

1. UVOD

Od začetka 2002 do konca decembra 2002 smo v okviru pogodbe št. 2523-02-500324 izvajali monitoring kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana (MOL). Monitoring kakovosti podtalnice smo za naročnika Mestno občino Ljubljana začeli izvajati že v letu 1997 [1]. V letu 1998 smo zaradi slabšega poznavanja kakovosti manjših vodotokov na območju MOL, začeli izvajati tudi monitoring kakovosti površinskih vodotokov [2]. V letu 1999 smo razširili monitoring podtalnice z dodatnimi analizami kovin in AOX [3]. Novembra 2001 smo v podtalnici začeli določevati tudi razpadni produkt pesticida diklobenila, 2,6-diklorobenzamid [4].

Podtalnico Ljubljanskega polja smo, enako kot v preteklem obdobju, vzorčevali na desetih različnih mestih 5 do 20 krat v obdobju od marca do decembra 2002. Pogostost vzorčevanja je bila največja na črpališčih Ljubljanskega vodovoda, predvsem na tistih zajemnih mestih, na katerih smo v okviru državnega monitoringa podtalnice ugotovili povišane vsebnosti nekaterih pokazateljev onesnaženja. Opazovana mesta so bila razporejena po vsem polju s podtalnico in so bila vključena tudi v državni monitoring. Iz Hrastja so bili v času vzdrževalnih del, prebivalci oskrbovani s pitno vodo iz nadomestnega vodnjaka. Vzorčevalno mesto smo prilagodili tej spremembi in tudi rezultate analiz podali ločeno.

Površinske vodotoke smo vzorčevali na 9 vzorčevalnih mestih na Ljubljanici in pritokih, od katerih je eno vzorčevalno mesto (Ljubljanica-Livada) vključeno tudi v državni monitoring. Namen monitoringa površinskih vodotokov je bil predvsem ugotavljanje kakovosti vode na kopališčih v poletnih mesecih, ter vpliv deponije na Barju na kakovost Ljubljanice in pritokov.

V končnem poročilu o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana smo vključili vse rezultate analiz vzorcev podtalnice in površinskih vodotokov odvzetih od začetka marca 2002 do konca decembra 2002. Rezultati monitoringa za posamezna trimesečja so v vmesnih poročilih [5-7]. Rezultate analiz vzorcev zajetih decembra 2002 smo vključili samo v končno poročilo.

V mesecu marcu in aprilu 2002 so bili vzorci podtalnice analizirani v laboratoriju MOP-ARSO in IVZ-RS, vse ostale analize od meseca maja do konca decembra pa so bile opravljene na IVZ-RS. Vzorci površinskih vodotokov so bili analizirani v laboratorijih ARSO, IVZ RS in IVO-MB.

2. PROGRAM MONITORINGA

2.1. PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI PODTALNICE

V obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 smo podtalnico vzorčevali na petih črpališčih Ljubljanskega vodovoda, treh industrijskih vodnjakih in dveh vrtinah. V času vzdrževalnih del aprila, smo podtalnico v Hrastju vzorčevali iz nadomestnega vodnjaka Hrastje III, nato pa vzorčenje nadaljevali iz vodnjaka Hrastje Ia. V tabeli 1 so navedena zajemna mesta z geodetskimi koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja. Karta z vrisanimi zajemnimi mesti za podtalnico na Ljubljanskem polju je v prilogi 1. V karto zaradi preglednosti nismo vrisali nadomestnega vodnjaka. Program monitoringa kakovosti podtalnice je v prilogi 3, datumi vzorčevanj pa v prilogah 4 do 8 (tabele z rezultati).

Obseg analiz podtalnice v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Osnovne fizikalno kemijske analize: temperatura vode, pH vrednost, električna prevodnost (25°C), raztopljeni kisik, nasičenost s kisikom, kemijska potreba po kisiku - KPK (permanganatna metoda), amonij, nitrit in nitrat.

Skupinski kazalci onesnaženja: anionaktivni detergenti, mineralna olja, fenolne snovi in AOX

Kovine: Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb in Hg

Triazinski pesticidi: atrazin, desetilatrazin, desizopropilatrazin, simazin, propazin, prometrin, cianazin, terbutilazin in terbutrin;

Ostali pesticidi: z isto metodo kot triazinski pesticidi sta bila analizirana tudi bromacil ter razpadni produkt diklobenila 2,6-diklorobenzamid (od novembra 2001).

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki: triklorometan, tribromometan, bromdiklorometan, dibromklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, tetrakloroeten, trikloroeten, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan, triklorofluorometan in difluorodiklorometan

Bakteriološke analize:

Skupne koliformne bakterije MPN /100 ml

Koliformne bakterije fekalnega izvora MPN / 100 ml

Aerobne mezofilne bakterije (22°C) CFU/1 ml

Aerobne mezofilne bakterije (37°C) CFU/1 ml

Streptokoki fekalnega izvora MPN / 100 ml

Sulfit-reducirajoči klostridiji št. /20 ml

Tabela 1: Zajemna mesta za spremljanje kakovosti podtalnice s šiframi, koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja v obdobju marec 2002- december 2002

	Zajemno mesto	Šifra zaj.mesta	Opis	Geodetske koordinate		Štev. vzor.	Način vzorčenja
				X	Y		
1	Kleče (VIII a) 0543	P54380	črpališče	5104775	5461280	20	iz pipe za odvzem vzor.
2	Hrastje (I a) 0344	P54720	črpališče	5102960	5466525	19	iz pipe za odvzem vzor.
	Hrastje III	P54723	črpališče	5103206	5466450	1	iz pipe za odvzem vzor.
3	Šentvid (II a) 0581	P54280	črpališče	5106480	5460300	10	iz pipe za odvzem vzor.
4	Jarški prod (III)JA 3	P50420	črpališče	5105040	5465805	10	iz pipe za odvzem vzor.
5	Iški vršaj (Ia) IŠ-2	P58060	črpališče	5090870	5461320	5	iz pipe za odvzem vzor.
6	Roje LV-0377	P54220	vertina	5106930	541270	5	potopna črpalka
7	Stožice LV-0277	P54460	vertina	5104730	5462960	5	potopna črpalka
8	Koteks- Zalog 0371	P54900	ind.vodnjak	5102810	5470260	5	iz pipe za odvzem vzor.
9	Elok-Zalog 0251	P54860	ind.vodnjak	5101650	5466260	5	iz pipe za odvzem vzor.
10	Dekoratívna 0641	P54340	ind.vodnjak	5105000	5459840	5	potopna črpalka

Realizacija programa za podtalnice

Program za podtalnice je bil v obdobju od začetka marca do konca decembra 2002 v celoti realiziran z izjemo lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov, kjer v vseh vodnjakih v mesecu decembru 2002 ni podatkov za **trikloronitrometan**.

Drugi zajem vzorcev v aprilu 2002 na črpališču v Hrastju (Ia) ni bil možen, zato so bili vzorci zajeti v nadomestnem vodnjaku Hrastje III.

2.2. PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI POVRŠINSKIH VODOTOKOV

Program monitoringa površinskih vodotokov na območju MOL obsega vzorčevanje in analizo vzorcev na 9 zajemnih mestih, označenih na karti v prilogi 2.

