mu\text{g}/\text{l}$, a za Mn je 50 $\mu\text{g}/\text{l}$.



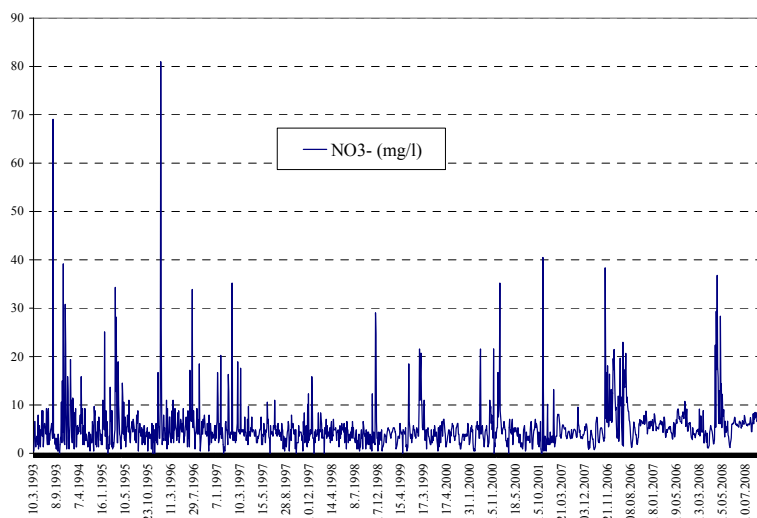
Slika 4.2.10.42. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 0.7 do 15.5 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 7.9 do 106.3 mg/l (slika 4.2.10.43). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 6 mg/l, a za sulfate 12.8 mg/l.

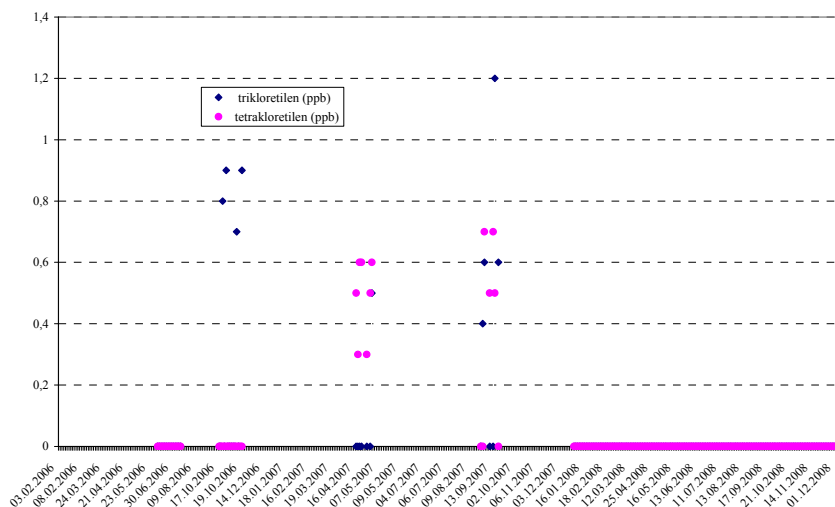


Slika 4.2.10.43. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Petruševac su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 6.3 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom razdoblju od 1993. do 2008. godine ukazuju na stagniranje koncentracija. Međutim, za razdoblje od 1993. do 1996. godine zabilježene su na pojedinim piezometrima koncentracija iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.44). Od 1997. do 2008. zabilježene su na pojedinim piezometrima povišene koncentracije nitrata, ali ne prelaze MDK vrijednosti (slika 4.2.10.44).



Slika 4.2.10.44. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Petruševac od 1993. do 2008. godine

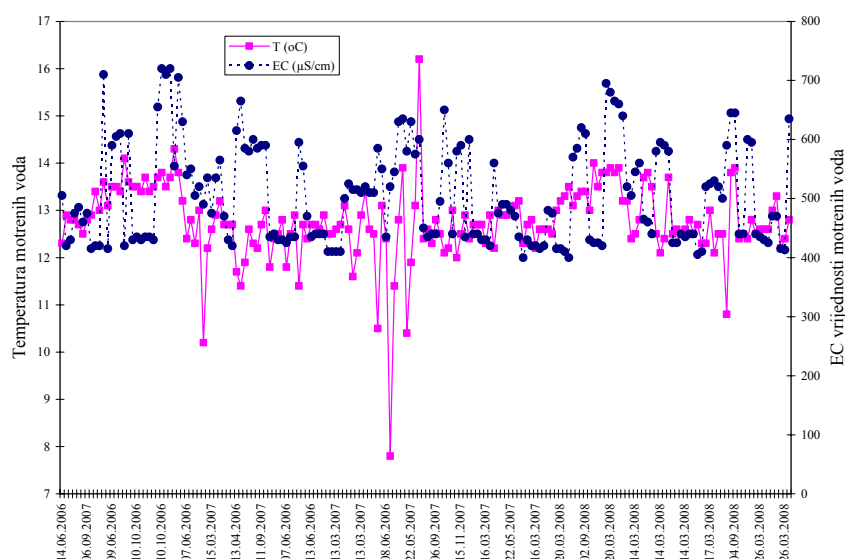


Slika 4.2.10.45. Raspodjela triklor i tetrakloretilena u motrenim vodama

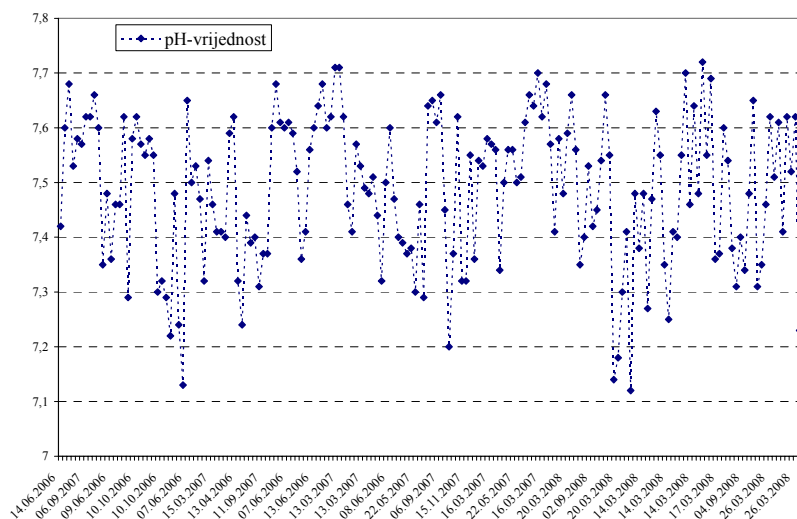
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Petruševac su povišene tijekom 2006. i 2007. godine, ali njihove koncentracije nisu prelazile MDK vrijednosti (slika 4.2.10.45). U 2008. godini koncentracije se smanjuju te srednja vrijednost iznosi $0.07 \mu\text{g/l}$ (tablica 4.2.10.1. i slika 4.2.10.45).

Buduće crpilište Kosnica

Temperature podzemnih voda iznose između 7.8 i 16.2 °C (slika 4.2.10.46). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Međutim, motrene temperature vode na području Kosnice ukazuju na utjecaj zagrijavanja vode u piezometrima. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 400 do $720 \mu\text{S/cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.46). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7.12 i 7.72 prema čemu je voda neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.47). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije.

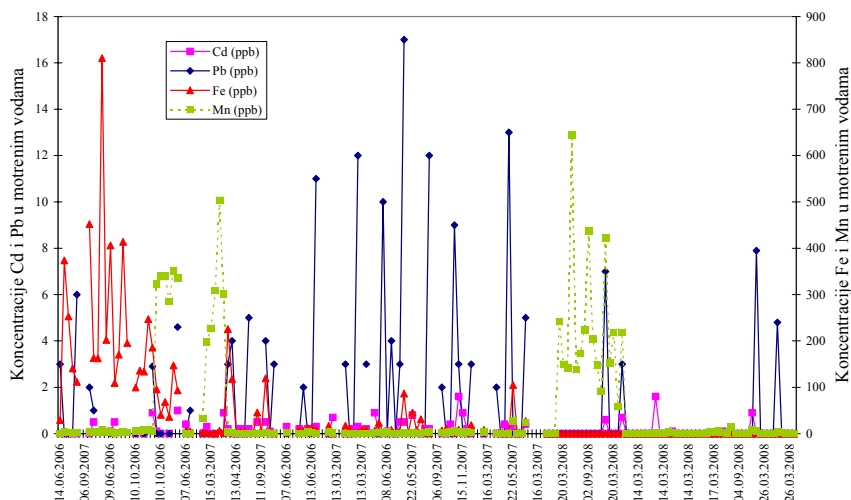


Slika 4.2.10.46. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



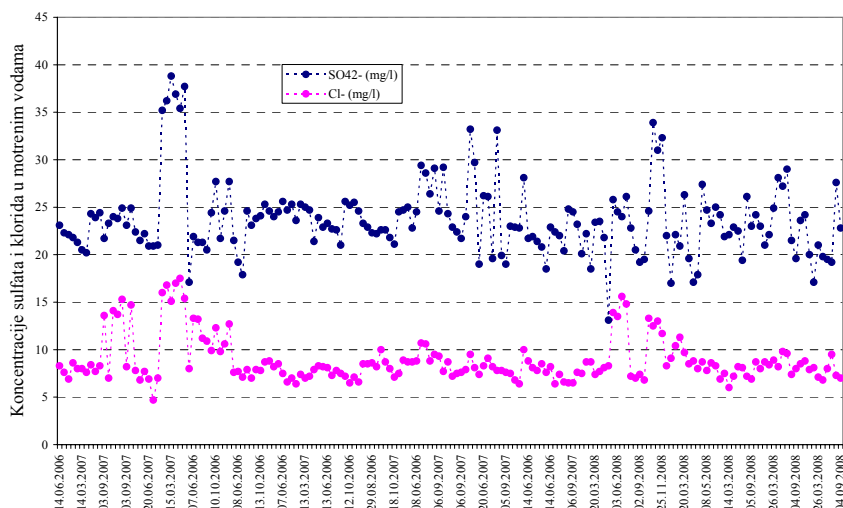
Slika 4.2.10.47. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ , As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene niti u jednom uzorku (tablica 4.2.10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do 1.6 $\mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.15 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.48). Koncentracije Pb su u nekoliko slučajeva iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.48), a srednja vrijednost iznosi 1.3 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 810 $\mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 654 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.48). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 41.9 $\mu\text{g/l}$, a za Mn je 49.2 $\mu\text{g/l}$.



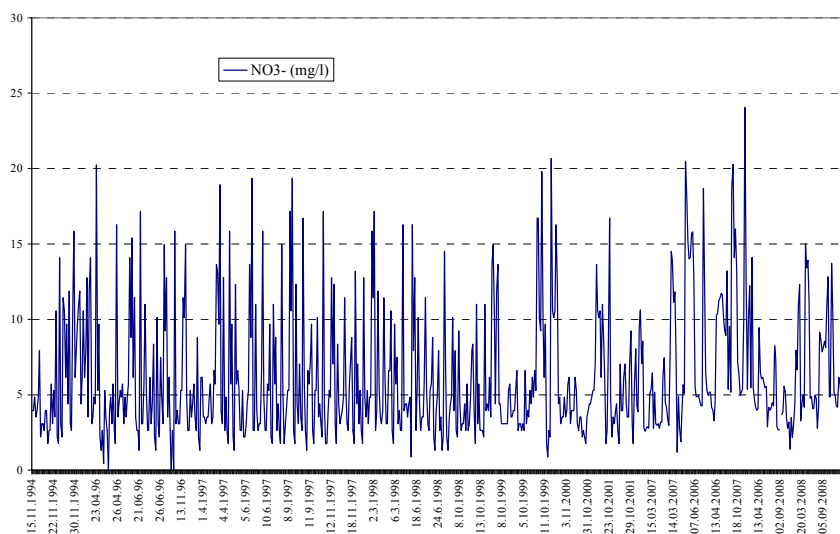
Slika 4.2.10.48. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 4.7 do 17.5 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 13.1 do 38.8 mg/l (slika 4.2.10.49). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 8.8 mg/l, a za sulfat 23.7 mg/l.

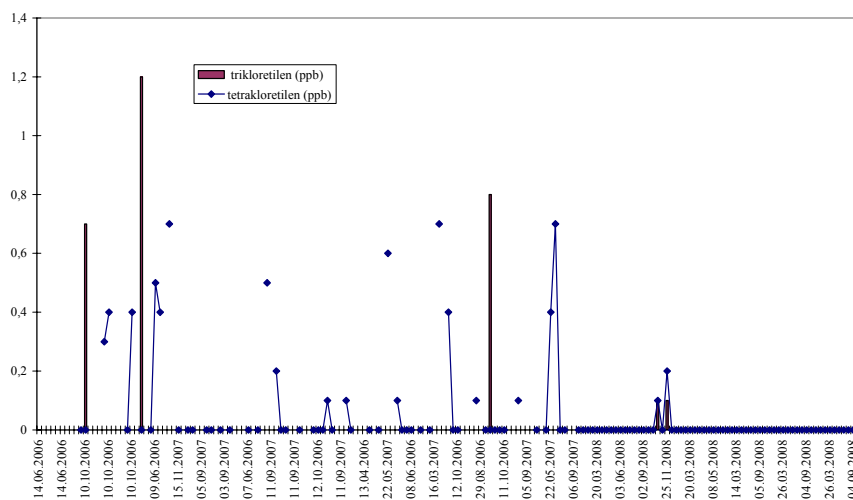


Slika 4.2.10.49. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama područja Kosnice su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 7.6 mg/l. Koncentracije NO_3^- u promatranom razdoblju od 1994. do 2008. godine ukazuju na stagniranje koncentracija (slika 4.2.10.50).



Slika 4.2.10.50. Raspodjela nitrata u vodama budućeg crpilišta Kosnica od 1994. do 2008. godine

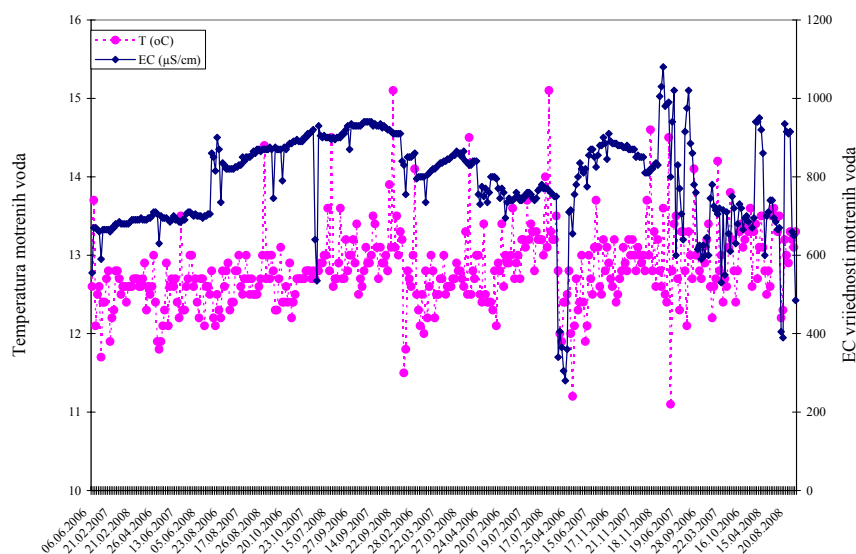


Slika 4.2.10.51. Raspodjela triklor i tetrakloretilena u motrenim vodama

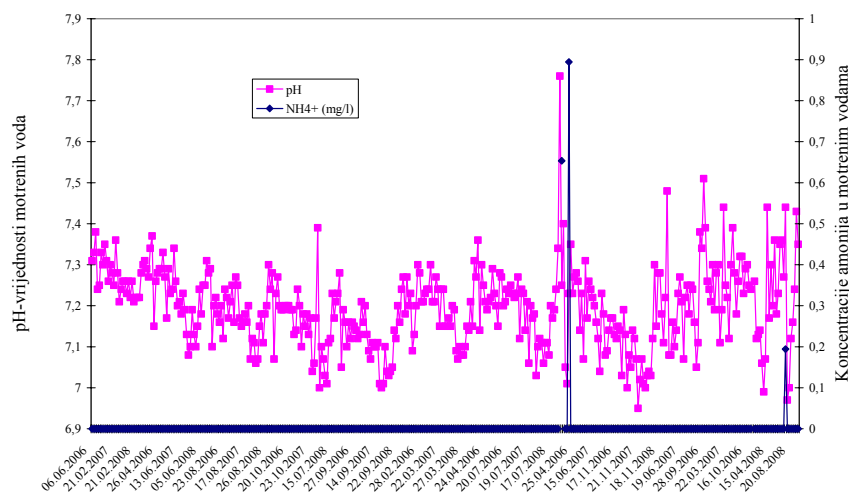
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama područja Kosnica povišene su tijekom 2006. i 2007. godine, ali njihove koncentracije nisu prelazile MDK vrijednosti (slika 4.2. 10.51). U 2008. godini koncentracije oba organska spoja se smanjuju, te srednja vrijednost iznosi 0.07 $\mu\text{g/l}$ (tablica 4.2.10.1. i slika 4.2. 10.51).

Crpilište Mala Mlaka

Temperature podzemnih voda iznose između 11 i 15.1 °C (slika 4.2.10.52). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 280 do 1080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.52). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 6.95 i 7.76 prema čemu je voda slabo kisela, neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.53). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.

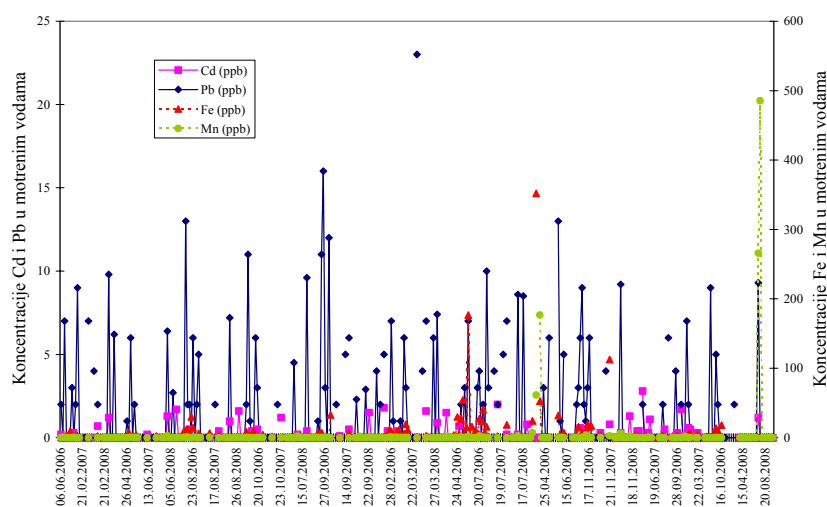


Slika 4.2.10.52. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



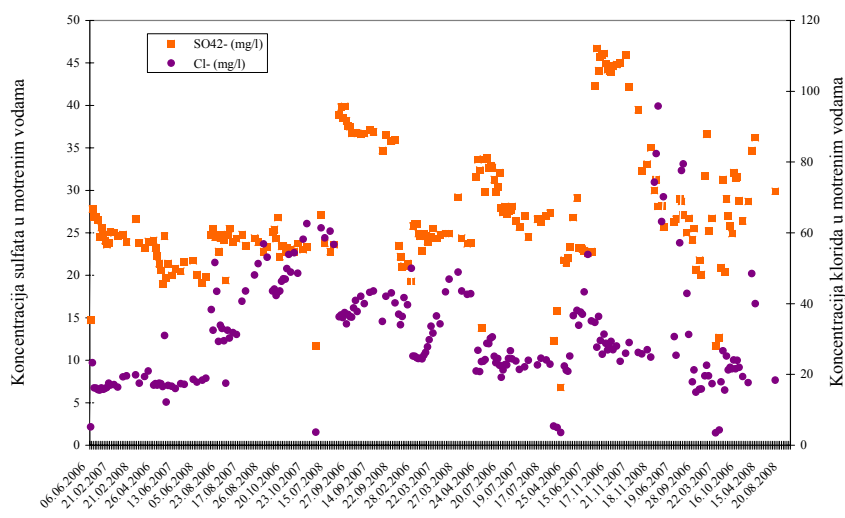
Slika 4.2.10.53. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Koncentracija NH_4^+ je u većini slučajeva ispod granice detekcije osim u jednom slučaju kada je iznad MDK vrijednosti i iznosi 0.9 mg/l (slika 4.2.10.53). As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježeni niti u jednom uzorku (tablica 4.2.10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do 2.8 $\mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.21 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.54). Koncentracije Pb su u nekoliko slučajeva iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.54), a srednja vrijednost iznosi 1.6 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do 35.2 $\mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do 48.5 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.54). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 5.8 $\mu\text{g/l}$, a za Mn je 3.9 $\mu\text{g/l}$.



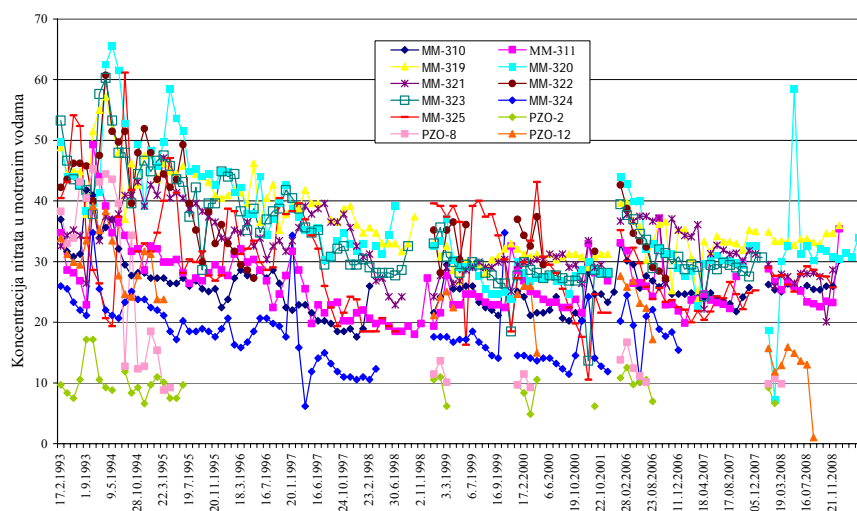
Slika 4.2.10.54. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 3.5 do 95.8 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 6.8 do 46.7 mg/l (slika 4.2.10.55). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 22.1 mg/l, a za sulfat 19.5 mg/l.

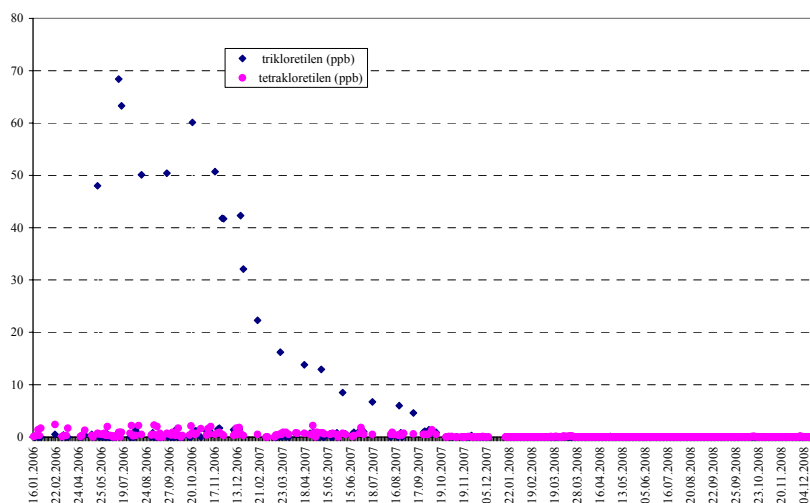


Slika 4.2.10.55. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Mala Mlaka su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 25.6 mg/l. Međutim, u promatranom razdoblju od 1993. do 2008. godine vidljivo je da su koncentracije nitrata tijekom 1993. i 1994. bile izrazito visoke na većini opažanih objekata te su povremene koncentracije na pojedinim objektima prelazile MDK vrijednosti (slika 4.2.10.56). Isto tako, se iz slike 10.56 zamjećuje trend smanjivanja koncentracije nitrata koja zadnjih tri godine stagnira u intervalu od 20 do 35 mg/l (slika 4.2.10.56).



Slika 4.2.10.56. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Mala Mlaka od 1993. do 2008. godine



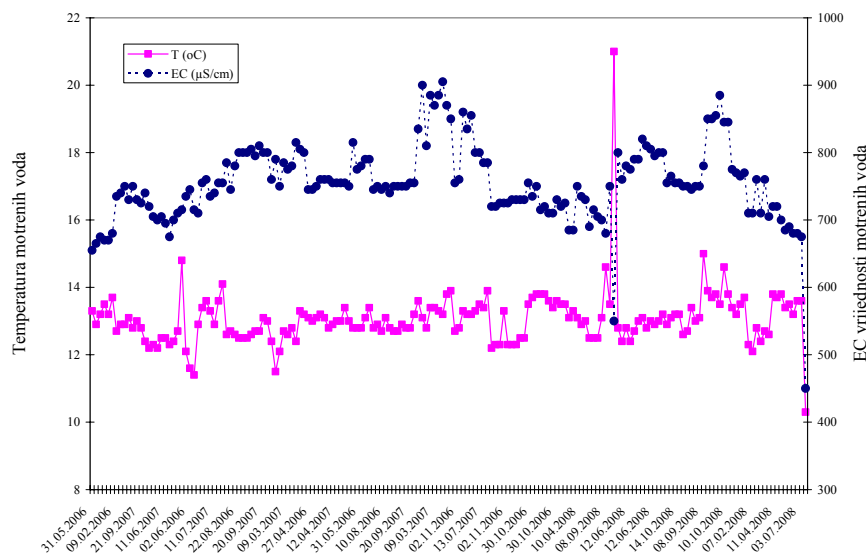
Slika 4.2.10.57. Raspodjela triklor i tetrakloretilena u motrenim vodama

Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Mala Mlaka bile su izrazito visoke tijekom 2006. i 2007. godine, te su vrijednosti prelazile MDK vrijednosti

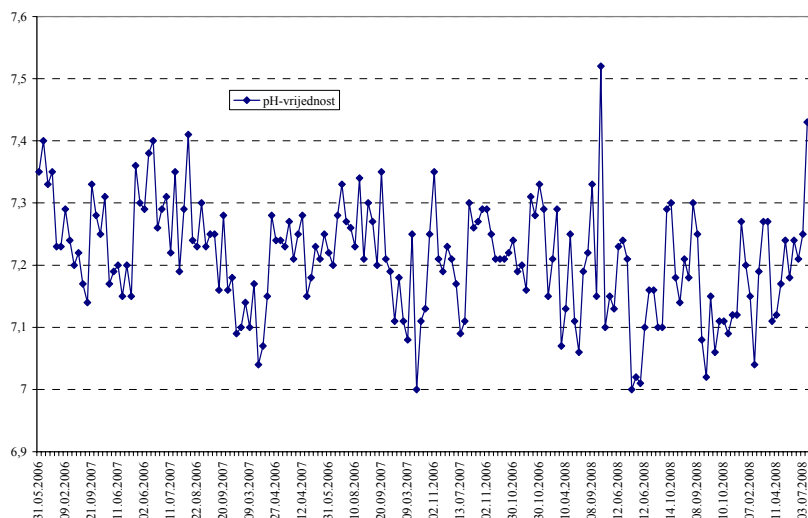
(slika 4.2.10.57). U 2008. godini koncentracije se smanjuju te srednja vrijednost iznosi 2 $\mu\text{g/l}$ (tablica 4.2.10.1. i slika 4.2.10.57).

Crpilište Velika Gorica

Temperature podzemnih voda iznose između 10.3 i 21 °C (slika 4.2.10.58). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja, međutim u razmatranim vodama uočava se utjecaj zagrijavanja vode u piezometru. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 450 do 905 $\mu\text{S/cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.58). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7 i 7.52 prema čemu je voda neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.59). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.

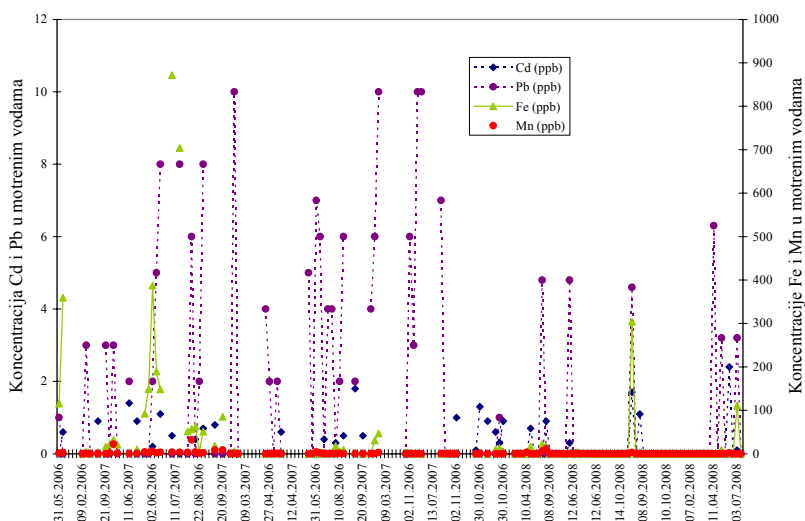


Slika 4.2.10.58. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



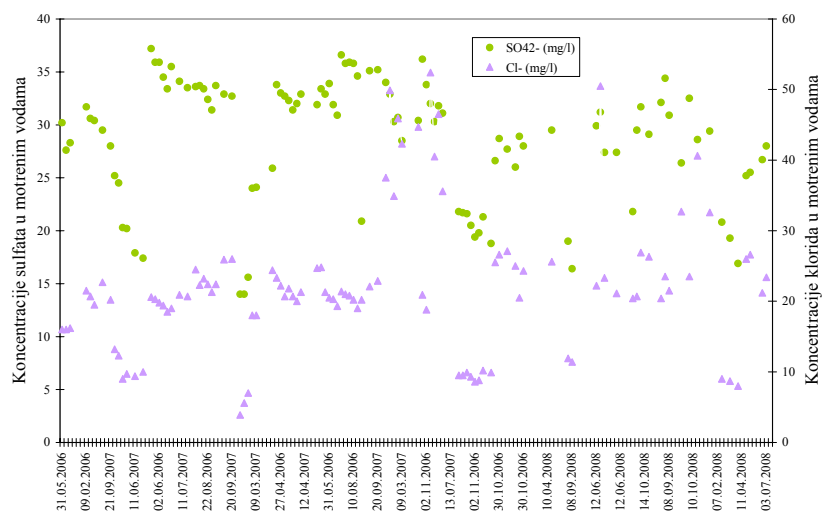
Slika 4.2.10.59. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Koncentracije NH_4^+ , As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene niti u jednom uzorku (tablica 4.2.10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do $2.4 \mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi $0.26 \mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.60). Koncentracije Pb su u nekoliko slučajeva iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.60), a srednja vrijednost iznosi $1.5 \mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od ispod granice detekcije do $871.5 \mu\text{g/l}$, a Mn od ispod granice detekcije do $32.1 \mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.60). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je $33.3 \mu\text{g/l}$, a za Mn je $1.3 \mu\text{g/l}$.



