

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ, SMJER EKOINŽENJERSTVO

LARA BOŽEK

PRAĆENJE ANTROPOGENIH POKAZATELJA NA KVALITETU
VODE ZA PIĆE IZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA MEĐIMURSKE
ŽUPANIJE (2006.-2014.)

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2016.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ, SMJER EKOINŽENJERSTVO

LARA BOŽEK

PRAĆENJE ANTROPOGENIH POKAZATELJA NA KVALITETU
VODE ZA PIĆE IZ VODOOPSKRBNOG SUSTAVA MEĐIMURSKE
ŽUPANIJE (2006.-2014.)

MONITORING ANTHROPOGENIC INDICATORS ON THE QUALITY
OF DRINKING WATER IN THE WATER SUPPLY SYSTEM
MEĐIMURJE COUNTY (2006.-2014.)

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

mr.sc. Nada Glumac dr.vet.

Komentor:

doc. dr. sc. Nikola Sakač

ČAKOVEC, 2016.

Zahvala

Najsrdajnije se zahvaljujem mentorici mr. sc. Nadi Glumac dr.vet. na uloženom trudu, vremenu, pomoći te stručnim savjetima pri izradi ovog završnog rada. Također velika hvala i komentoru doc. dr. sc. Nikoli Sakaču na ustupljenim materijalima koji su uvelike pridonijeli strukturi rada te znanstvenim savjetima.

Najiskrenije hvala mojoj obitelji na razumijevanju i podršci te povjerenju koje su mi ukazali tijekom ovog, ali i cjelokupnog životnog obrazovanja.

Sažetak:

Prostor Međimurja ima značajan podzemni spremnik pitke vode, koja predstavlja jednu od najvećih prirodnih vrijednosti ovog kraja. Međimurske vode d.o.o. opskrbljuju Međimursku županiju vodom za piće. Podzemne vode crpe se na dva vodocrpilišta u Nedelišću (šest zdenaca) i Prelogu (dva zdenca). Za razliku od vodocrpilišta Prelog, vodocrpilište Nedelišće opskrbljuje većinu stanovništva Međimurske županije. Cilj ovog rada bio je analizirati vrijednosti koncentracija nitrata, fosfata i detergenata na vodocrpilištima Nedelišće i Prelog za razdoblje od 2006. do 2014. godine. Vodocrpilište Nedelišće sadrži znatno manje prosječne koncentracije nitrata (od 7 mg/l do 26,4 mg/l) u odnosu na vodocrpilište Prelog (od 19,29 mg/l do 36,65 mg/l). U razdoblju od 2011. do 2014. godine poplave i oborine utjecale su na rast koncentracije nitrata. Vrijednosti koncentracija nitrata, fosfata i detergenata analiziranih u zdencima Prelog i Nedelišće nalaze se ispod maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK).

Ključne riječi: fosfati, nitrati, detergentsi, Međimurje, vodocrpilište

Summary:

Međimurje has an important underground reservoir of drinking water, which represents one of the largest natural values in this area. Međimurske vode Ltd. provide drinking water for the Međimurje country. Ground waters are exploited within two water wells in Nedelišće (six wells) and Prelog (two wells). Compared to water well Prelog, water well Nedelišće supplies the majority of the population in the Međimurje country. The aim of this paper was to analyze the concentrations of nitrates, phosphates and detergents on water wells Nedelišće and Prelog in the period from 2006 to 2014. Water well Nedelišće obtained significantly lower average nitrate concentration (from 7 mg/l to 26,4 mg/l) compared to water well Prelog (from 19,29 mg/l to 36,65 mg/l). In a period from 2011 to 2014 floods and precipitations caused nitrate concentrations to increase. Concentrations of nitrates, phosphates and detergents analyzed in the wells Prelog and Nedelišće are below the maximum permissible concentration (MPC).

Keywords: phosphates, nitrates, detergents, Međimurje country, water well

SADRŽAJ

SAŽETAK	3
1. UVOD.....	6
2. SMJEŠTAJ VODOCRPILIŠTA	7
2.1. Smještaj i sastav vodocrpilišta Nedelišće	7
2.2. Smještaj i sastav vodocrpilišta Prelog.....	9
3. OPĆENITO O ANTROPOGENIM POKAZATELJIMA	10
3.1. Nitrati	10
3.1.1. Problem nitrata u podzemnim vodama.....	11
3.1.2. Prosesi u ciklusu dušika	12
3.2. Fosfati	14
3.3. Detergenti.....	15
4. CILJ RADA.....	16
5. MATERIJALI I METODE	17
6. REZULTATI I RASPRAVA	18
6.1. Koncentracija nitrata u vodocrpilištima u Prelogu i Nedelišću	18
6.1.1. Koncentracija nitrata u zdencima Z-1 i Z-2 u Prelogu	18
6.1.2. Koncentracija nitrata u zdencima od Z-1 do Z-6 u Nedelišću.....	22
6.2. Detergenti i fosfati	36
7. ZAŠTITA IZVORIŠTA NEDELIŠĆE	37
8. ZONE ZAŠTITE VODOCRPILIŠTA PRELOG I NEDELIŠĆE.....	39
9. MJERE ZAŠTITE U VODOZAŠTITNIM ZONAMA VODOCRPILIŠTA PRELOG I NEDELIŠĆE	40
10. ZAKLJUČAK	42
11. LITERATURA.....	43

1. UVOD

Istraživanje je provedeno na području Međimurske županije, smještene na sjeverozapadnom dijelu Hrvatske. Županija se nalazi na dodiru dviju geomorfoloških cjelina – Panonske nizine i Istočnih Alpa. Obuhvaća površinu od 735 km² te je sa 162 stanovnika na km² najgušće naseljeno područje u Republici Hrvatskoj. Međimurje je većim dijelom aluvijalna ravnica između Mure i Drave, a može se podijeliti na dvije zone. U prvu zonu spada brežuljkasto Gornje Međimurje, a u drugu nizinsko Donje Međimurje. Na području Donjeg Međimurja nalaze se bogata nalazišta podzemnih voda. Gornje Međimurje izgrađeno je od tercijarnih naslaga slabe poroznosti.

Gotovo 90 posto pitke vode za vodoopskrbu dolazi iz podzemnih voda. Obnovljivi izvori vode u Hrvatskoj iznose oko 45 milijardi kubičnih metara godišnje odnosno 9 500 kubičnih metara po stanovniku, što ju čini jednom od vodom bogatijih europskih zemalja. U Hrvatskoj se sustavno prati stanje voda na oko 320 mjernih postaja za površinske i na oko 200 mjernih postaja za podzemne vode. [7]

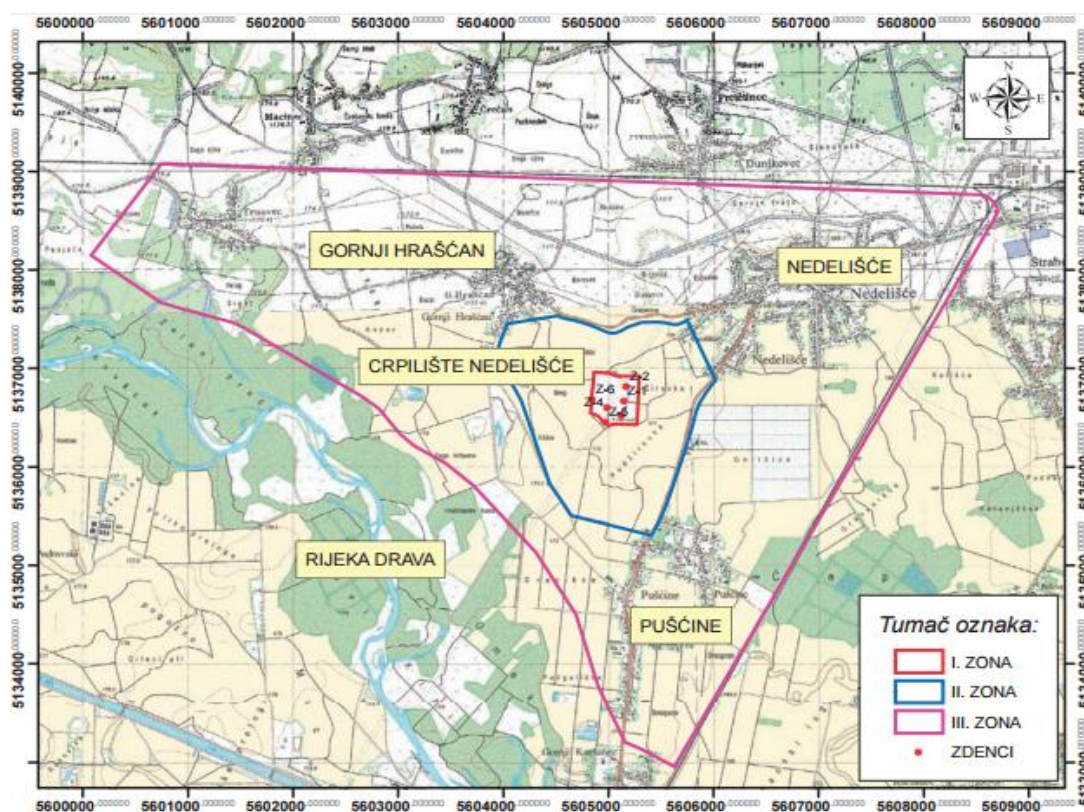
Kako bi se izvorišta vode zaštitilo, potrebno je provoditi mjere zaštite i sanacije izvorišta vode donešene Odlukom o zaštiti izvorišta Nedelišće i Prelog. Sustav podzemnih voda iz kojeg se zahvaća voda na vodocrpilištima Nedelišće i Prelog čine kvartarne šljunkovito-pjeskovite naslage koje u geotektonskom smislu pripadaju Varaždinskoj depresiji. [5]

Vodoopskrba Međimurja temelji se na principu crpljenja podzemne vode iz četiri vodoopskrbne zone. Tri zone opskrbljuju se iz šest zdenaca (Z-1 – Z-6) vodocrpilišta Nedelišće, a četvrta vodoopskrbna zona iz dva zdenca (Z-1 i Z-2) vodocrpilišta Prelog. Kapacitet svakog zdenca iznosi 100 l/s. [5]