1. Ljubljana nad izlivom Bezlanovega grabna
2. Ljubljana – Livada (merilno mesto državnega monitoringa kakovosti površinskih vodotokov)
3. Ljubljana - pod izlivom Malega grabna (Špica)
4. Bezlanov graben - pred izlivom v Ljubljano
5. Curnovec

6. Mali graben - pred izlivom v Ljubljano
7. Gradaščica nad Ljubljano
8. Gradaščica pred izlivom v Ljubljano
9. Ižica

Rezultati na merilnem mestu Ljubljana–Livada so bili pridobljeni v okviru državnega monitoringa kakovosti površinskih vodotokov. Vrsta, obseg in pogostost analiz je prikazana v tabeli 2. Vzorci za fizikalno in kemijsko analizo so bili zajeti na osmih vzorčevalnih mestih, dne 21.8.2002, v času nizkih do srednjih pretokov. Bakteriološka analiza za določanje ustreznosti kopalnih voda je bila opravljena na šestih vzorčevalnih mestih in sicer dvakrat v juliju, enkrat v avgustu in enkrat v septembru v času kopalne sezone. Na zajemnem mestu Ljubljana Livada je bila bakteriološka analiza opravljena le za vzorec zajet 21.08.2002.

Tabela 2: Zajemna mesta za spremljanje kakovosti površinskih vodotokov, geodetske koordinate, vrsta, obseg in pogostost analiz v obdobju marec - december 2002

	Vodotok	Zajemno mesto	Geodetske koordinate		Pogostost vzorčevanja				
			X	Y	F,K (v)	KO (v,ss,s)	Bor (v)	GC/MS (v,s)	B (v)
1	Ljubljana	nad izlivom Bezan. grabna	5459380	5095450	1	1	1	1	4
2	Ljubljana	Livada	5462340	5099160	1	1*	-	-	1
3	Ljubljana	pod izl. M. grabna v višini Špice	5462510	5099440	1	1	1	1	4
4	Bezanov graben	pred izlivom v Ljubljano	5459380	5097280	1	1	1	1	/
5	Curnovec	pred izlivom v Ljubljano	5459850	5097970	1	1	1	1	/
6	Mali graben	pred izlivom v Ljubljano	5461490	5098770	1	1	1	1	4
7	Gradaščica	nad Ljubljano	5456670	5101020	1	1	1	1	4
8	Gradaščica	pred izlivom v Ljubljano	5461820	5100050	1	1	1	1	4
9	Ižica	pred izlivom v Ljubljano	5462480	5097510	-	-	-	-	4

F,K - fizikalno kemijske analize
 KO - analize težkih kovin Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb in Hg v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu
 1* - analiza težkih kovin Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb in Hg v vodi, suspendiranih delcih
 GC/MS - posnetek spektra na plinskem kromatografu z masnim detektorjem
 B - bakteriološka analiza
 v - voda
 s - sediment
 ss - suspendirane snovi

Obseg analiz površinskih vodotokov od marca 2002 do decembra 2002

Osnovne fizikalno kemijske analize: temperatura vode, pH vrednost, električna prevodnost (25°C), raztopljeni kisik, nasičenost s kisikom, kemijska potreba po kisiku - KPK (permanganatna in bikromatna metoda), biokemijska potreba po kisiku - BPK₅, celotni organski ogljik - TOC, celotni dušik - TN, amonij, nitrit, nitrat, sulfat, klorid, celotni fosfat, ortofosfat, kalcij, magnezij, natrij, kalij, hidrogenkarbonat, bor, anionaktivni detergentski, fenolne snovi, mineralna olja.

Kovine: Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb ter Hg v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu.

Bakteriološke analize:

Skupne koliformne bakterije MPN v 100 ml

Koliformne bakterije fekalnega izvora MPN v 100 ml

Posnetek spektra GC/MS v vodi in sedimentu

Realizacija programa za površinske vodotoke

Program v mesecu juliju in avgustu ni bil v celoti realiziran zaradi okvare instrumenta »CA 14 Skalar TOC analyzer«. Vsebnosti TOC in TN niso bile izmerjene v vzorcih površinskih vodotokov na območju MOL, izmerjene so bile le v Ljubljani na zajemnem mestu Livada. Manjkata tudi meritvi nasičenosti s kisikom in BPK₅ v Bežanovem grabnu.

3. METODE DELA

3.1. VZORČEVANJE

Vzorčevanje podtalnice

Podtalnico smo vzorčevali v skladu s predpisi SIST ISO 5667-3 in SIST ISO 5667-11. Ob vsakem odvzemu smo izmerili temperaturo zraka in vode, pH, električno prevodnost (25°C), raztopljeni kisik in nasičenost s kisikom. Vzorce za analizo KPK, nitrita in določitev topnih oblik kovin smo konzervirali in shranili na hladnem, kjer smo shranili tudi vse ostale vzorce.

Vzorčevanje podtalnice iz pipe za odvzem vzorcev (Kleče, Hrastje, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Koteks, Elok):

Podtalnico smo vzorčevali iz posebnih pip za vzorčevanje, kjer voda še ni kemijsko obdelana. Vzorčevali smo po 30 minutnem pretoku podtalnice iz pipe, da se je voda v ceveh nadomestila s svežo podtalnico. To smo kontrolirali tudi z meritvami temperature in električne prevodnosti.

Prečrpavanje in vzorčevanje podtalnice iz vrtin s potopno črpalko (Roje, Stožice):

Pred vzorčevanjem smo izmerili nivo podtalnice, nato pa na znani globini podtalnico eno uro prečrpavali s potopno črpalko "Grundfos", tip MP-1 (pretok 0,3 l/s). Potek izmenjave s svežo podtalnico smo kontrolirali z meritvami temperature in električne prevodnosti.

Prečrpavanje in vzorčevanje podtalnice iz vodnjaka (Dekoratívna):

Vodnjak Dekoratívna, ki vsebuje približno 10 m³ vode (odvisno od nivoja podtalnice), je v neposredni bližini novega nakupovalnega centra Mercator, ki je bil do avgusta 1999 v izgradnji. Mercator je vodnjak primerno uredil za odvzem vzorcev, MOP-HMZ pa je v vodnjak namestil črpalko "Grundfos", tipa JS4-08 (pretok približno 1 l/s). Na ta način je zagotovljeno neovirano vzorčevanje na tej lokaciji. Pred vzorčenjem smo prečrpali 15-20 m³ podtalnice. Dotok sveže podtalnice v vodnjak smo ugotavljali z meritvami temperature podtalnice, pH in električne prevodnosti s sondami WTW, tip MultiLine P4. Podtalnico smo vzorčili 2 m pod gladino vode.

Vzorčevanje površinskih vodotokov

Zajem vzorcev vode in sedimentov smo opravili v skladu z določili mednarodnih standardov SIST ISO 5667 - 6 in SIST ISO 5667 - 12. Konzerviranje, stabilizacijo, transport in hranjenje odvzetih vzorcev vode in sedimenta za kemijske in bakteriološke preiskave smo izvedli po predpisih SIST EN ISO 5667 - 3. Vzorce smo zajeli na polovici globine. Ob zajemu vzorca smo izmerili temperaturo zraka in vode, pH, električno prevodnost, raztopljeni kisik in nasičenost s kisikom. Vzorce za analizo nitrita, kemijske potrebe po kisiku, TOC in TN smo konzervirali in shranili na hladnem, kjer smo shranili tudi vse ostale vzorce. Za določitev topnih oblik kovin smo vzorce na terenu filtrirali skozi membranski filter 0.45 µm ter filtrat nakisali s HNO₃ (konc.) na pH pod 2, filtre pa shranili za določitev koncentracije kovin v suspendiranih delcih.