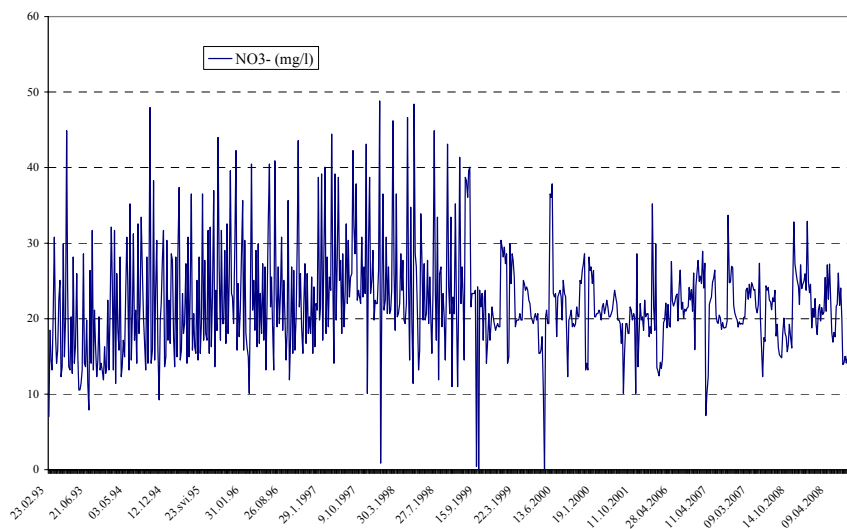
Slika 4.2.10.60. Raspodjela metala u motrenim vodama

Koncentracije klorida se kreću od 3.9 do 52.4 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 14 do 37.2 mg/l (slika 4.2.10.61). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 16.6 mg/l, a za sulfate 21.8 mg/l.



Slika 4.2.10.61. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Velika Gorica su ispod MDK vrijednosti, te srednja koncentracija iznosi 21 mg/l. Međutim, u promatranom razdoblju od 1993. do 2008. godine vidljivo je da su koncentracije nitrata tijekom 1997. i 1998. bile izrazito visoke i na većini opažanih objekata blizu MDK vrijednosti (slika 4.2.10.62). Isto tako, se iz slike 4.2.10.62 zamjećuje trend smanjivanja koncentracije nitrata i stagnacije od 1999. do 2008. godine.

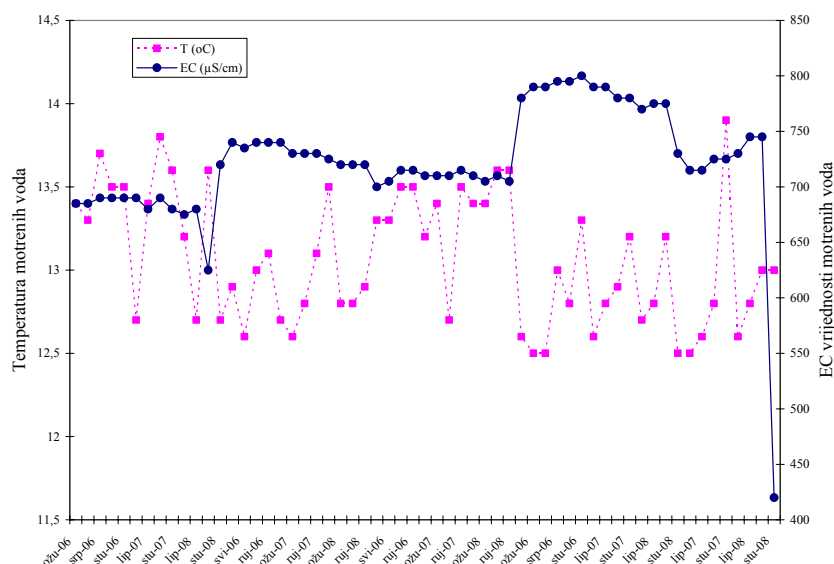


Slika 4.2.10.62. Raspodjela nitrata u vodama crpilišta Velika Gorica od 1993. do 2008. godine

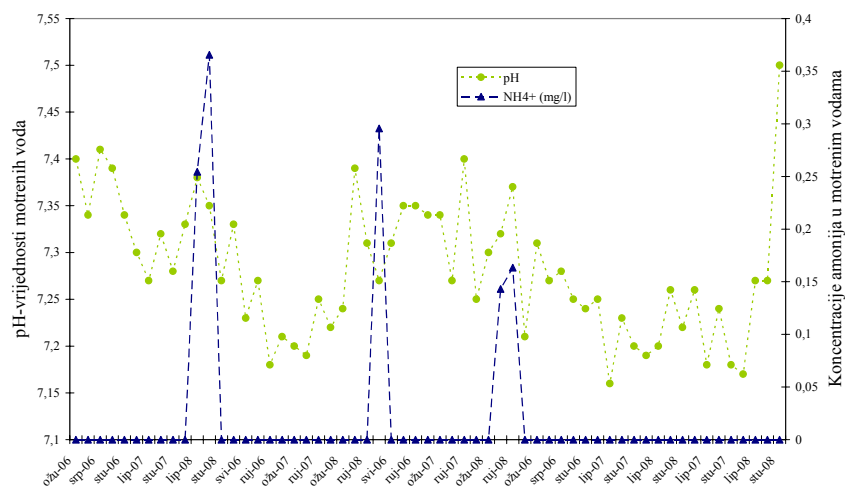
Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Velika Gorica su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježeni u motrenim vodama (tablica 10.1).

Crpilište Ivanja Reka

Temperature podzemnih voda iznose između 12.5 i 13.9 °C (slika 4.2.10.63). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 420 do 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.10.63). pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7.16 i 7.5 prema čemu je voda neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.10.64). Podzemna voda je slabo do dobro zasićena kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije.

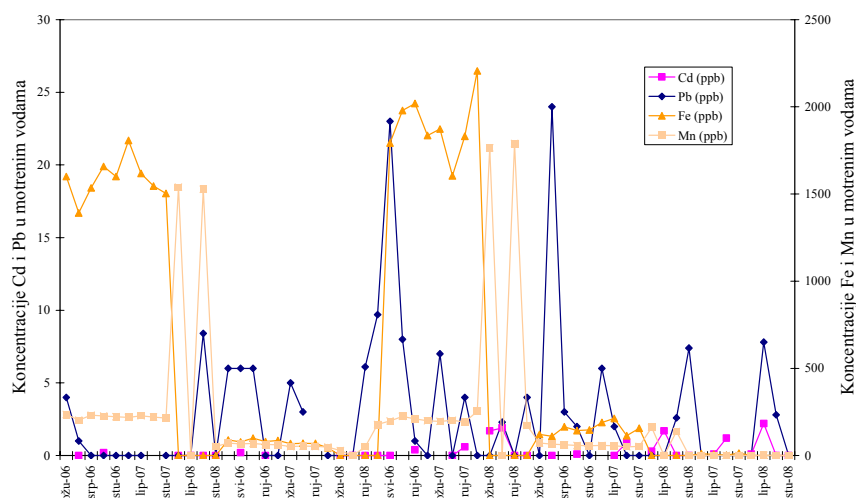


Slika 4.2.10.63. Raspodjela EC i temperature u motrenim vodama



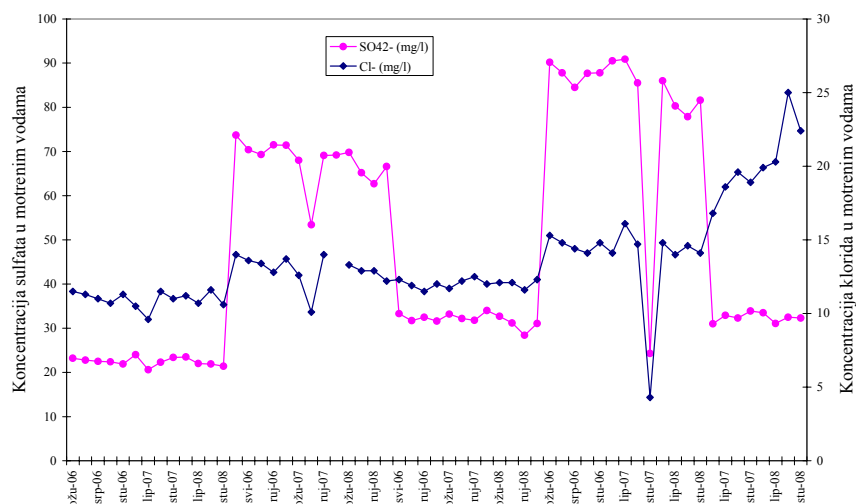
Slika 4.2.10.64. Raspodjela pH-vrijednosti i amonija u motrenim vodama

Koncentracija NH_4^+ je u većini slučajeva ispod granice detekcije osim u četiri slučaja kada su koncentracije u intervalu od 0.15 do 0.35 mg/l, a srednja vrijednosti je 0.02 mg/l (slika 4.2.10.64). Koncentracije As i Hg su ispod granice detekcije odnosno nisu zabilježene niti u jednom uzorku (tablica 10.1). Koncentracije Cd su ispod MDK i kreću se od ispod granice detekcije do 2.2 $\mu\text{g/l}$, te srednja vrijednost koncentracije iznosi 0.3 $\mu\text{g/l}$ (slika 4.2.10.65). Koncentracije Pb su u nekoliko slučajeva iznad MDK vrijednosti (slika 4.2.10.65), a srednja vrijednost iznosi 2.8 $\mu\text{g/l}$. Sadržaji Fe se kreću od 2.2 do 2206 $\mu\text{g/l}$, a Mn od 0.4 do 1790 $\mu\text{g/l}$, a njihovo podrijetlo je prirodno (slika 4.2.10.65). Srednja vrijednost koncentracije za Fe je 533 $\mu\text{g/l}$, a za Mn je 206 $\mu\text{g/l}$.



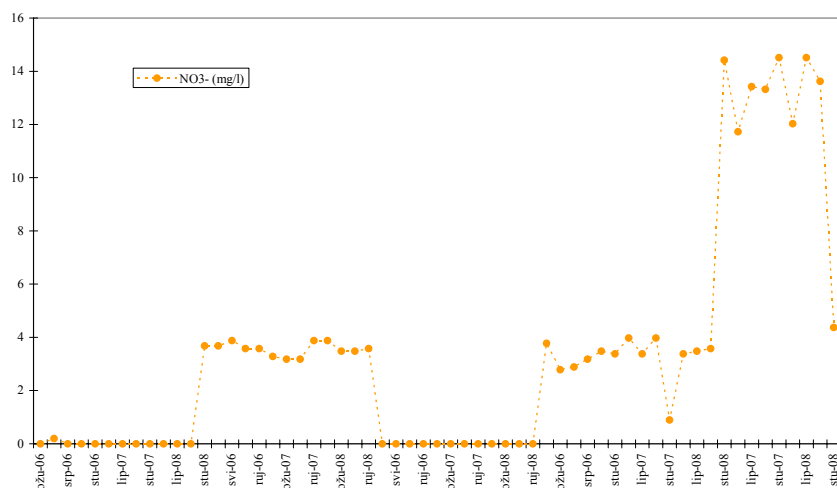
Slika 4.2.10.65. Raspodjela metala u motrenim vodama

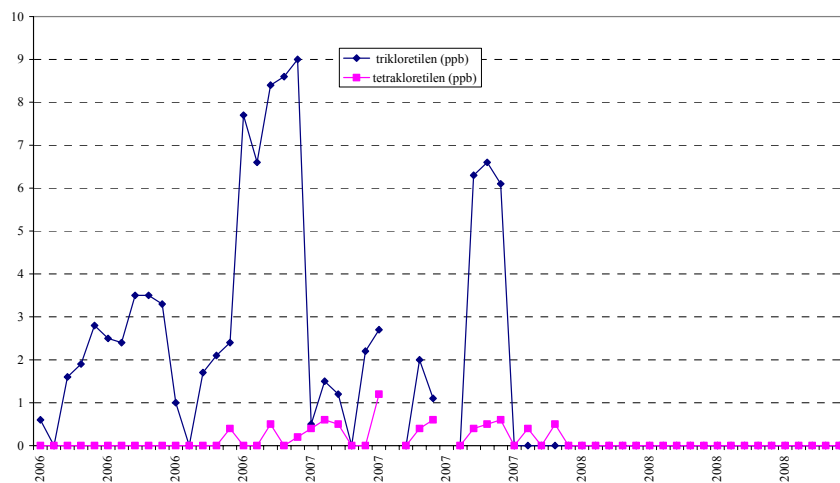
Koncentracije klorida se kreću od 4.3 do 25 mg/l, a koncentracije sulfata se kreću od 20.6 do 90.9 mg/l (slika 4.2. 10.66). Sadržaji oba iona su daleko ispod MDK vrijednosti, te srednje vrijednosti iznose za kloride 13.5 mg/l, a za sulfate 48.6 mg/l.



Slika 4.2.10.66. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama crpilišta Ivanja Reka su ispod MDK vrijednosti i kreću se od ispod granice detekcije do 14.5 mg/l (slika 4.2.10.68). Srednja vrijednost koncentracija nitrata iznosi 3.4 mg/l (tablica 10.1).



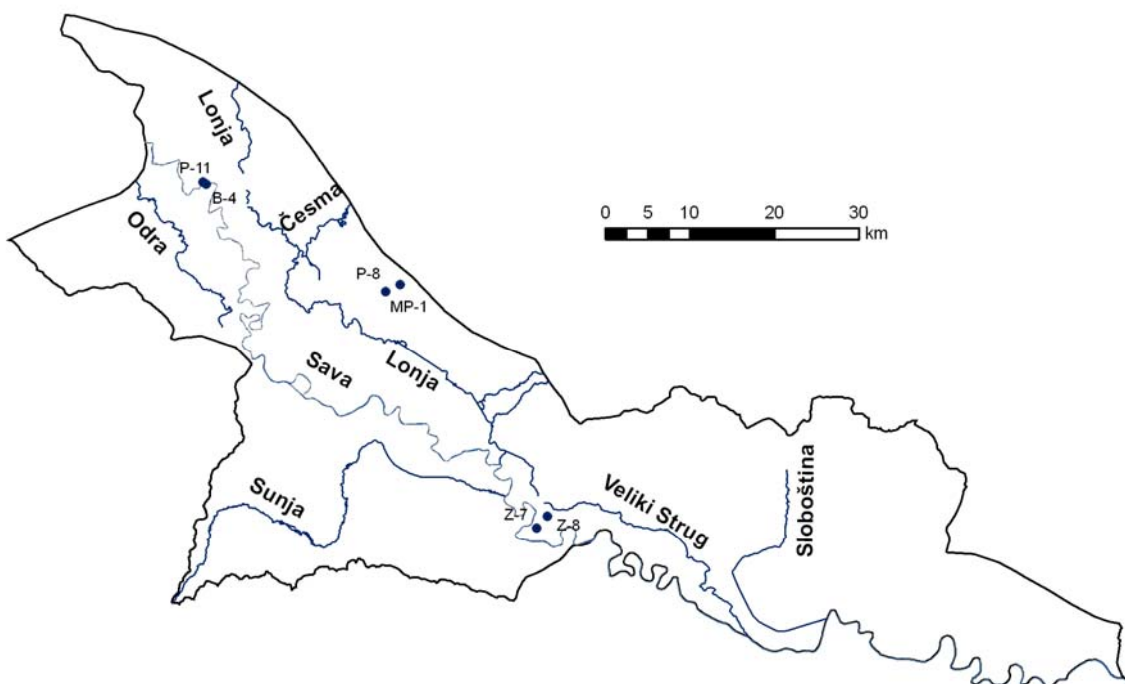


Slika 4.2.10.69. Raspodjela triklor i tetrakloretilena u motrenim vodama

Koncentracije trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnim vodama crpilišta Ivanja Reka bile su izrazito visoke tijekom 2006. i 2007. godine na pojedinim motrenim piezometrima (slika 4.2.10.69). U 2008. godini koncentracije se smanjuju te srednja vrijednost iznosi 1.8 $\mu\text{g/l}$ (tablica 4.2.10.1. i slika 4.2.10.69).

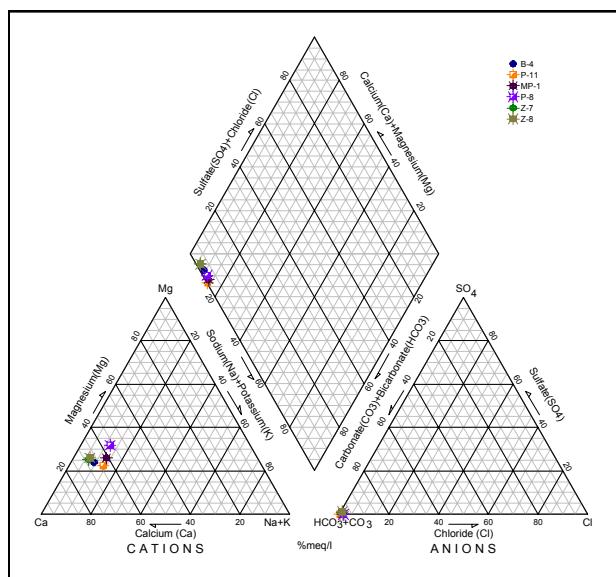
4.2.11. Cjelina Lekenik - Lužani

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Lekenik – Lužani korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja).



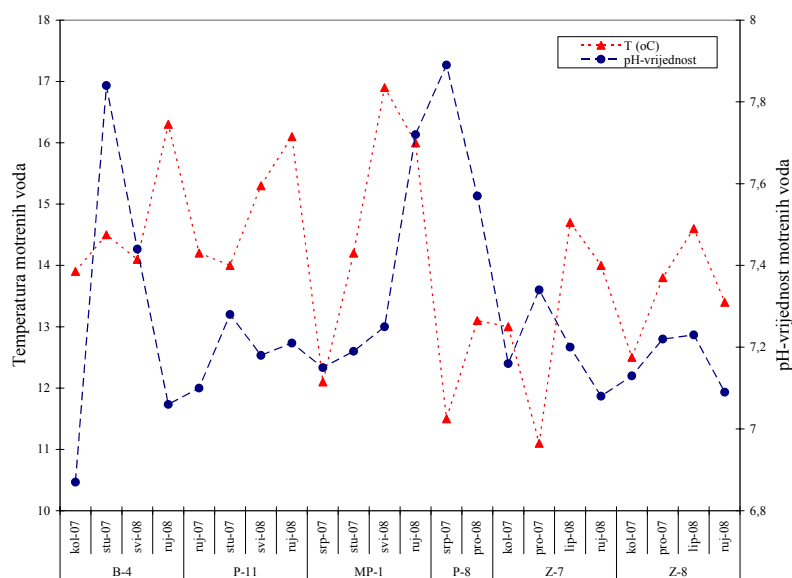
Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline Lekenik - Lužani

Hidrokemijska obilježja podzemnih voda posljedica su mineraloško–petrografskog sastava materijala koji je taložen. Iz Piperovih dijagrama (slika 4.211.1) vidljivo je da podzemne vode na području cjeline Lekenik – Lužani pripadaju od CaMg-HCO₃ do CaMgNa-HCO₃ hidrokemijskom facijesu.

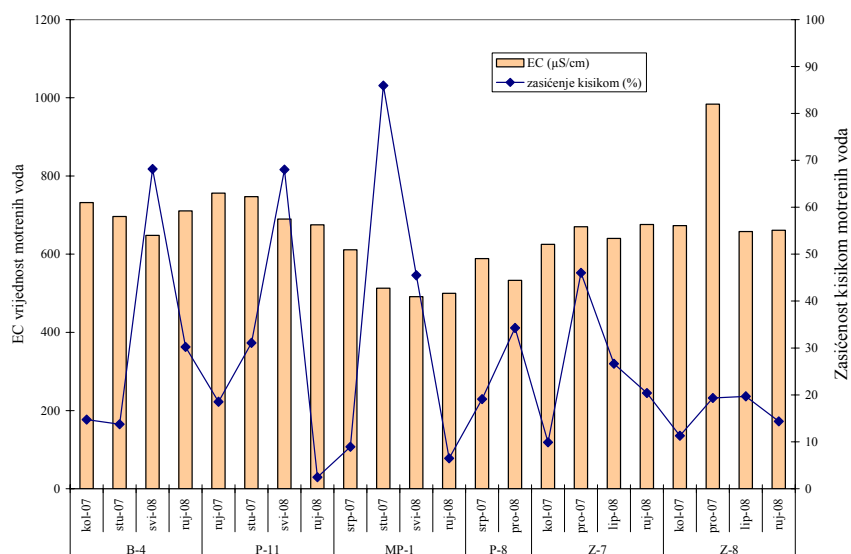


Slika 4.2.11.1. Piperov dijagram motrenih voda

Temperature podzemnih voda područja cjeline nalaze se u intervalu od 11.5 °C do 16.3 °C (slika 4.2.11.2). Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi. Općenito, temperature podzemnih voda upućuju na srednju godišnju temperaturu područja prihranjivanja. pH-vrijednosti podzemnih voda nalaze se u intervalu od 6.87 do 7.89. Stoga se može reći da su podzemne vode slabo kisele, neutralne do slabo lužnate (slika 4.2.11.2). Vrijednosti EC podzemnih voda kreću se od 513 do 756 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 4.2.11.3). Motrene vode su slabo zasićene kisikom u 86% slučajeva, tek 14% uzoraka su dobro zasićene kisikom (slika 4.2.11.3).

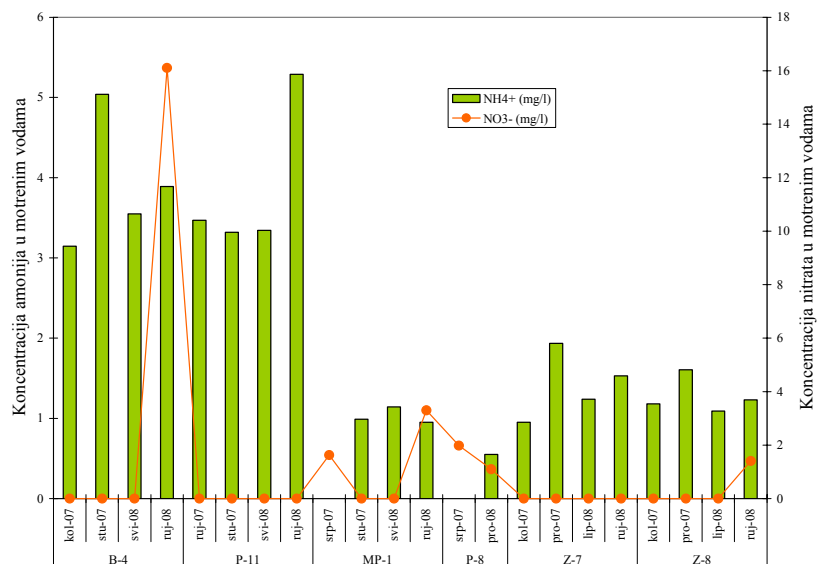


Slika 4.2.11.2. Raspodjela temperature i pH-vrijednosti motrenih voda



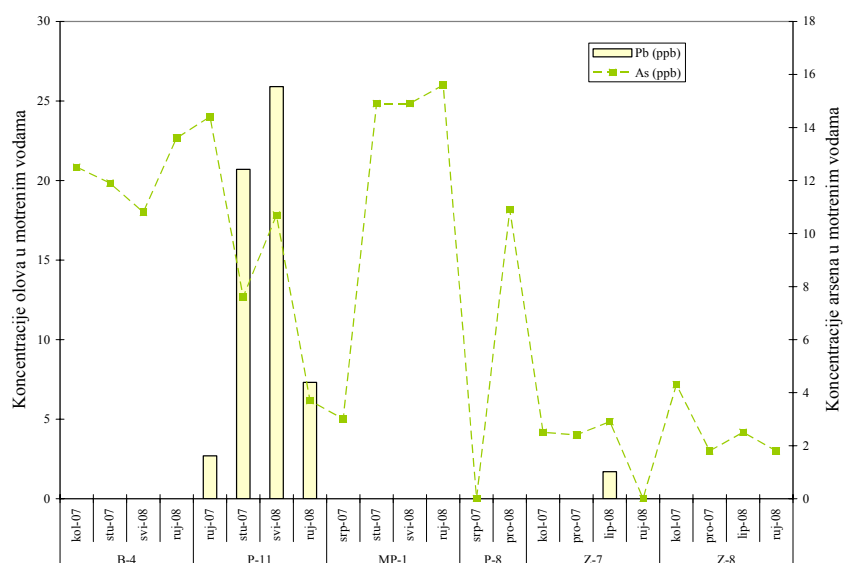
Slika 4.2.11.3. Raspodjela EC i zasićenosti kisikom motrenih voda

Zapaža se samo u 9% uzoraka da je koncentracija amonija ispod MDK vrijednosti, a u ostalim uzorcima koncentracije su iznad MDK vrijednosti i kreću se od 0.9 do 5 mg/l (slika 4.2.11.4). Podrijetlo amonija u ovim vodama je prirodno i nije posljedica antropogenog utjecaja. Koncentracije nitrata su daleko ispod MDK vrijednosti čak i ispod granice detekcije (slika 4.2.11.4).



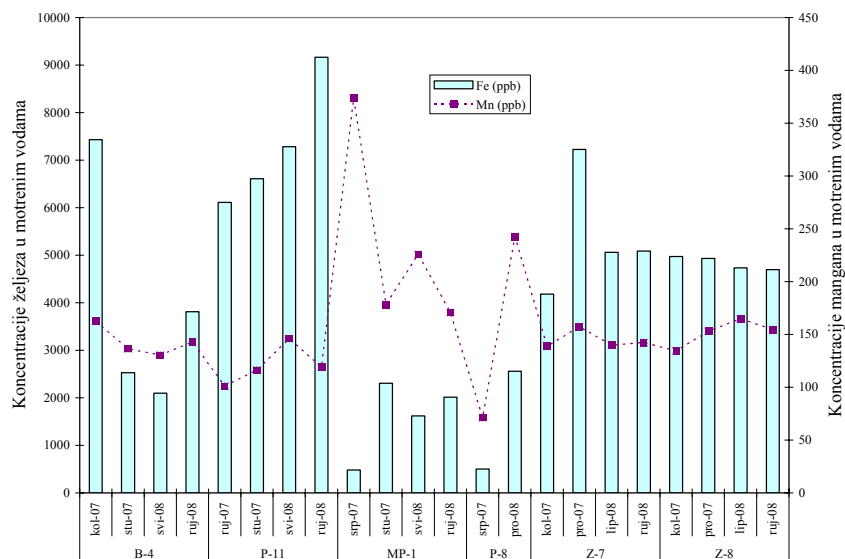
Slika 4.2.11.4. Raspodjela amonija i nitrata u motrenim vodama

Zapažaju se visoke koncentracije olova samo u piezometru P-11, a na ostalima koncentracija olova je ispod granice detekcije (slika 4.2.11.5). Vjerojatno je lokalni utjecaj jer na zdencu B-4 koji se nalazi u neposrednoj blizini nema zabilježenih koncentracija olova (slika 4.2.11.5). Na ostalim piezometrima koncentracije su ispod granice detekcije ili vrlo niske. Međutim, koncentracije arsena su vrlo visoke, u 45% uzoraka koncentracije prelaze MDK vrijednosti, a tek 55% uzoraka ima ispod MDK vrijednosti (slika 4.2.11.5). Visoki sadržaji arsena su posljedica prirodnog utjecaja sedimenta koji izgrađuje vodonosnik.



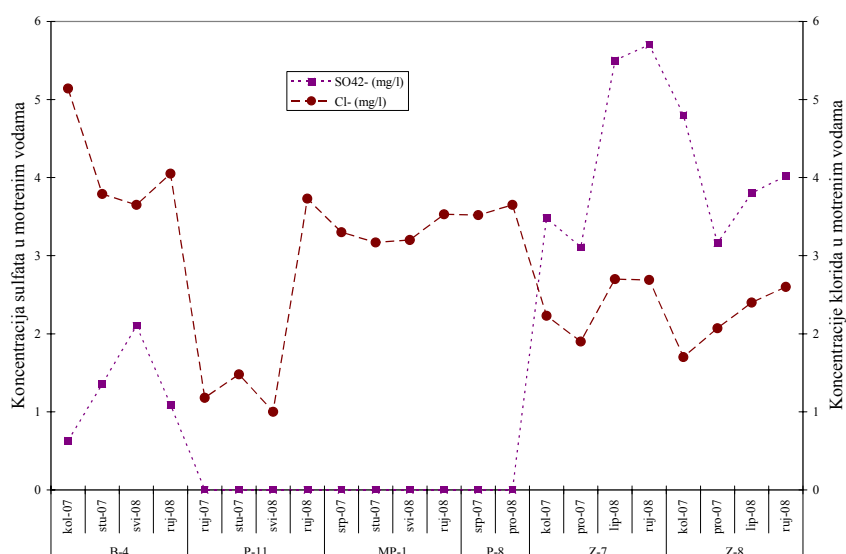
Slika 4.2.11.5. Raspodjela olova i arsena u motrenim vodama

Zapažaju se na području ove cjeline u svim uzorcima visoke koncentracije željeza i mangana (slika 4.2.11.6). Koncentracije navedenih metala prelaze MDK vrijednosti, a njihove srednje vrijednosti su 4336 $\mu\text{g/l}$ za Fe i 619 $\mu\text{g/l}$ za Mn. Njihova prisutnost u podzemnoj vodi u ovoj cjelini je posljedica utjecaja sedimenta koji izgrađuje vodonosnike.



Slika 4.2.11.6. Raspodjela željeza i mangana u motrenim vodama

Koncentracije sulfata i klorida su daleko ispod MDK vrijednosti (slika 4.2.11.7). Sadržaji trikloretilena i tetrakloretilena u svim uzorcima nisu zabilježeni.



Slika 4.2.11.7. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama

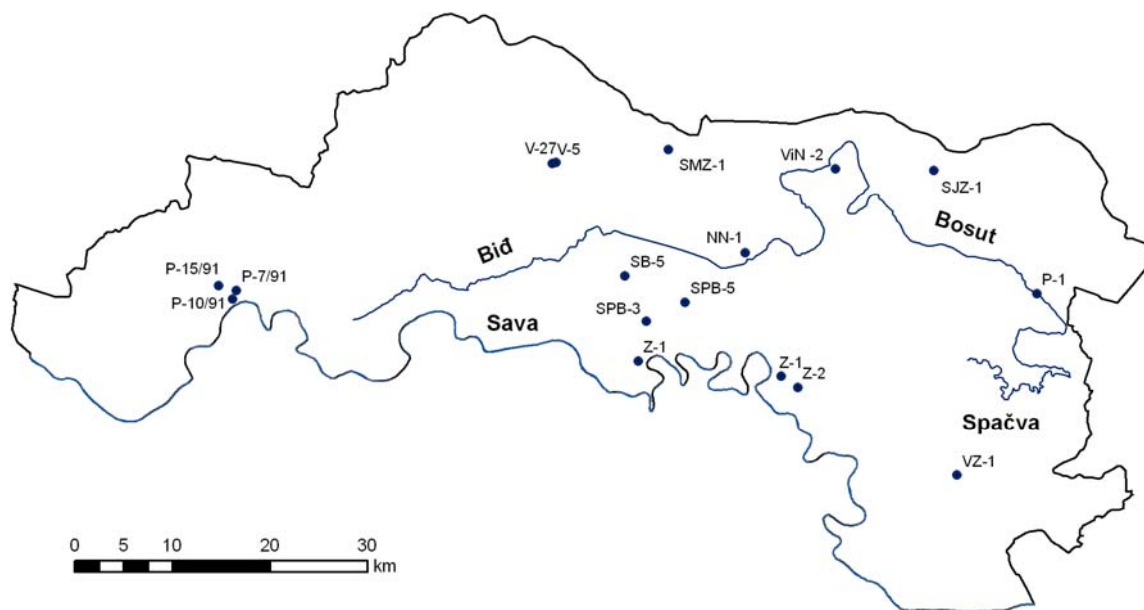
Iz izračunatih srednjih vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost, Fe, Mn, te tri- i tetrakloretilen vidljivo je da su koncentracije ispod MDK vrijednosti osim za NH₄⁺, Fe i Mn (tablica 4.2.11.1). Koncentracije NH₄⁺, Fe i Mn posljedica su prirodnog utjecaja sedimenta na podzemnu vodu.