2. SMJEŠTAJ VODOCRPILIŠTA

2.1. Smještaj i sastav vodocrpilišta Nedelišće

Vodocrpilište Nedelišće smješteno je jugozapadno od Čakovca, odnosno između naselja Nedelišća, Gornjeg Hrašćana i Pušćina. To je ujedno i najveće vodocrpilište u Međimurskoj županiji. Svega 2,5 kilometara udaljeno je od rijeke Drave koja je glavni izvor napajanja vodonosnog sustava. Ono vodom opskrbljuje približno 80 posto stanovništva Međimurske županije, dok ostatak otpada na vodocrpilište Prelog. [12]



Slika 1. Zaštitne zone vodocrpilišta Nedelišće prema Odluci o zaštiti vodocrpilišta Nedelišće

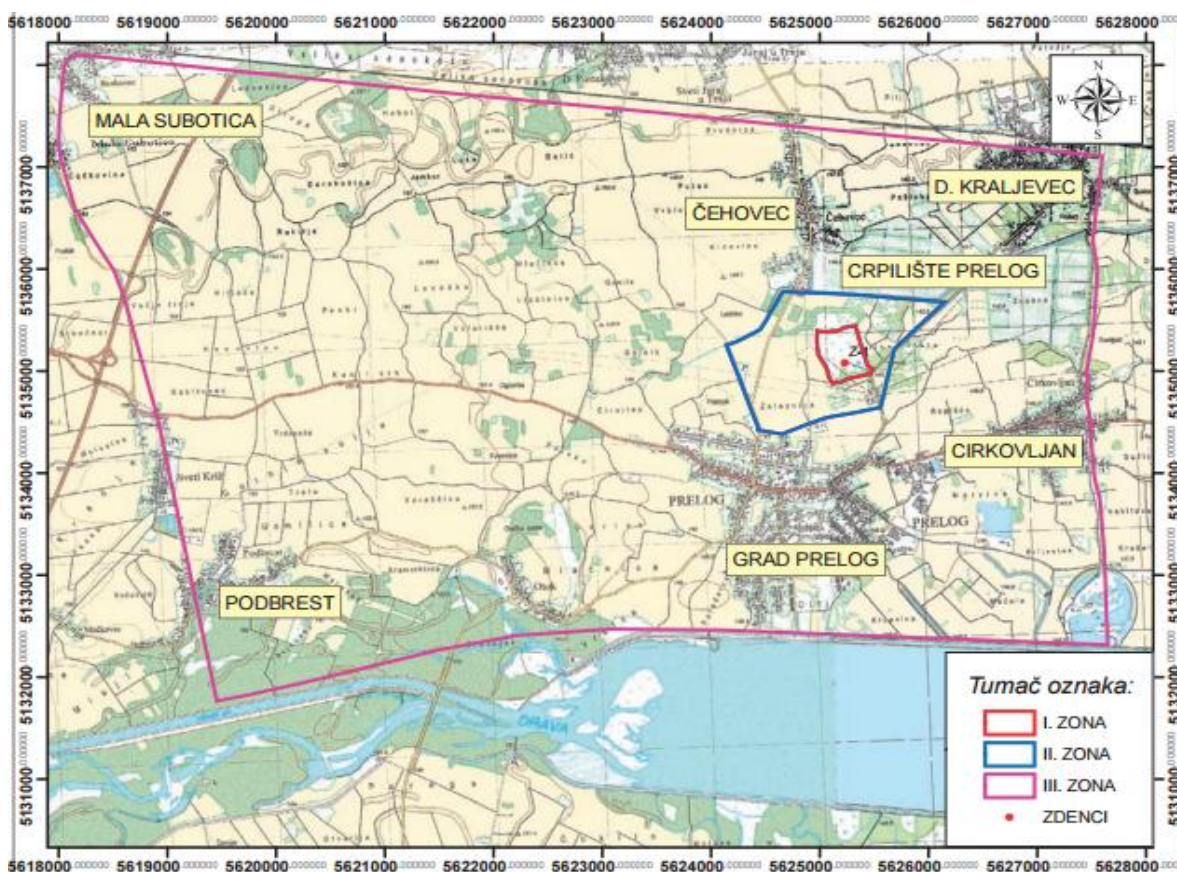
Izvor: http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_68_2009_113-124_posavec-mustac.pdf

Prema Studiji proširenja crpilišta Nedelišće – vodovoda Čakovec i glavnom projektu Zaštitne zone CS Nedelišće utvrđeno je vodozaštitno područje vodocrpilišta Nedelišće. Vodozaštitno područje podijeljeno je na tri zone: šire vodozaštitno područje (III. zona), uže vodozaštitno područje (II. zona) i područje izvorišta (I. zona).

Vodonosni sustav čine dva vodonosna sloja, pri čemu u gornjem sloju dominira šljunak, dok donji sloj sadrži više pijeska. Proslojak je granica između gornjeg i donjeg vodonosnog sloja. Sadrži glinu i prah, a nalazi se na dubini od približno 20 do 22 metra. Kapaciteti zdenaca od Z-1 do Z-6 iznose 100 l/s. [5]

2.2. Smještaj i sastav vodocrpilišta Prelog

Vodocrpilište Prelog smješteno je na području grada Preloga te naselja Čehovca i Cirkovljana. Također se sastoji od dva vodonosna sloja. U gornjem dominiraju krupnozrnati do sitnozrnati šljunci, a u donjem šljunak koji sadrži više pijeska. Granicu između gornjeg i donjeg vodonosnog sloja čini proslojak na dubini od približno 35 do 39 metara, a sadrži prah i pijesak. Kapacitet zdenca Z-1 iznosi 100 l/s.



Slika 2. Zaštitne zone vodocrpilišta Prelog prema Odluci o zaštiti vodocrpilišta Prelog

Izvor: http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_68_2009_113-124_posavec-mustac.pdf

Prema projektu Zaštitne zone crpilišta Prelog utvrđeno je vodozaštitno područje vodocrpilišta Prelog, a 1988. godine donesena je Odluka o zaštiti vodocrpilišta Prelog. Prema Pravilniku o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite,

vodozaštitno područje podijeljeno je u tri zone: šire vodozaštitno područje (III. zona), uže vodozaštitno područje (II. zona) i područje izvorišta (I. zona). [5]

3. OPĆENITO O ANTROPOGENIM POKAZATELJIMA

3.1. Nitrati

Atmosfera sadrži 79 posto dušika, dok se u zemlji pojavljuje u obliku anorganskih spojeva kao što su nitrati, nitriti i soli amonijaka te organskih spojeva poput uree i aminokiselina. Nitrati odnosno nitratni ioni su soli dušične kiseline. Najveće koncentracije nitrata i nitrita prisutne su pri bavljenju intenzivnom poljoprivredom, pri čemu nitrati iz gnojiva odlaze u podzemne vode i onečišćuju ih. Nalazimo ih u podzemnim vodama u vrlo malim količinama koncentracije manje od 3 mg/l u obliku NO_3^- . [3] Kada se nađu u vodi u većim količinama, to je znak zagađenja otpadnih voda bakterijama. U podzemne vode dospijevaju na različite načine: raspadanjem biljnog i životinjskog otpada, ispiranjem s poljoprivrednih zemljišta, iz geoloških ležišta nitratnih soli te cijedenjem iz septičkih jama. Nitrati su lako topljivi u vodi i vrlo pokretljivi, ali budući da se ne vežu na adsorpcijski kompleks tla, poslije oborina se ispiru u dublje slojeve tla i tako vrlo lako dospijevaju u podzemne vode. Izvori onečišćenja nitratima su između ostalog i organska gnojiva, fekalne vode iz septičkih jama i nepravilno izgrađen kanalizacijski sustav.

Nitriti također mogu formirati spojeve čiji je djelovanje kancerogeno. Prekomjerna količina unosa nitrata i nitrita u organizam može izazvati negativne zdravstvene posljedice na ljudski život, a „doza od 1g nitrita odrasle osobe može dovesti do smrti“. ¹ Toksičnost se manifestira kardiovaskularnim problemima pri visokim dozama i tzv. „Sindromom plave djece“ kod nižih doza. Nitrati povećavaju rizik dobivanja 15 vrsta raka dva oblika urođenih mana te hipertenzije. Također se izvještava o slučajevima povećanja stope raka želuca uzrokovanog unosom nitrata. [1] Nitrati poput nitrita uzrokuju methemoglobinemiju

¹ Sofilić, T; Ekotoksikologija, Sisak, 2014. godina, str. 25
preuzeto 13.7.2016 http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir_Sofilic_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf

odnosno nemogućnosti prijenosa kisika ili ugljikovog dioksida pri čemu dolazi do smanjenja dovoda kisika u stanice. Maksimalna dozvoljena koncentracija (MDK) nitrata u vodi iznosi 50 mg/l NO_3^- . [11]

3.1.1. Problem nitrata u podzemnim vodama

Problemu onečišćenja vode nitratima pridaje se sve veća pozornost. Na povećanje sadržaja nitrata utječu antropogeni utjecaji kao što su poljoprivreda, industrija, otpadne vode iz domaćinstva, emisije iz motora sa sagorijevanjem, dok su prirodni izvori povećanja nitrata u vodi snijeg, kiša ili raspad organske tvari u tlu i sedimentu. Utvrđeno je da se nitrati polako kreću kroz zemljište te im je potrebno duže vrijeme da se otope u podzemnim vodama. Povišene koncentracije nitrata jako utječu na proces eutrofikacije u obalnim područjima. Dušični spojevi u tom području uzrokuju različita onečišćenja. Najčešći antropogeni izvori onečišćenja u područjima vodocrpilišta upravo su nitrati koji su dospjeli u podzemne vode uslijed raznih poljoprivrednih djelatnosti.

Europska agencija za okoliš (EEA) je ukazala na ozbiljnost onečišćenja podzemnih voda nitratima u podacima o koncentracijama nitrata u zemljama Europske Unije. „Udio podzemnih voda s prosječnom koncentracijom nitrata većom od 25 mg/l NO_3^- u 2003. godini je iznosio 80% u Španjolskoj, 50% u Ujedinjenom Kraljevstvu Velike Britanije, 36% u Njemačkoj, 34% u Francuskoj i 32% u Italiji.“²

Zemlje sa višegodišnjim razdobljem intenzivne poljoprivrede poput Austrije, Danske, Njemačke, Italije i Luksemburga bilježe visoke koncentracije nitrata (do 120 mg/l) u podzemnoj vodi. „Koncentracija nitrata u vodama Bjelorusije i Moldavije iznosi čak do 600 mg/l NO_3^- “,³ a u Moldaviji čak 42 posto uzoraka vode nije pitko.