3.2. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE

3.2.1. Priprava vzorcev

Podtalnica

Na terenu smo v vzorcih podtalnice določili temperaturo vode, pH, električno prevodnost (25°C) in vsebnost kisika. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih MOP-ARSO in IVZ-RS. Na terenu smo stabilizirali vzorce za KPK (KMnO₄) s H₂SO₄ (1:3) in za nitrit s kloroformom. Za določitev topnih oblik kovin smo vzorce filtrirali skozi membranski filter 0.45 µm ter filtrat nakisali s HNO₃ (konc.) na pH pod 2. Vse vzorce smo takoj po vzorčenju dostavili v laboratorij, kjer smo jih do analize hranili v temi pri 4 °C.

Osnovne fizikalno kemijske parametre, mineralna olja ter vsebnost organskih spojin smo določili v nefiltriranih, premešanih vzorcih.

Površinski vodotoki

Na terenu smo določili temperaturo vode in zraka, pH, električno prevodnost (25°C) in vsebnost kisika. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih.

Voda in suspendirani delci

V nefiltriranem, premešanem vzorcu smo določili suspendirane snovi, kemijsko in biokemijsko potrebo po kisiku, fenolne snovi in detergente. Iz nefiltriranega, usedenega vzorca smo določili amonijev in nitritni ion in mineralna olja. Ostale analize smo naredili iz vzorca, filtriranega skozi filter Schleicher & Schüll 589/1. Za določitev topnih oblik kovin smo vzorce na terenu filtrirali skozi membranski filter 0.45 µm ter filtrat nakisali s HNO₃ (konc.) na pH pod 2. Za določitev koncentracije kovin v suspendiranih delcih smo filter s suspendiranimi snovmi razkrojili s HNO₃ v mikrovalovni peči CEM-MDS 2000.

Za določitev organskih spojin z metodo GC/MS smo uporabili nefiltrirani vzorec vode. Vzorec vode smo homogenizirali, ekstrahirali z diklormetanom in združene ekstrakte koncentrirali z odpihovanjem topila s pomočjo dušika.

Sediment

Za kemijsko analizo smo uporabili granulacijsko frakcijo sedimenta z velikostjo delcev pod 63 µm. V ta namen smo vzorce sedimenta v prvi fazi sejali mokro do velikosti delcev pod 200 µm in nato pod 63 µm. Spirali smo z vodo iz istega vodotoka. Za sejanje smo uporabili standardizirana sita iz visoko kvalitetnega nerjavnega jekla. Vse izmerjene koncentracije so izražene na zračno suh vzorec z velikostjo delcev pod 63 µm.

Vzorec za analizo kovin smo pripravili z mokrim razklopom s kislinsko mešanico HNO₃/HCl za analizo Hg pa z razklopom z mešanico HNO₃/H₂SO₄ in z dodatkom KMnO₄. Vse razklope smo naredili v mikrovalovni pečici. Po razklopu smo raztopine filtrirali skozi filter moder trak.

Za posnetek GC/MS smo znano količino presejanega sedimenta ekstrahirali v ultrazvočni kopeli z diklorometanom. Analizo z GC/MS smo naredili s koncentriranim ekstraktom.

3.2.2. Analizne metode

Merilni principi in referenčni standardi, ki smo jih uporabljali tako pri podtalnicah kot pri površinskih vodotokih so zbrani v tabeli 3.

Tabela 3: Merilni principi in referenčni standardi

Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčni standard
Temperatura	°C	Elektrometrija	SIST DIN 38404-6:2000
pH		Elektrometrija	SIST ISO 10523:1996
Električna prevodnost	µS/cm (25°C)	Elektrometrija	SIST EN 27888:1998
Raztopljeni kisik	mg O ₂ /l	Titrimetrija (Jodometrija) Elektrometrija - sonda	SIST EN 25813:1996 SIST EN 25814:1996
KPK (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST ISO 6060:1996
KPK (KMnO ₄)	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST EN ISO 8467:1998
BPK ₅	mg O ₂ /l	Titrimetrija	SIST EN 1899-2:1995E:2000
Amonij	mg NH ₄ /l	Spektrofotometrija	SIST ISO 7150-1:1996
Nitrit	mg NO ₂ /l	Spektrofotometrija	SIST EN 26777:1996
Nitrat	mg NO ₃ /l	Spektrofotometrija	SM 4500 NO ₃ – B
Orto fosfat	mg/l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189:1997
Celotni fosfat	mg/l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189:1997
Klorid	mg/l	Titrimetrija	SM 4500 C. lit. [8]
Sulfat	mg/l	Ionska kromatografija	SIST EN ISO 10304-1:1998
Kalcij	mg/l	Titrimetrija	SIST ISO 6058:1996
Magnezij	mg/l	Titrimetrija	SIST ISO 6059:1996
Natrij	mg/l	Emisijska spektrom.	ISO 9964-1:2000
Kalij	mg/l	Emisijska spektrom.	ISO 9964-2:2000
Anionaktivni detergenti	mg MBAS/l	Spektrofotometrija mod	SIST EN 903:1997
Mineralna olja	mg/l	SSFS	UNESCO 13/84 [9]
Fenolne snovi (indeks)	mg C ₆ H ₅ OH/l	Spektrofotometrija	SIST ISO 6439:1996
TOC	mg C/l	IR	SIST ISO 8245:2000
TOC - sediment	%	IR	SIST EN 1484: 1998
TN	mg N/l	Kemoluminiscenca	interna po ENV 12260:1996
AOX	µg Cl/l	Kulometrija	SIST EN 1485:1997
Baker	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-T7
Cink	µg/l	Plamenska AAS	SIST ISO 8288:1996
Kadmij	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST EN ISO 5961:1996
Krom (skupni)	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST EN 1233:1997
Krom (šest-valentni)	µg/l	spektrofotometrija	SIST ISO 11083:1996
Nikelj	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-T21
Svinec	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST ISO 8288:1996
Živo srebro	µg/l	AAS-metoda hladnih par	SIST ISO 5666:2000
Baker - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 3840629:2000
Cink - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 38406–29:2000
Kadmij - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 38406–29:2000
Krom - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 38406–29:2000
Nikelj - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 38406–29:2000
Svinec - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 38406–29:2000
Živo srebro - sediment	mg/kg	ICP-MS	SIST DIN 38406–29:2000
Pesticidi (triazini)	µg/l	GC - MS	interna metoda
LHCH	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 10301:1998
Skup.kolifor. bakterije	MPN/100ml	MPN	SIST ISO 9308-2:1998
Kolif.bak.fek.izv.(E. coli)	MPN/100ml	MPN	SIST ISO 9308-2:1998
Aer.mez. bakterije (22°C)	CFU/1ml	štetje kolonij	SIST EN ISO 6222:1999
Aer.mez. bakterije (37°C)	CFU/1ml	štetje kolonij	SIST EN ISO 6222:1999
Streptokoki fek. izvora	MPN/100ml	MPN	SIST EN ISO 7899-1:1999
Sulfired. klostridiji	MF/20ml	MF	SIST EN ISO 26461-2:1998

AAS: atomska absorpcijska spektrofotometrija
 IR: infra rdeča spektrometrija
 ICP-MS: induktivno sklopljena plazma, masno selektivni detektor
 GC-MS: plinska kromatografija, masno selektivni detektor
 GC-ECD: plinska kromatografija, "Electron-Capture Detector" (detektor na zajetje elektronov)
 MBAS: "methylene-blue active substances" (substancia, ki reagirajo z metilenmodrim indikatorjem)
 KPK: kemijska potreba po kisiku
 TOC: celotni organski ogljik