Tablica 4.2.11.1 Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te trikloretilen i tetrakloretilen

	"Threshold value" MDK	I1 - Cjelina Lekenik Lužani srednja vrijednost
As (µg/l)	10	7,4
Cd (µg/l)	5	0
Pb (µg/l)	10	2,6
Hg (µg/l)	1	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	2,1
Cl ⁻ (mg/l)	250	2,8
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	1,8
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,28
trikloretilen i tetrakloretilen (µg/l)	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	1,2
Fe (µg/l)	200	4336
Mn (µg/l)	50	614

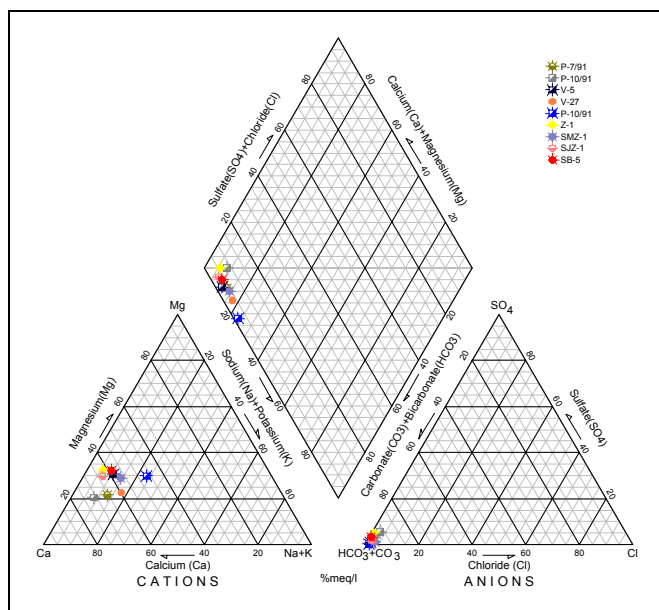
4.2.12. Cjelina Istočna Slavonija - sliv Save

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Istočna Slavonija sliv Save korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatskih voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja) i Vodovod – Slavonski Brod.

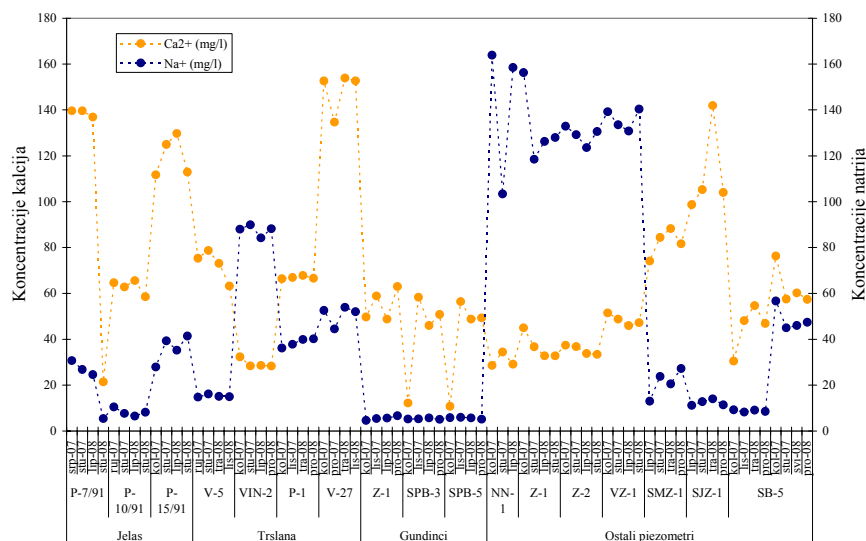


Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline Istočna Slavonija sliv Save

Iz Piperovih dijagrama (slika 4.2.12.1) vidljivo je da podzemne vode na području Istočne Slavonije sliv Save pripadaju od CaMg-HCO₃ do CaMgNa-HCO₃ hidrokemijskom facijesu. Zapaža se da je hidrokemijski facijes voda ovog područja posljedica dominantnog otapanja karbonatnih minerala (kalcit i dolomit) u vodonosniku i trošenja minerala glina odnosno ionska zamjena kalcija i natrija. Iz slike 4.2.12.2. zapaža se kad su više koncentracije natrija niže su koncentracije kalcija u vodi i obrnuto.

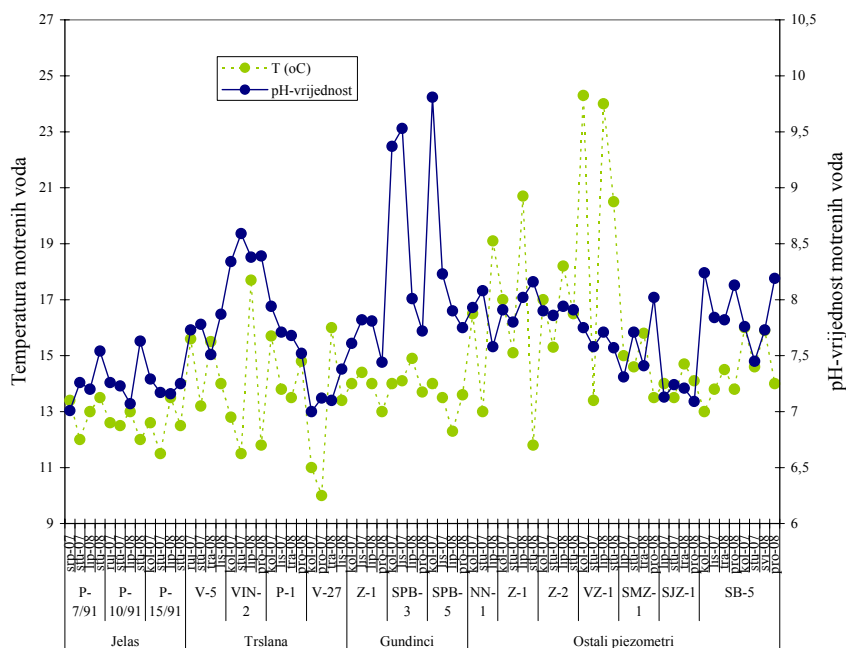


Slika 4.2.12.1. Piperov dijagram motrenih voda



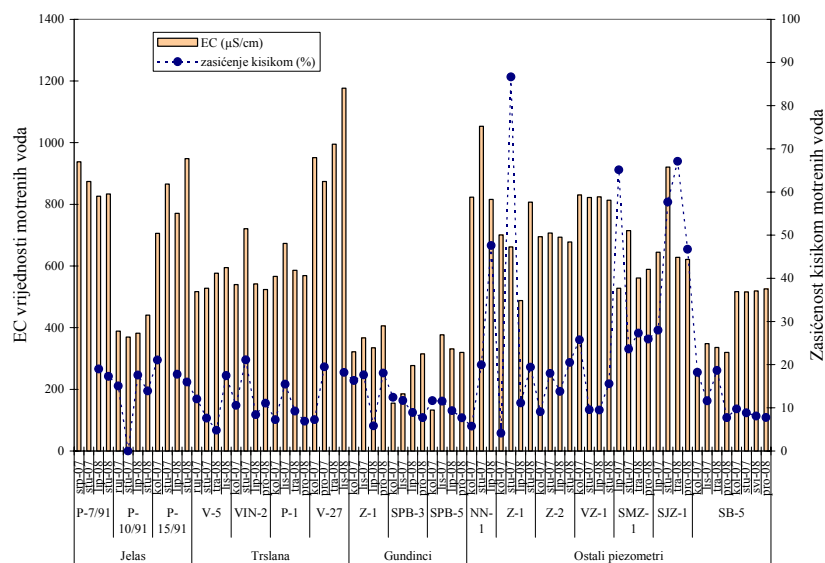
Slika 4.2.12.2. Odnos kalcija i natrija u motrenim vodama

Temperature podzemnih voda razmatranog područja nalaze se u intervalu od 10 °C do 25 °C. Više temperature na nekim piezometrima su posljedica zagrijavanja vode u cijevi. pH-vrijednosti podzemnih voda nalaze se u intervalu od 7.0 do 9.5. Stoga se može reći da su podzemne vode neutralne do alkalne (slika 4.2.12.3).



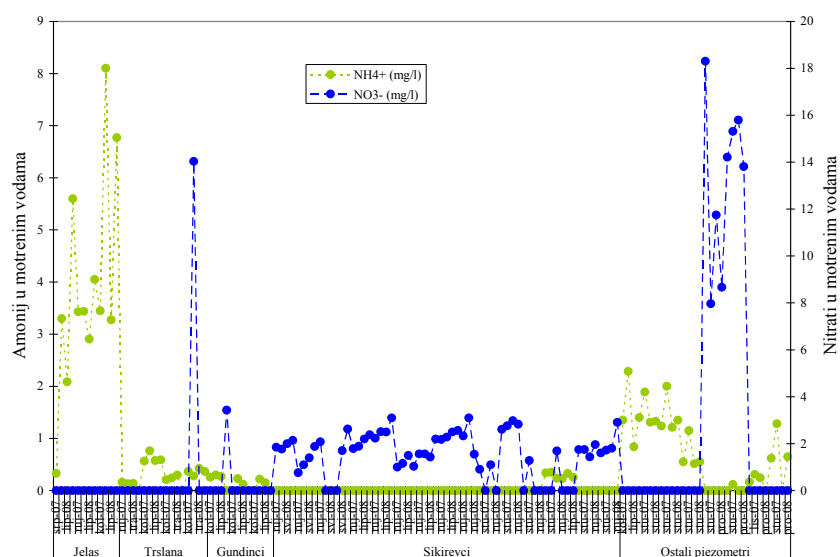
Slika 4.2.12.3. Raspodjela pH-vrijednosti u motrenim vodama

Vrijednosti EC podzemnih voda cjeline Istočna Slavonija sliv Save nalaze se u intervalu od 277 do 1177 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (slika 4.2.12.4). Samo 4% motrenih uzoraka podzemne vode su dobro zasićene kisikom, a 86% uzoraka su slabo zasićene kisikom (slika 4.2.12.4). Slaba zasićenost kisikom podzemnih voda je posljedica prirodnih uvjeta u vodonosnicima. Općenito je poznato da su aluvijalni vodonosnici u kojima ima pjeskovito – glinovite (u kojima ima različitih metalnih minerala) i organske komponente osiromašeni s kisikom jer se kisik troši na oksidaciju organske tvari i metala.



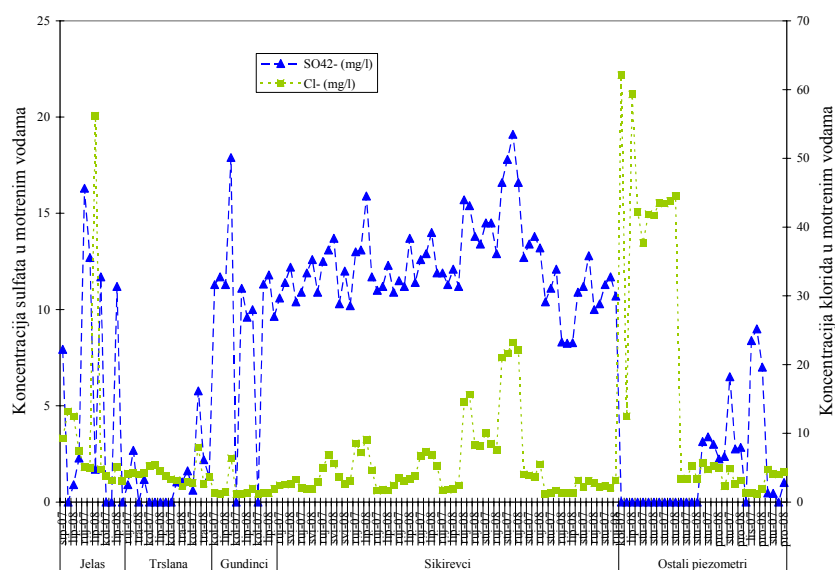
Slika 4.2.12.4. Raspodjela elektrolitičke vodljivosti u motrenim vodama

Koncentracije nitrata na području cjeline su daleko ispod MDK vrijednosti i kreću se od ispod granice detekcije do 19 mg/l (slika 4.2.12.5). Međutim, koncentracije amonija su daleko iznad MDK vrijednosti u 40% motrenih uzoraka, a u 60% su ispod MDK (slika 4.2.12.5). Podrijetlo amonija u ovom području je prirodno jer zbog Eh-pH uvjeta koji su prisutni u vodonosnicima organski dušik iz sedimenta je transformiran u NH_4^+ oblik. Isto tako u prilog ovoj činjenice ide spoznaja da u uzorcima u kojima su prisutne visoke koncentracije amonija, sadržaj nitrata je vrlo nizak ili ga uopće nema (slika 4.2.12.5).

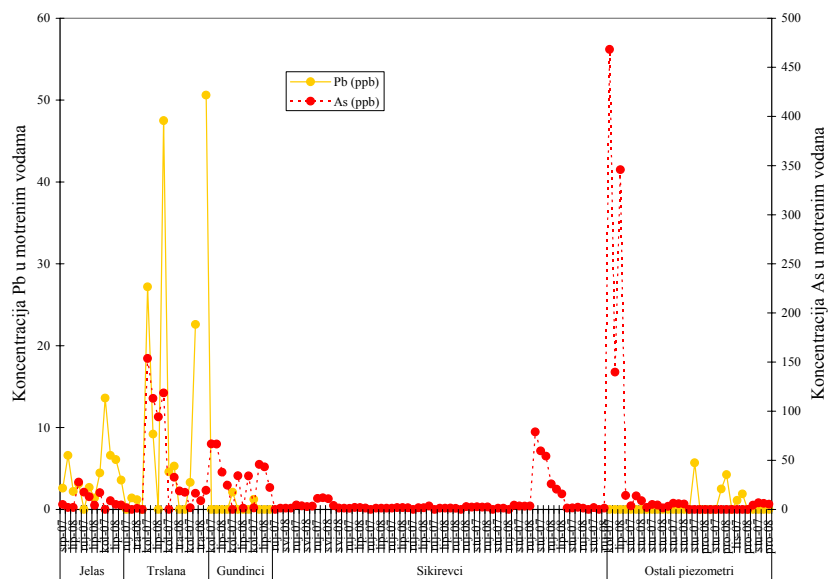


Slika 4.2.12.5. Raspodjela nitrata i amonija u motrenim vodama

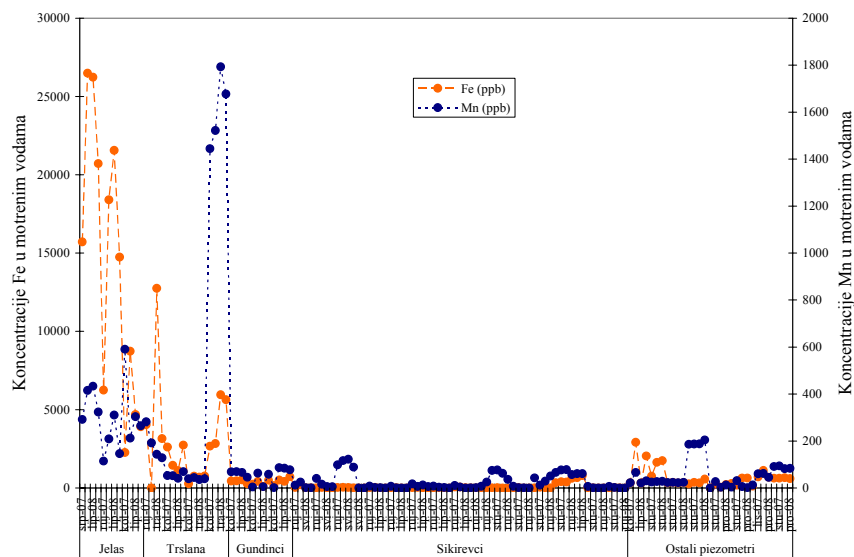
Koncentracije sulfata i klorida su daleko ispod MDK vrijednosti i kreću se od ispod granice detekcije do 18 mg/l za sulfate, te za kloride od 1 do 62 mg/l (slika 4.2.12.6). Podrijetlo navedenih iona u podzemnim vodama cjeline istočna Slavonija sliv Save je prirodno jer su u sedimentima koji izgrađuju vodonosnik prisutni minerali ZnS, i srodni sulfidi, minerali glina koje sadrže ione klorida itd. Isto tako, zbog sedimenata koji izgrađuje vodonosnike zabilježene su visoke koncentracije metala Zn, Fe, Mn, As, i Pb (slike 4.2.12.7 i 4.2.12.8). Izračunate srednje vrijednosti za As, Fe i Mn prelaze MDK vrijednosti (tablica 4.2.12.1). Srednje vrijednosti za Zn ne prelaze preko MDK vrijednosti, ali su visoke. Srednje vrijednosti ostalih pokazatelja Cd, Hg, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te tri- i tetrakloretilen nisu visoke i daleko su ispod MDK vrijednosti (tablica 4.2.12.1). Tri- i tetrakloretilen nisu zabilježeni u motrenim vodama (tablica 4.2.12.1).



Slika 4.2.12.6. Raspodjela sulfata i klorida u motrenim vodama



Slika 4.2.12.7. Raspodjela olova i arsena u motrenim vodama



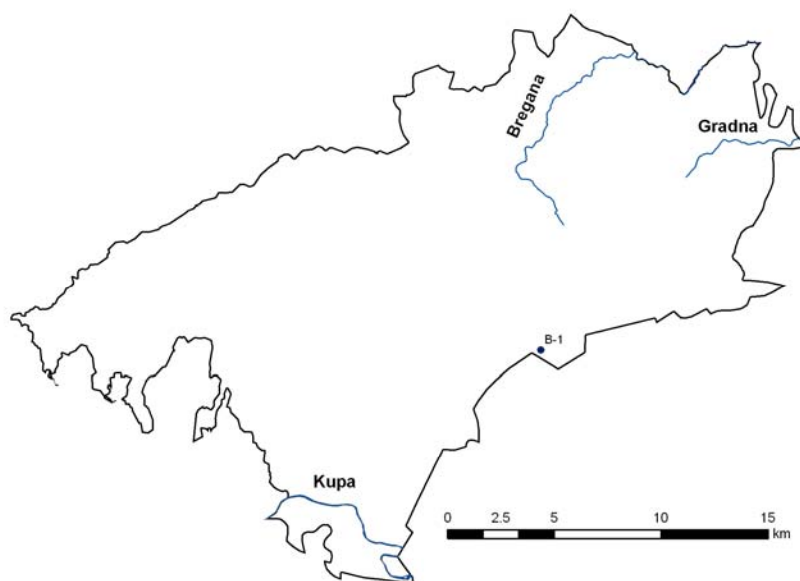
Slika 4.2.12.8. Raspodjela željeza i mangana u motrenim vodama

Tablica 4.2.12.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Fe, Mn, Zn, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilen

	"Threshold value" MDK	12 - Cjelina istočna Slavonija sliv Save srednja vrijednost
As (µg/l)	10	18,7
Cd (µg/l)	5	0,06
Pb (µg/l)	10	3,5
Hg (µg/l)	1	0,03
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0,6
Cl ⁻ (mg/l)	250	8,2
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	7,7
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,74
trikloretilen i tetrakloretilen (µg/l)	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	1,6
Fe (µg/l)	200	1834
Mn (µg/l)	50	111
Zn (µg/l)	3000	1753

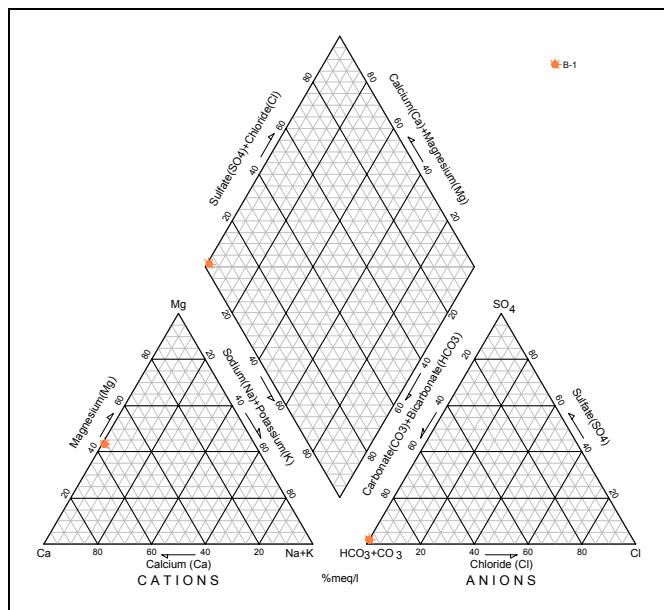
4.2.13. Cjelina Žumberak – Samoborsko gorje

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline Žumberak – Samoborsko gorje korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerenja u sklopu nacionalnog motrenja).



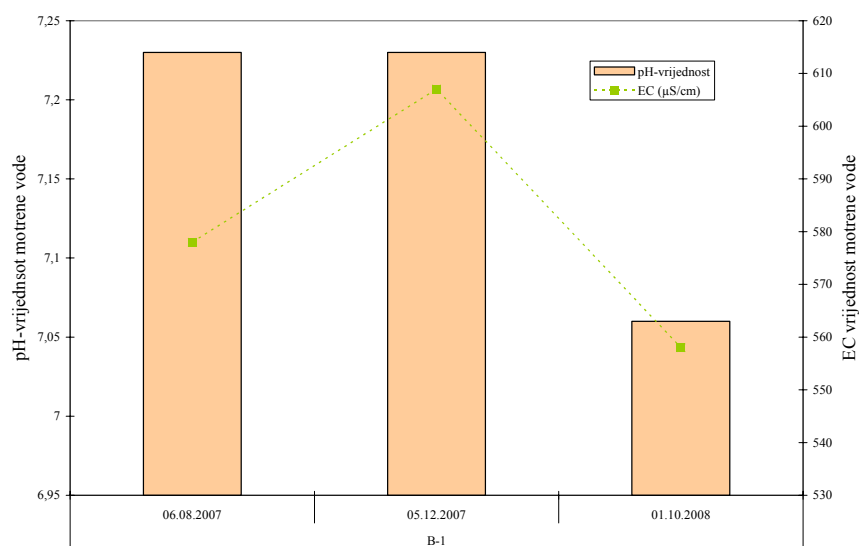
Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline Žumberak – Samoborsko gorje

Prema svom osnovnom ionskom sastavu motrena podzemna voda pripada CaMg-HCO₃ hidrokemijskom facijesu, odnosno tipu voda. Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosniku (slika 4.2.13.1).

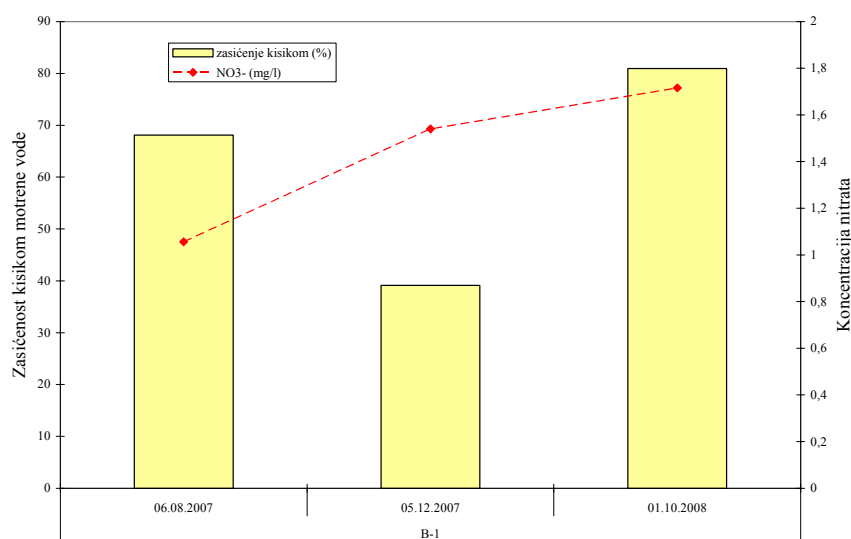


Slika 4.2.13.1. Piperov dijagram podzemnih voda

pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7.05 i 7.23 prema čemu je voda neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.13.2). Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 558 do 607 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.13.3). Motrena voda je slabo do dobro zasićena kisikom ovisno o godišnjem dobu kada je obavljeno uzorkovanje (slika 3.2.13.3). Koncentracije nitrata su daleko ispod MDK vrijednosti (slika 4.2.13.3).

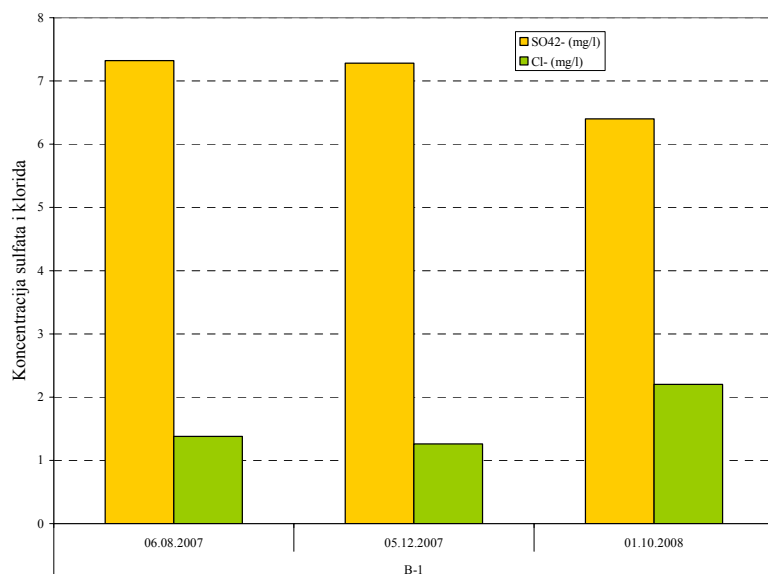


Slika 4.2.13.2. Raspodjela elektrolitičke vodljivosti i pH-vrijednosti u podzemnoj vodi



Slika 4.2.13.3. Raspodjela zasićenosti kisikom i nitrata u podzemnoj vodi

Koncentracije sulfata i klorida u motrenoj vodi su niske i daleko su ispod MDK vrijednosti (slika 4.2.13.4).



Slika 4.2.13.4. Raspodjela sulfata i klorida u podzemnoj vodi

Vidljivo je iz tablice 4.2.13.1 da razmatrana voda nije antropogeno opterećena te na temelju ovog jednog uzorka se može reći da područje nije pod rizikom. Za detaljniju interpretaciju je potrebno više točaka opažanja i dulje vrijeme.

Tablica 4.2.13.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilena

	"Threshold value" MDK	13 - Cjelina Žumberak Samoborsko gorje srednja vrijednost
As (µg/l)	10	0
Cd (µg/l)	5	0
Pb (µg/l)	10	0,9
Hg (µg/l)	1	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0
Cl ⁻ (mg/l)	250	1,6
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	7
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,17
trikloretilen i		
tetrakloretilen (µg/l)	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	1,4

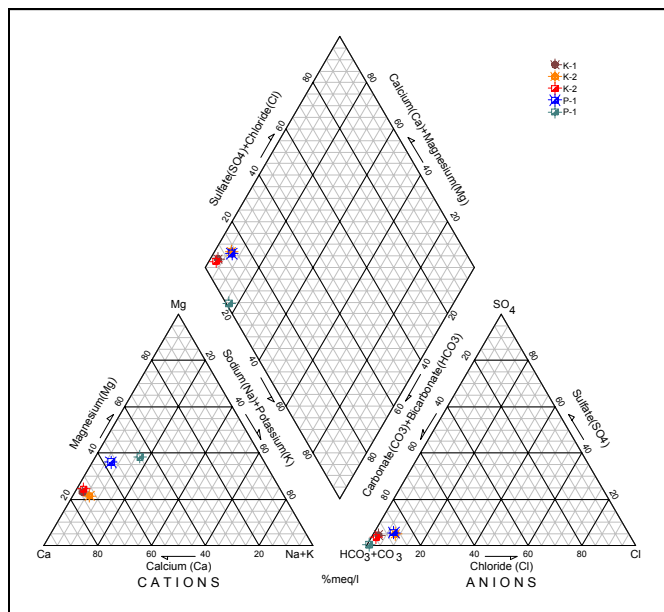
4.2.14. Cjelina donji tok Kupe

Za ocjenu stanja kakvoće vode na području cjeline donji tok Kupe korišteni su podaci dobiveni iz Hrvatski voda (mjerjenja u sklopu nacionalnog motrenja).



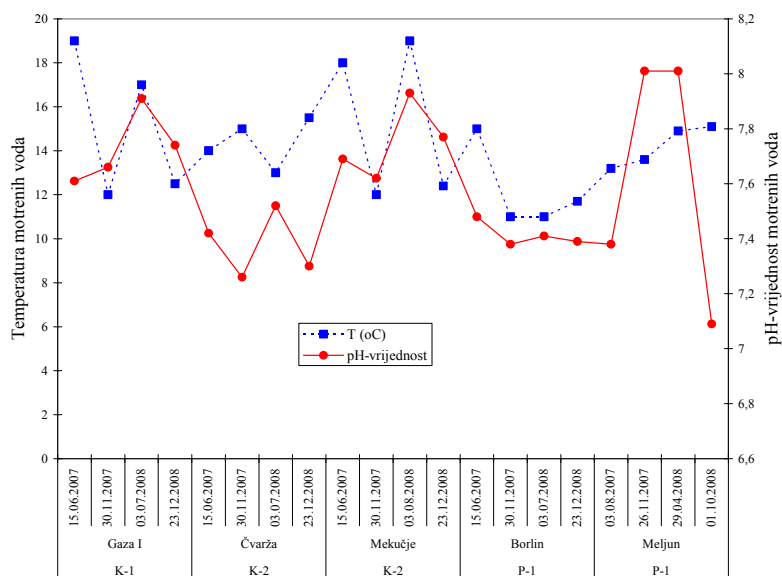
Shematski prikaz mjesta motrenja cjeline donji tok Kupe

Prema svom osnovnom ionskom sastavu motrene podzemne vode pripadaju od CaMg-HCO₃ do CaMgNa-HCO₃ hidrokemijskom facijesu, odnosno tipu voda. Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vodonosnicima (slika 4.2.14.1).

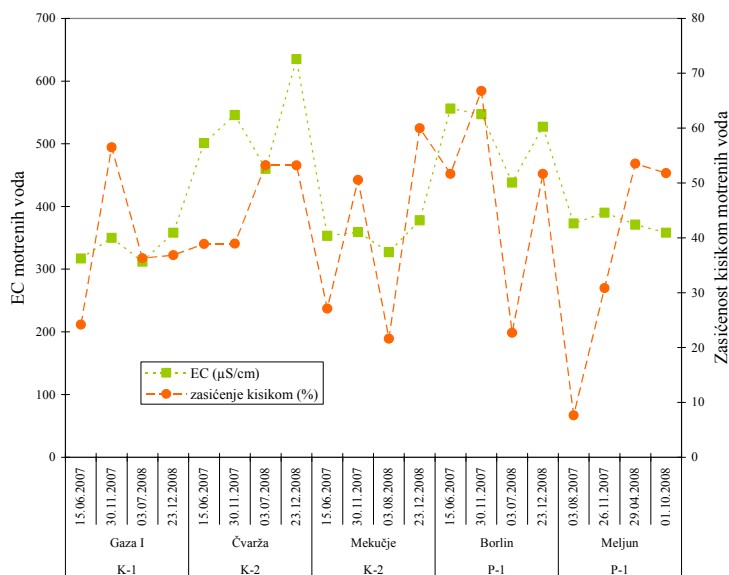


Slika 4.2.14.1. Piperov dijagram podzemnih voda

Temperature podzemnih voda iznose između 11 i 19 °C (slika 4.2.14.2). Temperature podzemnih voda u pravilu odražavaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka koje vladaju na područjima prihranjivanja. Međutim, ovdje se zapažaju visoke temperature na pojedinim objektima tijekom jednog uzorkovanja. Ovaj pojava je posljedica zagrijavanje vode u cijevi i ne iscrpljivanje objekta. pH-vrijednost motrenih voda nalaze se između 7.2 i 8 prema čemu je voda neutralna do slabo lužnata (slika 4.2.14.2). Vrijednosti elektrolitičke vodljivosti kreću se od 312 do 635 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ovisno o količini topljenih tvari u vodi (slika 4.2.14.3). Iz slike 4.3 vidljivo je da su podzemne vode u 15% slučajeva dobro zasićene kisikom, a ostalih 85% motrenih podzemnih voda su slabo zasićene kisikom. Ova pojava je posljedica trošenja kisika u vodonosniku za različite kemijske reakcije, kao što su oksidacija organske tvari, trošenje minerala, transformacijske procese dušika itd.