² Filipović, V.; Petošić, D.; Nakić, Z.; Bubalo, M. (2013). „Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi“, „Problem nitrata u podzemnim vodama“, *Hrvatske vode*, vol. 21 (84)

³ Horvat, I.; Senta, A.; Racz, A.; (2010). „Praćenje koncentracije nitrata u vodi Koprivničkog vodovoda“, *Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini*, 52/2010, str. 359-365.

3.1.2. Procesi u ciklusu dušika

Najznačajniji procesi u ciklusu dušika koji utječu na koncentraciju nitrata u tlu i vodi su nitrifikacija i denitrifikacija.

- **NITRIFIKACIJA**

Nitrifikacija je proces biološke oksidacije amonijevih iona koji se odvija u dva stupnja, najprije u NO_2^- (nitrit) a zatim u NO_3^- (nitrat). Proces uključuje dvije vrste bakterija: *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*. [4] *Nitrosomonas* bakterije su amonijak oksidirajuće bakterije koje energiju potrebnu za rast dobivaju oksidacijom amonijaka do nitrita ($2\text{NH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$). *Nitrobacter* bakterije su nitrit oksidirajuće bakterije koje energiju potrebnu za rast i razmnožavanje dobivaju oksidacijom nitrita do nitrata ($\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$).

Nitrificirajuće bakterije mogu provoditi nitrifikaciju autotrofno, heterotrofno ili miksotrofno. Temeljna razlika sastoji se u tome kako mikroorganizmi dobivaju energiju za rast i razmnožavanje. Na brzinu nitrifikacije utječu ovi faktori: temperatura, pH vrijednost, koncentracija otopljenog kisika te prisustvo toksičnih sastojaka.

- **DENITRIFIKACIJA**

Denitrifikacija je proces redukcije nitrata u dušik. Sastavni je dio biološkog uklanjanja dušika koji obuhvaća nitrifikaciju i denitrifikaciju. Denitrifikacija je proces redukcije jednog ili oba iona dušikova oksida (NO_3^- ili NO_2^-) do plinovitog oksida (NO ili N_2O) pa do plinovitog dušika. Redukcija nitrata obuhvaća ove korake: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$.

Proces pospješuju heterotrofne bakterije kojima je potreban organski ugljik kao izvor energije. Odvija se u anaerobnim ili anoksičnim uvjetima u neaeriranom bioreaktoru ili neaeriranim zonama bioreaktora. [2]

Cilj denitrifikacije je uklanjanje nitrata biološkim putem. Proces nitrifikacije provode fakultativno anaerobne ili anaerobne bakterije iz rodova: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Moraxella*, *Thiobacillus* i dr. Također, potrebno je osigurati dovoljno ugljika koji služi kao elektron donor u reakciji uklanjanja nitrata. Izvori ugljika su:

- organske tvari otopljene u otpadnoj vodi,
- organske tvari nastale tijekom endogene respiracije,
- organske tvari dodane u vodu poput acetata.

3.2. Fosfati

Fosfor spada u skupinu esencijalnih elemenata važnih za rast i razvoj svih živih organizama. Dobiva se žarenjem kalcijevog fosfata, silicijevog dioksida i ugljika u električnim pećima. Pojavljuje se u prirodnim i otpadnim vodama u obliku ortofosfata, kondenziranih fosfata i organski vezanih fosfata. Fosfati dospijevaju u okoliš u obliku fosfatnih mineralnih gnojiva te su bitan čimbenik u životu biljaka, životinja i ljudi. Negativni učinci fosfata na okoliš i ljudski organizam rezultat su rudarskih aktivnosti, poljoprivredne proizvodnje, a u okoliš dospijevaju i putem nedovoljno pročišćenih industrijskih otpadnih voda te unosom različitih dodataka pri proizvodnji hrane kako bi se očuvao njezin okus i miris. [7] Maksimalna dozvoljena koncentracija fosfata u vodi za piće iznosi 300 µg/l. [11]

Koristi se u proizvodnji fosfatnih gnojiva, organofosfornih spojeva i pesticida te je korišten i u proizvodnji živčanih bojnih otrova u Drugom svjetskom ratu (soman, tabun, sarin). Elementarni fosfor postoji u tri alotropske modifikacije: bijeli, crveni i crni fosfor. [8]

Bijeli fosfor je bezbojna, mekana, prozirna tvar poput voska. Obavezno ga je potrebno čuvati pod vodom jer se na zraku zapali i gori svijetlim plamenom. U vodi se ne otapa, ali se otapa u ugljikovom disulfidu i u nekim organskim otapalima kao što su benzen i etil-eter. Vrlo je reaktivan i jak je otrov, a već u neznatnim količinama ima smrtonosne posljedice. Sastavni je dio kostiju, mozga, mišića, DNA, živaca, zubi, a u obliku fosfatida nalazi se u biljnim i životinjskim stanicama. Oni u višim koncentracijama mogu izazvati probavne smetnje, dok u prirodi uzrokuju eutrofikaciju.

Za razliku od bijelog, crveni fosfor ne isparava na sobnoj temperaturi, nije otrovan te je slabo reaktivan. Nastaje grijanjem bijelog fosfora na temperaturi od oko 250 °C. Crveni fosfor se upotrebljava u industriji šibica odnosno pri izradi ploha na kutijama gdje se šibice pale. [8]

Crni fosfor ima vrlo malu vrijednost jer se dobiva zagrijavanjem bijelog fosfora pri tlaku od 12 000 do 35 000 bara. Nije otrovan.

3.3. Detergenti

Pod detergentima podrazumijevamo sredstva za pranje odnosno smjesu površinski aktivnih tvari, tenzida i pomoćnih tvari koje djeluju sinergijski s ostalim sastojcima. Možemo ih podijeliti na anionske, kationske i neionske. [13] Anionski tenzidi su površinski aktivne tvari s jednom ili više funkcionalnih grupa, koje u vodenim otopinama ioniziraju dajući negativno nabijene površinski aktivne organske ione. Čine oko 60 posto ukupne proizvodnje detergenata. Kationski tenzidi su površinski aktivne tvari s jednom ili više funkcionalnih grupa, koje u vodenim otopinama ioniziraju dajući pozitivno nabijene površinski aktivne organske ione. Neionski tenzidi su površinski aktivne tvari koje ne disociraju u vodenoj otopini te čine oko 30 posto ukupne proizvodnje detergenata. Nalaze se u proizvodima za pranje i čišćenje suđa, pranje rublja te u proizvodima za osobnu higijenu. [6] Maksimalno dozvoljena granica za tenzide je 200 µg/l te se vrijednosti koncentracije nitrata nalaze ispod MDK. [11]

4. CILJ RADA

Cilj rada je analizirati koncentraciju fosfata, nitrata i detergenata u podzemnoj vodi na vodocrpilištima Prelog i Nedelišće, tijekom razdoblja od 2006. godine do 2014. godine. Praćenjem tih koncentracija dobivamo podatke o kvaliteti podzemnih voda. Na kvalitetu vode određenog područja utječu meteorološki uvjeti te poljoprivredna i industrijska proizvodnja. Kvaliteta vode za piće ispituje se prema Godišnjem planu uzorkovanja vode te se svi parametri obrađuju u Godišnjim izvješćima uz prikaz njihove minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti. „Prema smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije, maksimalna dopuštena koncentracija nitrata iznosi 50 mg/l NO_3^- što je prihvaćeno i našim Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08).“ [4]

5. MATERIJALI I METODE

U ovom radu su statistički obrađeni podaci o koncentraciji nitrata, fosfata i detergenata u Međimurskoj županiji u razdoblju od 2006. do 2014. godine. U analizi podataka je pri izradi grafova i tabličnih prikaza korišten alat MS Excel. Podatci su obrađeni statistički (minimalna, maksimalna i srednja vrijednost) te su uspoređeni s maksimalnom dozvoljenom koncentracijom.

Nitrati se određuju UV spektrofotometrijskom metodom. Proces se provodi u laboratoriju Međimurskih voda d.o.o prema Godišnjem planu uzorkovanja.

Fosfati se određuju ionskom kromatografijom prema HRN EN ISO 10304-1:2009. Određuju se na Hrvatskom zavodu za javno zdravstvo četiri puta godišnje.

Detergenti se određuju spektrofotometrijski: anionski prema HRN EN 903:2002 i neionski HRN ISO 7875-2:1998. Analize se također odvijaju na Hrvatskom zavodu za javno zdravstvo četiri puta godišnje. Anionski detergenti određivani su samo do 2009. godine, a od 2009. godine anionski i neionski. [6]

6. REZULTATI I RASPRAVA

6.1. Koncentracija nitrata na vodocrpilištima u Prelogu i Nedelišću

6.1.1. Koncentracija nitrata u zdencima Z-1 i Z-2 u Prelogu

Na temelju rezultata mjerenja koncentracije nitrata u vodi za piće na vodocrpilištu Prelog (slika 3.) iz razdoblja od 2006. do 2014. godine, raspon aritmetičkih sredina kretao se između 29,87 mg/l do 37 mg/l za zdenac Z-1 (tablica 1., graf 1.), iz kojeg se može zaključiti da je koncentracija nitrata veća u odnosu na vodocrpilište u Nedelišću (vidi sve grafove za zdence u Nedelišću), uz uočeni blagi pad do 2010. godine. Značajan rast od 30,6 mg/l do 36,65 mg/l koncentracije nitrata vidljiv je u razdoblju od 2011. do 2014. godine. Tako se maksimalna vrijednost 2014. godine, koja je iznosila 42,8 mg/l, izrazito približila maksimalno dozvoljenoj koncentraciji (MDK) koja iznosi 50 mg/l NO_3^- . Ta je godina također zanimljiva po značajnijem odstupanju minimalne i maksimalne vrijednosti koncentracije nitrata (od 25,4 mg/l do 42,8 mg/l).