TN:	celotni dušik
SSFS:	sinhrona fluorescenčna spektrofotometrija (Synchronous Scan Fluorescence Spectrometry)
AOX:	organsko vezani halogeni, sposobni adsorpcije
LHCH:	lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki
Skup.kolifor.:	skupne koliformne
Kolif.bak.fek.izv.:	koliformne bakterije fekalnega izvora
Aer.mez.bakterije:	Aerobne mezofilne bakterije
Štetje kolonij:	štetje kolonij z nasajanjem na hranljivi agar
Sulfitred.:	sulfitreducirajoči
MPN	Most probable number
MF	mikrofiltracija

Posnetek spektra GC/MS (površinski vodotoki)

Voda

Za identifikacijo organskih spojin v vodah smo posneli kromatograme združenih nevtralnokislih (pH < 2) ekstraktov vzorcev na instrumentu GC/MS (HP 6890 Series) s 30 m kolono HP-5MS. Posnetki GC/MS v vodi so prikazani primerjalno z zmesjo organskih polutantov, ki se pogosto pojavljajo v vodi (zgoraj je prikazana analiza vzorca, spodaj pa analiza primerjalne zmesi). Spojine smo identificirali na osnovi knjižnice masnih spektrov NIST MS Chemstation Library HP 41033A, ki vsebuje 75000 masnih spektrov. Nekaj spojin na podlagi te knjižnice ni bilo mogoče identificirati, spektri le-teh so priloženi. Vrhovi v kromatogramu, ki niso označeni, se ujemajo z vrhovi v kromatogramu slepega vzorca (namesto vzorca smo ekstrahirali laboratorijsko čisto vodo, R = 18,2 MΩcm).

Sediment

Po ekstrakciji sedimenta in koncentriranju ekstrakta je postopek za posnetke GC/MS sedimentov enak kot za vode. Posnetki GC/MS v sedimentu so tako kot za vodo prikazani primerjalno z zmesjo organskih polutantov, ki se pogosto pojavljajo v sedimentu (zgoraj je prikazana analiza vzorca, spodaj pa analiza primerjalne zmesi).

4. NORMATIVI

4.1. PODTALNICA

Kakovost podtalnice smo v obdobju od marca do konca decembra 2002 vrednotili po uredbi o kakovosti podzemnih voda (Uradni list RS 11/02) [21].

Za parametre, ki niso vključeni v novo uredbo smo upoštevali mejne vrednosti navedene v slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti pitne vode, ki je v veljavi v Sloveniji od začetka avgusta 1997 [10]. V tabeli 4 so povzete mejne vrednosti (MV), ki smo jih določali v podtalnici Ljubljanskega polja v obdobju od marca 2002 do decembra 2002. Pri vrednotenju rezultatov smo za določen parameter upoštevali strožji normativ, ki je v tabeli označen s poudarjenim tiskom.

Tabela 4: Meje vrednosti (MV) po slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti za pitne vode in po uredbi o kakovosti podzemnih voda

Parameter	Enota	Slovenski pravilnik ^[10]	Uredba o kakovosti podzemnih voda ^[21]
		MV	MV
Temperatura vode	°C	25	
pH		6.5-9.5	
Elektr. prevodnost (20°C)	µS/cm	2500	
Nasičenost s O ₂	%	50	
KPK (KMnO ₄)	mg O ₂ /l	2,5	
Amonij	mg NH ₄ ⁺ /l	0.1	0.06
Nitrit	mg NO ₂ ⁻ /l	0.1	
Nitrat	mg NO ₃ ⁻ /l	50	25
Mineralna olja	µg/l	10	10
Fenolni indeks	µg C ₆ H ₅ OH/l	1,0	
Detergenti	mg TBS/l	0.2	
Baker	µg/l	2000	
Cink	µg/l	3000	
Kadmij	µg/l	3	
Krom	µg/l	50	30
Nikelj	µg/l	20	
Svinec	µg/l	10	
Živo srebro	µg/l	1	
Posamezni pesticid	µg/l	0.1*	
Atrazin	µg/l	0.1*	0.1
Desetil-atrazin	µg/l		0.1
Ostali posamezni pesticidi	µg/l	0,1	0.06
Vsota pesticidov **	µg/l	0.5*	0.5
Diklorometan	µg/l		2.0
Tetraklorometan	µg/l	2.0	2.0
1,2-dikloroetan	µg/l	3.0	3.0
1,1-dikloroeten	µg/l	30	0.5
Trikloroeten	µg/l	10	2.0
Tetrakloroeten	µg/l		2.0
Trikloroeten in tetrakloroeten	µg/l	10	
LHCH ***	µg/l		10
Skupne kolifor. bakt.	MPN/100ml	0	
Kolif. bakt. fekal. izv.	MPN/100ml	0	
Aerob. pri 22°C	MPN/1ml	100	
Aerob. pri 37°C	MPN/1ml	100	
Fekalni streptokoki	MPN/100ml	0	
Sulfit red. klostridiji	MPN/20ml	0	

MV: mejna vrednost

* veljavnost od 1.1.2003 (Ur.l. RS 54/98, 3. čl.)

** Vsota pesticidov in njihovih metabolitov: organoklorni, triazinski, organofosforni pesticidi, derivati fenoksi ocetne kisline, derivati sečne kisline

*** LHCH – Vsota lahkih alifatskih halogen ogljikovodikov: triklorometan, tribromometan, bromodiklorometan, dibromoklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroetan, tetrakloroeten, trikloroeten, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan, triklorofluorometan, difluoroklorometan

Kolif. bakt. fekal. izv.: koliformne bakterije fekalnega izvora

Aerob.: aerobne mezofilne bakterije

Sulfit red. klostridiji: sulfit reducirajoči klostridiji

KPK: kemijska potreba po kisiku

TBS: tetrapropilen benzen sulfonat

4.2. POVRŠINSKI VODOTOKI

4.2.1. Voda

Kakovost površinskih vodotokov smo vrednotili glede na uredbi SFRJ [12,13], ki sta bili veljavni do leta 2002. Program monitoringa površinskih voda na območju MOL ne omogoča določitev kemijskega stanja, kot je predpisano v Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda [22]. Na osnovi osnovnih fizikalno-kemijskih, mikrobioloških in saprobioloških parametrov so površinski vodotoki razdeljeni v kakovostne razrede. Zaradi zastarelosti in pomanjkljivosti omenjenih predpisov smo pri ocenjevanju glede na vsebnost težkih kovin upoštevali tudi dopolnitve s tujimi predpisi [11,14,15]. Mejne vrednosti parametrov za posamezne kakovostne razrede so navedene v tabeli 5, pri čemer so tuji predpisi označeni osenčeno.