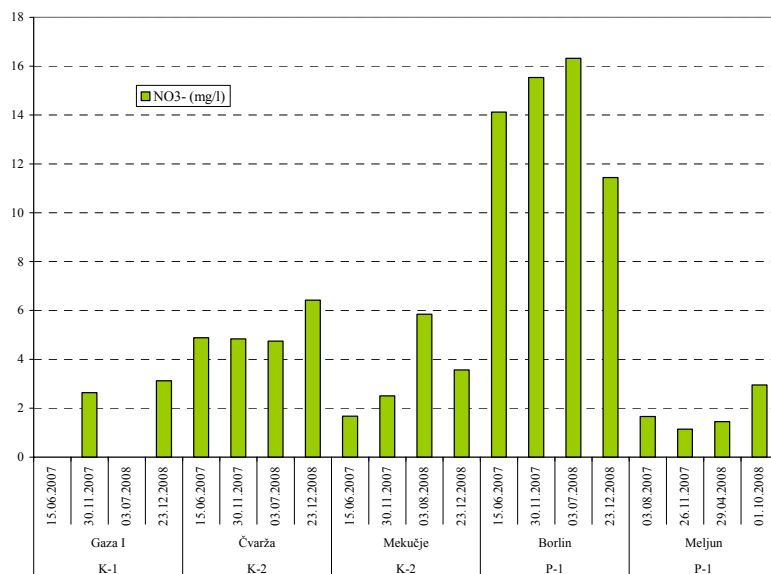


Slika 4.2.14.2. Raspodjela temperature i pH-vrijednosti podzemnih voda



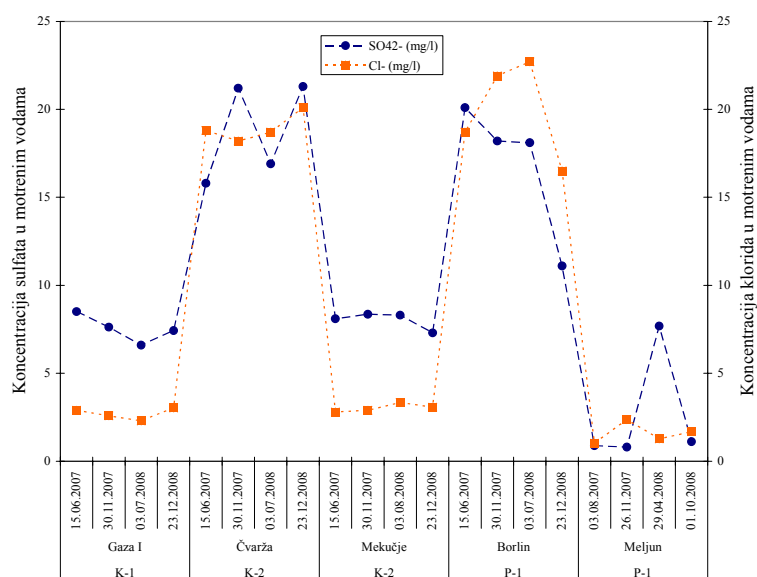
Slika 4.2.14.3. Raspodjela elektrolitičke vodljivosti i zasićenosti kisikom podzemnih voda

Koncentracije nitrata su daleko ispod MDK vrijednosti i kreću se od 1.1 do 16.3 mg/l (slika 4.2.14.4).



Slika 4.2.14.4. Raspodjela koncentracija nitrata u podzemnim vodama

Koncentracije sulfata i klorida su daleko ispod MDK vrijednosti, te se koncentracije kreću od 1.1 do 21.2 za sulfate, a za kloride od 1.2 do 22.7 mg/l.



Slika 4.2.14.5. Raspodjela sulfata i klorida u podzemnim vodama

Obzirom na srednje vrijednosti As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilena cjelina donji tok Kupe nije antropogeno opterećena.

Tablica 4.2.14.1. Izračunate srednje vrijednosti za koncentracije As, Cd, Pb, Hg, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, pH-vrijednost te trikloretilena i tetrakloretilena

	"Threshold value" MDK	14 - Cjelina donji tok Kupe srednja vrijednost
As (µg/l)	10	0
Cd (µg/l)	5	0
Pb (µg/l)	10	0
Hg (µg/l)	1	0
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,5	0,06
Cl ⁻ (mg/l)	250	9,2
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	10,8
pH-vrijednost	6,5-9,5	7,58
trikloretilen i tetrakloretilen (µg/l)	10	0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	5,8

4.2.15. Cjelina donji tok Une

Za ovu cjelinu nema podataka o kakvoći podzemne vode.

4.2.16. Sažeti prikaz kakvoće podzemne vode po grupiranim cjelinama

Tablica 4.2.1. Sumarni prikaz kakvoće podzemne vode po grupiranim sredinama

<i>Cjelina</i>	<i>Poroznost</i>	<i>Hidrokemijski facijes</i>	<i>Prirodno povišeni pokazatelji</i>	<i>Antropogeni pokazatelj</i>
1. Cjelina Međimurje	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃	Fe, Mn	NO ₃ ⁻ u priljevnom području crpilišta Prelog
2. Cjelina Varaždinsko područje	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃	Fe, Mn, Zn	NO ₃ ⁻ u priljevnom području crpilišta Varaždin
3. Cjelina sliv Bednje	Dominatno međuzrnska, ali postoje i manje površine karbonata	CaMg-HCO ₃	-	-
4. Cjelina Legrad - Slatina	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃	Fe, Mn, Zn	-
5. Cjelina Novo Virje	Međuzrnska	-	-	-
6. Cjelina Istočna Slavonija sliv Drave i Dunava	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃ MgCa-HCO ₃ CaMgNa-HCO ₃ NaCa-HCO ₃	Fe, Mn, Zn, As, Pb, NH ₄ ⁺	-
7. Cjelina sliv Sutle i Krapine	Dominatno međuzrnska, ali postoje i manje površine karbonata	CaMg-HCO ₃	-	-
8. Cjelina sliv Ilova – Lonja - Pakra	Dominatno međuzrnska, ali postoje i manje površine karbonata	U karbonatnom: Ca- HCO ₃ CaMg-HCO ₃ U međuzrnskom: CaMgNa-HCO ₃ NaCa-HCO ₃	Fe, Mn, NH ₄ ⁺	-
9. Cjelina sliv Orljave	Dominatno međuzrnska, ali postoje i manje površine karbonata	U karbonatnom: Ca- HCO ₃ CaMg-HCO ₃ U međuzrnskom: Ca-HCO ₃	Fe, Mn	-
10. Cjelina Zagreb	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃ CaMgNa-HCO ₃	Fe, Mn	-
11. Cjelina Lekenik - Lužani	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃ CaMgNa-HCO ₃	Fe, Mn, As, NH ₄ ⁺	-
12. Cjelina Istočna Slavonija sliv Save	Međuzrnska	CaMg-HCO ₃ CaMgNa-HCO ₃	Fe, Mn, As, NH ₄ ⁺ , Zn	-
13. Cjelina Žumberak – Samoborsko gorje	Pukotinska	CaMg-HCO ₃	-	-
14. Cjelina Donji tok Kupe	Dominatno međuzrnska	CaMg-HCO ₃ CaMgNa-HCO ₃	-	-
15. Cjelina Donji tok Une	Dominatno međuzrnska	-	-	-

Tablica 4.2.2. Sumarni prikaz srednjih vrijednosti koncentracija po grupiranim cjelinama

	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Hg (µg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	pH	Tri- teraklor etilen (µg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	Zn (µg/l)
1. Cjelina Međimurje													
Nedelišće	0	0,08	2	0	0	12,7	28,4	7,49	0	18,2	342	3,4	
Prelog	0	0,02	1,9	0	0,06	21,6	71,3	7,33	0	37,8	580	11,4	
2. Cjelina Varaždinsko područje													
Varaždin	0	0,06	5	0	0,003	16,3	27,7	7,58	0	74,6	17,3	3,7	44,4
Vinokošćak	0	0	6,1	0	0	9,3	30,7	7,57	0	19,8	20,8	1,9	21,4
Bartolovec	0	0,1	5,6	0	0	10,8	35,3	7,54	0	15,2	20,9	1,8	31,5
3. Cjelina sliv Bednje	0	0	0	0	0	1,7	7,1	7,62	0	2,9			
4. Cjelina Legrad - Slatina	3,4	0,1	5,6	0	0,3	6,8	8,5	7,41	0	7,4	993	99	493
5. Cjelina Novo Virje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Cjelina Istočna Slavonija sliv Drave i Dunava	37,5	0,09	10,7	0,03	0,59	15,7	12,7	7,42	0	2,8	2173	137	2127
7. Cjelina sliv Sutle i Krapine	0	1,4	6,2	0	0	2,2	24	7,62	0	4,1			
8. Cjelina sliv Ilova - Lonja - Pakra	3,7	0,03	0,5	0	1,3	22,8	38,2	7,39	0	9,3	852	181	
9. Cjelina sliv Orljave	1	0,03	0,3	0	0,03	10	26,7	7,45	0	7,9	84,3	61,8	
10. Cjelina Zagreb													
Bregana	0,03	0,4	3	0	0,02	15,3	43,2	7,24	1,5	12,5	54,3	4,9	
Šibice	0,65	0,003	0,004	0,002	0,007	19,9	34,5	7,2	0	22,6	214,3	19,9	
Strmec	0	0,14	1,3	0	0,09	9,3	24	7,29	0	8,6	217,7	61,1	
Stara Loza	0	0,22	1,4	0	0,006	20,5	31,5	7,18	1,2	8,2	5,8	15,9	
Prečko - Horvati	0	0,16	1,6	0	0,001	36,3	40,4	7,09	1,5	27,3	18,5	14,8	
Zaprude	0	0,04	0,7	0	0	5,6	11,2	7,5	0	4,8	2,6	16,2	
Sašnjak - Žitnjak	0	0,14	2,1	0	0	71,8	54,5	7,11	4,6	21,4	18,2	6	
Petruševac	0	0,2	1,3	0	0	6	12,8	7,45	0,07	6,3	3,2	50	
Kosnica	0	0,15	1,3	0	0	8,8	23,7	7,48	0,07	7,6	41,9	49,2	
Mala Mlaka	0	0,21	1,6	0	0,004	22,1	19,5	7,19	2	25,6	5,8	3,9	
Velika Gorica	0	0,26	1,5	0	0	16,6	21,8	7,21	0	21	33,3	1,3	
Ivanja Reka	0	0,3	2,8	0	0,02	13,5	48,6	7,28	1,8	3,4	533	206	
11. Cjelina Lekenik - Lužani	7,4	0	2,6	0	2,1	2,8	1,8	7,28	0	1,2	4336	614	
12. Cjelina Istočna Slavonija sliv Save	18,7	0,06	3,5	0,03	0,6	8,2	7,7	7,74	0	1,6	1834	111	1753
13. Cjelina Žumberak - Samoborsko gorje	0	0	0,9	0	0	1,6	7	7,17	0	1,4			
14. Cjelina Donji tok Kupe	0	0	0	0	0,06	9,2	10,8	7,58	0	5,8			
15. Cjelina Donji tok Une	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MDK-"threshold value"	10	5	10	1	0,5	250	250	6,5-9,5	10	50	200	50	3000

Izračunate temeljne vrijednosti za nitrate

Temeljna razina pokazatelja odnosno „background level“ određena je samo za nitrate u cjelinama Varaždinsko područje i Zagreb. Temeljna razina za nitrate za cjelinu Varaždinsko područje je 5.4 mg/l prema Lepeltier-ovoj metodi, a prema metodi proračunavanja funkcije raspodjele je 10.9 mg/l. Temeljna razina za nitrate za cjelinu Zagreb je 7.6 mg/l prema Lepeltier-ovoj metodi, a prema metodi proračunavanja funkcije raspodjele je 12.4 mg/l. Na temelju izračunatih vrijednosti za oba područja može se reći da su vrijednosti prema Lepeltier-ovoj metodi slične, postoji mala razlika od 2.2 mg/l. Obzirom na činjenicu da su na varaždinskom području prema Grđan et al. 1991., 1973. godine izmjerene koncentracije nitrata na području Varaždinskog crpilišta u iznosu od 4.4 mg/l, može se reći da izračunate

vrijednosti prema Lepeltier-ovoj metodi predstavljaju realne vrijednosti temeljne razine nitrata u aluvijalnim vodonosnicima otvorenog tipa.

4.3. Prirodna ranjivost vodonosnika

U sklopu procjene rizika cjelina podzemne vode provedena je analiza prirodne ranjivosti vodonosnika za cjelokupno područje panonskog dijela RH. Ona je realizirana primjenom SINTACS postupka (Civita & De Maio, 1997) koji pripada skupini svjetski priznatih „point count“ modela. U tu je svrhu definirano sedam tematskih slojeva koji predstavljaju ocjenu prirodnih svojstava hidrogeološkog sustava: dubina do podzemne vode, efektivna infiltracija padalina, obilježja nesaturirane zone vodonosnika, obilježja saturirane zone vodonosnika, svojstva tla, hidraulička vodljivost vodonosnika i nagib topografske površine. Prostorna analiza je načinjena uz pomoć rastera koji su posebno kreirani za svaki tematski sloj. Veličina elemenata prostorne mreže iznosi 500 m. Definiranje tematskih slojeva, izrada rastera te njihovo dovođenje u međusobnu vezu sukladno SINTACS preporukama, napravljeno je u GIS okružju.

Indeks ranjivosti vodonosnika za svaki rasterski element postignut je sumiranjem tematskih slojeva, koji su prethodno pomnoženi težinskim faktorima, prema formuli:

$$I_{SINTACS} = 5 \cdot S + 4 \cdot I + 5 \cdot N + 4 \cdot T + 3 \cdot A + 3 \cdot C + 2 \cdot S$$

gdje su:

S – dubina do podzemne vode

I – efektivna infiltracija

N – utjecaj nesaturirane zone

T – značajke tla

A – značajke vodonosnika

C – hidraulička vodljivost vodonosnika

S – nagib topografske površine

Noramalizacija vrijednosti indeksa ranjivosti učinjena je prema izrazu:

$$IS_{NO} = \frac{IS - IS_{MIN}}{IS_{MAX} - IS_{MIN}} [\%]$$

gdje su:

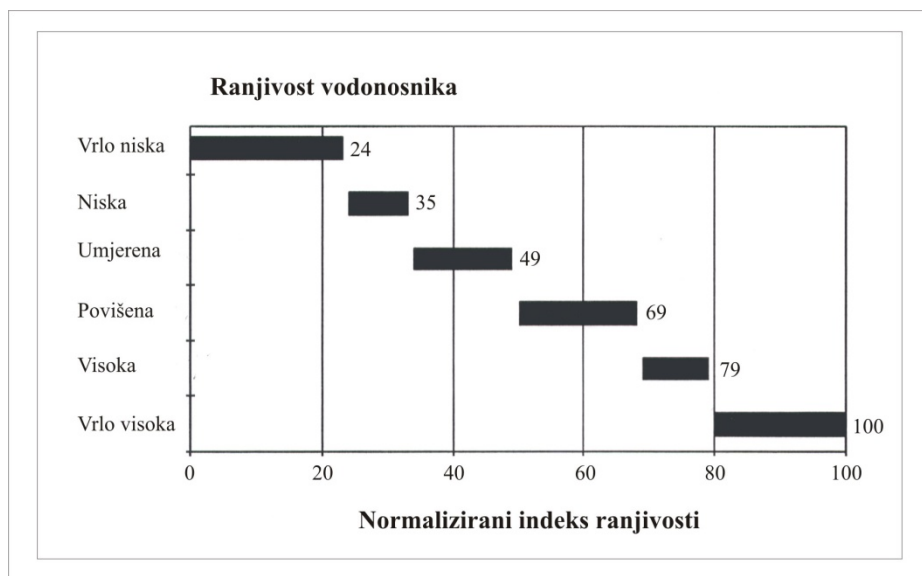
IS_{NO} - noramlizirani indeks ranjivosti

IS - indeks ranjivosti

IS_{MAX} - najveća vrijednost indeksa – 260

IS_{MIN} - najmanja vrijednost indeksa - 26

Kategorizacija normaliziranih vrijednosti indeksa ranjivosti napravljena je prema slici 4.3.1.



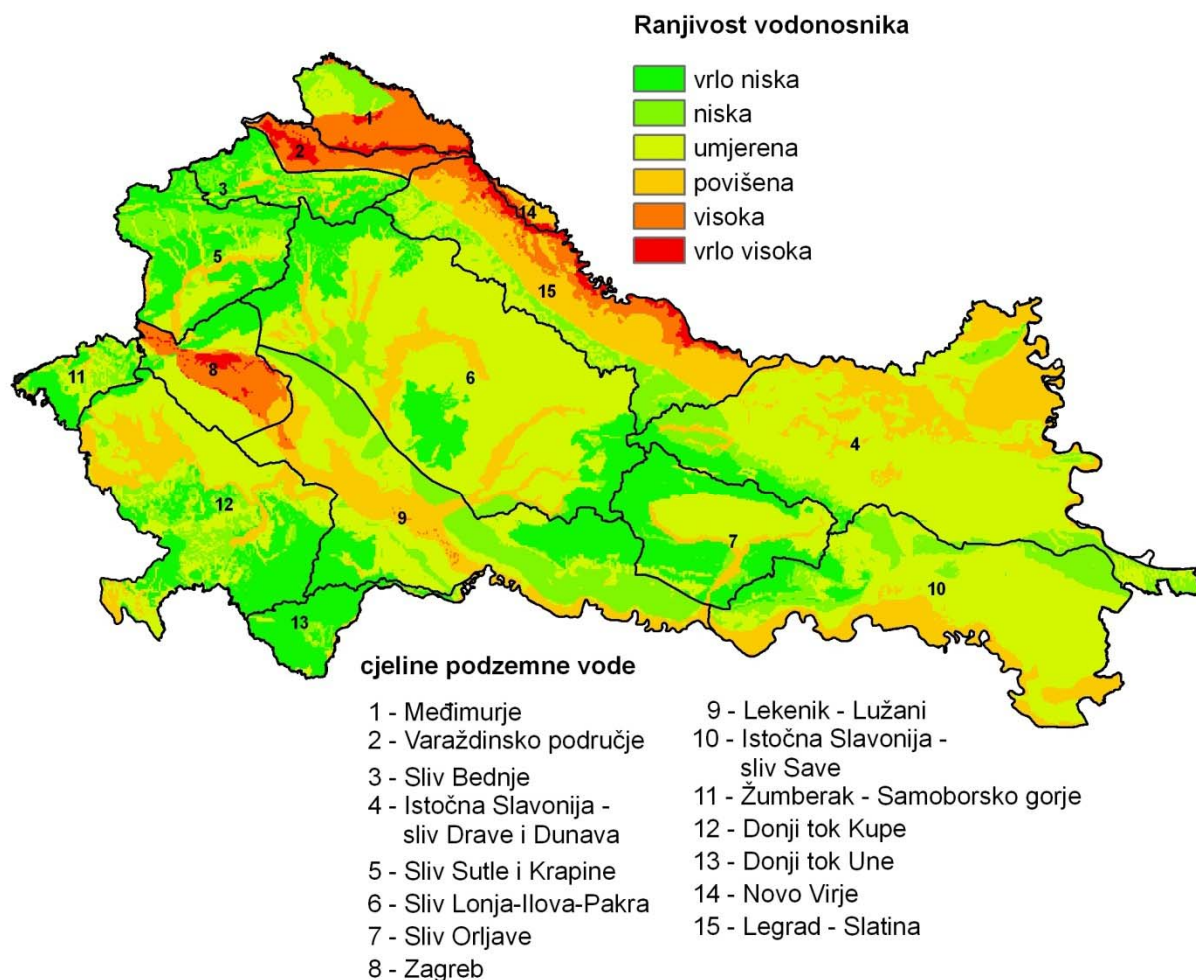
Slika 4.3.1: SINTACS – kategorizacija prema normaliziranom indeksu ranjivosti vodonosnika (Civita & De Maio, 1997)

Temeljem rezultata ocjene cjelokupan prostor istraživanja podijeljen je u šest kategorija u rasponu vrlo niske do vrlo visoke ranjivosti (slika 4.3.2). Primjenom opisanog postupka kategorizacije u praksi se može dogoditi da susjedni elementi prostorne mreže pripadaju različitim kategorijama ranjivosti iako su male razlike u vrijednostima indeksa ranjivosti. Primjerice na prostoru cjeline Varaždinsko područje susjedni prostorni elementi imaju vrijednosti normaliziranih indeksa ranjivosti 68 i 71 što ih svrstava u kategorije visoke i vrlo visoke ranjivosti vodonosnika.

S obzirom na prostornu distribuciju kategorija ranjivosti vodonosnika panonskog dijela RH (slika 4.3.2) ističe se sljedeće:

- vrlo visoka i visoka ranjivost karakteristične su za aluvijalne vodonosnike vrlo dobrih hidrauličkih svojstava, s razmjerno malom dubinom do podzemne vode i slabom zaštitnom funkcijom nesaturirane zone i tla. Nalaze se uglavnom na području vodnih cjelina Varaždinsko područje, Međimurje, Zagreb, Novo Virje i Legrad-Slatina
- povišena ranjivost postignuta je za aluvijalne vodonosnike na mjestima gdje je izraženija zaštitna uloga tla ili debljina krovine prelazi 5 m. Karakteristična je također i za manje aluvijalne vodonosnike slabijih hidrauličkih svojstava, te dijelom za karbonatne vodonosnike na području cjelina podzemne vode Žumberak-Samoborsko gorje i Donji tok Kupe.
- umjerena ranjivost vodonosnika karakteristična je za aluvijalne vodonosnike razmjerno dobrih hidrauličkih svojstava, ali sa značajnom zaštitnom funkcijom krovinskih naslaga vodonosnika i tla. Dominantno se nalazi na području Istočne Slavonije – sliva Drave i Dunava, zatim Istočne Slavonije – sliva Save. Pored navedenih cjelina podzemne vode, umjerena ranjivost vodonosnika pokriva veće površine i na području Sliva Orhljave te Sliva Lonje-Ilove-Pakre gdje su rasprostranjeni vodonosnici uglavnom slabih hidrauličkih svojstava, ali s razmjerno malom dubinom do vode i slabim zaštitnim svojstvima nesaturirane zone i tla. Ističu se i karbonatni vodonosnici, koji se mjestimično nalaze na planinskim predjelima panonskog dijela RH, za koje je uglavnom postignuta umjerena ranjivost.

- niska i vrlo niska ranjivost većinom je postignuta u planinskim predjelima izgrađenim od stijena slabih do vrlo slabih hidrauličkih svojstava. Niska ranjivost je također karakteristična i za aluvijalne vodonosnike s povoljnom zaštitnom funkcijom tla i debljinom krovine većom od 30 m na području cjelina podzemne vode Lekenik-Lužani, Istočna Slavonija – sliv Save i Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava.

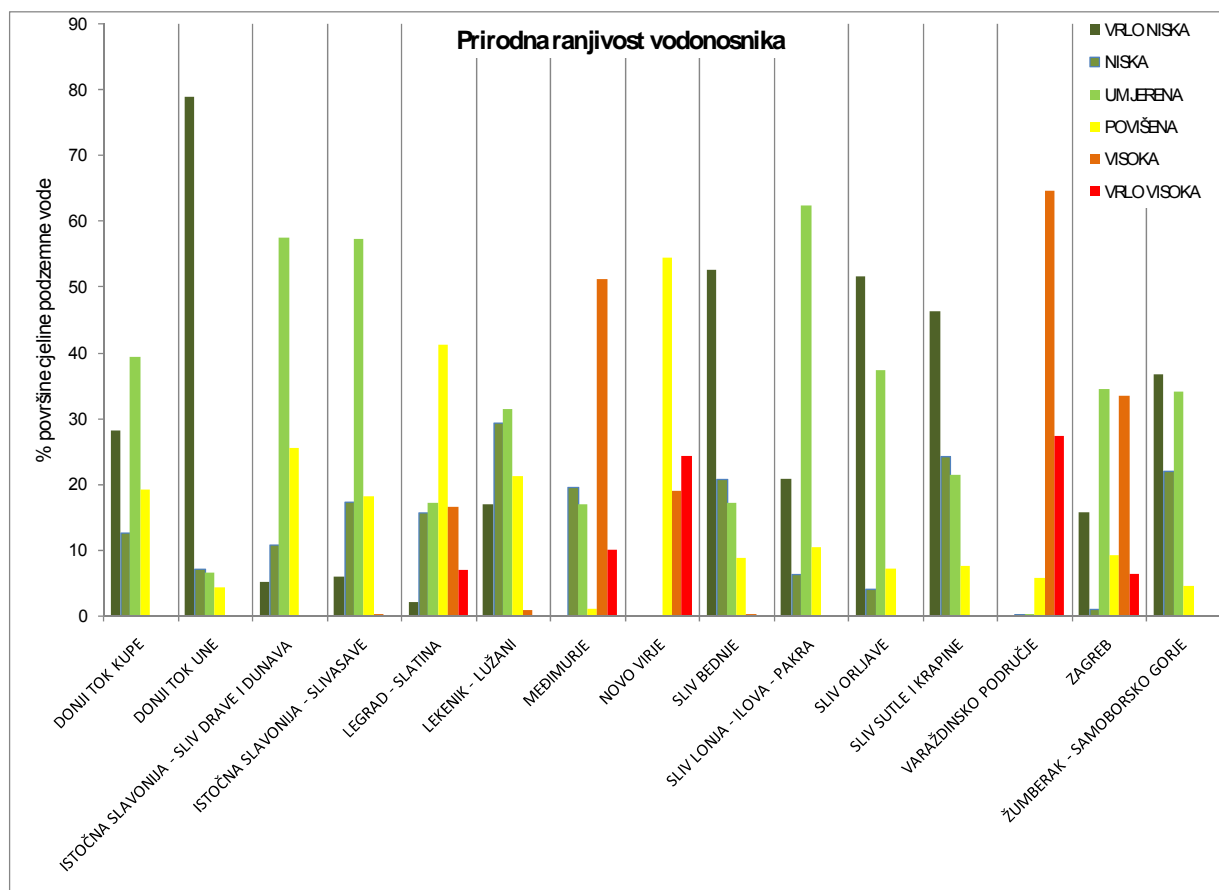


Slika 4.3.2: Prirodna ranjivost vodonosnika

S obzirom na površine koje pojedine kategorije ranjivosti zauzimaju unutar cjelina podzemne vode (slika 4.3.3) ističe se sljedeće:

- Varaždinsko se područje gotovo u cijelosti nalazi u kategorijama vrlo visoke i visoke ranjivosti
- na području cjelina podzemne vode Međimurje, Novo Virje, Zagreb i Legrad-Slatina znatan udio imaju područja s visokom i vrlo visokom ranjivošću. Na području Međimurja iznosi 61 %, Novog Virja 43 %, Zagreba 40 % i Legrada-Slatine 24%.
- na područjima ostalih cjelina ranjivost vodonosnika se većinom nalazi u rasponu vrlo niska do povišena

- najpovoljnija je situacija na području Donjeg toka Une gdje vrlo niska ranjivost zauzima gotovo 80 % ukupne površine cjeline. Slijede Sliv Bednje, Sliv Orljave, Sliv Sutle i Krapine, Žumberak – Samoborsko gorje i Donji tok Kupe gdje se znatne površine nalaze u kategorijama vrlo niske i niske ranjivosti vodonosnika.



Slika 4.3.3: Površinski udjeli kategorija prirodne ranjivosti vodonosnika

4.4. Rezultati procjene rizika

Temeljem provedenih analiza grupirane cjeline podzemnih voda svrstane su u jednu od tri kategorije rizika (tablica 4.4.1):

- 1) u stanju rizika
- 2) u stanju potencijalnog rizika
- 3) bez rizika

S obzirom na kakvoću podzemnih voda utvrđeno je sljedeće:

- cjelina Varaždinsko područje jedina je izdvojena kao područje pod rizikom obzirom na nitrata, jer prosječna koncentracija nitrata iznosi 74.6 mg/l, što je više od 75% vrijednosti MDK. Isto tako, više od 30% područja (područje uzvodno od grada Varaždin) ima visoke koncentracije nitrata

- cjelina Međimurje definirana je kao područje pod potencijalnim rizikom obzirom na nitrata, jer je na crpilištu "Prelog" zabilježena prosječna koncentracija nitrata 37.8 mg/l, što je točno 75% MDK vrijednosti. Samo je na tom crpilištu zabilježena takva vrijednost, jer za druga područja nema dovoljno podataka, osim za crpilište "Nedelišće" gdje je prosječna koncentracija nitrata niže od 75% MDK vrijednosti
- za ostale cjeline postoji relativno mali broj podataka, obzirom na njihovu veličinu. Za sada, na temelju dobivenih podataka i spoznaja, ostale cjeline obzirom na definirane sljedeće „referentne vrijednosti pokazatelja“ odnosno prosječne izmjerene vrijednosti arsena, kadmija, olova, žive, amonija, klorida, sulfata, nitrata, trikloretilen, tetrakloretilen i pH-vrijednost nisu definirane kao područja u riziku. Za detaljnije i pouzdanije analize potreban je duži niz opažanja pokazatelja na ravnomjerno raspoređenim točkama opažanja.

S obzirom na prirodnu ranjivost vodonosnika i opterećenje od točkastih i raspršenih izvora onečišćenja utvrđeno je sljedeće:

- osim cjelina podzemne vode Međimurje i Varaždinsko područje, koje su već s aspekta postojećeg stanja kakvoće podzemne vode svrstane u kategorije potencijalnog rizika i rizika, na temelju kriterija ranjivosti vodonosnika i točkastih te raspršenih izvora onečišćenja u kategoriju potencijalnog rizika svrstana je i cjelina Zagreb. Osim što je izražena ranjivost aluvijalnog vodonosnika, koji je iznimno važan za vodoopskrbu milijunskog grada i njegove okolice, područje je to guste naseljenosti, na kojem se nalazi jedno od najvećih odlagališta otpada u RH, zatim brojnih industrijskih objekata ali i razvijene poljoprivredne proizvodnje. Tome u prilog svjedoče i podaci o visokim koncentracijama nitrata, koje ipak nisu dosegnule 75 % MDK i za sada stagniraju, te zabilježenoj prisutnosti trikloretilena i tetrakloretilena u podzemnoj vodi.
- s obzirom na definirane kriterije cjelina podzemne vode Novo Virje trebala bi biti svrstana u kategoriju potencijalnog rizika. Ipak, to nije učinjeno iz razloga što se čitava cjelina nalazi u sustavu ekološke mreže čijim se Smjernicama za mjere zaštite osigurava dobar status kakvoće podzemne vode.

ID cjeline	Naziv cjeline podzemne vode	Procjena rizika	Kriterij procjene rizika
1	MEDIMURJE	U stanju potencijalnog rizika	Kakvoća podzemne vode; prirodna ranjivost vodonosnika i opterećenje točkastim i raspršenim izvorima onečišćena
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	U stanju rizika	Kakvoća podzemne vode; prirodna ranjivost vodonosnika i opterećenje točkastim i raspršenim izvorima onečišćena
3	SLIV BEDNJE	Bez rizika	
4	LEGRAD - SLATINA	Bez rizika	
5	NOVO VIRJE	Bez rizika	
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	Bez rizika	
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	Bez rizika	
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	Bez rizika	
9	SLIV ORLJAVE	Bez rizika	
10	ZAGREB	U stanju potencijalnog rizika	Prirodna ranjivost vodonosnika i opterećenje točkastim i raspršenim izvorima onečišćena
11	LEKENIK - LUŽANI	Bez rizika	
12	ISTOČNA SLAVONIJA – SLIV SAVE	Bez rizika	
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	Bez rizika	
14	DONJI TOK KUPE	Bez rizika	
15	DONJI TOK UNE	Bez rizika	

Tablica 4.4.1: Kategorizacija grupiranih cjelina podzemnih voda sa stajališta rizika

5. Procjena stanja i rizika na cjeline podzemnih voda s obzirom na količinsko stanje (zalihe podzemnih voda)

5.1. Metodologija

Pre-eksploataciju podzemnih voda, odnosno crpnu količinu koja prelazi količinu obnavljanja podzemnih voda moguće je definirati na temelju analize vremenskih serija razina podzemnih voda, vodostaja rijeka, padalina i crpnih količine.