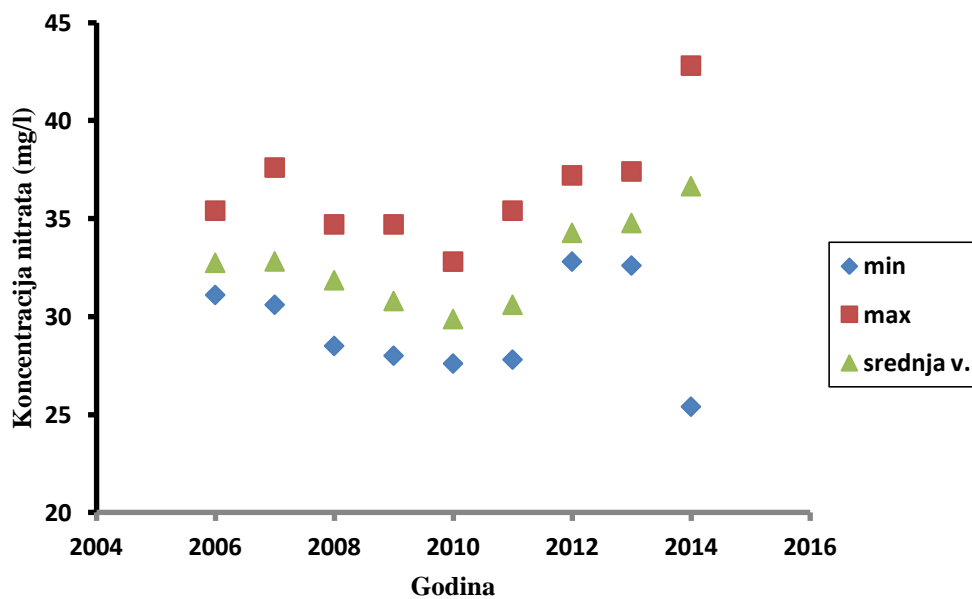


Slika 3. Vodocrpilište Prelog

Izvor: Sakač, N.; Glumac, N.; Kovač, I. (2015). „Praćenje koncentracije nitrata, fosfata i detergenata u vodi za ljudsku potrošnju iz vodoopskrbnog sustava Međimurske županije (2006.-2014.)“, Varaždin

Tablica 1. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine**Z-1 PRELOG**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006	31,1	35,4	32,74
2007	30,6	37,6	32,81
2008	28,5	34,7	31,85
2009	28	34,7	30,79
2010	27,6	32,8	29,87
2011	27,8	35,4	30,6
2012	32,8	37,2	34,27
2013	32,6	37,4	34,77
2014	25,4	42,8	36,65

**Graf 1.** Grafički prikaz vrijednosti nitrata na vodocrpilištu Prelog (Z-1)

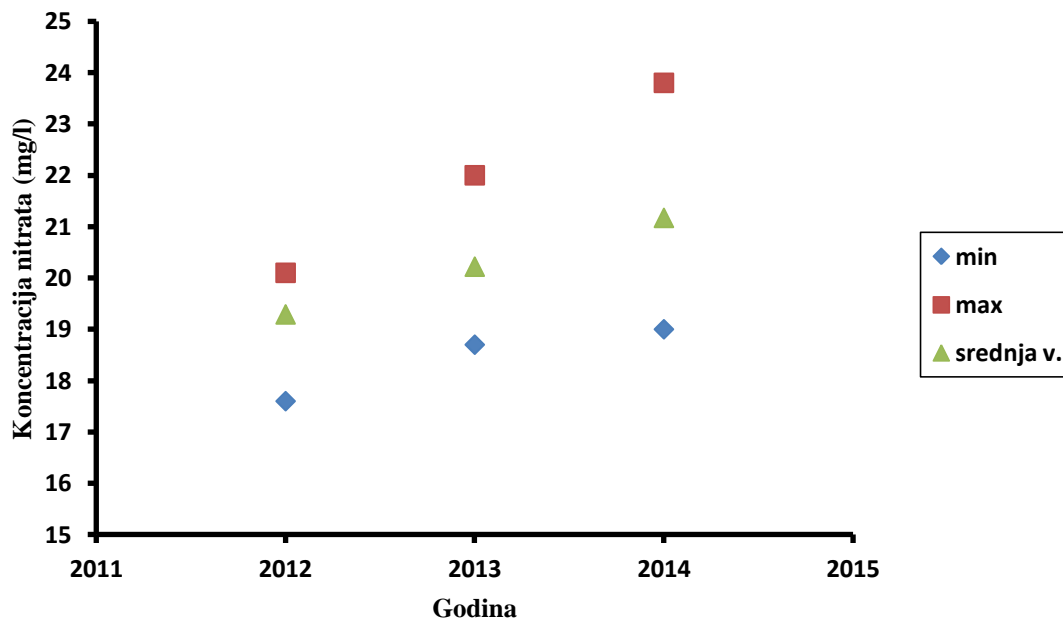
Na vodocrpilištu Prelog otvoren je 2012. godine drugi zdenac (Z-2). Uočene su niže koncentracije nitrata u odnosu na prvi zdenac, budući da se podzemna voda crpi iz drugog vodonosnog sloja. Raspon aritmetičkih sredina kretao se od 19,29 mg/l u 2012. godini do 21,17 mg/l u 2014. godini (tablica 2). Dakle, možemo primijetiti blagi porast koncentracije nitrata u tom periodu. Kao razlog manje koncentracije nitrata u usporedbi sa zdencom Z-1 možemo navesti da na području zone zdenca Z-2 nije bilo otkupa zemljišta što dodatno utječe na smanjenje koncentracije nitrata. Valja spomenuti da su više koncentracije nitrata rezultat intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Prikazane vrijednosti koncentracije nitrata su više no dvostruko manje od maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK). „Novija istraživanja na crpilištu Prelog su ukazala na bolju kakvoću podzemne vode u drugom vodonosnom sloju.“⁴

Tablica 2. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2012. do 2014. godine

Z-2 PRELOG

godina	min	max	srednja vrijednost
2012	17,6	20,1	19,29
2013	18,7	22	20,22
2014	19	23,8	21,17

⁴ Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, *Resursna osnova za pitku i geotermalnu vodu u Međimurskoj županiji*, Zagreb
preuzeto 4.7.2016. sa http://medjimurska-zupanija.hr/wp-content/uploads/2009/01/Res_osnova_vode.pdf



Graf 2. Grafički prikaz vrijednosti nitrata na vodocrpilištu Prelog (Z-2)

6.1.2. Koncentracija nitrata u zdencima od Z-1 do Z-6 u Nedelišću

Na temelju rezultata mjerenja koncentracije nitrata u vodi za piće na vodocrpilištu Nedelišće (slika 4.) iz razdoblja od 2006. do 2014. godine, raspon aritmetičkih sredina kretao se između 8,94 mg/l do 20,75 mg/l za zdenac Z-1 (tablica 3., slika 9.). Za razliku od ostalih zdenaca koji zahvaćaju i donji vodonosni sloj, Z-1 zahvaća gornji. Od 2006. do 2009. godine iz grafa 3 vidljiv je intenzivan pad koncentracije nitrata. U periodu od 2010. do 2012. godine vidljiv je nagli porast (s 10,37 mg/l na 13,14 mg/l) i potom nagli pad (s 13,14 mg/l na 8,94 mg/l) koncentracije nitrata. Ponovni drastičan porast dogodio se u periodu od 2012. do 2014. godine, kada je u te dvije godine koncentracija nitrata porasla s 8,94 mg/l na 20,01 mg/l, dakle za čak 11,07 mg/l. Razlog relativno visokih koncentracija leži u činjenici da se zdenac Z-1 nalazi neposredno između naselja Nedelišće i Gornji Hrašćan.

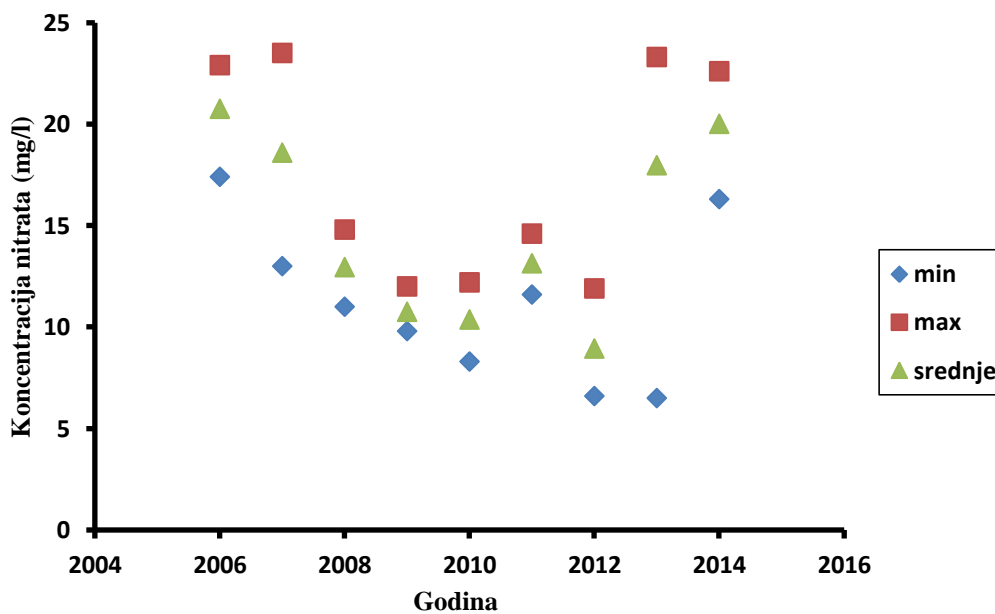


Slika 4. Vodocrpilište Nedelišće

Izvor: Sakač, N.; Glumac, N.; Kovač, I. (2015). „Praćenje koncentracije nitrata, fosfata i detergenata u vodi za ljudsku potrošnju iz vodoopskrbnog sustava Međimurske županije (2006.-2014.)“, Varaždin

Tablica 3. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine**Z-1 NEDELIŠĆE**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006	17,4	22,9	20,75
2007	13	23,5	18,59
2008	11	14,8	12,95
2009	9,8	12	10,75
2010	8,3	12,2	10,37
2011	11,6	14,6	13,14
2012	6,6	11,9	8,94
2013	6,5	23,3	17,97
2014	16,3	22,6	20,01