Tabela 5: Mejne vrednosti fizikalno-kemijskih in mikrobioloških parametrov ter saprobnega indeksa za štiri kakovostne razrede površinskih vodotokov

Parameter	Enota	Kakovostni razredi			
		1	2	3	4
pH		6.8-8.5	6.8-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
O ₂ nasičenost	%	90-105	75-90 105 - 115	50-75 115 - 125	30-50 125 - 130
Suspendirane snovi po sušenju	mg/l	10	30	80	100
KPK _{Cr}	mg O ₂ /l	3,0	10,0	30,0	>30,0
BPK ₅	mg O ₂ /l	2,0	4,0	7,0	>10,0
Nitrit	mg NO ₂ /l	0,01	0,02	0,20	>0,20
Nitrat	mg NO ₃ /l	5,0	9,0	>9,0	
Amonij	mg NH ₄ ⁺ /l	0,05	0,14	1,00	>1,00
Orto-fosfat	PO ₄ ³⁻ /l	0,09	0,46	>0,46	
Mineralna olja	mg/l	0	<0,01	>0,01	
Fenolne snovi	mg/l	0,001	0,002	0,010	>0,010
Detergenti	mg TBS/l	0	0,1	0,2	
Baker	µg/l	< 30	100	140	> 140
Krom	µg/l	< 45	150	800	> 800
Nikelj	µg/l	< 15	50	140	> 140
Cink	µg/l	< 50	200	1400	> 1400
Svinec	µg/l	< 15	50	140	> 140
Kadmij	µg/l	< 1,5	5	15	> 15
Živo srebro	µg/l	< 0,5	1	1,4	> 1,4
Skupne kolifor. bakterije	MPN/l	2000	100000	200000	>200000
Saprobni indeks		1,0-1,5	1,51-2,5	2,51-3,5	3,51-4,0

KPK: kemijska potreba po kisiku

BPK₅: biokemijska potreba po kisiku

Primernost vode za kopanje smo vrednotili po Pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [16]. Maksimalne dopustne vrednosti parametrov za kopalne vode so navedene v tabeli 6.

Tabela 6: Maksimalne dopustne vrednosti parametrov za kopalne vode

Parameter	Enota	MDK
Skupne koliformne bakterije	100 ml	2000
Koliformne bakterije fekalnega izvora	100 ml	500
pH		6,8 – 8,5
O ₂ nasičenost	%	75 – 90 in 105 - 115
Amonija	mg NH ₄ /l	0,26

4.2.2. Sediment

Za oceno vsebnosti kovin v sedimentu smo uporabili vrednosti, ki smo jih dobili na osnovi podatkov o geološki sestavi tal v Sloveniji (predstavljajo naravno ozadje) [17] in drugih strokovnih virov [18,19], dopoljenih z rezultati preiskav nekaterih površinskih vodotokov Slovenije na izviri ali na onesnaženih odsekih [20]. V tabeli 7 so z debelim tiskom poudarjene vrednosti, ki pomenijo razmejitve med naravnimi vrednostmi in onesnaženjem.

Tabela 7: Normativi in smernice za uvrstitev vodotokov v kakovostne razrede po vsebnosti kovin v rečnem sedimentu

Parameter	Enota	Kakovostni razredi			
		1	2	3	4
Baker	mg/kg	< 40	100	340	> 340
Cink	mg/kg	< 200	1300	4600	> 4600
Kadmij	mg/kg	< 1	12	40	> 40
Krom	mg/kg	< 50	150	540	> 540
Nikelj	mg/kg	< 50	100	360	> 360
Svinec	mg/kg	< 50	120	1000	> 1000
Živo srebro	mg/kg	< 0.05	0.2	1	> 1

5. REZULTATI ANALIZ ZA PODTALNICO

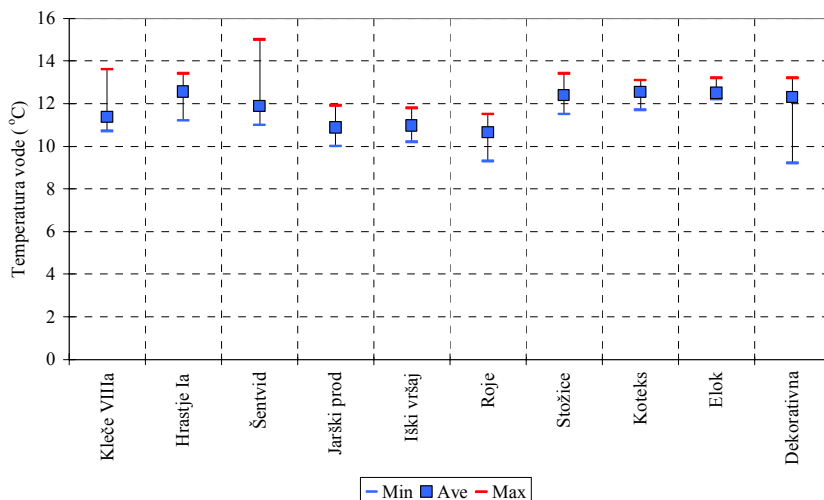
Rezultati analiz vzorcev podtalnice za obdobje od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 so zbrani v prilogah 4-8. Rezultate za vodnjak Hrastje III in Hrastje Ia smo obravnavali ločeno. Rezultate smo statistično obdelali tako, da smo tam, kjer so bili rezultati nižji od meje zaznavnosti analizne metode vzeli polovično vrednost meje zaznavnosti (zaradi izračuna povprečnih vrednosti). Za grafični prikaz podatkov smo pri rezultatih, ki so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode prav tako vzeli polovično vrednost. Za izračun vsote triazinskih pesticidov in lahkih ogljikovodikov pa smo rezultatom pod mejo zaznavnosti pripisali vrednost 0. Tabela s statistično obdelanimi rezultati je v prilogi 9.

5.1. FIZIKALNI IN KEMIJSKI PARAMETRI OD MARCA 2002 DO DECEMBRA 2002

Za obdobje od marca 2002 do decembra 2002 podajamo rezultate za posamezne parametre kot obdobjna povprečja, grafično in v tabeli v prilogi 9. Vsebnosti, ki so visoke in kažejo na onesnaženje posameznih mest, so dodatno prikazane z grafi tako, da je razviden trend v omenjenem obdobju.

Temperatura

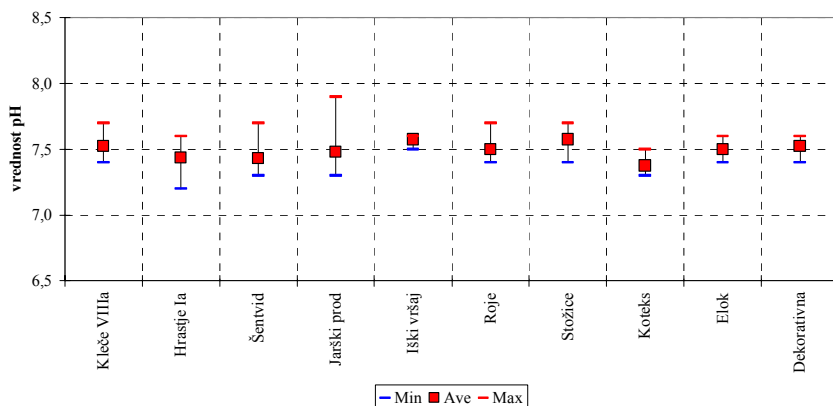
Povprečna temperatura podtalnice je bila v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 na opazovanih mestih med 10,7 °C (Roje) in 12,6 °C (Hrastje Ia). Najnižja izmerjena temperatura je bila v decembru v industrijskem vodnjaku Dekorativna (9,2 °C). Na sliki 5.1 je prikazana povprečna letna temperatura ter najnižja in najvišja temperatura na posameznih zajemnih mestih.