Analiza utjecaja crpljenja na količinsko stanje podzemnih voda provedena je na temelju sljedećih podataka:

- Vremenske serije podataka o razinama podzemnih voda u razdoblju od 1997. do 2008. godine (ukupno 11 godina). Na području Baranje mjerenja se nisu provodila tijekom Domovinskog rata i neposredno nakon njega, pa su analize načinjene samo za razdoblje od 2001. do 2008. godine. Lokacije piezometara izabrane su na način formiranja profila okomitih na vodomjerne stanice na Dravi i Savi. Ovi su podaci mjestimice dopunjeni i vremenskim nizovima podataka o razinama podzemnih voda za nešto drugačija razdoblja (1987-2001 na području Međimurja, 1995-2004 na varaždinskom području, te 1988-2003 na zagrebačkom području). Podaci na području Međimurja preuzeti su iz Plana navodnjavanja na području Međimurske županije (Elektroprojekt, 2003). Na zagrebačkom području iz Elaborata zaštitnih zona vodocrpilišta grada Zagreba (Bačani i dr., 2005), a na području Varaždina iz doktorske disertacije Ranjivost vodonosnika na priljevnom području varaždinskih crpilišta (Larva, 2008).
- Vremenske serije podataka o vodostajima i protocima rijeka Drave i Save u razdoblju od 1997. do 2008. godine (ukupno 11 godina) na 8 vodomjernih stanica na rijeci Dravi (Varaždin, Donja Dubrava, Botovo, Novo Virje, Terezino Polje, Donji Miholjac, Beliše i Osijek), te 8 vodomjernih stanica na rijeci Savi (Medsave, Podsused, Zagreb, Rugvica, Dubrovčak, Strelečko, Slavonski Brod, Županja).
- Vremenske serije podataka o padalinama na 4 glavne meteorološke stanice (Varaždin, Osijek, Zagreb – aerodrom, Sisak) i jedne kišomjerne stanice (Virovitica) u razdoblju od 1997. do 2008. godine (12 godina), te u razdoblju od 1978-2008. godine (31 godina)
- Eksploatacijskih količina podzemnih voda na pojedinim crpilištima (prema izdanim koncesijama) (Hrvatske vode, 2007)
- Procijenjenom obnavljanju podzemnih voda (VOH, 2002)
- Hidrogeološkim modelima vodonosnika istaloženih u Dravskom i Savskom bazenu

Cjelina podzemne vode u riziku s obzirom na količinsko stanje označavala bi cjelinu unutar koje se bilježi trend sniženja podzemne vode, nije zabilježen trend sniženja padalina, a sniženje razina vode je posljedica velikih crpnih količina koje dosežu obnovljive zalihe podzemnih voda.

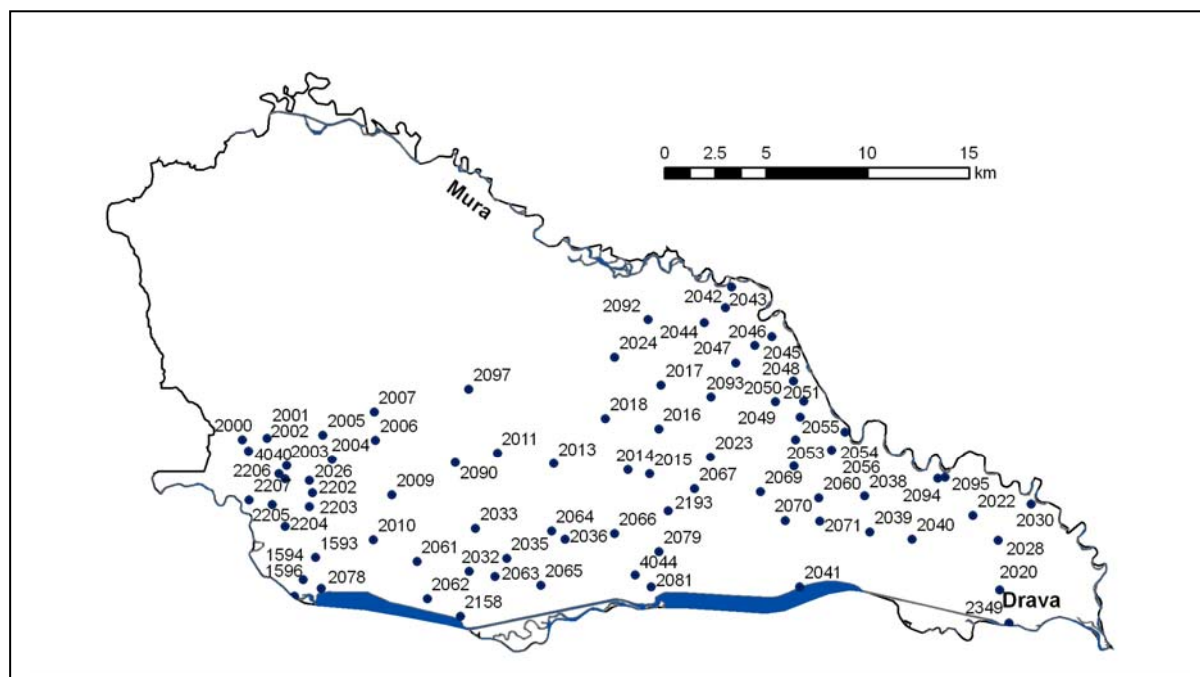
5.2. Rezultati analize

Temeljem provedene analize prethodno navedenih parametara utvrđeno je da se u većini razmatranih piezometara, i u dravskom i u savskom vodonosniku, bilježi trend sniženja razina podzemne vode u razmatranom razdoblju (prilog 4). Na području Baranje analizirana su samo mjerenja od 2001. do 2008. godine i u tom se razdoblju, za razliku od ostalih razmatranih piezometara čiji su podaci obuhvatili duže razdoblje, bilježi pozitivan trend razina podzemne vode, odnosno njihov porast.

U opisu rezultata analiza vremenskih serija razina podzemne vode po pojedinim cjelinama nisu prikazani svi nivogrami analiziranih piezometara, već samo izabrani. Ostali su dani u excel tablicama na CD-u.

5.2.1. Cjelina Međimurje

Mjerenje razina podzemne vode na području Međimurja započeto je još davne 1960. godine. Zajednička piezometarska mreža Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) i Hrvatske elektroprivrede (HEP) sastoji se od više desetaka piezometara. Prema podacima iz 1997. godine ovu mrežu čini 180 stanica (mjernih mjesta), od čega 145 mjernih stanica pripada osnovnoj mreži, a 35 stanica je izvan osnovne mreže (Elektroprojekt, 2003).

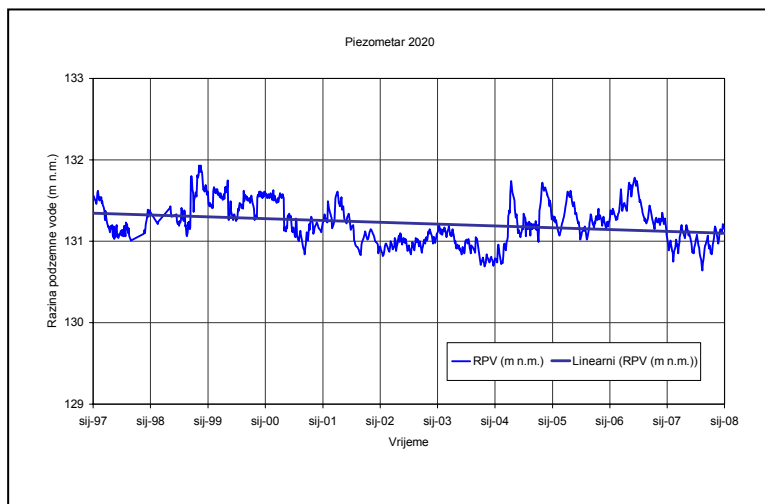
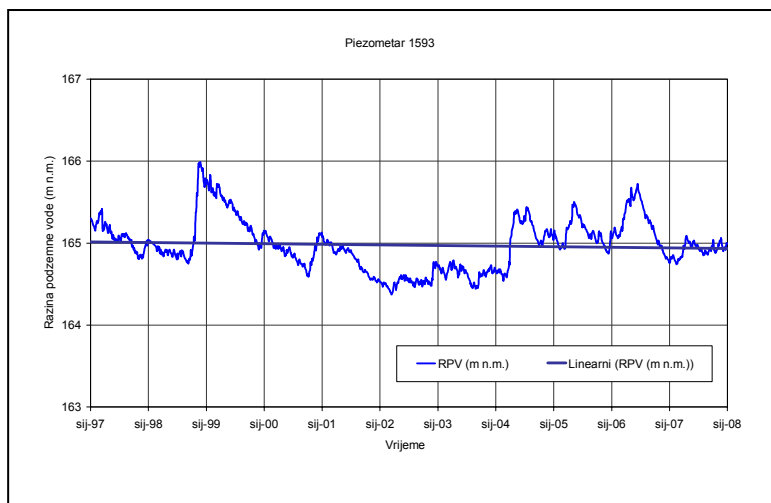


Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini Međimurje

Piezometrima se motri razina podzemne vode u dravskom aluvijalnom vodonosniku. Debljina vodonosnika, u čijem litološkom sastavu uglavnom prevladava šljunak s pijeskom, povećava se od sjevernog ruba aluviona prema središnjem dijelu bazena, te od zapada i istoka (od legradskog praga) također prema središnjem dijelu bazena. Debljina vodonosnika kod Preloga

procjenjuje se na oko 140 m. U krovini vodonosnika nalazi se krovinski prašinsto-glinoviti sloj, koji na mnogim mjestima nedostaje, a prema rubu vodonosnika maksimalno doseže oko 2 m.

Vodostaji rijeke Drave na ovom području opažaju se na nekoliko vodomjernih stanica. Pod utjecajem su rada hidroelektrana Varaždin, Čakovec i Donja Dubrava. Razina vode u starom koritu Drave ovisi o količini koja se ispušta iz akumulacija, a što ovisi o količini vode u akumulaciji i dotoku u akumulaciju. Razine vode u akumulacijama u pravilu variraju unutar jednog metra.



Slika 5.2.1.1. Trend razina podzemne vode na piezometrima smještenim jugoistočno od Nedelišća (1593) i kod naselja Donja Dubrava (2020)

Na području cjeline podzemne vode Međimurje zapaža se opći trend sniženja razina podzemne vode (slika 5.2.1.1., prilozi 5/1 i 5/2). Posebice je izražen u njenom zapadnom i istočnom dijelu. U središnjem dijelu ove cjeline razine podzemne vode dominantno su pod utjecajem izgrađenih akumulacija. Akumulacijska jezera obnavljaju podzemne vode u

neposrednom zaobalju i sprečavaju ili zaustavljaju opći trend sniženja razina vode. Na utjecajnom području drenažnih kanala razine podzemnih voda uglavnom su ustaljene. Mjestimice se bilježi i blaga tendencija porasta.

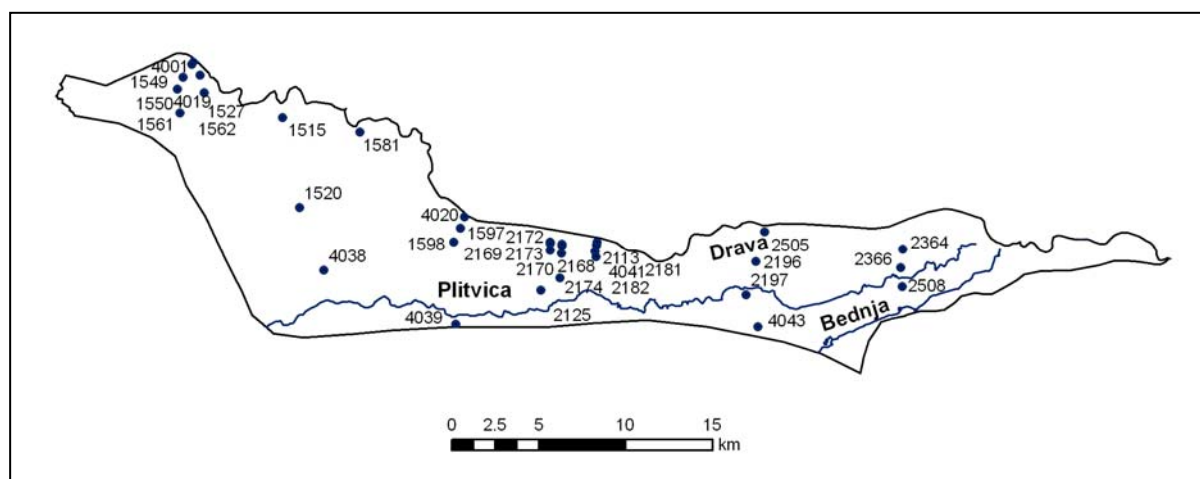
Analiza razina podzemne vode, prikazana na prilogu 4, dijelom je preuzeta iz već navedenog Plana navodnjavanja na području Međimurske županije (Elektroprojekt, 2003), u okviru kojega su analizirane mjesečne niske, srednje i visoke razine podzemne vode u razdoblju od 13 godina (1989.-2001). Za pojedine piezometre dodatno su analizirane sve izmjerene razine podzemne vode u razdoblju od 1997. do 2008. godine.

Eksploatacija podzemne vode na području Međimurja provodi se na crpilištu Nedelišće smještenom jugozapadno od istoimenog naselja. Kod Preloga postoji rezervno crpilište, međutim ono nije u pogonu. Na području Međimurja podzemna voda se koristi i za navodnjavanje, međutim količina podzemne vode koja se u tu svrhu koristi slabo je poznata.

5.2.2. Cjelina Varaždinsko područje

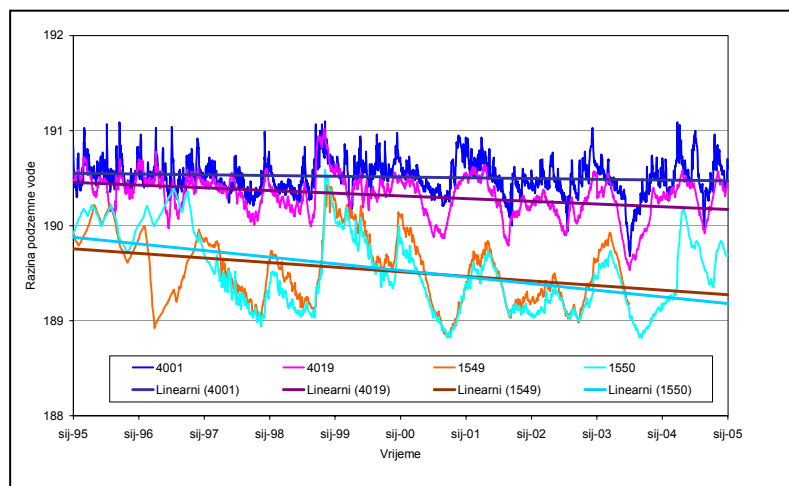
Mjerenje razina podzemne vode na varaždinskom području, odnosno na desnoj obali rijeke Drave od državne granice s Republikom Slovenijom do Ludbrega i dalje do Legrada provodi se putem piezometarske mreže Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) i Hrvatske elektroprivrede (HEP). U mjerenje razina podzemne vode uključeno je više desetaka piezometara.

Piezometrima se motri razina podzemne vode u dravskom aluvijalnom vodonosniku. Debljina vodonosnika, u čijem litološkom sastavu uglavnom prevladava šljunak s pijeskom, povećava se od južnog ruba aluviona prema središnjem dijelu bazena, te od zapada i istoka (od legradskog praga) također prema središnjem dijelu bazena. U krovini vodonosnika nalazi se krovinski prašinsto-glinoviti sloj, koji na mnogim mjestima nedostaje, a u rubnim predjelima vodonosnika maksimalno doseže 9 m.

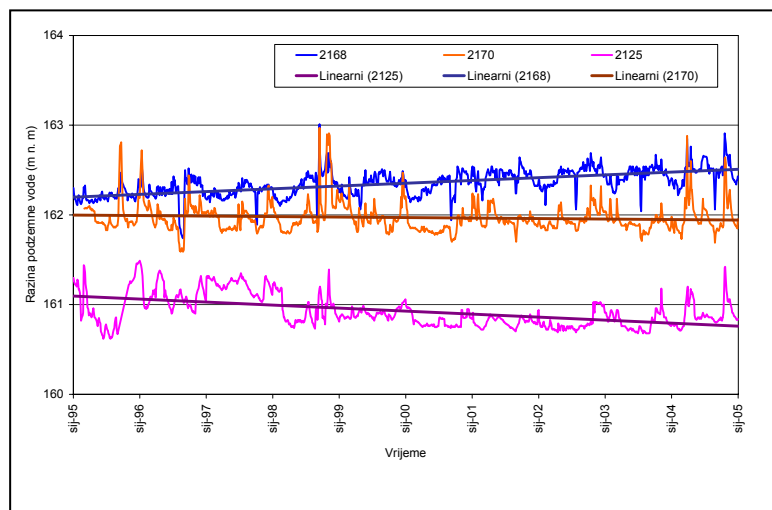


Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini Varaždinsko područje

Kao i na području Međimurja, i na ovom području zapaža se opći trend sniženja razina podzemne vode (slika 5.2.2.1, prilog 4). U središnjem dijelu ove cjeline razine podzemne vode dominantno su pod utjecajem izgrađenih akumulacija. Akumulacijska jezera obnavljaju podzemne vode u neposrednom zaobalju (piezometar 2168), te sprečavaju ili zaustavljaju opći trend sniženja razina vode (slika 5.2.2.2). Udaljavajući se od akumulacijskih jezera trend sniženja razina podzemne vode više je izražen, što se vidi na piezometru 2125.



Slika 5.2.2.1. Trend razina podzemne vode na piezometrima smještenim okomito na Dravu kod Otok Virja

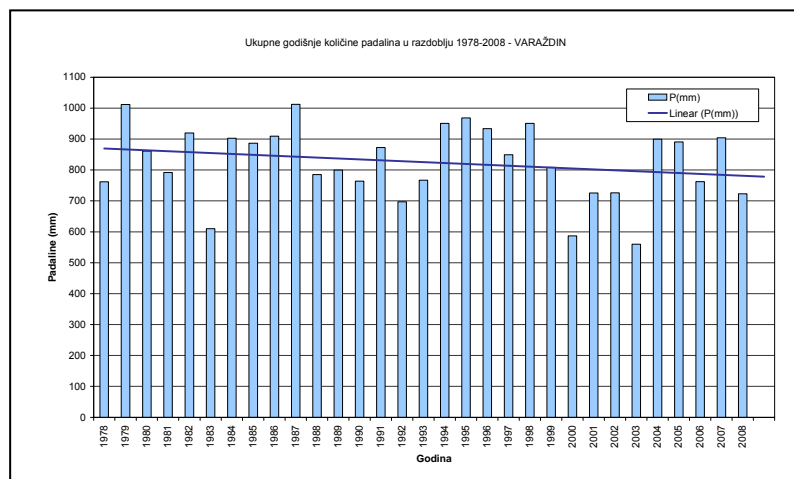
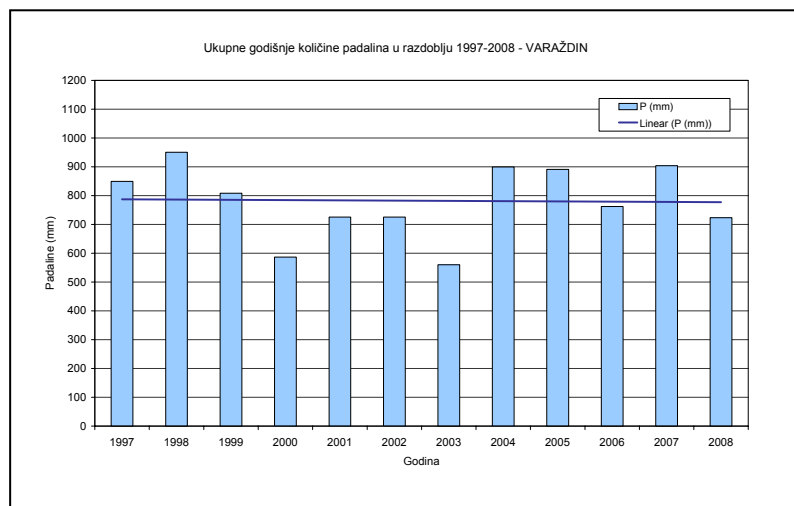


Slika 5.2.2.2. Trend razina podzemne vode na piezometrima smještenim okomito na akumulacijsko jezero jugozapadno od Bartolovca

Vodostaji rijeke Drave na ovom području opažaju se na nekoliko vodomjernih stanica. Pod utjecajem su rada hidroelektrana Varaždin, Čakovec i Donja Dubrava. Razina vode u starom koritu Drave ovisi o količini koja se ispušta iz akumulacija, a što ovisi o količini vode u

akumulaciji i dotoku u akumulaciju. Razine vode u akumulacijama u pravilu variraju unutar jednog metra.

Prema analiziranim vremenskim serijama podataka o padalinama na meteorološkoj stanici Varaždin u razdoblju od 1997. do 2008. godine utvrđeno je smanjenje ukupnih godišnjih padalina (slika 5.2.2.3). Isto je utvrđeno i za 30-godišnje razdoblje. Povećanje srednjih mjesečnih padalina za 12-godišnje razdoblje u odnosu na vrijednosti za 30-godišnje razdoblje bilježi se tijekom ljetnih mjeseci. Ove padaline ne utječu na razine podzemne vode jer se uglavnom potroše na evapotranspiraciju, a manji dijelom na površinsko otjecanje.

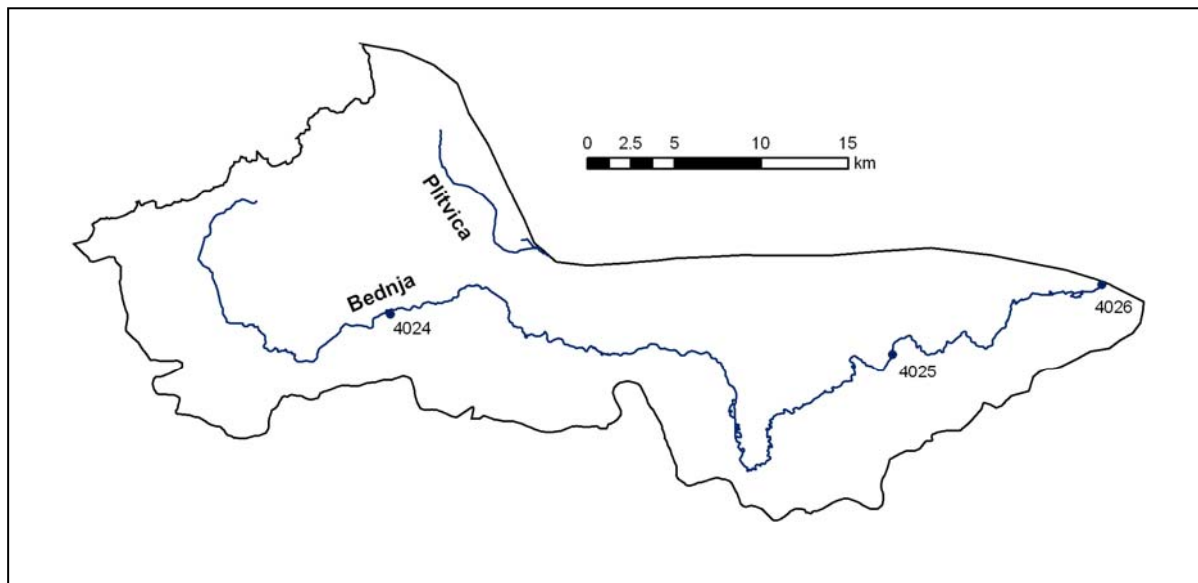


Slika 5.2.2.3. Trend ukupnih godišnjih padalina u razdoblju 1997-2008. i 1978-2008. godine na meteorološkoj stanici Varaždin

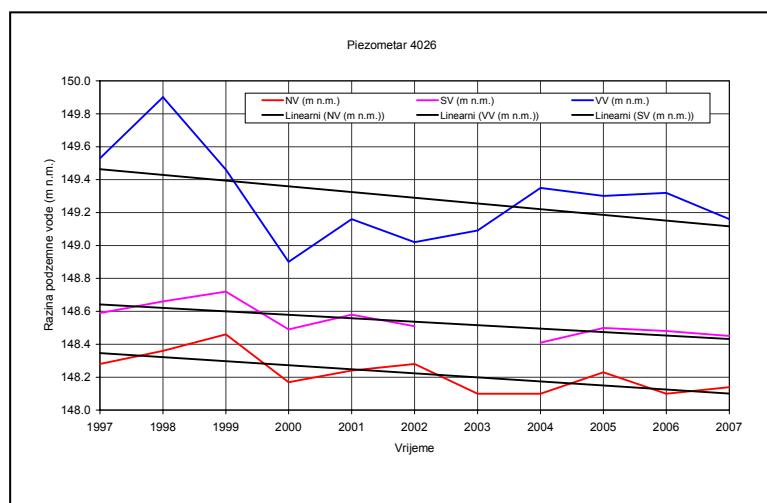
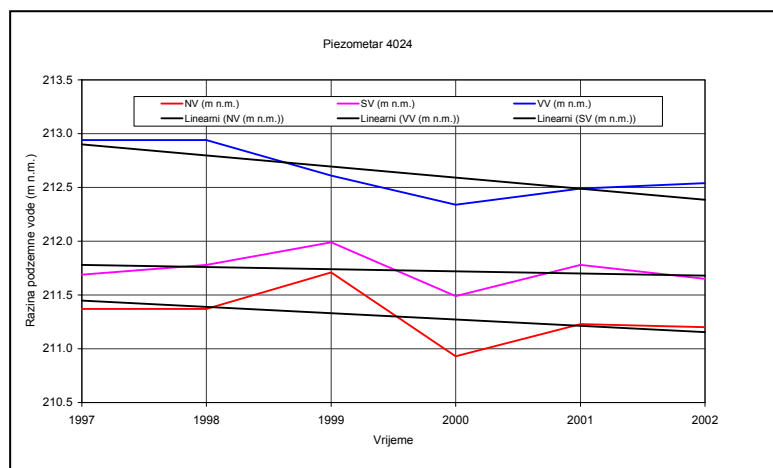
Eksploatacija podzemne vode na ovom području provodi se na crpilištima javne vodoopskrbe Vinokovšćak, Varaždin i Bartolovac. Na crpilištu Varaždin crpna količina je bitno smanjena zbog visokih koncentracija nitrata u podzemnoj vodi. U potpunosti su iz vodoopskrbe isključeni zdenci koji zahvaćaju prvi vodonosni sloj, te se crpi samo podzemna voda iz jednog zdenca koji zahvaća drugi vodonosni sloj. Crpne količine su razmjerno male u odnosu na količine koje omogućavaju zalihe vode na ovom području.

5.2.3. Cjelina sliv Bednje

Unutar cjeline podzemne vode sliva Bednje razine podzemne vode mjere se na piezometrima smještenim u aluvijalnoj dolini Bednje. Trend sniženja razina podzemne vode zamijetan je i u ovoj cjelini podzemne vode (slika 5.2.3.1), premda eksploatacije podzemne vode iz aluvijalnog vodonosnika nema.



Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini sliv Bednje



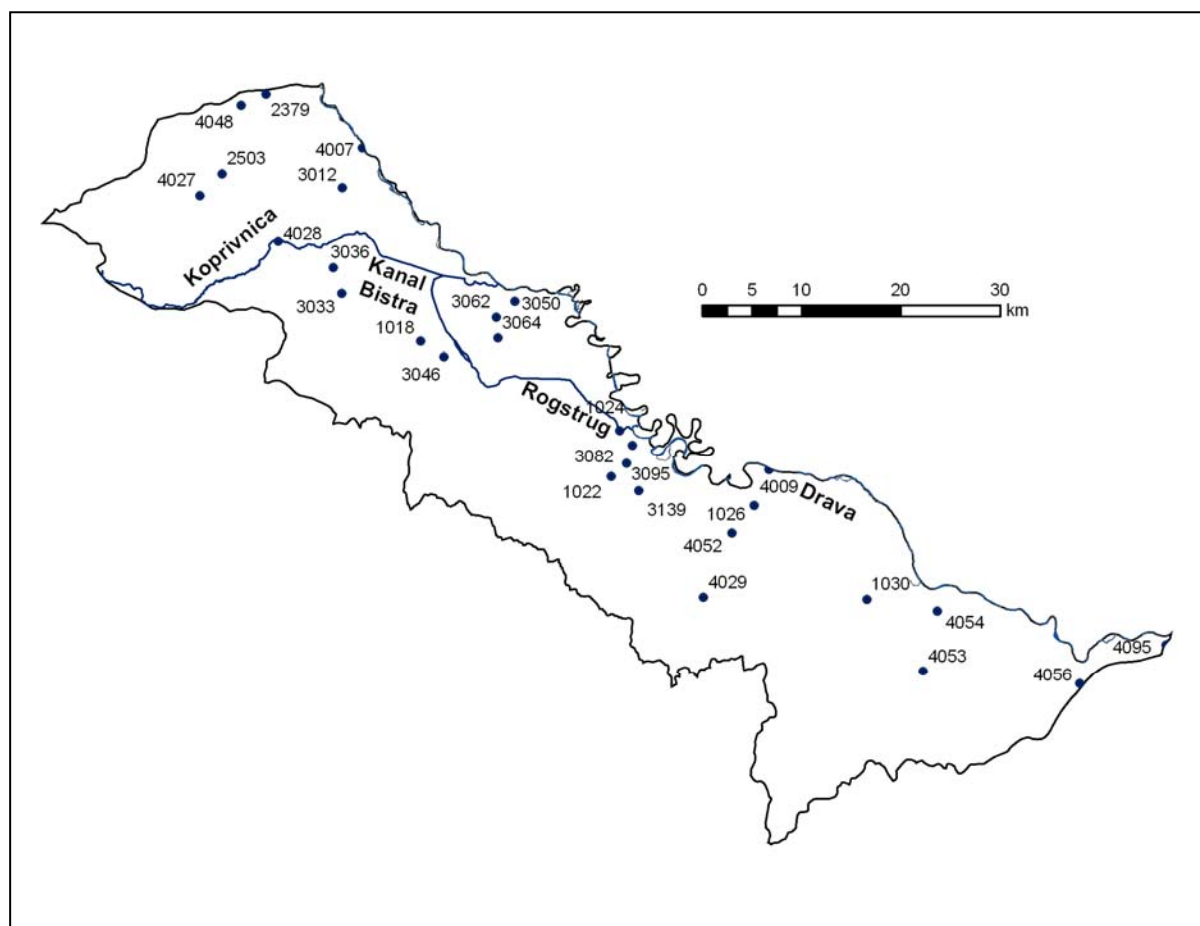
Slika 5.2.3.1. Trend niskih, srednjih i visokih godišnjih razina podzemne vode u razdoblju 1997.-2002. godine.

Na izvorištima zahvaćenim za vodoopskrbu u gorskim predjelima unutar ove cjeline uglavnom se prati količina vode koja se koristi za vodoopskrbu. Mjerenja ukupne izdašnosti izvora, uključujući i one količine koje prelijevaju i dalje slobodno otječu, uglavnom se rijetko mjere.