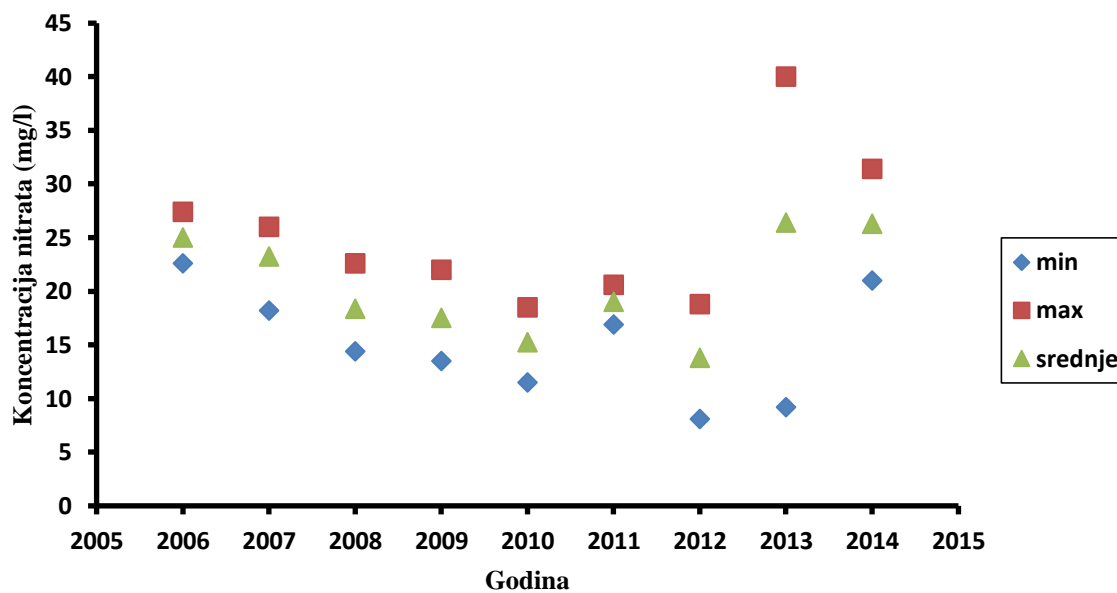
**Graf 3.** Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-1)

Z-2

Zbog blizine naselja Gornji Hrašćan u zdencu Z-2 su zabilježene, slično kao i u zdencu Z-1, visoke koncentracije nitrata. Raspon aritmetičkih sredina za zdenac Z-2 kretao se između 13,8 mg/l do 26,4 mg/l. U periodu od 2006. do 2010. godine zabilježeno je konstantno blago opadanje koncentracije nitrata (s 25,01 mg/l na 15,25 mg/l). U periodu od 2010. do 2012. godine vidljiv je nagli porast (s 15,25 mg/l na 19,02 mg/l) i potom nagli pad (s 19,02 mg/l na 13,8 mg/l) koncentracije nitrata. Najviši utjecaj na zdenac Z-2 imala je poplava u Pušćinama u studenom 2012. godine zbog koje su vrijednosti koncentracije nitrata drastično porasle u 2013. godini (na prosječnu vrijednost 26,4 mg/l), što je vidljivo iz grafa 4. U prvoj polovici 2013. godine vidljiv je čak četverostruki rast koncentracije nitrata, dok su u ljetnim mjesecima zabilježene najveće koncentracije u odnosu na sve zdence u Nedelišću. Tako je krajem lipnja zabilježena maksimalna vrijednost za 2013. godinu od 40 mg/l NO_3^- , koja se izrazito približila MDK. Očekivano, u 2013. godini možemo uočiti izrazito veliko odstupanje minimalne i maksimalne vrijednosti koncentracije nitrata (od 9,2 mg/l do 40 mg/l).

Tablica 4. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine**Z-2 NEDELIŠĆE**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006	22,6	27,4	25,01
2007	18,2	26	23,24
2008	14,4	22,6	18,37
2009	13,5	22	17,52
2010	11,5	18,5	15,25
2011	16,9	20,6	19,02
2012	8,1	18,8	13,8
2013	9,2	40	26,4
2014	21	31,4	26,29



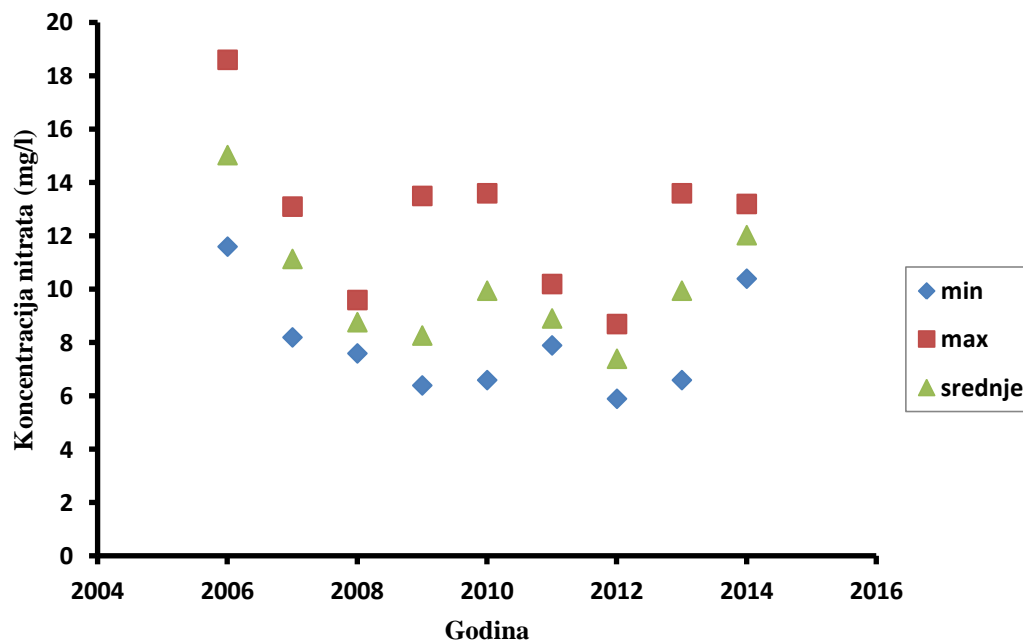
Graf 4. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-2)

Z-3

Raspon aritmetičkih sredina za zdenac Z-3 kretao se između 7,4 mg/l i 15,03 mg/l. U periodu od 2006. do 2008. godine koncentracija nitrata je konstantno opadala (s 15,03 mg/l na 8,77 mg/l), što se nastavilo i u 2009. godini, ali u umjerenijem intenzitetu. U vremenskom razdoblju od 2009. do 2010. godine vidljiv je rast koncentracije nitrata (s 8,27 mg/l na 9,95 mg/l). Potom je uslijedio pad koncentracije nitrata do 2012. godine (s 9,95 mg/l na 7,4 mg/l), a nakon toga ponovni rast do 2014. godine (s 7,4 mg/l na 12,03 mg/l).

Tablica 5. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014.**Z-3 NEDELIŠĆE**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006	11,6	18,6	15,03
2007	8,2	13,1	11,14
2008	7,6	9,6	8,77
2009	6,4	13,5	8,27
2010	6,6	13,6	9,95
2011	7,9	10,2	8,91
2012	5,9	8,7	7,4
2013	6,6	13,6	9,95
2014	10,4	13,2	12,03



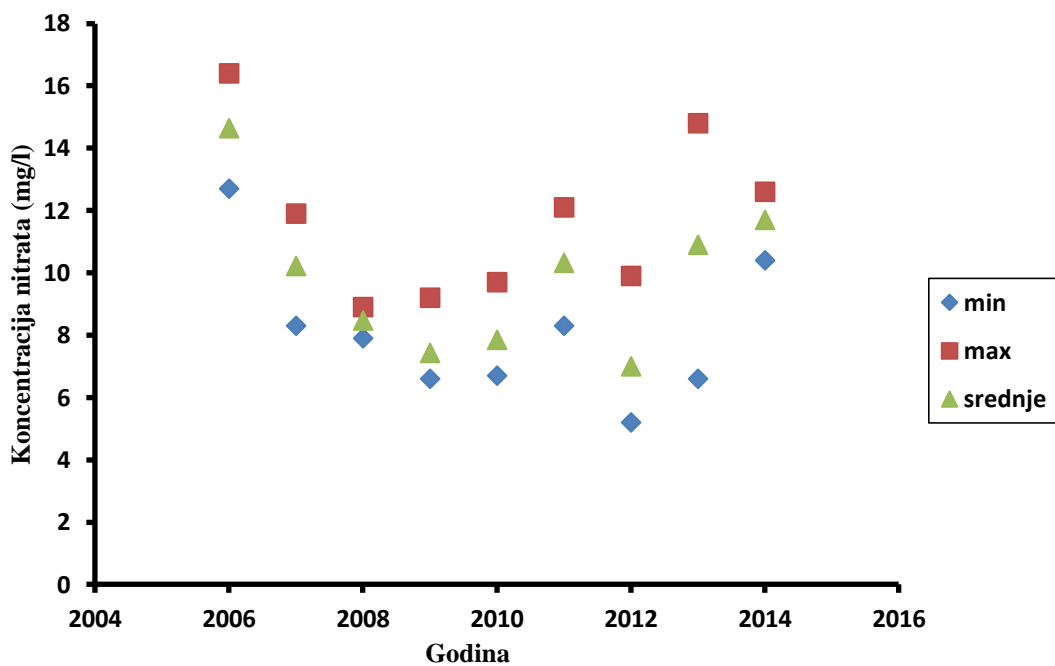
Graf 5. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-3)

Z-4

Raspon aritmetičkih sredina za zdenac Z-4 kretao se između 7 mg/l i 14,64 mg/l. Promjene su prilično slične kao i kod zdenca Z-3. U periodu od 2006. do 2009. godine koncentracija nitrata je konstantno opadala (s 14,64 mg/l na 7,43 mg/l). Potom je do 2011. godine uslijedio rast koncentracije nitrata (s 7,43 mg/l na 10,32 mg/l). Od 2011. do 2012. godine dogodio se kratkotrajan, ali značajan pad (na 7 mg/l). U studenom te iste godine u zdencu Z-4 zabilježena je minimalna koncentracija svih zdenaca u Nedelišću (za period od 2006. do 2014. godine) koja je iznosila 5,2 mg/l. Nakon toga je do 2014. godine uslijedio porast (s 7 mg/l na 11,7 mg/l).