Slika 5.1: Povprečne, najnižje in najvišje temperature podtalnice na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

pH

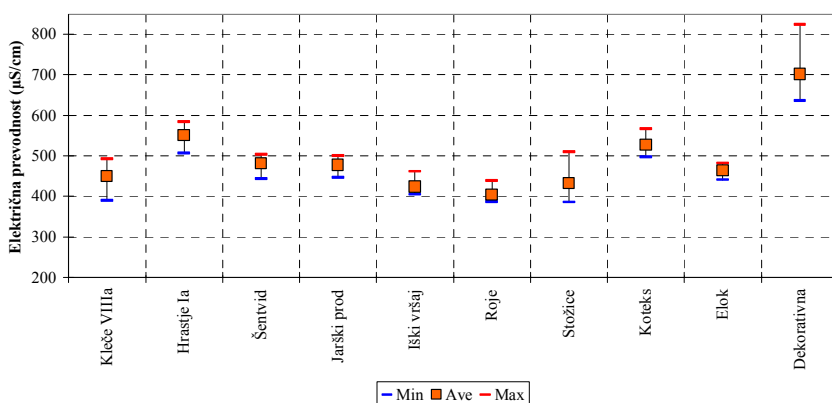
V obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 so bile vse meritve pH v dopustnem območju za pitno vodo. Letna povprečja na posameznih zajemnih mestih so bila med 7,4 in 7,6. Največja sprememba pH je bila v Hraslju Ia, kje smo izmerili tudi najnižji pH (7,2), najvišjo vrednost pH pa smo izmerili v Jarškem prod (7,9) (slika 5.2).



Slika 5.2: Povprečna, najnižja in najvišja vrednost pH v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Električna prevodnost pri 25 °C

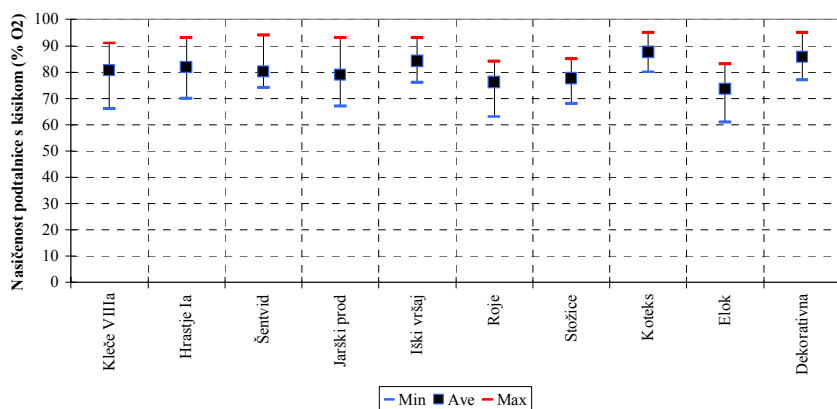
Rezultati meritev električne prevodnosti so odraz geološke osnove vodonosnika, režima toka podzemne vode pa tudi vpliva onesnaženja. Najnižjo vrednost smo izmerili junija v Stožicah (386 $\mu\text{S}/\text{cm}$), najvišjo pa istega meseca v Dekorativni (824 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Tudi najvišjo obdobjo električno prevodnost in največje spreminjanje prevodnosti smo izmerili v Dekorativni (slika 5.3). Večina meritev električne prevodnosti je bila višja od **400 $\mu\text{S}/\text{cm}$** , kar je predvsem odraz geološke osnove in hidroloških značilnosti podzemne vode na opazovanem področju.



Slika 5.3: Povprečna, najnižja in najvišja električna prevodnost v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Nasičenost podtalnice s kisikom

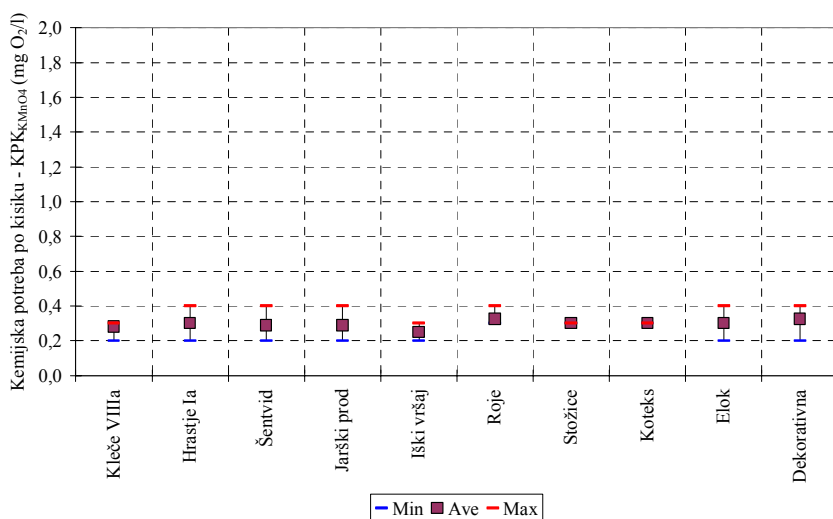
V vseh vzorcih podtalnice smo glede na veljavni slovenski normativ[10] (**50% nasičenje**) izmerili zadostno nasičenost podtalnice s kisikom. V obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 je bila najnižja nasičenost s kisikom v podtalnici Elok (61%) (slika 5.4).



Slika 5.4: Povprečne, najnižje in najvišje nasičenosti podtalnice s kisikom na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Kemijska potreba po kisiku

Kemijska potreba po kisiku KPK je merilo za vsebnost težje razgradljivih organskih snovi v vodi. Vrednost KPK, določena po permanganatni metodi, je bila na vseh zajemnih mestih v vseh analiziranih vzorcih nižja od mejne vrednosti 2,5 mg O₂/l. Na sliki 5.5 so prikazane povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti KPK, na osnovi katerih je razvidno, da je KPK na vseh mestih nizka.



Slika 5.5: Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti kemijske potrebe po kisiku, KPK KMnO₄, na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Amonij

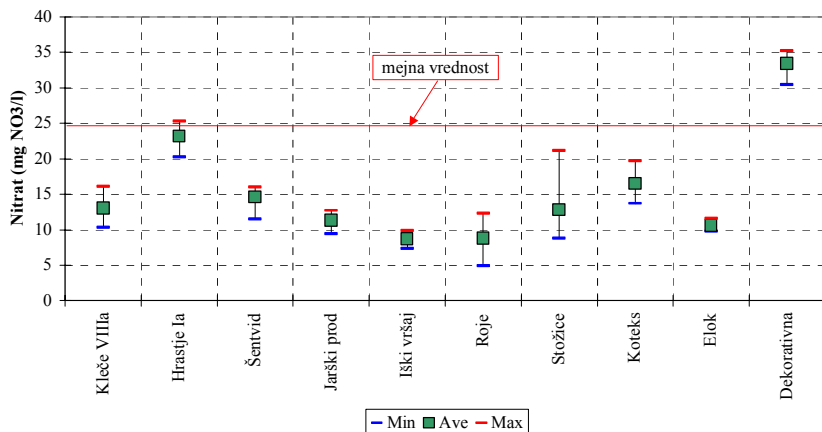
Vsebnost amonija je bila v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO <0,02 mgNH₄/l, laboratorij IVZ <0,04 mgNH₄/l). Po uredbi o kakovosti podzemnih voda je mejna vrednost 0,06 mgNH₄/l.

Nitrit

Vsebnost nitrita je bila v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO <0,005 mg NO₂/l, laboratorij IVZ <0,004 mg NO₂/l). Po slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti za pitne vode je mejna vrednost 0,1 mg NO₂/l.