5.2.4. Cjelina Legrad – Slatina

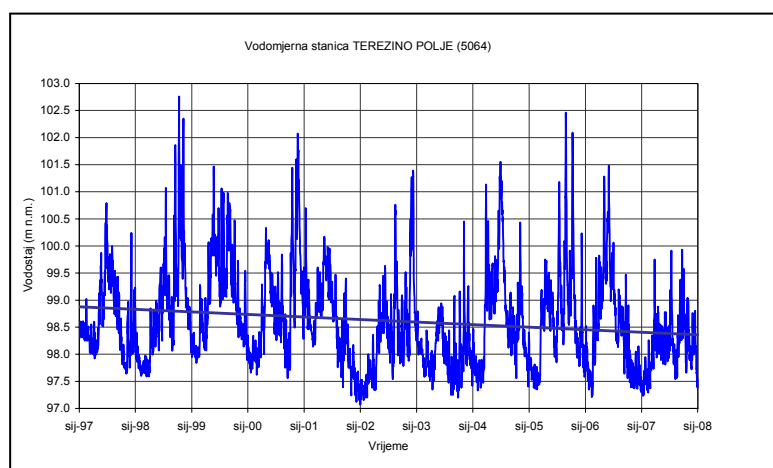
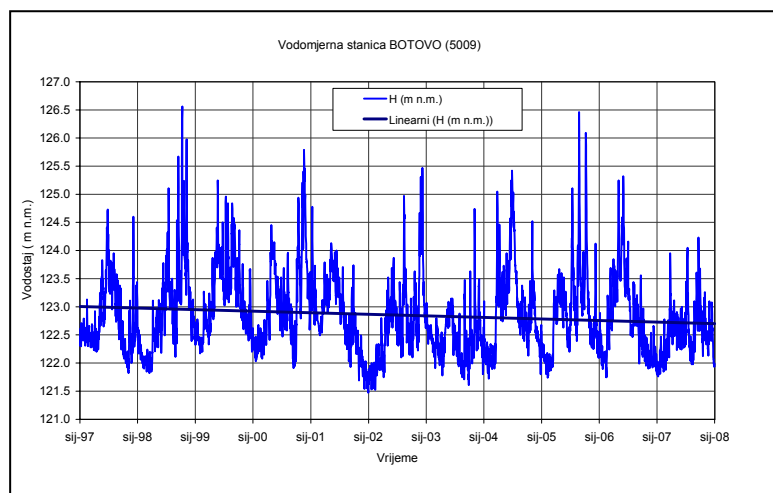
Cjelinom podzemne vode Legrad–Slatina dominira dravski aluvijalni vodonosnik. U litološkom sastavu vodonosnika dominantan je šljunak s pijeskom u zapadnom dijelu, te pijesak s većim proslojcima prašinsto-glinovitih naslaga u istočnom dijelu ove cjeline. Iznad vodonosnika nalazi se krovinski slabopropusni prašinsto-glinoviti sloj. Debljina ovog sloja zapadno od Virovitice uglavnom je manja od 5 m, osim uz rubove aluviona gdje mjestimice prelazi i 10 m. Istočno od Virovitice debljina krovinskih naslaga u pravilu prelazi 20 metara.

Mjerenje razina podzemne vode na ovom području provodi se putem piezometarske mreže Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) i Hrvatske elektroprivrede (HEP). U mjerenje razina podzemne vode uključen je veliki broj razmjerno plitkih piezometara. Zapadno od Virovitice u njima se uglavnom mjeri razina podzemne vode u vodonosniku, međutim istočno od Virovitice na piezometrima se opažaju razine podzemne vode unutar propusnijeg dijela krovinskih naslaga.



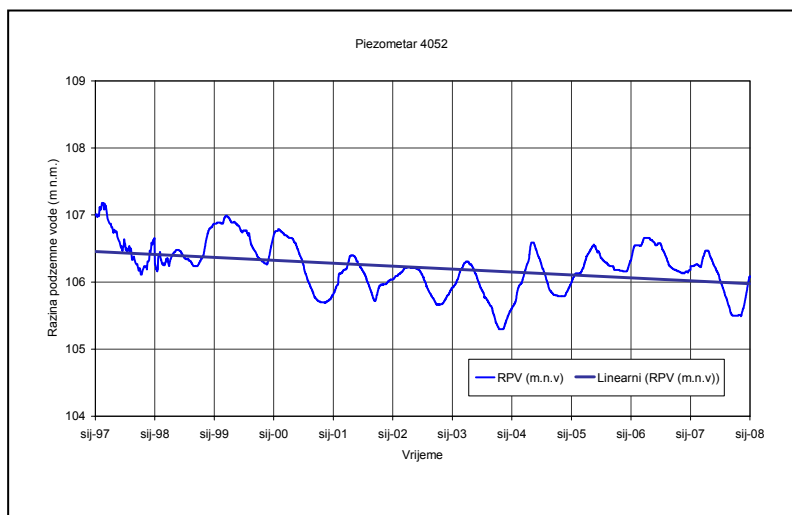
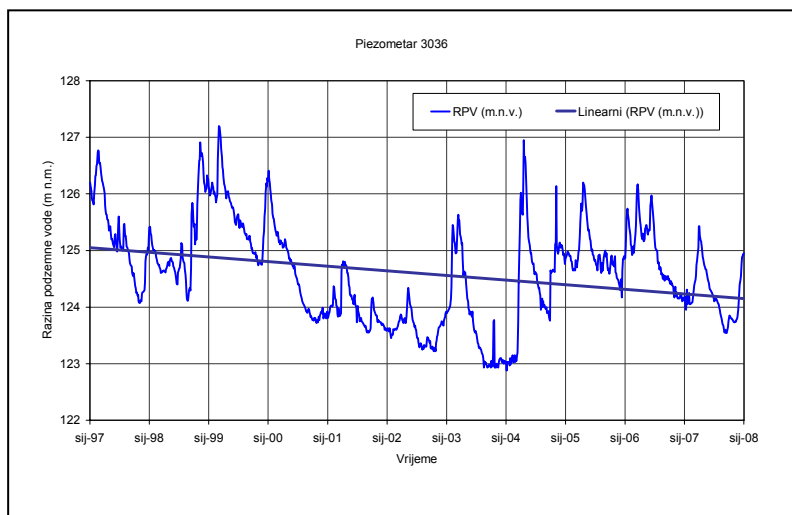
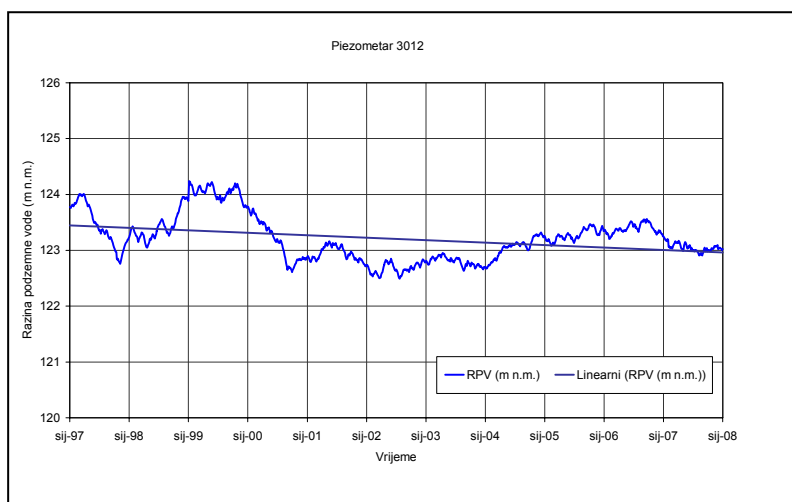
Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini Legrad – Slatina

U okviru provedene analize stanja podzemne vode analizirane su vremenske serije podataka o vodostajima rijeke Drave. Na svim vodomjernim stanicama utvrđen je trend sniženja vodostaja rijeke Drave (slika 5.2.4.1).



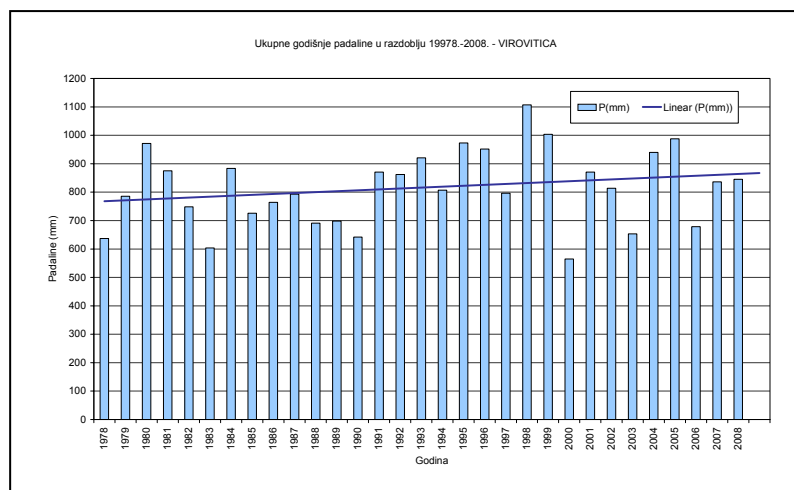
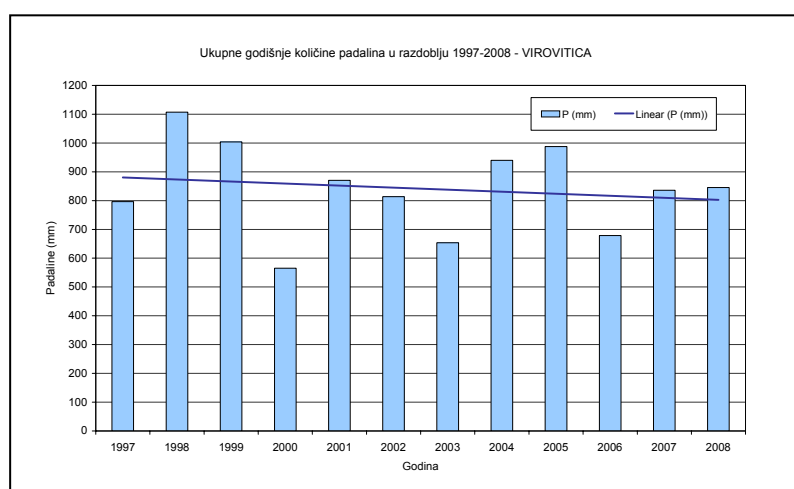
Slika 5.2.4.1. Trend vodostaja rijeke Drave u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernim stanicama Botovo i Terezino polje

U skladu s trendom sniženja vodostaja rijeke Drave na svim piezometrima također se bilježi trend sniženja razina podzemne vode, kako u vodonosniku tako i u krovinskim naslagama (slika 5.2.4.2, prilozi 5/2, 5/3, 5/4, 5/5, 5/6).



Slika 5.2.4.2. Trend razina podzemne vode na piezometrima smještenim sjeverno od Koprivnice (3012), zapadno od Novigrada Podravskog (3036) i sjeverno od Virovitice (4052)

Na ovom području prevladava otjecanje podzemne vode u Dravu, a napajanje vodonosnika prvenstveno se odvija infiltracijom padalina kroz krovinske naslage. Analizom vremenskih serija podataka o padalinama na kišomjernoj stanici Virovitica utvrđeno je smanjenje ukupnih godišnjih padalina u razdoblju od 1997. do 2008. godine, međutim takvo stanje se ne zapaža za 30-godišnje razdoblje (slika 5.2.4.3). Kao i na ostalim meteorološkim stanicama i na ovom području se bilježe veći iznosi srednjih mjesečnih padalina u ljetnim mjesecima posljednjih 12 godine u odnosu na vrijednosti za 30-godišnje razdoblje. Ove padaline ne utječu na obnavljanje podzemne vode jer se uglavnom potroše na evapotranspiraciju i površinsko otjecanje. U ostalim dijelovima godine te vrijednosti su vrlo slične, međutim vremenska serija ukupnih mjesečnih padalina u 12-godišnjem razdoblju primjerice pokazuje izraziti trend smanjenja padalina tijekom travnja, svibnja, listopada i studenog.



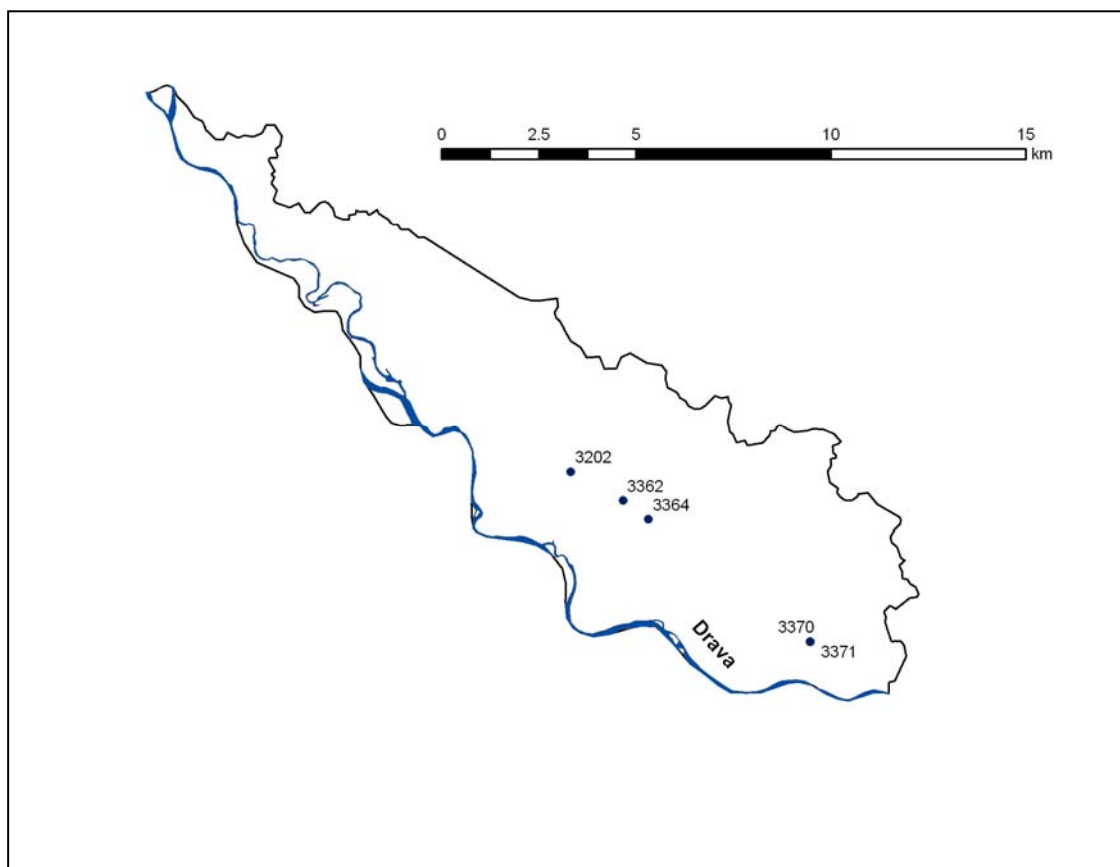
Slika 5.2.4.3. Trend ukupnih godišnjih padalina u razdoblju 1997-2008. i 1978-2008. godine na meteorološkoj stanici Virovitica.

Unutar ove cjeline podzemne vode postoji desetak crpilišta koja se koriste za potrebe vodoopskrbe, međutim ukupne crpne količine koje se na njima crpe bitno ne utječu na

postojeće zalihe podzemne vode. Velika debljina vodonosnog sloja, koja doseže i više od 200 m omogućuje znatno veće korištenje podzemne vode od postojećeg.

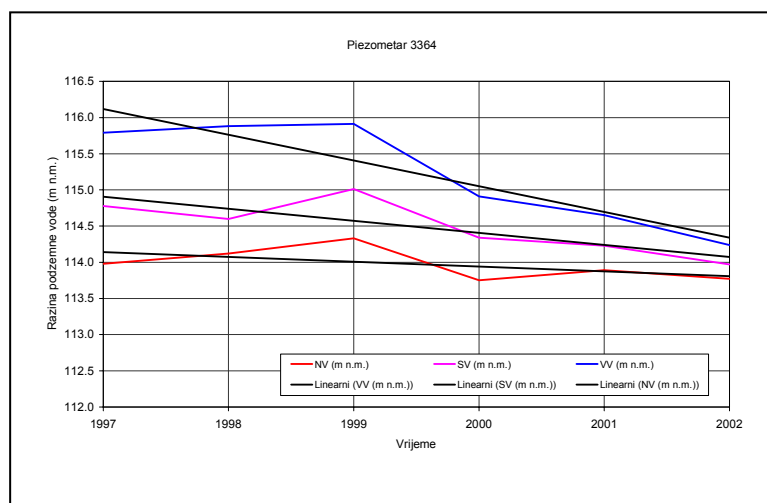
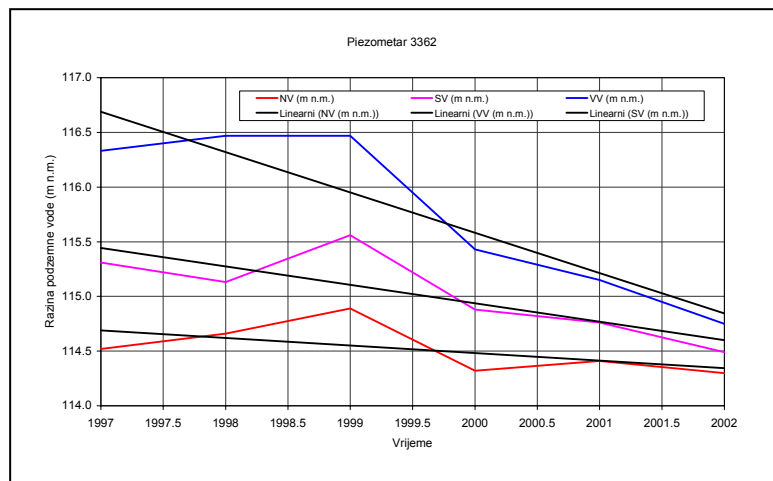
5.2.5. Cjelina Novo Virje

Cjelina podzemne vode Novo Virje obuhvaća lijevu obalu rijeke Drave između Legrada i Novog Virja. Sjeverna granica je državna granica s Mađarskom. U cijelosti je zastupljena dravskim šljunkovito-pjeskovitim vodonosnikom.



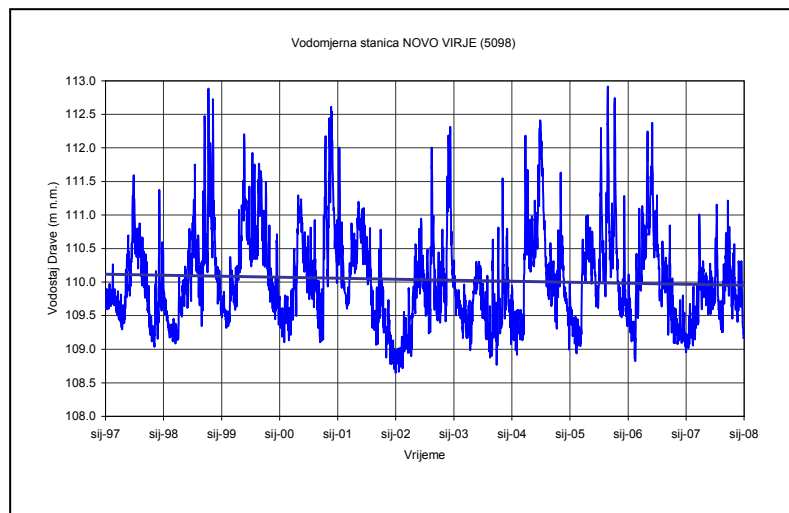
Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini Novo Virje

Unutar ove cjeline nema eksploatacije podzemne vode, no sniženje razina podzemne vode bilježi se na piezometrima (slika 5.2.5.1, prilog 5/4).



Slika 5.2.5.1. Trend niskih, srednjih i visokih godišnjih razina podzemne vode u razdoblju 1997.-2002. godine (opažanja nakon 2002. godine se ne provode).

Sniženje vodostaja rijeke Drave također je zamijetno na vodomjernoj stanici Botovo (slika 5.2.4.1.), kao i na vodomjernoj stanici Novo Virje (slika 5.2.5.2).



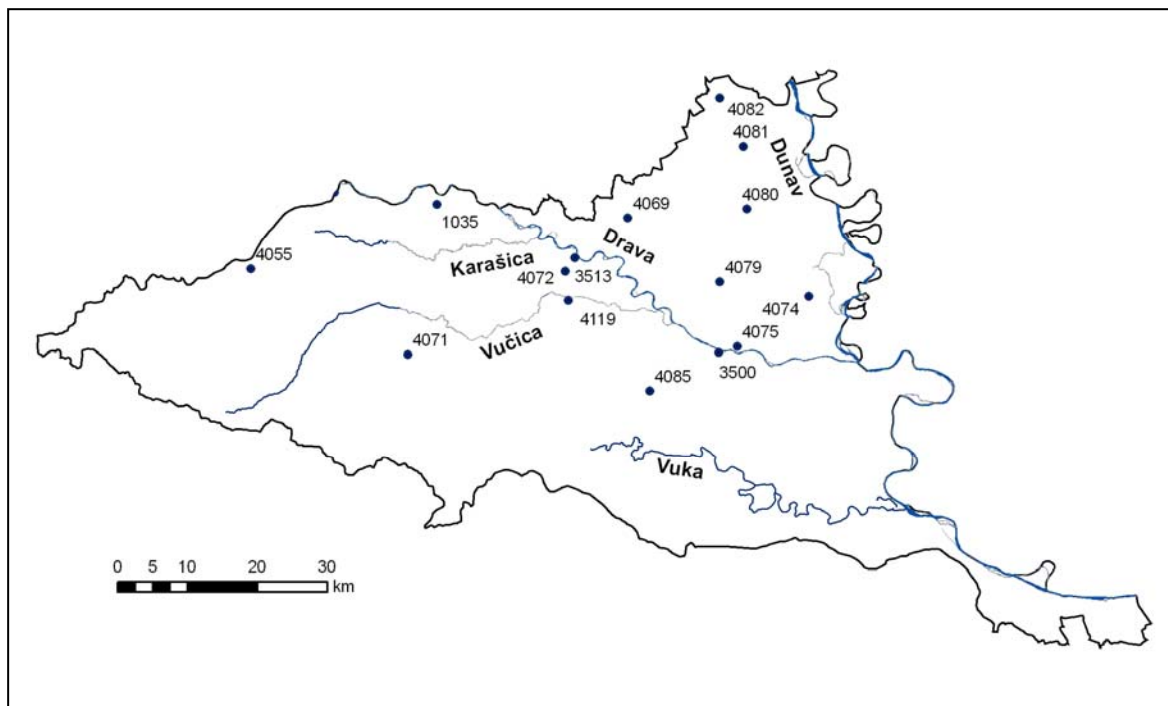
Slika 5.2.5.2. Trend vodostaja rijeke Drave u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernoj stanici Novo Virje

Prostor cjeline podzemne vode Novo Virje slabo je naseljen. Cijeli prostor nalazi se unutar zaštićenog područja rijeke Drave, a dio pokriva šuma Repaš. Na ovom području nema crpilišta javne vodoopskrbe. Sniženje razina podzodne vode nije uzrokovano eksploatacijom podzemne vode.

5.2.6. Cjelina istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

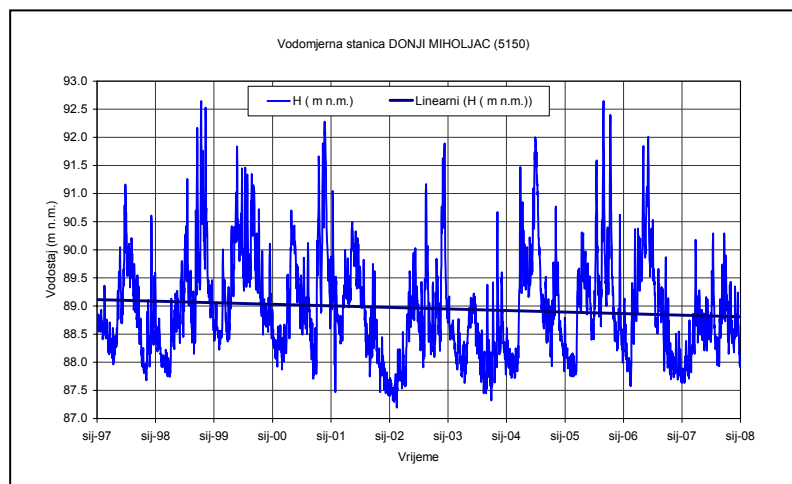
Cjelinom podzemne vode istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava također dominira dravski aluvijalni vodonosnik. U litološkom sastavu vodonosnika dominira sitno do srednjezrnati pijesak s većim proslojcima prašinsto-glinovitih naslaga. Iznad vodonosnika nalazi se krovinski slabopropusni prašinsto-glinoviti sloj. Debljina ovog sloja u pravilu prelazi 20 metara. Prema Đakovačko-Vinkovačkom ravnjaku povećava se do 30 m, a na ravnjaku mjestimice prelazi i 50 m. Na području Baranje debljina krovinskih naslaga manja je od 20 m.

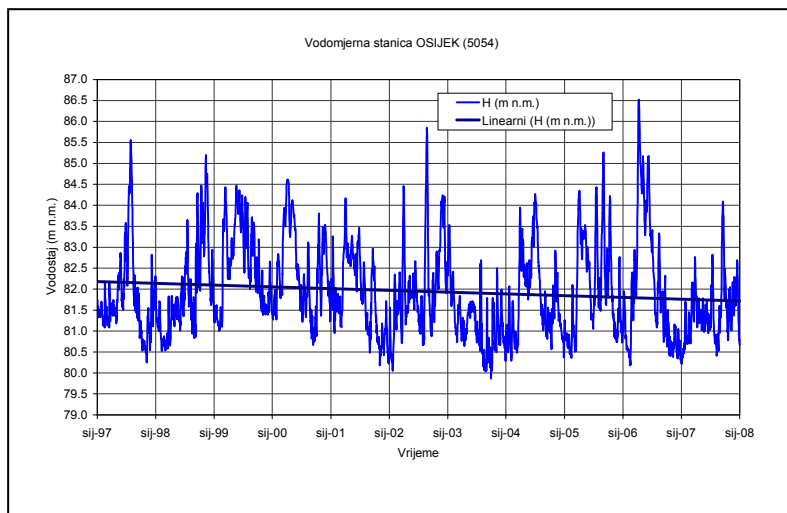
Mjerenje razina podzemne vode na ovom području provodi se putem piezometarske mreže Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ). Analizom dubina piezometara i položaja njihovih sita utvrđeno je da se razine podzemne vode najvećim dijelom opažaju u pjeskovitim slojevima unutar krovinskih naslaga. Razine podzemne vode u vodonosniku opažaju se na području Baranje i na svega nekoliko piezometara na desnoj obali rijeke Drave.



Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava

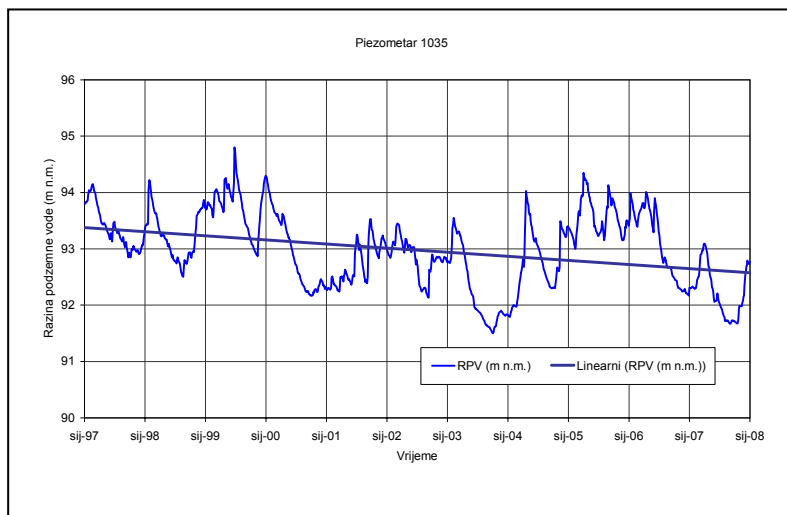
U okviru provedene analize stanja podzemne vode analizirane su vremenske serije podataka o vodostajima rijeke Drave. Kao i na uzvodnim stanicama i na ovom području je utvrđen trend sniženja vodostaja rijeke Drave (slika 5.2.6.1).

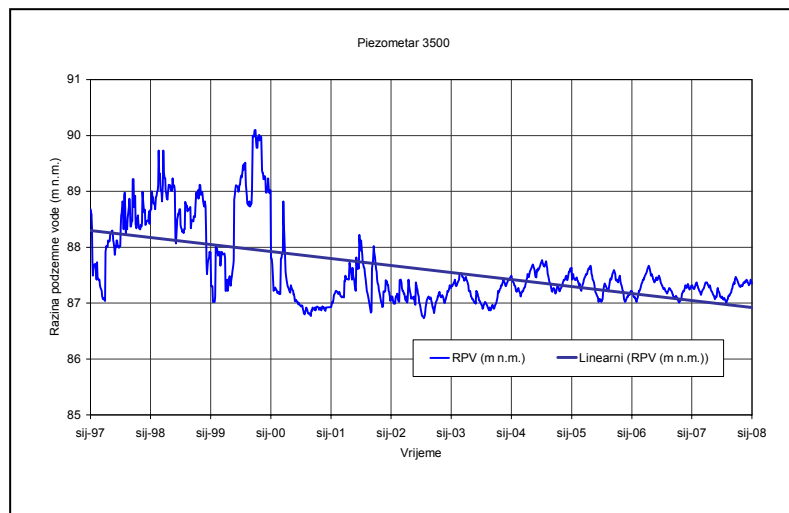




Slika 5.2.6.1. Trend vodostaja rijeke Drave u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernim stanicama Donji Miholjac i Osijek

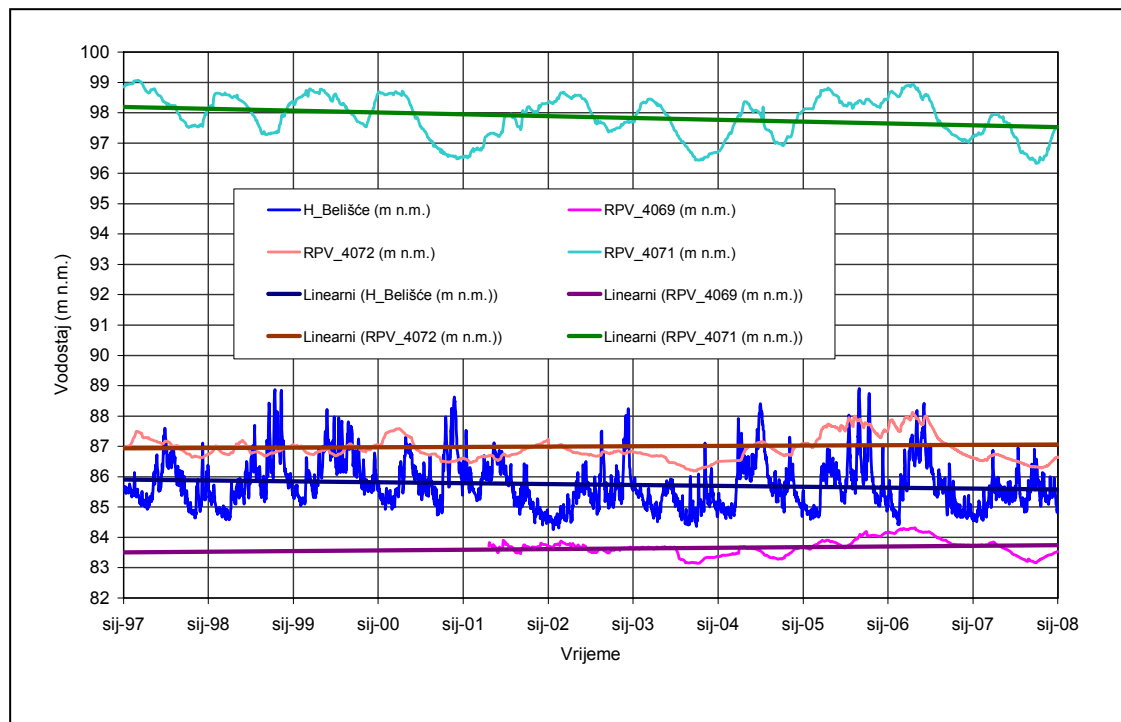
Trend razina podzemne vode u krovinskom sloju, analiziran za vremensko razdoblje od 1997. do 2008. godine, podudara se s trendom vodostaja rijeke Drave i ima izražen trend sniženja (slika 5.2.6.2, prilozi 5/6, 5/7, 5/8, 5/9).