Tablica 6. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine**Z-4 NEDELIŠĆE**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006	12,7	16,4	14,64
2007	8,3	11,9	10,22
2008	7,9	8,9	8,47
2009	6,6	9,2	7,43
2010	6,7	9,7	7,85
2011	8,3	12,1	10,32
2012	5,2	9,9	7
2013	6,6	14,8	10,9
2014	10,4	12,6	11,7



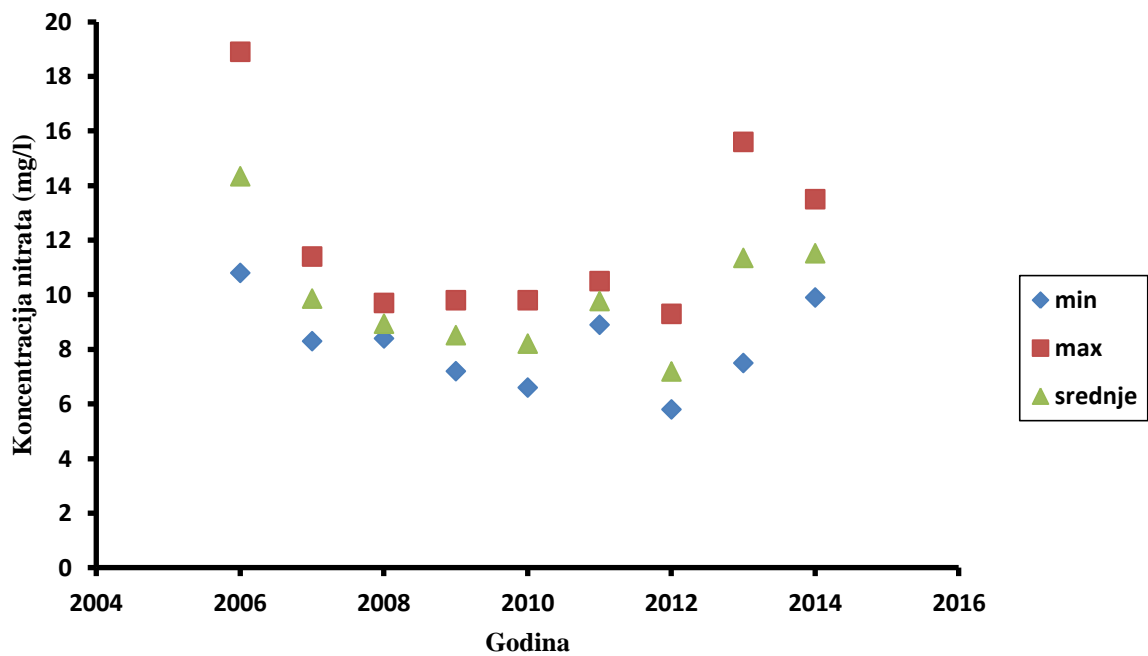
Graf 6. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-4)

Z-5

Raspon aritmetičkih sredina za zdenac Z-5 kretao se od 8,21 mg/l do 14,34 mg/l. U periodu od 2006. do 2007. godine vidljiv je značajniji pad koncentracije nitrata (s 14,34 mg/l na 9,86 mg/l), potom je do 2010. godine uslijedio konstantni blagi pad (s 9,86 mg/l na 8,21 mg/l). Ipak je u zimskim mjesecima 2010. godine koncentracija blago povišena. Najznačajniji rast prosječne koncentracije nitrata dogodio se s 2012. na 2013. godinu (s 7,19 mg/l na 11,35 mg/l). Tako je u srpnju 2013. godine primjećeno povećanje koncentracije nitrata na čak 15,6 mg/l, što je najveća vrijednost u ljetnim mjesecima od 2007. godine.

Tablica 7. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine**Z-5 NEDELIŠĆE**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006	10,8	18,9	14,34
2007	8,3	11,4	9,86
2008	8,4	9,7	8,94
2009	7,2	9,8	8,52
2010	6,6	9,8	8,21
2011	8,9	10,5	9,77
2012	5,8	9,3	7,19
2013	7,5	15,6	11,35
2014	9,9	13,5	11,52



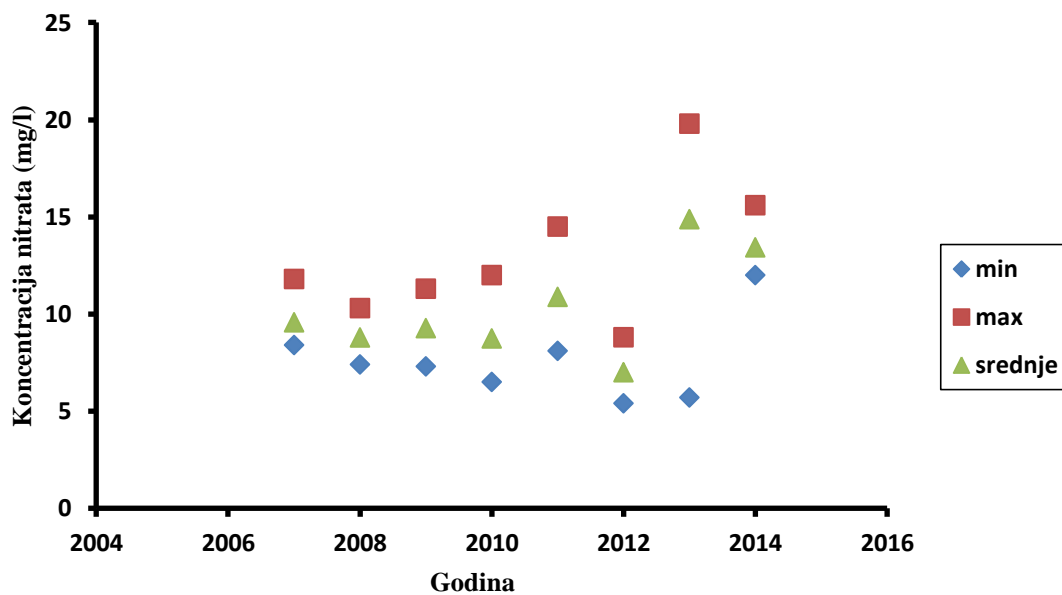
Graf 7. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-5)

Z-6

Zdenac Z-6 s radom je započeo 2007. godine. Raspon aritmetičkih sredina za zdenac Z-6 kretao se između 7 mg/l i 14,88 mg/l. U periodu od 2007. do 2010. godine prosječne godišnje koncentracije nitrata prilično su ujednačene (između 8,74 mg/l i 9,57 mg/l). Siječanj 2011. godine zanimljiv je po tome što je zabilježena do tada najveća koncentracija nitrata (14,5 mg/l) u odnosu na prethodne godine. Značajniji pad koncentracije dogodio se s 2011. na 2012. godinu (s 10,88 mg/l na 7 mg/l). Tako je studeni 2012. godine bilježio rekordno nisku vrijednost koncentracije nitrata (5,4 mg/l). Zatim se do 2013. dogodio čak dvostruki rast s 7 mg/l na 14,88 mg/l. Potom je do 2014. uslijedio blagi pad na 13,43 mg/l.

Tablica 8. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2007. do 2014. godine**Z-6 NEDELIŠĆE**

godina	min	max	srednja vrijednost
2006			
2007	8,4	11,8	9,57
2008	7,4	10,3	8,79
2009	7,3	11,3	9,27
2010	6,5	12	8,74
2011	8,1	14,5	10,88
2012	5,4	8,8	7
2013	5,7	19,8	14,88
2014	12	15,6	13,43



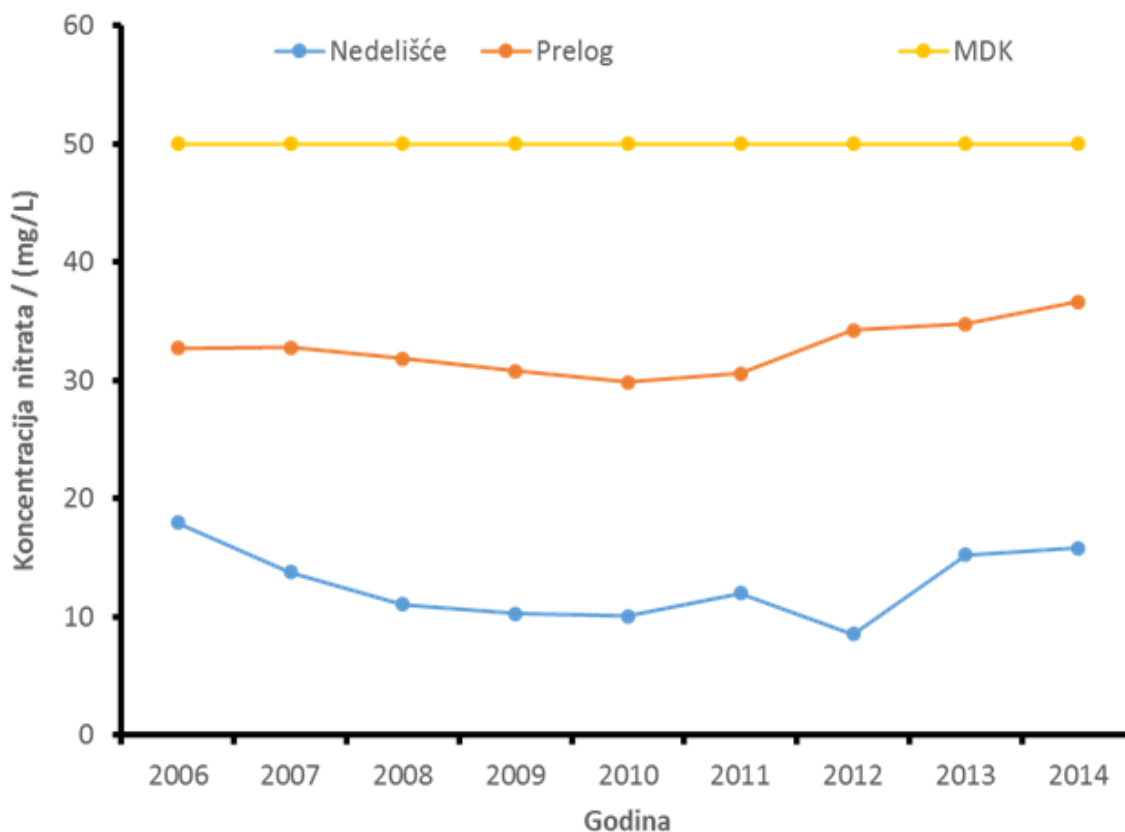
Graf 8. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocpilištu Nedelišće (Z-6)

Na grafu 9. prikazani su godišnji prosjeci koncentracije nitrata u podzemnoj vodi na vodocrpilištima Nedelišće i Prelog za razdoblje od 2006. do 2014. godine. Uočljivo je da vodocrpilište Nedelišće sadrži znatno manje koncentracije nitrata u odnosu na vodocrpilište Prelog, što je posljedica intenzivne poljoprivredne proizvodnje, neposredne blizine naseljenog područja, a kanalizacijska infrastruktura nije nepropusna i izgrađena je samo u naselju Prelog. Što se tiče vodocrpilišta Prelog, primjećujemo konstatni, ali vrlo blagi pad koncentracije nitrata od 2006. do 2010. godine. Nakon toga uslijedio je blagi porast sve do 2014. godine. Najveći porast dogodio se s 2011. na 2012. godinu, u istom periodu kad vodocrpilište Nedelišće bilježi najznačajniji pad.