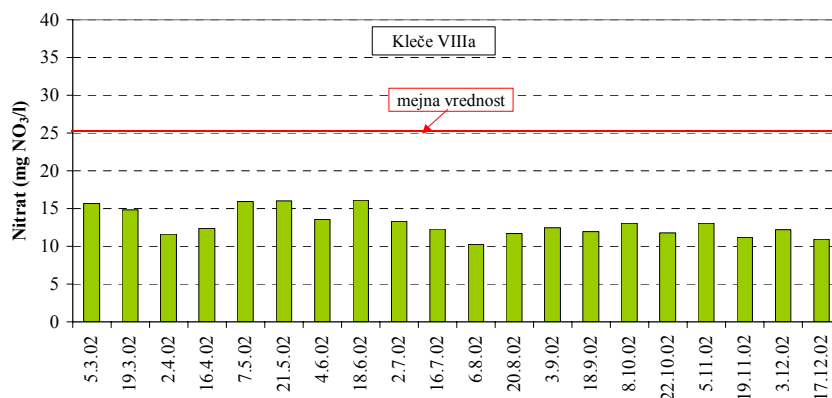
Nitrat

Po uredbi o kakovosti podzemnih voda (Uradni list RS, 11/02) je mejna vrednost za nitrat 25 mg NO₃/l. Vsebnosti nitratov v nobenem vzorcu vodnjakov Kleče VIIa, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Roje, Stožice, Koteks in Elok niso presegle mejne vrednosti (slike 5.6, 5.7 - 5.10). Mejna vrednost je bila presežena v vodnjaku Hrastje Ia (samo 1 od 19 vzorcev) in v vseh vzorcih iz vodnjaka Dekorativne (slike 5.6 in 5.10). Na meji mejne vrednosti je bila tudi vsebnost nitrata v vzorcu vodnjaka Hrastje III (25 mg NO₃/l), (slika 5.8). Najvišje vsebnosti nitratov (35,2 mg NO₃/l) so še vedno v podtalnici Dekorativne. Največja odstopanja od povprečne vrednosti so bila v Stožicah.



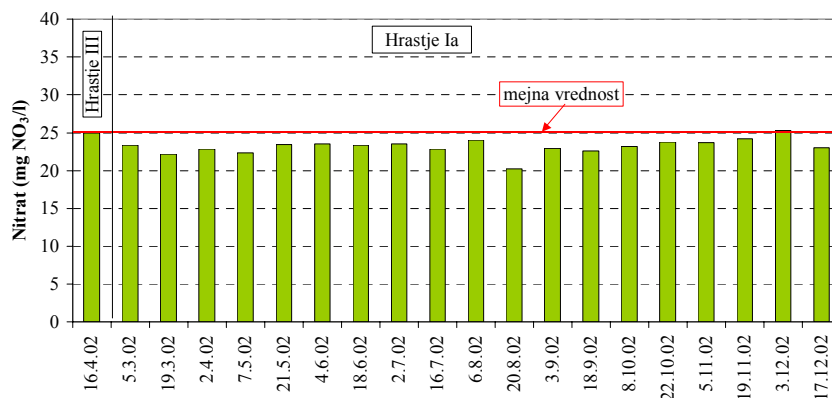
Slika 5.6:

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti **nitrata** na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



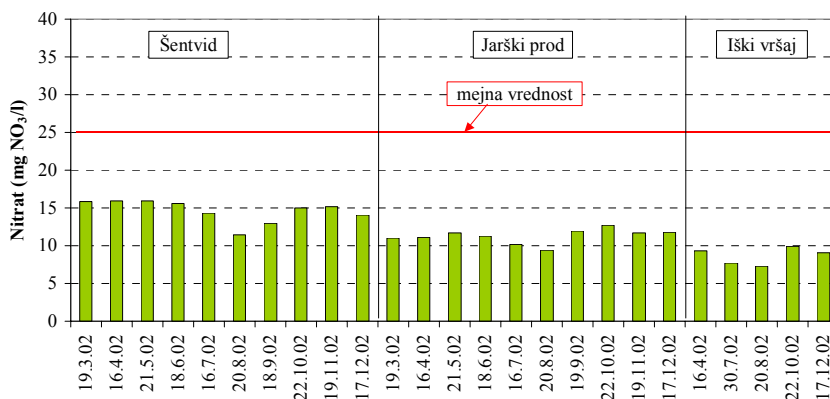
Slika 5.7:

Vsebnost **nitrata** v podtalnici vodnjaka Kleče VIIa v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

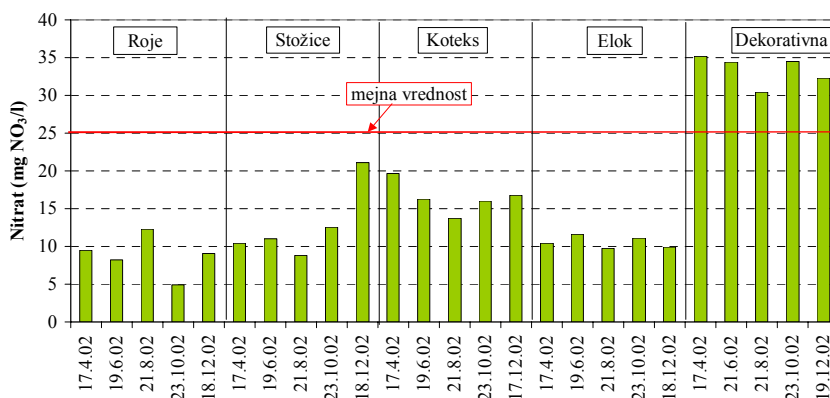


Slika 5.8:

Vsebnost **nitrata** v podtalnici Hrastje (vodnjak Ia in III) v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.9:
Vsebnost nitrata v podtalnici v vrtnah vodnjakov Šentvid, Jarški prod in Iški vršaj v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.10:
Vsebnost nitrata v podtalnici v vrtnah Roje in Stožice ter v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Anionaktivni detergenti

Vsebnost anionaktivnih detergentov je bila v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO <0,02 mg TBS/l, laboratorij IVZ <0,05 mg TBS/l). Po slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti za pitne vode je mejna vrednost 0,2 mg TBS/l.

Mineralna olja

Rezultati analiz so bili v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 v vseh vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO <0,005 mg/l, laboratorij IVZ <0,004 mg/l), razen v vodnjaku Kleče VIIIa, kjer smo v vzorcu zajetem maja izmerili 0,005 mg/l mineralnih olj. Po slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti za pitne vode je mejna vrednost 10 µg /l .

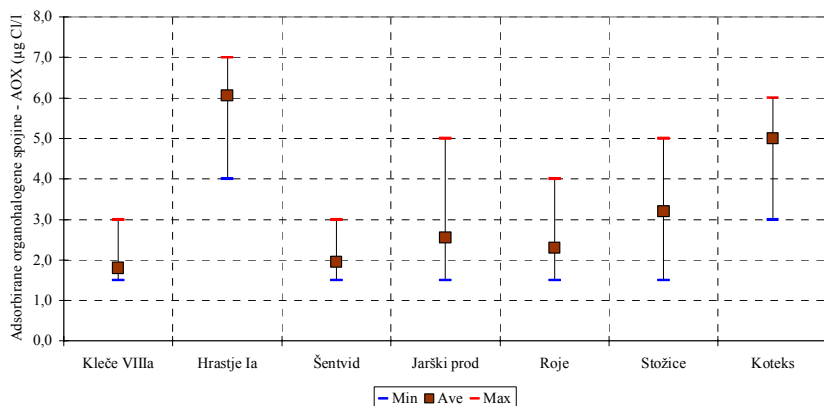
Fenolne snovi

Vsebnost fenolnih snovi, izražena kot fenolni indeks, je bila v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 v vseh analiziranih vzorcih nižja od meje zaznavnosti analizne metode (< 0,5 µg C₆H₅OH/l). Po slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti za pitne vode je mejna vrednost 1,0 µg C₆H₅OH/l.