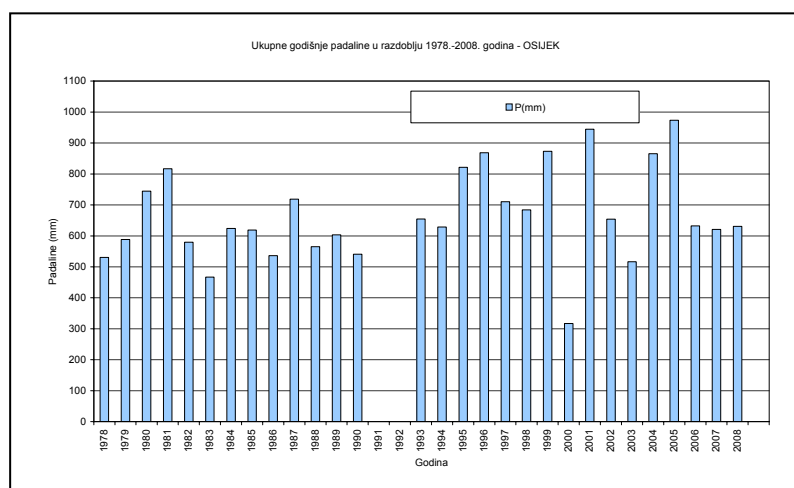
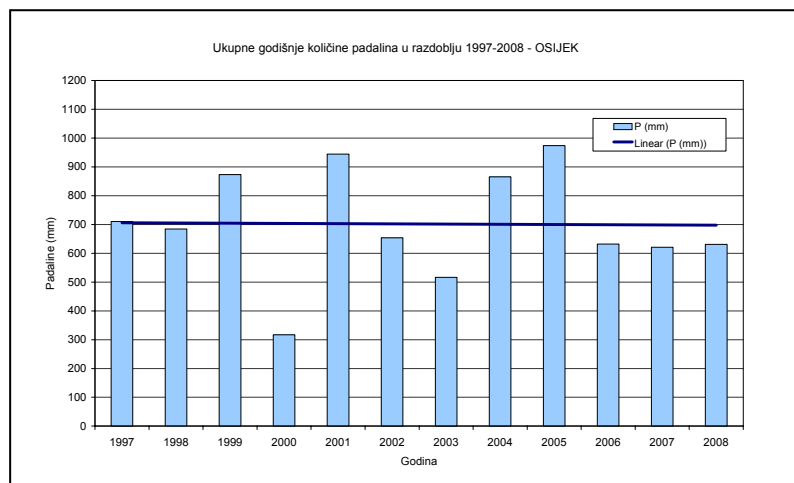
Slika 5.2.6.2. Trend razina podzemne vode na piezometrima (zahvaćen krovinski sloj) smještenim kod Donjeg Miholjca (1035) i kod Osijeka (3500).

Razine podzemnih voda u vodonosniku mjere se na svega nekoliko piezometara u istočnom dijelu ove cjeline (slike 5.2.6.3 i 5.2.6.4.). Vodonosnik je piezometrima zahvaćen na dubinama 76-86 m. Trend razina podzemne vode je negativan na piezometru 4071 (Đurđenovac), ali ne i na piezometrima 4072 (Belišće) i 4069 (Bolman u Baranji). Razine podzemnih voda u Baranji ponovo su se počele mjeriti tek koncem 2001. godine jer motrenja tijekom Domovinskog rata i neposredno nakon njega nije bilo. Općenito analizirane razine podzemnih voda od 2001. do 2008. godine na području Baranje imaju pozitivan trend (povećanje razina podzemne vode). Međutim, kada se detaljnije razmotre i svi ostali nivogrami, i vodostaja rijeke Drave i razina podzemnih voda, zamjetno je povećanje razina podzemne vode u istom razdoblju.



Slika 5.2.6.4. Trend razina podzemne vode na piezometrima smještenim okomito na vodomjernu stanicu Belišće: 4071 kod Đurđenovca, 4072 kod Belišća i 4069 kod Bolmana u Baranji.

Obnavljanje podzemne vode na području ove cjeline prvenstveno se odvija infiltracijom padalina kroz krovinske naslage. Analizom vremenskih serija podataka o padalinama na meteorološkoj stanici Osijek utvrđena je ustaljena količina ukupnih godišnjih padalina u razdoblju od 1997. do 2008. godine (slika 5.2.6.5). Za 30-godišnje razdoblje, iako nema podataka za razdoblje 1991.-1992., izražen je trend porasta ukupnih godišnjih padalina. Kao i na ostalim meteorološkim stanicama i na ovom području se bilježe veći iznosi srednjih mjesečnih padalina u ljetnim mjesecima posljednjih 12 godine u odnosu na vrijednosti za 30-godišnje razdoblje. U ostalim dijelovima godine te vrijednosti su vrlo slične, međutim vremenska serija ukupnih mjesečnih padalina u 12-godišnjem razdoblju primjerice pokazuje izraziti trend smanjenja padalina tijekom listopada i studenog.



Slika 5.2.6.5. Trend ukupnih godišnjih padalina u razdoblju 1997-2008. i 1978-2008. godine na meteorološkoj stanici Osijek.

Unutar ove cjeline podzemne vode postoji veliki broj crpilišta koji se koriste za vodoopskrbu. Na većini se crpe razmjerno male količine podzemne vode, osim na crpilištu Vinogradi koji se koristi za vodoopskrbu Osijeka. Iako je deklarirana izdašnost crpilišta 600 l/s, u pravilu se te količine podzemne vode rijetko crpe. Općenito uzimajući u obzir veliku površinu ove cjeline i znatnu debljinu vodonosnog sloja, koja prelazi 200 m, moguće je veće korištenje podzemne vode od postojećeg.

5.2.7. Cjelina sliv Sutle i Krapine

U slivu rijeka Sutle i Krapine nema organiziranog motrenja razina podzemnih voda. Eksploatacija podzemne vode uglavnom se provodi iz izvora zahvaćenih na Ivanšćici i Strahinjšćici.

5.2.8. Cjelina sliv Lonja – Ilova – Pakra

U slivu rijeka Lonje, Ilove i Pakre nema organiziranog motrenja razina podzemnih voda. Motrenje stanja podzemnih voda provodi se samo lokalno na crpilištima javne vodoopskrbe.

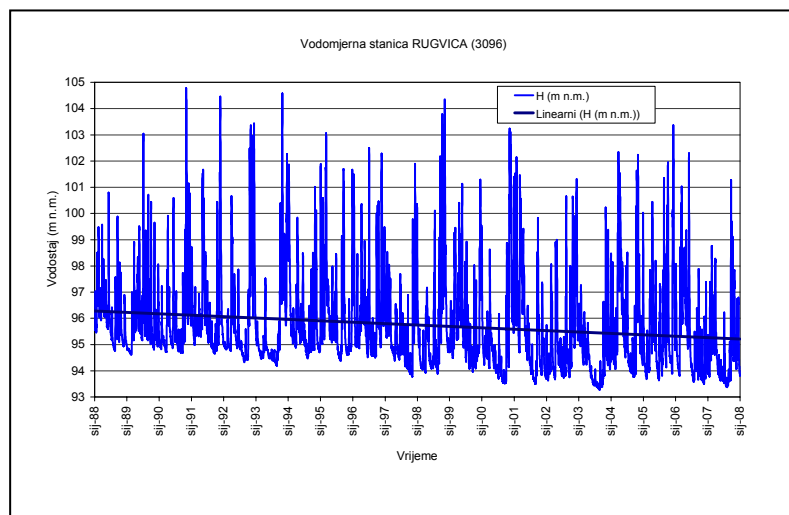
5.2.9. Cjelina sliv Orljave

U slivu rijeke Orljave također nema organiziranog motrenja razina podzemnih voda. Motrenje stanja podzemnih voda provodi se samo lokalno na crpilištima javne vodoopskrbe.

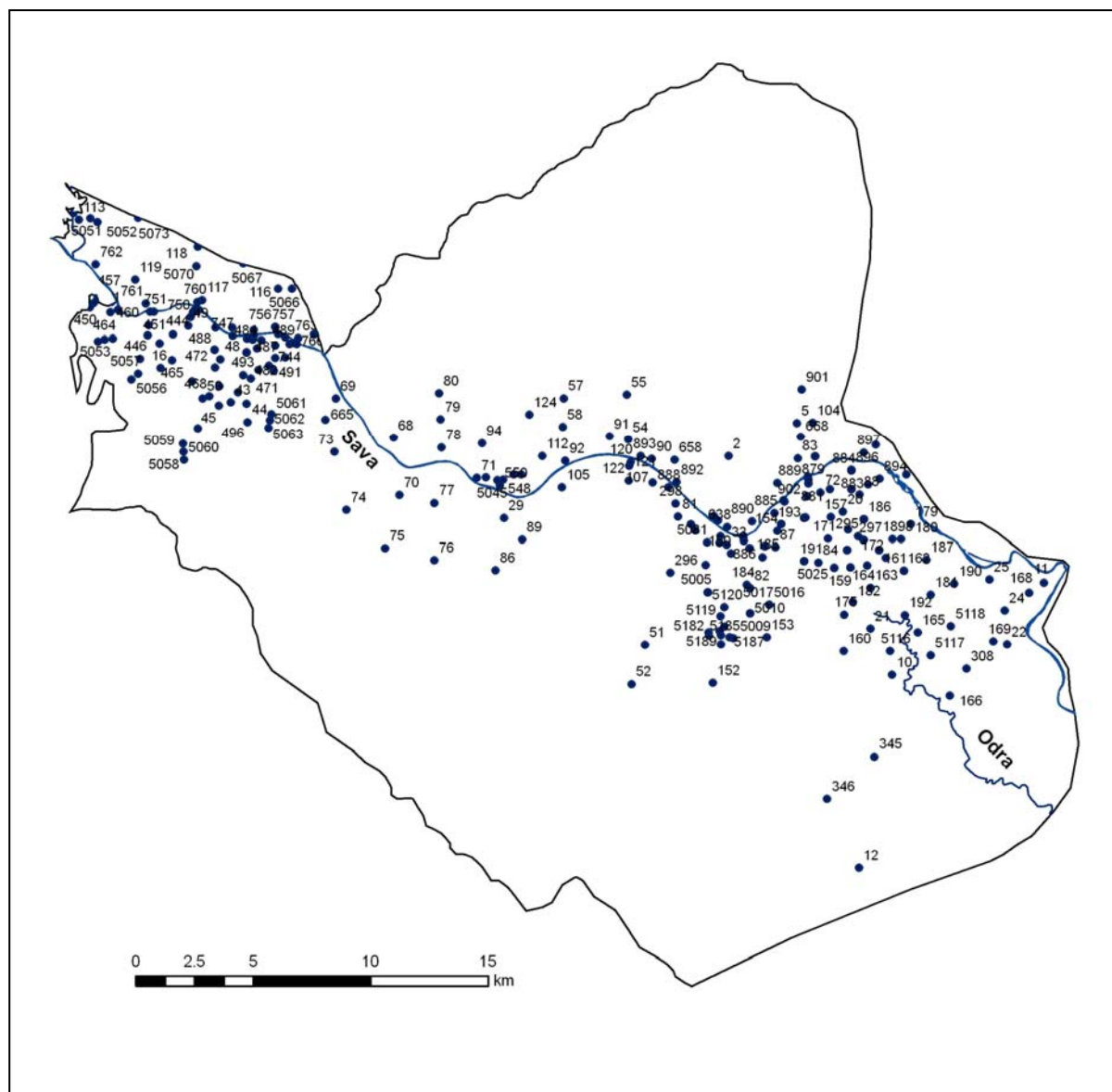
5.2.10. Cjelina Zagreb

Unutar cjeline podzemne vode Zagreb dominira šljunkovito-pjeskoviti vodonosnik istaložen u dolini rijeke Save. Prostire se pravcem sjeverozapad-jugoistok. Debljine je 5 do 10 m u zapadnom dijelu pa do stotinjak metara u istočnom dijelu. Motrenje razina podzemne vode provodi se na nekoliko stotina piezometara. Mjerenja provodi Državni hidrometeorološki zavod, te Vodoopskrba i odvodnja d.o.o.

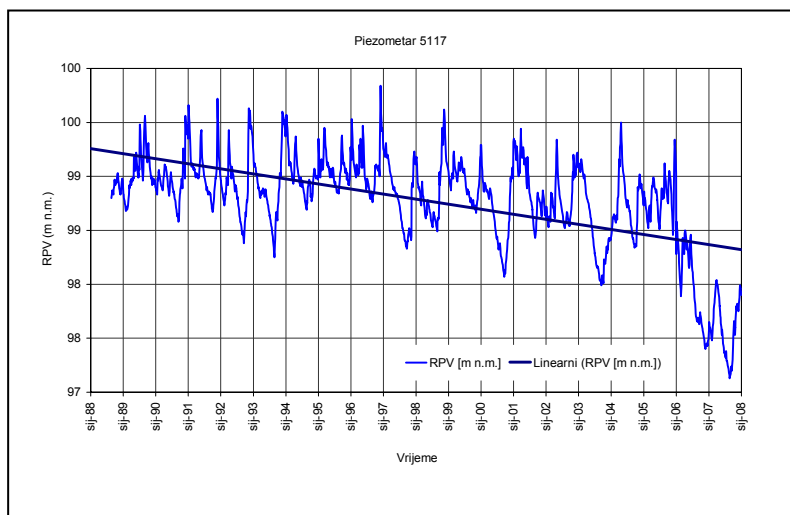
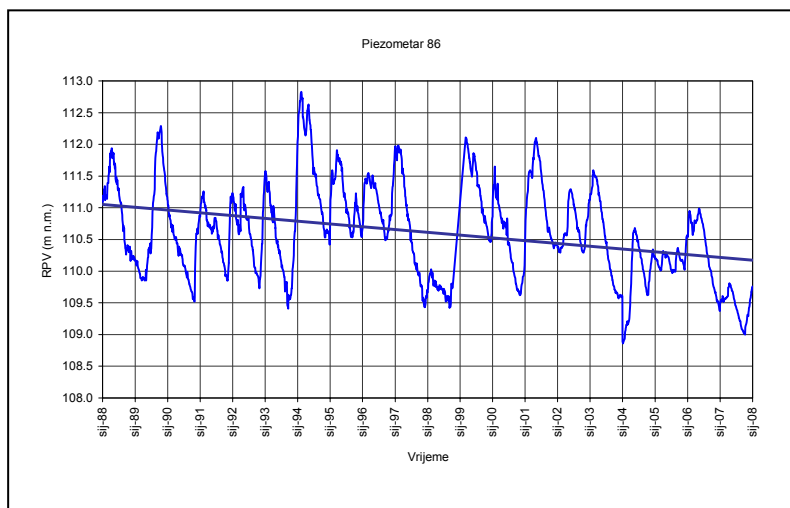
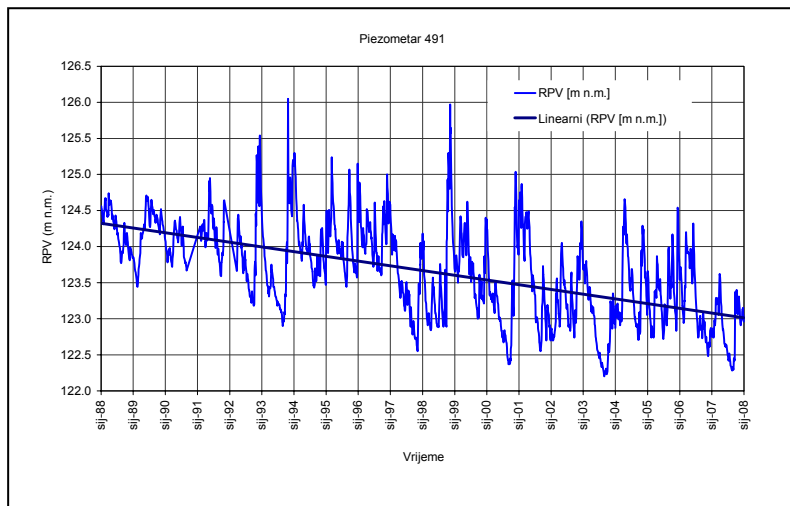
Sniženje razina podzemne vode na zagrebačkom području bilježi se još od 1950. godine. Povezano je sa sniženjem vodostaja rijeke Save (slika 5.2.10.1). Jedan od glavnih razloga tome je usijecanje njihovog korita koje je posljedica izgradnje uzvodnih hidroelektrana, regulacije pritoka, a mjestimice i iskopavanja šljunka (Bonacci i Trninić, 1986). Sniženje vodostaja uzrokovalo je sniženje razina podzemnih voda u zaobalju (slika 5.2.10.2, prilozi 5/10, 5/11). Na zagrebačkom području sniženje razina podzemne vode mjestimice je i pod utjecajem eksploatacije podzemnih voda.



Slika 5.2.10.1. Trend vodostaja rijeke Save u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernoj stanici Rugvica

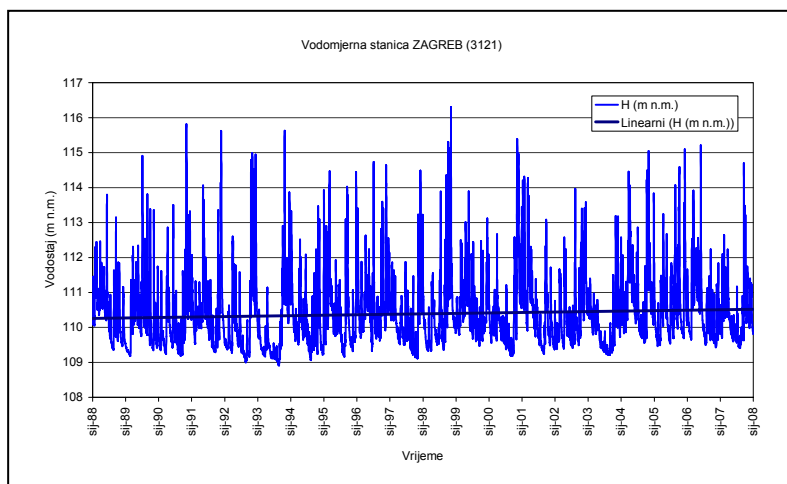


Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini Zagreb

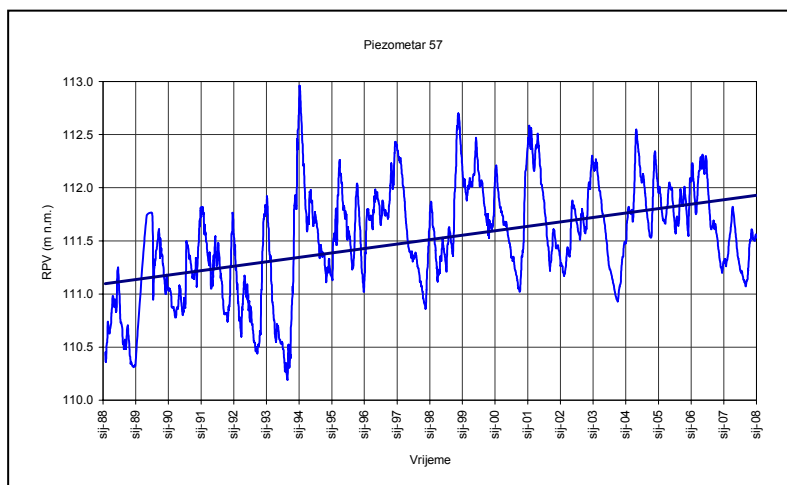


Slika 5.2.10.2. Trend razina podzemne vode na piezometrima smještenim istočno od Strmca (491), zapadno od Male Mlake (86), te jugoistočno od Črnkovca, odnosno jugozapadno od Rugvice (5117)

Početak devedesetih godina trend sniženja vodostaja Save zaustavljen je izgradnjom vodnih stuba kod termoelektrane-toplane (TE-TO) Zagreb (slika 5.2.10.3). Time je zaustavljen i trend sniženja razina podzemne vode uzvodno od vodnih stuba do Podsuseda (slika 5.2.10.4, prilog 4). To je posebice izraženo na njenoj lijevoj obali na kojoj, između ostalog nema značajnije eksploatacije podzemne vode jer su sva gradska crpilišta isključena iz vodoopskrbe.



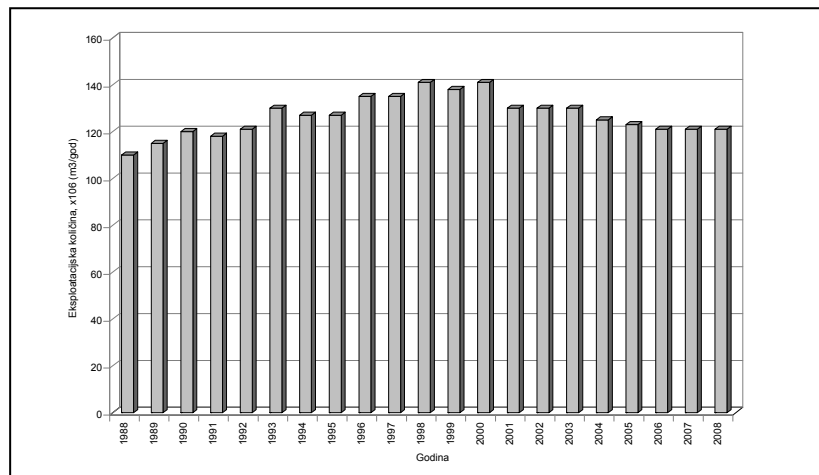
Slika 5.2.10.3. Trend vodostaja rijeke Save u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernoj stanici Zagreb



Slika 5.2.10.4. Trend razina podzemne vode u razdoblju 1997-2008. godina na lijevoj obali rijeke Save

Sniženje razina podzemne vode na zagrebačkom području povezuje se i sa velikim crpnim količinama na zagrebačkim crpilištima što se tumači precrpeljivanjem vodonosnika (Bačani & Posavec, 2008; 2009). Neosporno je da velike crpne količine imaju utjecaj na sniženje razina podzemne vode, međutim nisu osnovni uzrok takvom stanju podzemne vode. Ukupna crpna količina na zagrebačkim crpilištima u razdoblju od 1988. do 2008. godine mijenjala se ovisno o potrebama potrošača. U razdoblju od 1998. do 1993. godine iznosila je oko 120 mil. m³/god, od 1993. do 2000. slijedi blagi porast crpnih količina, a od 2000. godine zamijetan je

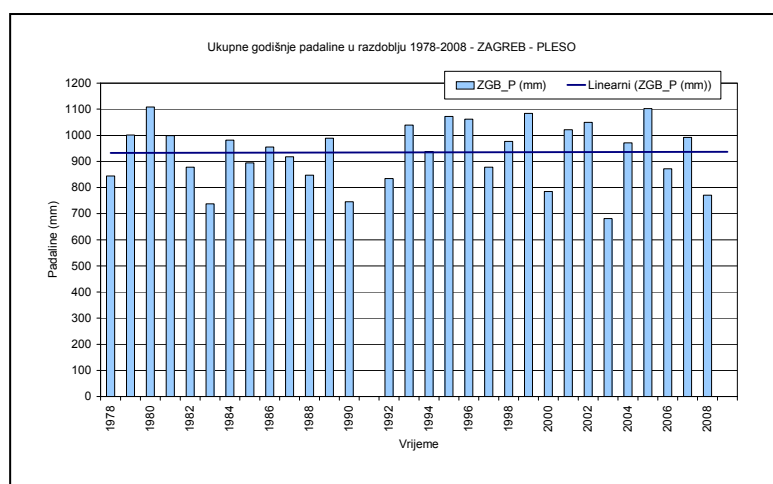
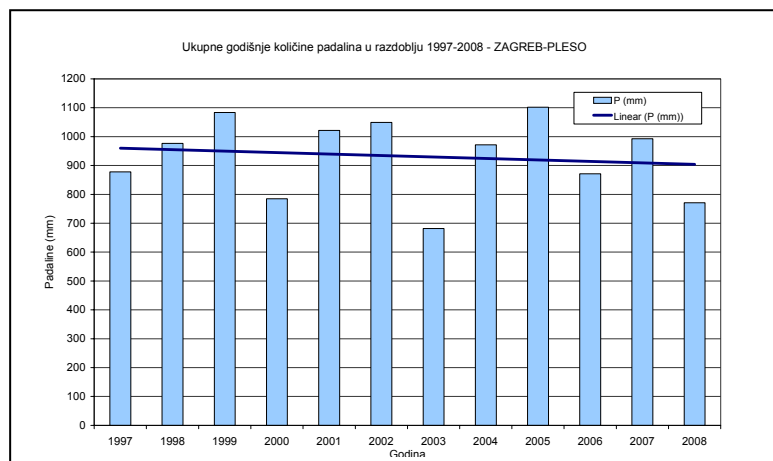
trend njihovog smanjenja (slika 5.2.10.5). Razlog smanjenja crpnih količina pripisuje se smanjenju industrijske potrošnje, te činjenici da i pored povećanja broja individualnih potrošača trend njihove potrošnje blago pada (Kočo & Iličić, 2009).



Slika 5.2.10.5. Ukupna crpna količina na zagrebačkim crpilištima u razdoblju od 1988. do 2008. godine (Kočo & Iličić, 2009)

U razdoblju od 1994. do 2003. godine crpne količine su smanjene primjerice na crpilištima Mala Mlaka i Velika Gorica, a povećane na crpilištu Petruševac (Pošavec, 2006). Ukupna crpna količina na crpilištu Mala Mlaka smanjena je s 1.35 na 1.13 m³/s. I pored smanjenja crpne količine, trend sniženja razina podzemnih voda je nastavljen. Zahvaćeni vodonosni sloj se dominantno napaja dotokom iz rijeke Save. Debljina vodonosnika između Save i crpilišta varira od 6 m uz Savu do preko 35 m na crpilištu. Razmjerno mala debljina vodonosnika koji je zahvaćen na crpilištima Zapruđe, Mala Mlaka i Stara Loza, i niska razina podzemne vode tijekom sušnih razdoblja, odnosno mala debljina vodonosnika saturiranog vodom, ograničavajući je čimbenik eksploatacijskoj količini na crpilištu. Na crpilištu Velika Gorica ukupna crpna količina smanjena je s 0.76 na 0.5 m³/s. I pored smanjenja crpne količine, trend sniženja razina podzemnih voda također je nastavljen. Na crpilištu Petruševac ukupna crpna količina povećana je od 0.95 do 1.08 m³/s. Hidraulička veza zahvaćenog vodonosnika sa Savom je direktna. Velika debljina sloja (60 m) omogućuje da i veće promjene vodostaja Save ne utječu bitno na izdašnost crpilišta.

Analizom vremenske serije padalina utvrđeno je da se u razdoblju od 1997. do 2008. godine bilježi smanjenje ukupnih godišnjih padalina na meteorološkoj stanici Zagreb-Pleso, premda se ono ne bilježi za 30-godišnje razdoblje (5.2.10.6.). Posljednjih desetak godina bilježi se razmjerno velika količina padalina tijekom ljetnih mjeseci, no te padaline ne utječu na razine podzemnih voda jer se, zbog visokih temperatura najveći dio potroši na evapotranspiraciju, a manjim dijelom na površinsko otjecanje.

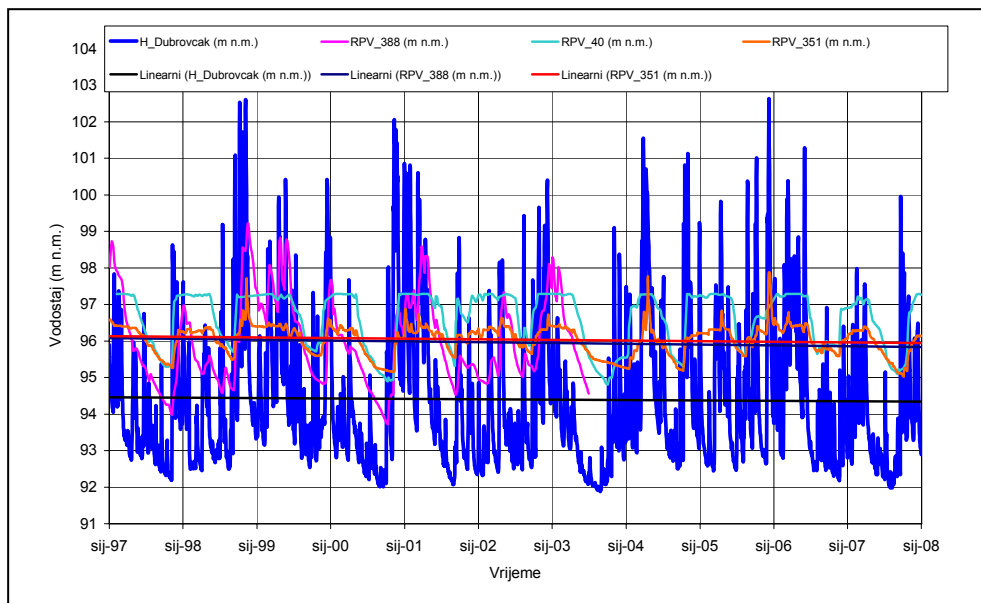


Slika 5.2.10.6. Trend ukupnih godišnjih padalina u razdoblju 1997-2008. i 1978-2008. godine na meteorološkoj stanici Zagreb-Pleso

5.2.11. Cjelina Lekenik – Lužani

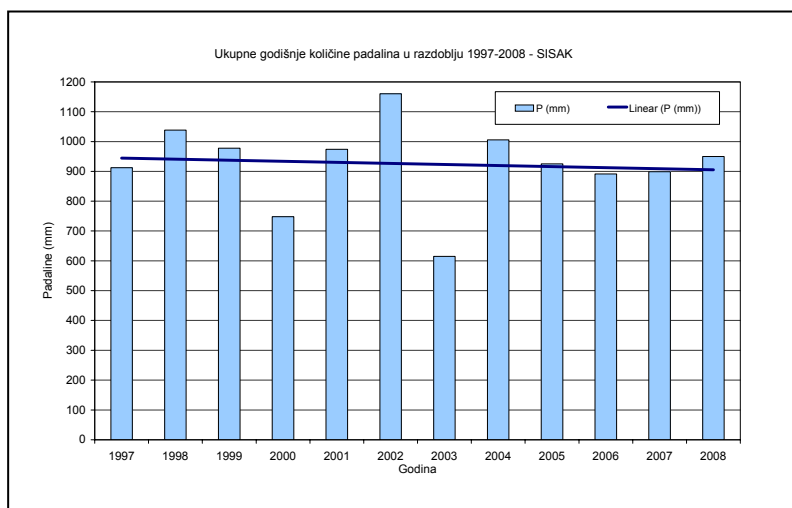
Nizvodno od Lekenika aluvijalni vodonosnik u dolini rijeke Save bitno mijenja svoje hidrogeološke karakteristike. U njegovom litološkom sastavu uglavnom dominira sitno do srednjezrnati pijesak. Nešto veće količine gruboklastičnog materijala istaložene su u šljunkovito-pjeskovitim lepezastim nanosima koje su nastale donosom materijala desnim pritokama Save: Unom i Vrbasom u ovoj cjelini, te Ukrinom i Bosnom u cjelini podzemne vode istočna Slavonija – sliv Save.