Za razliku od vodocrpilišta Prelog, grafovi za sve zdence vodocrpilišta Nedelišće u pojedinim godinama ukazuju na poprilično odstupanje minimalnih i maksimalnih vrijednosti koncentracije nitrata. Primjećujemo kako je 2006. i 2007. godine na vodocrpilištu Nedelišće zabilježen značajniji pad koncentracije koji iznosi oko 10 mg/l NO₃⁻. Razlog tog smanjenja jest izgradnja vodonepropusne kanalizacije naselja Nedelišće, dok su se otpadne vode iz naselja općine Nedelišće koja nisu imala izgrađenu kanalizaciju odvozila na Pročistač otpadnih voda Čakovec. Te iste godine prošireno je vodozaštitno područje Nedelišće otkupom privatnih poljoprivrednih parcela pa više nije bilo intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Na tim je parcelama 2008. godine zasijana djetelina pa se zbog toga nastavlja trend smanjenja koncentracije nitrata, no nešto sporiji. Od 2010. godine Međimurske vode d.o.o. otkupljuju zemljište druge vodozaštitne zone vodocrpilišta Nedelišće te je time znatno proširena prva vodozaštitna zona. Ipak, 2010. godine zabilježen je porast koncentracije nitrata iz razloga što je ta godina bila izrazito kišna te je u zimskim mjesecima bilo većih količina snježnog pokrivača. Najveći pad koncentracije zabilježen je, kao što je već spomenuto, s 2011. na 2012. godinu. No tada je, kao što je prethodno spomenuto kod analize zdenca Z-2 u Nedelišću, u studenom 2012. godine došlo do poplave u Pušćinama blizu vodocrpilišta Nedelišće, što je rezultiralo značajnim povećanjem koncentracije nitrata. Zapravo grafovi za svih šest zdenaca vodocrpilišta Nedelišće ukazuju na intenzivan porast koncentracije s 2012. na 2013. godinu što sugerira da je spomenuta

poplava u Pušćinama imala značajan utjecaj na cjelovito vodocrpilište Nedelišće, iako je najveći utjecaj imala na zdenac Z-2.

Na grafu 9. vidljivo je da oba vodocrpilišta, Prelog i Nedelišće, konstantno bilježe manje vrijednosti koncentracije nitrata od maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK). Ipak, vodocrpilište Nedelišće bilježi čak dvostruko pa i trostruko manje koncentracije u odnosu na vodocrpilište Prelog koje se 2014. godine na zdencu Z-1 znatno približilo MDK.



Graf 9. Godišnji prosjeci koncentracije nitrata u podzemnoj vodi na vodocrpilištu Prelog i Nedelišće u periodu od 2006. do 2014. godine

6.2. Detergenti i fosfati

U razdoblju od 2006. do 2014. godine proizlazi da su vrijednosti koncentracija detergenata i fosfata na vodocrpilištima Nedelišće i Prelog za sve zdence: a) anionski detergenti < 50 µg/l, b) neionski detergenti <50 µg/l, c) fosfati <100 µg/, bile ispod maksimalno dozvoljene koncentracije, što dokazuje da nema povezanosti s količinom oborina i poplava u podzemnim vodama. [6]

7. ZAŠTITA IZVORIŠTA NEDELIŠĆE

Kako bi se voda za piće očuvala od onečišćenja, uspostavljena je zona sanitarne zaštite izvorišta vode. Izvorište Nedelišće utemeljeno je 1977. godine bušenjem dvaju zdenaca. U eksploataciju je pušten Z-1 kapaciteta 100 l/s u proljeće 1977. godine. Tadašnja skupština općine Čakovec donijela je Odluku o vodozaštitnom području crpilišta „Nedelišće“ („Službeni vjesnik“, broj 4/1979.), zatim Odluku o izmjeni Odluke o vodozaštitnom području crpilišta „Nedelišće“ („Službeni vjesnik“, broj 12/1988.) te Odluku o zaštiti crpilišta „Nedelišće“ („Službeni vjesnik“, broj 4/1991.). Odluke su pratile širenje crpilišta i zakonsku regulativu na tom području.

Županijsko poglavarstvo Međimurske županije 2004. godine je pokrenulo obavezu usklađenja spomenutih Odluka sa donesenim Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta („Narodne novine“, broj 55/2002.).

Skupština Međimurske županije je 2008. godine donijela Odluku o zaštiti izvorišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija. Na temelju prethodnih vodoistražnih radova opisanih u „Elaboratu zaštitnih zona vodocrpilišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija“ određene su tri zone zaštite izvorišta. Elaborat je 2007. godine izradio Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Vodozaštitno područje u Međimurju se bitno povećalo odnosno obuhvaća čitavo dravsko područje u Međimurju, a djelomično i područje Varaždinske županije te Republike Slovenije.

Područje prve zone zaštite je u vlasništvu tvrtke Međimurske vode d.o.o. koja provodi sve zaštitne mjere.

Povišene koncentracije nitrata utvrđene su na izvorištu Nedelišće u razdoblju od 1983. do 1989. godine. Odvoženjem komunalnog otpada i sanacijom divljih odlagališta u vodozaštitnom području, koncentracije nitrata smanjene su na razinu dozvoljenih granica. Koncentracija nitrata je osim toga padala i zbog smanjenog prihranjivanja mineralnim gnojivima na poljoprivrednim površinama u blizini izvorišta Nedelišće. Tome je pridonijelo lokalno stanovništvo, budući da im je poljoprivreda tek pomoćni izvor prihoda. Jače

prihranjivanje, osobito u sušnim razdobljima, može na aluvijalnom tlu izazvati neželjene učinke. Ekološki sigurniji načini za proizvodnju voća u trećoj zoni vodozaštitnog područja imaju najmanje štetnih utjecaja na kvalitetu vode.

Budući da u trećoj zoni sanitarne zaštite izvorišta Nedelišće nema izgrađenog kanalizacijskog sustava, otpadne su vode otjecale u tlo.

Od 2003. godine općina Nedelišće povjerila je koncesionaru odvoz otpadnih voda na pročistač u Čakovcu dok se ne prione izgradnji kanalizacijskih sustava u svim naseljima općine Nedelišće. Time se povećala zaštita podzemnih voda. Općina Nedelišće donijela je 2004. godine mjere zaštite voda pomoću Prostornog plana uređenja Općine, Plana zelenog djelovanja Općine i Strateškog plana gospodarskog razvoja Općine te je na Državnoj razini dobitnik Eko-Oskara za 2004. godinu. Nagradu dodjeljuje Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva.

U razdoblju od 2003. do 2006. godine u naselju Nedelišće izvedena je vodonepropusna kanalizacija duljine 23 kilometara s kolektorima unutar naselja. Načelnik Općine Nedelišće istaknuo je da će radovi na izgradnji kanalizacijske mreže biti dovršeni do kraja srpnja 2016. godine.

Tvrtka Međimurske vode d.o.o. prema mogućnostima otkupljuje zemljišta druge zone sanitarne zaštite izvorišta Nedelišće. Budući da je otkup zemljišta pojačan od 2000. godine, prva zona zaštite proširena je za sto posto te ona sada iznosi 37,76 hektara. Na otkupljenim površinama prve i druge zone sanitarne zaštite izvorišta Nedelišće zasijane su višegodišnje trave i postoje mjere zabrane primjene mineralnih i organskih gnojiva. [3]

8. ZONE ZAŠTITE VODOCRPILIŠTA PRELOG I NEDELIŠĆE

Prema Pravilniku o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite (NN 55/02) određene su tri zone zaštite za crpilišta Prelog i Nedelišće:

I. zona – zona strogog režima u kojoj granica zaštite mora biti udaljena najmanje 10 m na sve strane od građevina te mora biti ograđena

II. zona – obuhvaća područje izvan prve zone do linije od koje podzemna voda ima vrijeme zadržavanja od 50 dana prije ulaska u vodozahvatni objekt, ujedno je to i zona strogog ograničenja i nadzora

III. zona – zona koja obuhvaća područje izvan granice druge zone do granice izračunatog područja napajanja, ujedno je to i zona ograničenja i kontrole

Na vodocrpilištu Nedelišće crpnu količinu osigurava šest zdenaca, od kojih je svaki kapaciteta od 100 l/s. Za razliku od zdenca Z-1 koji crpi samo prvi vodonosni sloj, ostali crpe i prvi i drugi. Budući zdenci trebali bi osigurati ukupnu predviđenu crpnu količinu od 1000 l/s, u modelu crpe samo prvi vodonosni sloj, što rezultira kao dodatni čimbenik sigurnosti zaštite vodocrpilišta. Ujedno, to ne znači da budući zdenci izvedeni na vodocrpilištu Nedelišće neće zahvaćati i drugi vodonosni sloj.

Na vodocrpilištu Prelog crpnu količinu osiguravaju dva zdenca. Kao i kod vodocrpilišta Nedelišće, dodatni zdenci bi trebali osigurati ukupnu predviđenu crpnu količinu od 750 l/s, u modelu crpe samo prvi vodonosni sloj te je dodatni čimbenik za sigurnost zaštite vodocrpilišta. Taj pristup kao i kod vodocrpilišta Nedelišće ne uvjetuje da budući zdenci neće u stvarnosti zahvaćati i drugi vodonosni sloj. [5]

9. MJERE ZAŠTITE U VODOZAŠTITNIM ZONAMA VODOCRPILIŠTA PRELOG I NEDELIŠĆE

Skupština Međimurske županije donijela je 10. srpnja 2014. godine „Odluku o zaštiti izvorišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija“ u kojoj su definirane mjere zaštite o vodozaštitnim zonama. U članku 1 definiran je cilj osiguranja zaštite izvorišta u kojem se želi postići osiguranje zaštite izvorišta od onečišćenja ili drugih utjecaja koji mogu nepovoljno utjecati na zdravstvenu ispravnost vode ili njezinu izdašnost. Također, utvrđuju se zone sanitarne zaštite izvorišta i propisuju mjere zaštite i sanacije izvorišta, sanitarni i drugi uvjeti održavanja te druge zaštitne mjere koje se propisuju radi sprječavanja nepovoljnog djelovanja na njihovu izdašnost i zdravstvenu ispravnost vode za piće.

Rudarsko – geološki naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu izradio je „Elaborat o zonama zaštite izvorišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija“ u kojem su određene tri vodozaštitne zone:

- I. zona - zona strogog režima zaštite i nadzora
- II. zona – zona strogog ograničenja i nadzora
- III. zona – zona ograničenja i nadzora

I. zona – zona strogog režima zaštite i nadzora

Zona strogog režima zaštite - I. zona utvrđuje se kako bi se izvorište, vodozahvatne građevine i njihovu okolicu zaštitilo od onečišćenja odnosno negativnih utjecaja. Dozvoljena je samo eksploatacija, pročišćavanje i transport vode u javni vodoopskrbni sustav, a sve ostale radnje strogo su zabranjene.

Čitavo područje prve zone mora biti ograđeno, pri čemu visina ograde ne smije biti niža od dva metra. Također treba biti označeno pločama natpisa: “Naziv izvorišta, I. vodozaštitna zona - Zona strogog režima zaštite i nadzora, Zabranjen pristup neovlaštenim osobama“. Pristupiti mu mogu samo inspekcijaska tijela te ovlaštene pravne osobe koje

upravljaju izvorištima. One moraju donijeti i pridržavati se Pravilnika o provođenju mjera zaštite i uređenja zemljišta unutar prve zone.

II. zona - zona strogog ograničenja i nadzora

Druga zona utvrđuje se kako bi se smanjio utjecaj patogenih mikroorganizama na onečišćenje podzemnih voda i ostali mogući štetni utjecaji tijekom zadržavanja vode u podzemlju. Proteže se područjem izvan granice prve zone „do linije od koje podzemna voda ima minimalno vrijeme zadržavanja u podzemlju od 50 dana prije ulaska u vodozahvatnu građevinu“.⁵

Granica za svako izvorište druge zone treba biti označena pločama s natpisom: „Naziv izvorišta, II. vodozaštitna zona – Zona strogog ograničenja.“

III. zona - zona ograničenja i nadzora

Zona ograničenja i nadzora - treća zona proteže se izvan granica druge zone. Prostire se do linije od koje podzemna voda ima minimalno vrijeme zadržavanja u podzemlju od 25 godina horizontalnog toka prije ulaska u vodozahvatnu građevinu za izvorišta kapaciteta iznad 100 l/s, od 15 godina horizontalnog toka prije ulaska u vodozahvatnu građevinu za izvorišta kapaciteta 20 do 100 l/s te od pet godina za izvorišta kapaciteta manjeg od 20 l/s. [10]

Hrvatske vode provode monitoring odnosno praćenje stanja podzemnih voda. Ono se provodi u sklopu aktivne zaštite izvorišta, pri čemu se prati količina vode te njezina kakvoća. Hrvatske vode rezultate i analize praćenja vode prilažu u svojim godišnjim izvješćima.

⁵ Međimurska županija (2014). „Odluka o zaštiti izvorišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija“, Službeni glasnik Međimurske županije, broj 8, str. 1113. preuzeto 5.7.2016. http://medjimurske-vode.hr/wpcms/wp-content/uploads/2015/01/odluka_izvorista_2014.pdf

10. ZAKLJUČAK

Na temelju svih grafičkih i tabličnih analiza zdenaca iz vodocrpilišta Prelog i vodocrpilišta Nedelišće u razdoblju od 2006. do 2014. godine dolazimo do sljedećih zaključaka:

- koncentracije nitrata, fosfata i detergenata nalaze se ispod maksimalno dozvoljene koncentracije
- u odnosu na vodocrpilište Prelog, Nedelišće bilježi dvostruko manje koncentracije nitrata što je rezultat smanjene poljoprivredne proizvodnje na tom području
- na povećanje koncentracije nitrata također utječe i blizina naselja kod zdenca Z-2 u Nedelišću
- trend opadanja koncentracije nitrata vidljiv je u razdoblju od 2006. do 2010. godine
- na smanjenje koncentracije nitrata uječe proširenje vodozaštitnog područja Nedelišće otkupom privatnih poljoprivrednih parcela te sadnja djeteline na tom prostoru
- porast koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće zabilježen je 2010. godine zbog kišnih razdoblja te snježnog pokrivača
- značajan utjecaj na povećanje koncentracije nitrata izazvale su poplave u blizini vodocrpilišta Nedelišće (2012. godina)
- na razinu fosfata i detergenata ne utječu oborine i poplave.

11. LITERATURA

- [1] Deshmukh, K. K. (2013). „Impact of Human Activities on the Quality of Groundwater from Sangamner Area, Ahmednagar District, Maharashtra, India”, *International Research Journal of Environment Sciences*, vol. 2(8), str. 66-74.
preuzeto 21.7.2016. sa
<http://www.isca.in/IJENS/Archive/v2/i8/11.ISCA-IRJEvS-2013-180.pdf>
- [2] Filipović, V.; Petošić, D.; Nakić, Z.; Bubalo, M. (2013). „Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi“, *Hrvatske vode*, vol. 21 (84), str. 119-128.
- [3] Glumac, N.; Topolnjak, V.; Kolenić, N.; Jambrošić, K., (2009). „Trend smanjenja koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće“
- [4] Horvat, I.; Senta, A.; Racz, A.; (2010). „Praćenje koncentracije nitrata u vodi Koprivničkog vodovoda“, *Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini*, 52/2010, str. 359-365.
- [5] Mustač, I; Posavec K.; (2008). „Zone sanitarne zaštita Međimurskih vodocrpilišta“, *Hrvatske vode*, 68/2009, str. 113-124.
preuzeto 18.7.2016. sa
http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_68_2009_113-124_posavec-mustac.pdf
- [6] Sakač, N.; Glumac, N.; Kovač, I. (2015). „Praćenje koncentracije nitrata, fosfata i detergenata u vodi za ljudsku potrošnju iz vodoopskrbnog sustava Međimurske županije (2006.-2014.)“, Varaždin

-
- [7] Sofilić, T. (2014). „Onečišćujuće tvari u okolišu“ i „Putovi unošenja onečišćujućih tvari u ekosustave“. U: *Ekotoksikologija*. Sisak, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, str. 11-94.
preuzeto 18.7.2016. sa
http://bib.irb.hr/datoteka/743709.Tahir_Sofilic_EKOTOKSIKOLOGIJA.pdf
- [8] Springer, O. P.; Springer D. (2008). „Nemetali i polumetali“. U: *Otrovani modrozeleni planet*. Samobor, Meridijani – idavačka kuća d.o.o., str. 120.
- [9] Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, *Resursna osnova za pitku i geotermalnu vodu u Međimurskoj županiji*, Zagreb
preuzeto 4.7.2016. sa
http://medjimurska-zupanija.hr/wp-content/uploads/2009/01/Res_osnova_vode.pdf
- [10] Međimurska županija (2014). „Odluka o zaštiti izvorišta Nedelišće, Prelog i Sveta Marija“, *Službeni glasnik Međimurske županije*, broj 8, str. 1113.
preuzeto 5.7.2016. sa
http://medjimurske-vode.hr/wpcms/wp-content/uploads/2015/01/odluka_izvorista_2014.pdf
- [11] Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju ("NN RH" 56/13),
preuzeto 20.7.2016. sa
http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_125_2694.html
- [12] <http://www.nedelisce.hr/vodocrpiliste-i-komunalna-izgradenost> (preuzeto 15.7.2016.)
- [13] https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/DETERDZENTI.pdf (preuzeto 3.8.2016.)
-

POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Zaštitne zone vodocrpilišta Nedelišće prema Odluci o zaštiti vodocrpilišta Nedelišće.....</i>	7
<i>Slika 2. Zaštitne zone vodocrpilišta Prelog prema Odluci o zaštiti vodocrpilišta Prelog</i>	9
<i>Slika 3. Vodocrpilište Prelog</i>	18
<i>Slika 4. Vodocrpilište Nedelišće.....</i>	21

POPIS GRAFOVA

<i>Grafikon 1. Grafički prikaz vrijednosti nitrata na vodocrpilištu Prelog (Z-1).....</i>	19
<i>Grafikon 2. Grafički prikaz vrijednosti nitrata na vodocrpilištu Prelog (Z-2).....</i>	20
<i>Grafikon 3. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-1).....</i>	22
<i>Grafikon 4. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-2).....</i>	24
<i>Grafikon 5. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-3).....</i>	26
<i>Grafikon 6. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-4).....</i>	28
<i>Grafikon 7. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-5).....</i>	30
<i>Grafikon 8. Grafički prikaz vrijednosti koncentracije nitrata na vodocrpilištu Nedelišće (Z-6).....</i>	32
<i>Grafikon 9. Godišnji prosjeci koncentracije nitrata u podzemnoj vodi na vodocrpilištu Prelog i Nedelišće u periodu od 2006. do 2014. godine</i>	34

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine.</i>	<i>19</i>
<i>Tablica 2. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2012. do 2014. godine.</i>	<i>20</i>
<i>Tablica 3. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine</i>	<i>22</i>
<i>Tablica 4. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine</i>	<i>23</i>
<i>Tablica 5. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine</i>	<i>25</i>
<i>Tablica 6. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine</i>	<i>27</i>
<i>Tablica 7. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2006. do 2014. godine</i>	<i>29</i>
<i>Tablica 8. Vrijednosti koncentracije nitrata od 2007. do 2014. godine</i>	<i>31</i>