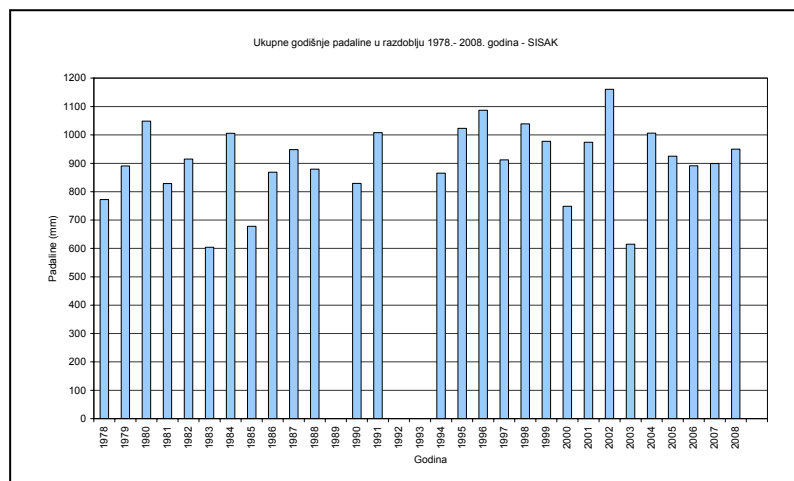
Opazanje razina podzemne vode unutar ove cjeline provodi se samo na prostoru između Lekenika i Siska. Mjerenja provodi Državni hidrometeorološki zavod. Piezometri koji su uključeni u opažačku mrežu razmjerno su plitki, pa u većem broju slučajeva mjere razine podzemne vode u krovinskom sloju čija debljina na ovom području mjetimice prelazi i 20 metara.



Slika 5.2.11.1. Trend vodostaja rijeke Save u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernoj stanici Dubrovčak i piezometrima na desnoj obali rijeke Save

Analizom vremenske serije podatak o padalinama u razdoblju od 1997. do 2008. godine na meteorološkoj stanici Sisak, kao i na zagrebačkom području, bilježi se smanjenje ukupnih godišnjih padalina, premda se isto ne zamjećuje za 30-godišnje razdoblje (5.2.11.2.). Kao i na ostalim analiziranim stanicama, i ovdje se zapaže porast srednjih mjesečnih padalina tijekom ljetnih mjeseci u razdoblju 1997.-2008. U ostalim dijelovima godine srednje mjesečne količine padalina za 30-godišnje i 12-godišnje razdoblje su vrlo slične.





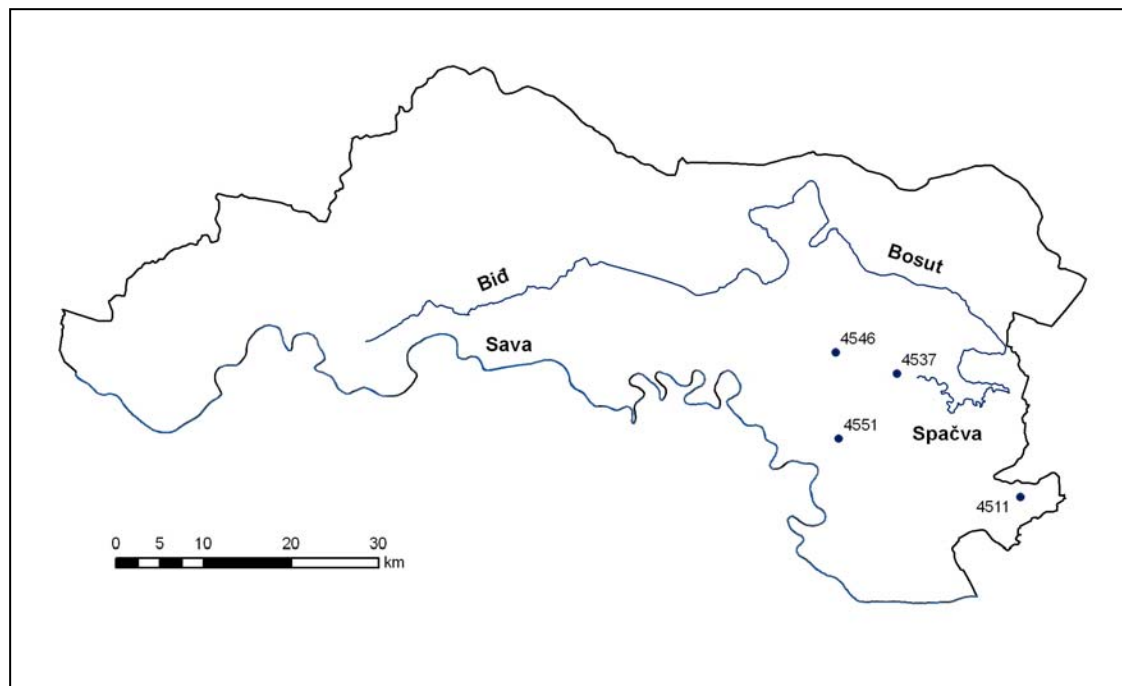
Slika 5.2.11.2. Trend ukupnih godišnjih padalina u razdoblju 1997-2008. i 1978-2008. godine na meteorološkoj stanici Sisak

Na području cjeline podzemnih voda Lekenik-Lužani nema eksploatacije podzemne vode. Sniženje razina podzemne vode nije uzrokovano prekomjernim crpljenjem.

5.2.12. Cjelina istočna Slavonija – sliv Save

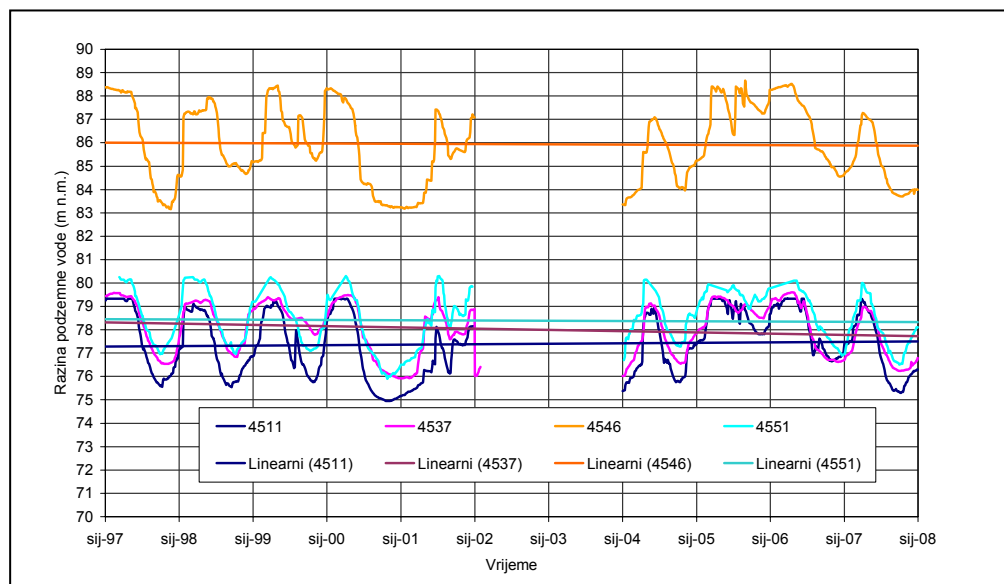
Razine podzemne vode na području istočne Slavonije (istočno od Lužana) u slivu rijeke Save duži niz godina mjere se samo na području Spačvanske šume. U ostalom prostoru ove cjeline organiziranog motrenja podzemnih voda nema osim onih koji se provode na crpilištima javne vodoopskrbe.

Na području Spačvanske šume motrenje razina podzemnih voda provodi se u piezometrima koji zahvaćaju naslage na različitim dubinama (od 1 do 22 m dubine), uglavnom unutar krovinskih naslaga. Za analizu stanja podzemne vode na ovom području odabrani su piezometri s najdublje položenim sitom.



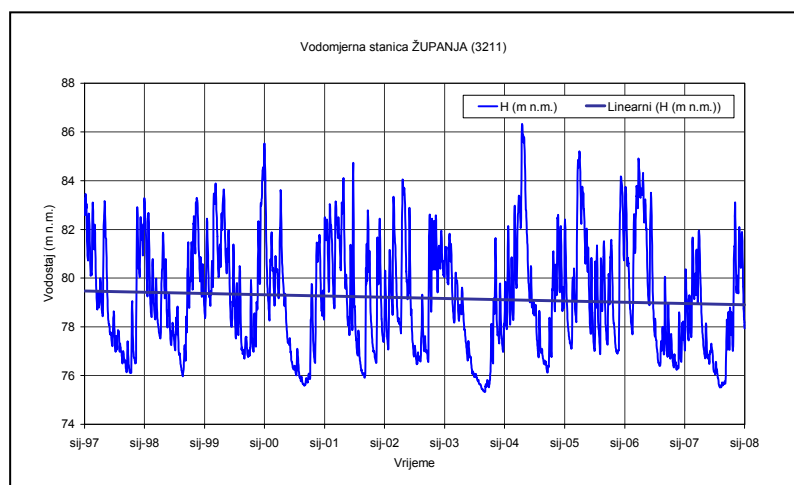
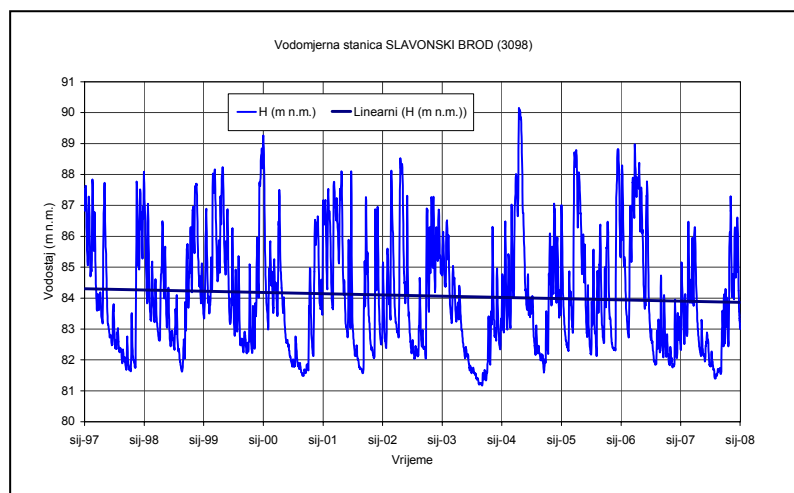
Shematski prikaz razmatranih piezometara u cjelini istočna Slavonija – sliv Save

Blago sniženje razina podzemnih voda bilježi se i na ovom području (slika 5.2.12.1).



Slika 5.2.12.1. Trend razina podzemnih voda na području Spačvanske šume

Kao i duž cijelog toka rijeke Save i u ovom dijelu Hrvatske zamjetno je sniženje vodostaja rijeke Save, što pokazuju nivogrami na vodomjernim stanicama Slavonski Brod i Županja (slika 5.2.12.2).



Slika 5.2.12.2. Trend vodostaja rijeke Save u razdoblju 1997-2008. godina na vodomjernim stanicama Slavonski Brod i Županja

Na prostoru Spačvanske šume nema eksploatacije podzemne vode, a količine koje se crpe izvan ovog područja su razmjerno male. Maksimalna izdašnost tih crpilišta je 10-30 l/s. Sniženje razina podzemne vode nije posljedica eksploatacije podzemne vode.

5.2.13. Cjelina Žumberak – Samoborsko gorje

Na području Žumberak – Samoborsko gorje nema organiziranog motrenja razina podzemnih voda. Eksploatacija podzemne vode uglavnom se provodi iz zahvaćenih izvora.

5.2.14. Cjelina donji tok Kupe

Na području donjeg toka rijeke Kupe motrenje stanja podzemnih voda provodi se lokalno na crpilištima javne vodoopskrbe, te na prostoru između Ozlja, Kupe i Gornjeg Pokupja (VES

Brodarci) i to vrlo plitko ispod površine terena, na dubinama 1 do 5 metara dubine. U neposrednoj blizini ovog područja nema crpilišta javne vodoopskrbe.

5.2.15. Cjelina donji tok Une

Na području donjeg toka rijeke Une nema organiziranog motrenja razina podzemnih voda. Motrenje stanja podzemnih voda provodi se samo lokalno na crpilištima javne vodoopskrbe.

5.2.16. Sažeti prikaz procjene stanja i rizika cjelina podzemnih voda s obzirom na količinsko stanje

Usporedbom eksploatacijskih količina podzemne vode (prema izdanim koncesijama) i procijenjenih zaliha podzemne vode (tablica 3.1.2.2.) zapaža se da se samo mali dio raspoloživih obnovljivih zaliha danas koristi, te da su mogućnosti znatno veće. Najveći udio crpnih količina u odnosu na obnovljive zalihe bilježi se na zagrebačkom području i iznosi oko 70%. Pri tome rijeka Sava sudjeluje u obnavljanju vode na crpilištima s oko 67% (Bačani i dr., 2007). Povećanje crpnih količina na crpilištima Mala Mlaka, Zapruđe, Stara Loza nije moguće zbog male debljine vodonosnika. Međutim, u istočnom dijelu ove cjeline podzemne vode formiranje novog crpilišta (Kosnica) bitno neće narušiti stanje u vodonosniku jer će se napajanje ostvarivati induciranim procjeđivanjem iz rijeke Save.

Utvrđeno sniženje razina podzemne vode u pravilu nije posljedica prekomjerne eksploatacije podzemne vode, već općeg stanja voda u Hrvatskoj. Trend sniženja razina vode bilježi se u površinskim vodotocima, te u skladu s tim i u vodonosnicima. Posljedica je to produbljavanja dna korita rijeka, te u svezi s tim sniženja njihovih vodostaja, premda se mjestimice ne može zanemariti i eksploatacija podzemne vode. Erodiranje dna korita rijeka posljedica je znatnih morfoloških promjena koje su nastale njihovom regulacijom i regulacijom njihovih pritoka, izgradnjom stotina kilometara nasipa za obranu od poplava, te eksploatacijom šljunka iz korita.

Prema Okvirnoj direktivi o vodama EU (WFD-2000/60/EC) procjena stanja i rizika cjelina podzemne vode, između ostalog se temelji i na potrebama ekosustava ovisnih o podzemnim vodama za vodom. Prema postojećim podacima i smjernicama za mjere zaštite u područjima nacionalne ekološke mreže (NATURA 2000) ne izdvaja se problem sniženja razina podzemne vode. U posebnim slučajevima samo se naglašava potreba očuvanja postojećeg stanja voda.

U skladu s navedenim, većina cjelina podzemne vode u panonskom dijelu Hrvatske označene su kao cjeline u kojima „nema rizika“. Većina cjelina podzemnih voda u kojima nema organiziranog motrenja, zbog čega analiza stanja podzemne vode nije načinjena, uglavnom su područja izgrađena od slabo propusnih naslaga (sliv Sutle i Krapine, sliv Lonje, Ilove i Pakre, sliv Orljave, donji tok Kupe, donji tok Une). Bolje propusne naslage unutar njih ograničenog su prostiranja. Podzemna voda se uglavnom crpi u količinama koje omogućava izdašnost vodonosnika. Cjelinu Žumberak – Samoborsko gorje u cijelosti izgrađuju karbonatne naslage, a korištenje podzemne vode iz ovih vodonosnika također je ograničeno mogućnostima vodonosnika. Zbog toga su navedene cjeline podzemne vode svrstane u kategoriju „nema rizika“.

Zagrebačko područje svrstano je u kategoriju „potencijalnog rizika“ zbog razmjerno velikih potreba za podzemnom vodom i zamjetnih sniženja razina podzemnih voda. Na ovom području postoji složena situacija koja zahtijeva kvalitetna mjerenja brojnih parametara (vodotaji, protoci i vučeni nanos Save, razine podzemnih voda, klimatske promjene), te njihovu stalnu obradu i analizu, kao i kvantificiranje antropoloških utjecaja.

Procjena rizika cjelina podzemnih voda sa stanovišta korištenja podzemnih voda (ocjena količinskog stanja) prikazana je u tablici 5.2.16.1.

<i>ID cjeline</i>	<i>Naziv cjeline podzemne vode</i>	<i>Procjena rizika</i>
1	MEĐIMURJE	Nema rizika
2	VARAŽDINSKO PODRUČJE	Nema rizika
3	SLIV BEDNJE	Nema rizika
4	LEGRAD - SLATINA	Nema rizika
5	NOVO VIRJE	Nema rizika
6	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV DRAVE I DUNAVA	Nema rizika
7	SLIV SUTLE I KRAPINE	Nema rizika
8	SLIV LONJA - ILOVA - PAKRA	Nema rizika
9	SLIV ORLJAVE	Nema rizika
10	ZAGREB	U stanju potencijalnog rizika
11	LEKENIK - LUŽANI	Nema rizika
12	ISTOČNA SLAVONIJA - SLIV SAVE	Nema rizika
13	ŽUMBERAK - SAMOBORSKO GORJE	Nema rizika
14	DONJI TOK KUPE	Nema rizika
15	DONJI TOK UNE	Nema rizika

Tablica 5.2.16.1. Procjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda s obzirom na količinsko stanje

6. Nedostatak podataka

Analizom postojećih podataka utvrđeno je sljedeće:

- nedovoljno informacija o ekosustavima ovisnim o podzemnim vodama i njihovim potrebama za vodom
- nedovoljno informacija o količinama istjecanja na izvorima u brdovitom i planinskom području
- nedostatak informacija o crpnim količinama iz privatnih zdenaca koji su izvan sustava javne vodoopskrbe, a koriste se za ljudske potrebe (pitka voda)
- nedostatak informacija o crpnim količinama iz privatnih zdenaca koje se koriste za navodnjavanje
- nedostatak informacija o kakvoći podzemne vode na područjima većine grupiranih cjelina podzemnih voda
- nedostatak podataka o izgrađenosti sustava odvodnje otpadnih voda gradova i naselja
- postojeća baza industrijskih objekata je nepotpuna. Većina industrijskih objekata nedostaje kao i podaci o štetnim tvarima
- postojeća baza odlagališta otpada je nepotpuna. Nedostaju informacije o dimenzijama, stupnju zaštite od onečišćenja okoliša, dimenzijama, i točnoj poziciji odlagališta.

7. Preporuke za motrenje podzemnih voda

7.1. Motrenje količinskog stanja podzemnih voda

Motrenje količinskog stanja podzemnih voda (razina podzemnih voda i izdašnosti na izvorima) koristi za utvrđivanje vanjskih utjecaja (npr. crpljenje podzemne vode) na iskoristive zalihe podzemnih voda i postojeće ekosustave.

Motrenje razina podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske provodi se u okviru nacionalne mreže motrenja od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda Hrvatske. Motrenje je uspostavljeno na više stotina piezometara u dolinama rijeka Drave i Save. U dolini rijeke Drave motrenje se provodi na 434 piezometra, a u dolini rijeke Save na 460 piezometara od čega u 60-ak piezometara za potrebe praćenja oscilacija razina podzemne vode na području ekosustava Spačvanski bazen na kojemu su zastupljene šume i vlažni travnjaci. U dolini rijeke Kupe motrenje razina podzemnih voda provodi se na 65 piezometara. Filtri u piezometrma na području Spačvanskog bazena i u dolini rijeke Kupe postavljeni su na različitim dubinama te mjere razine podzemne vode na različitim dubinama, većinom unutar krovinskih naslaga vodonosnika. U središnjem i istočnom dijelu dravske doline u velikom broju piezometara filtri su također ugrađeni na način da se opaža razina podzemne vode unutar krovinskih naslaga.

Većina piezometara izvedena je za potrebe projektiranja i praćenja rada hidroelektrana planiranih i/ili izvedenih na ovim rijekama. Najveći ih je broj u zapadnom dijelu dravskog bazena, te u zapadnom dijelu Savskog bazena. Nizvodno od Siska, organiziranog motrenja

podzemnih voda u savskom bazenu nema, kao i na brdovitim i brežuljkastim predjelima između dolina rijeke Drave i Save, Karlovačkom bazenu, te Žumberku i Samoborskom gorju.

Postojeću opažačku mrežu potrebno je dopuniti na područjima gdje motrenja razina i istjecanja podzemnih voda nema. Takva područja su prvenstveno vodonosnici međuzrnske poroznosti u dolini rijeke Save nizvodno od Siska. Na području Lonjskog polja mogu se iskoristiti piezometri izvedeni prije dvije godine (šire područje Osekova), a na području istočne Slavonije (područje između rijeke Save, Slavenskog Šamca, Babine Grede) također postoji veći broj piezometara koji se već sada mogu uključiti u opažačku mrežu. U odabiru postojećih piezometara potrebno je izbjegavati one koji se nalaze na neposrednom utjecajnom području crpilišta podzemne vode. Kao takvi neće biti reprezentativni za prikaz stanja podzemne vode u cjelini podzemne vode, već isključivo lokalno.

Između Jasenovca i Slavenskog Broda potrebno je načiniti nove strukturno-piezometarske bušotine i locirati ih u 5-6 profila približno okomito na rijeku Savu, a njihove tehničke karakteristike (dubina, udaljenost) definirati prema postojećim podacima o litološkim naslagama naslaga u tom području (slike 1.1.3, 1.1.4, 1.2.1).

U pridravskoj ravnici, na desnoj obali rijeke Drave nizvodno od Virovitice također je potrebno dopuniti opažačku mrežu piezometrima koji zahvaćaju vodonosni sloj, a ne krovinske naslage.

U piezometre je potrebno ugraditi mjerače za kontinuirano mjerenje razina podzemne vode. Oni se mogu programirati na željenu učestalost mjerenja (npr. jednom dnevno), a očitavanje podataka je razmjerno jednostavno pomoću računala i odgovarajućeg programa (software-a).

7.2. Motrenje stanja kakvoće podzemnih voda

Motrenje prirodne kakvoće podzemnih voda u panonskom dijelu Hrvatske u okviru nacionalne mreže provodi se na 228 lokacija. Od toga se na 40 lokacija prati u slivu rijeke Drave, na 37 lokacija u slivu rijeke Save (izuzev Zagreba) i na 151 lokaciji na zagrebačkom području. Osim toga, praćenje kakvoća podzemne vode prati se i na većim crpilištima koja se koriste za javnu vodoopskrbu. Nacionalna opažačka mreža je pod ingerencijom Hrvatskih voda, dok je motrenje na crpilištima obveza komunalnih poduzeća. Analize uzoraka podzemne vode i iz jedne i iz druge opažačke mreže rade se u ovlaštenim laboratorijima Zavoda za javno zdravstvo.

U nacionalnu mrežu motrenja kakvoće podzemnih voda, koja bi zadovoljavala uvjete Okvirne direktive o vodama EU i koja bi oslikavala stanje kakvoće podzemnih voda unutar pojedinih cjelina potrebno je uključiti crpne zdence i izvore koji se koriste za javnu vodoopskrbu. To bi bila crpilišta koja unutar jedne cjeline podzemne vode sudjeluju s više od 10 % ukupnih eksploatacijskih količina.

Prednost izbora ovakvih lokacija je višestruka:

- crpni zdenci velikih izdašnosti uzrokuju veliki utjecaj crpljenja u okolišu pa su time reprezentativni za ocjenu kakvoće podzemne vode (nasuprot tome, zdenci malih izdašnosti i/ili piezometarske bušotine ne moraju biti reprezentativni za cjelinu podzemne vode jer crpljenje vode iz njih može imati samo lokalni utjecaj),
- isto se odnosi i na izvore velikih izdašnosti u pukotinskim vodonosnicima (oni malih izdašnosti imaju mala priljevna područja, zbog čega nisu reprezentativni za cjelinu podzemne vode)

- crpni zdenci su stalno u pogonu zbog čega ih nije potrebno čistiti,
- uzorkovanje je razmjerno jednostavno jer su crpke u zdence već ugrađene,
- i konačno, prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08) na crpilištima je potrebno provoditi motrenje prirodne kakvoće podzemne vode koja se koristi za ljudsku uporabu.

Posebno treba napomenuti da je za ocjenu kakvoće podzemne vode unutar neke cjeline potrebno uzorkovati i analizirati samo prirodnu podzemnu vodu (ne onu iz vodoopskrbnog sustava).

Daljnji razvitak mreže za motrenje kakvoće podzemne vode mora biti uspostavljeno na način da zadovolji zahtjeve Nitratne direktive i motrenja u zaštićenim područjima, uključujući i zone sanitarne zaštite izvorišta za piće.

Prema direktivama 2000/60/EC, 2006/118/EC, 91/676/EEC i 80/778/EEC cjeline koje su u riziku s obzirom na određeni pokazatelj potrebno je obvezno uspostaviti monitoring jedanput na mjesec sljedećih pokazatelja: nitrata (NO_3^-), pH-vrijednost, elektrolitičke vodljivosti (EC), zasićenosti kisikom, amonijev ion (NH_4^+), te arsen (As), kadmij (Cd), olovo (Pb), živa (Hg), kloride (Cl^-), sulfate (SO_4^{2-}), trikloretilen i tetrakloretilen. Isto tako, jednom godišnje je potrebno učiniti kompletnu analizu ("C" analiza) na odabranim objektima. U cjelinama koje nisu u riziku obzirom na kakvoću podzemne vode potrebno je minimalno jedanput godišnje učiniti kompletnu analizu ("C" analiza) na odabranim objektima.

Sastavili:

Dr.sc. Željka Brkić, dipl.inž.geol.

Dr.sc. Ozren Larva, dipl.inž.geol.

Dr.sc. Tamara Marković, dipl.inž.geol.

Literatura

- Babić, Ž., Čakarun, V., Sokač, A. & Mraz, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga porječja rijeke Drave. Geol. vjesnik 30/1:43-61
- Bačani, A. & Posavec, K. (2009): Kvantitativno stanje podzemnih voda na području Grada Zagreba. Znanstveno-stručni skup "Vodoopskrba grada Zagreba - stanje i perspektive". 7-14, Zagrebački holding d.o.o., Zagreb.
- Bačani, A. & Posavec, K. (2008): Podzemne vode na području grada Zagreba. Savjetovanje „Zagrebačke vode“. 79-93, Kigen, Zagreb.
- Bačani, A., Posavec, K., Nakić, Z., Perković, D., Miletić, P., Heinrich-Miletić, M., Parlov, J. & Bazijanec, M. (2005): Elaborat zaštitnih zona vodocrpilišta grada Zagreba. RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Biondić, B. & Brkić, Ž. (2002): Vodnogospodarska osnovica Republike Hrvatske - Podzemne vode. Inst.geol.istr., Zagreb.
- Bonacci, O. & Trninić, D. (1986): Analiza uzroka i prognoza promjena vodostaja Save i nivoa podzemnih voda u okolici Zagreba. Vodoprivreda 18, 100-101 (1986/2-3), str. 95-101.
- Brkić, Ž. (1999): Napajanje aluvijalnih vodonosnika sjeverne Hrvatske kroz slabije propusne krovinske naslage. Disertacija, 154 str., RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Brkić, Ž. & Biondić, B. (2000): Savski vodonosnik i njegove hidrogeološke značajke. Zbornik radova, Okrugli stol: Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima, Sl. Brod, 217-228.
- Brkić, Ž., Kapelj, S., Larva, O., Marković, T. & Vlahović, T. (2003): Hydrogeology and hydrogeochemistry in the alluvial aquifer of the Zagreb area // RMZ - Materials and geoenvironment, Ljubljana
- Brkić, Ž., Biondić, R., Kapelj, J., Kapelj, S. & Marković, T. (2005): Karakterizacija vodnih cjelina na Crnomorskom slivu u okviru implementacije Okvirne direktive o vodama EU. Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Elektroprojekt (2003): Plan navodnjavanja na području Međimurske županije.
- Gereš, D. (1998): Water Resources in Croatia. Proceedings - Int. Symp. on Water Management and Hydraulic Engineering, 109-117.
- Grgić, S. (1990): Utjecaj agrotehničkih kemijskih sredstava na sadržaj teških metala u podzemnim vodama i tlu na području Istočne Slavonije. Magistarski rad. Prirodoslovni matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Hrvatske vode (2009): Strategija upravljanja vodama. Hrvatske vode.
- Kočo, I. & Iličić, K. (2009): Dignuta voda u vodoopskrbi grada Zagreba u razdoblju od 1945. do 2008. godine. Znanstveno-stručni skup "Vodoopskrba grada Zagreba - stanje i perspektive". 45-50, Zagrebački holding d.o.o., Zagreb.
- Kovač, I. (2004): Statističko-variografska analiza kemijskog sastava podzemne vode varaždinske regije. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu

- Larva, O. (2008): Ranjivost vodonosnika na priljevnom području varaždinskih crpilišta. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu
- Marković, T. (2007): Određivanje osjetljivosti nesaturirane zone geokemijskim modeliranjem. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu
- Mayer, D. (1996): Zalihe pitkih voda u Republici Hrvatskoj. RGN zbornik, 27-35, Zagreb.
- Miletić, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike sjeverne Hrvatske. Geol. vjesnik 22:511-524
- Miletić, P., Urumović, K. & Capar, A. (1971): Hidrogeologija prvog vodonosnog horizonta porječja Drave na području Hrvatske. Geol. vjesnik 24:149-154
- Miletić, P., Urumović, K., Turić, G. & Mayer, D. (1973): Prilog poznavanju koncentracije željeza u podzemnim vodama porječja Drave. Geol. vjesnik 25:267-277
- Miletić, P. et al (1988, 1992-1997): Evidencija i gospodarenje rezervama podzemnih voda Hrvatske. RGN fakultet, Zagreb.
- Müller, D., Blum, A., Hart, A., Hookey, J., Kunkel, R., Scheidlerder, A., Tomlin, C. & Wendland, F. (2006): Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, BRIDGE, FP6
- Nakić, Z. (2003): Uzroci i posljedice promjene kakvoće podzemne vode na zagrebačkom području. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu.
- Nakić, Z. & Horvat, S. (2002): Analiza hidrokemijskih podataka primjenom multivarijantnih statističkih metoda na priljevnom području crpilišta Petruševac. // Hrvatske Vode. 10.
- Nakić, Z., Bačani, A. & Vlahović, T. (2001): Antropogeni utjecaj na podzemne vode crpilišta Strmec (Zagreb, Hrvatska). // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. 13
- Nakić, Z., Posavec, K., Kontrec, P., Bačani, A. & Parlov, J. (2008): Geochemical background values of selected chemical parameters in groundwater of Zagreb aquifer system // Integrating Groundwater Science and Human Well-being / Toyama : IAH, 2008.
- Nakić, Z., Prcce, M. & Posavec, K. (2007): Utjecaj odlagališta otpada Jakuševac-Prudinec na kakvoću podzemne vode. // Rudarsko-geološko-naftni zbornik 19.
- Posavec, K. (2006): Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkog aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu
- Šarin, A., Urumović, K., Mraz, V., Brkić, Ž. & Hlevnjak, B. (1995): Hidrogeološki aspekti korištenja i ugroženosti podzemne vode u sjevernoj Hrvatskoj // 1. Hrvatski geološki kongres Zbornik radova 2, 563-567
- Šestanović, S. (1969): Geologija kvartara šireg područja Drave u okolici Varaždina s kratkim osvrtom na hidrokemijske karakteristike podzemne vode. Diplomski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu
- Urumović, K. (1971): O kvartarnom vodonosnom kompleksu u području Varaždina. Geol. vjesnik 24:183-191

- Urumović, K. (2003): Fizikalne osnove dinamike podzemnih voda. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Urumović, K., Hlevnjak, B., Prelogović, E. & Mayer, D. (1990): Hidrogeološki uvjeti varaždinskog vodonosnika. Geol. vjesnik 43:149-158
- Urumović, K., Hlevnjak, B., Tadić, Z. & Petrović, M. (1994): Zalihe podzemnih voda kvartarnog vodonosnika i mogućnosti korištenja. Priopćenja sa Znan.skupa: "Poljoprivreda i gospodarenje vodama", Bizovačke toplice, 425-433.
- Vlahović, T. & Bačani, A. (2000): Chemistry of Groundwater in Eastern Slavonia: Sava River Catchment Croatia // CD - XX. Conference of the Danubian Countries.