Organsko vezani halogeni sposobni adsorpcije (AOX)

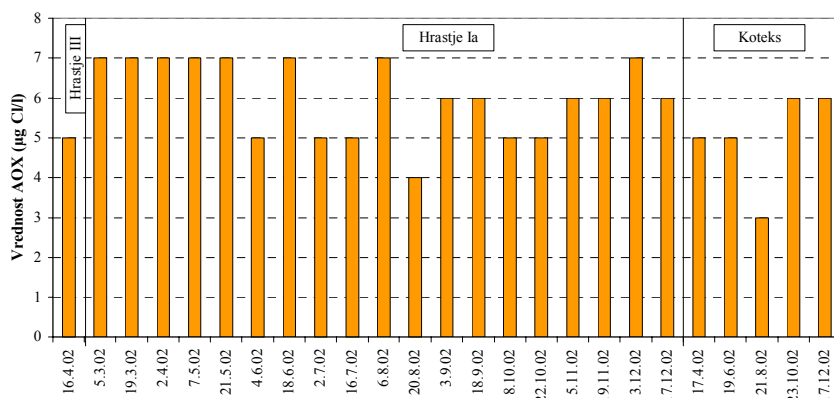
Analizo lahkihloplnih halogeniranih organskih spojin smo uvrstili v program monitoringa v letu 2002. AOX smo analizirali v vzorcih iz Kleč, Hrastja, Šentvida, Jarškega proda, Roj, Stožic, in Koteksa. Dodatno je bil parameter AOX določen v aprilskem vzorcu v Eloku ($< 3 \mu\text{g Cl/l}$).

Na sliki 5.11 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX na omenjenih zajemnih mestih. Vrednosti AOX so bile stalno povišane v Hrastju in v Koteksu.



Slika 5.11:
Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX v podtalnici na zajemnih mestih Kleče VIIIa, Hrastje Ia, Šentvid, Jarški prod, Roje, Stožice in Koteks v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

V vodnjaku Hrastje Ia so bile vrednosti AOX najvišje, v vodnjaku Hrastje III, katerega vzorec je bil zajet v aprilu, je bila vrednost AOX $5 \mu\text{g Cl/l}$ (slika 5.12). V Hrastju Ia smo izmerili kar osemkrat najvišjo vrednost AOX ($7 \mu\text{g Cl/l}$) od devetnajstih vzorcev. Nekoliko nižje so bile vrednosti AOX v Koteksu medtem, ko so bile vrednosti v ostalih vodnjakih povišane občasno (slika 5.11).



Slika 5.12:
Vrednost AOX v vodnjakih Hrastje III in Hrastje Ia ter v Koteksu v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Težke kovine

Za vsako posamezno vzorčevalno mesto navajamo v tabeli 8 seznam težkih kovin, ki smo jih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 na tem mestu določali.

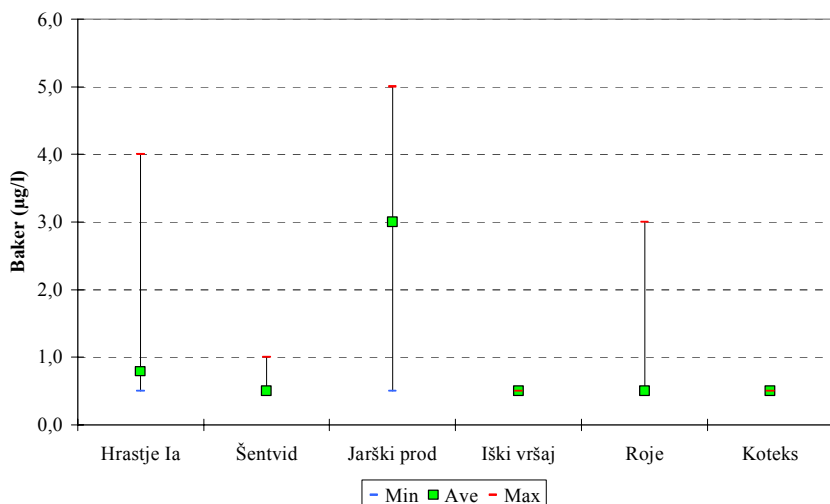
Tabela 8: Seznam težkih kovin analiziranih na posameznih vzorčevalnih mestih od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

	Baker	Cink	Kadmij	Krom	Nikelj	Svinec	Živo srebro
Kleče	/	Zn	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Hrastje	Cu	Zn	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Šentvid	Cu	Zn	/	/	/	/	/
Jarški prod	Cu	Zn	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Iški vršaj	Cu	Zn	/	/	/	Pb	/
Roje	Cu	/	/	/	Ni	Pb	/
Stožice	/	/	/	/	/	Pb	/
Koteks	Cu	/	/	Cr ⁶⁺ , Cr _{tot}	Ni	Pb	/
Elok	/	/	Cd	/	/	Pb	/
Dekorativna	/	/	/	/	Ni	Pb	Hg

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti posamezne kovine na vseh mestih, kjer smo v obdobju marec 2002 - december 2002 določene kovine analizirali, so prikazane na slikah 5.13-5.15.

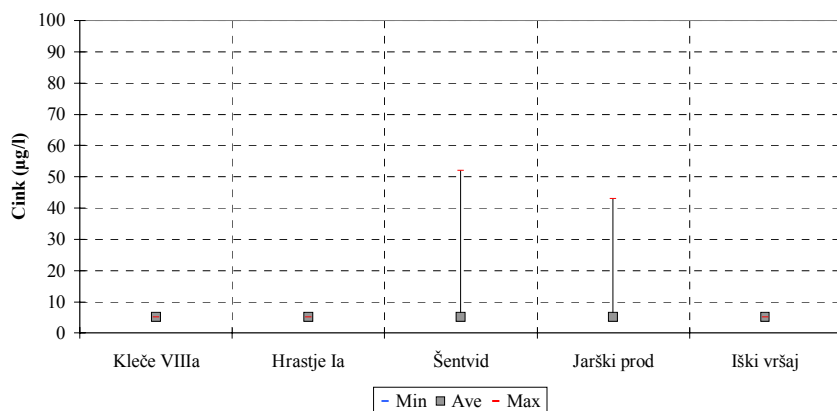
Vsebnosti **bakra** so bile na vseh zajemnih mestih nižje od mejne vrednosti določene v slovenskem pravilniku (2000 µg/l) in večinoma tudi nižje od meje zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO <0,2 µg/l, laboratorij IVZ <1 µg/l).

Najvišjo vsebnost smo določili v Jarškemrodu, kjer je bila maksimalna koncentracija 5 µg Cu/l. V Hrastju vodnjak Ia se je vsebnost bakra najbolj spreminjala (slika 5.13), v nadomestnem vodnjaku Hrastje III pa je bila vsebnost bakra v aprilskem vzorcu 7 µg/l.



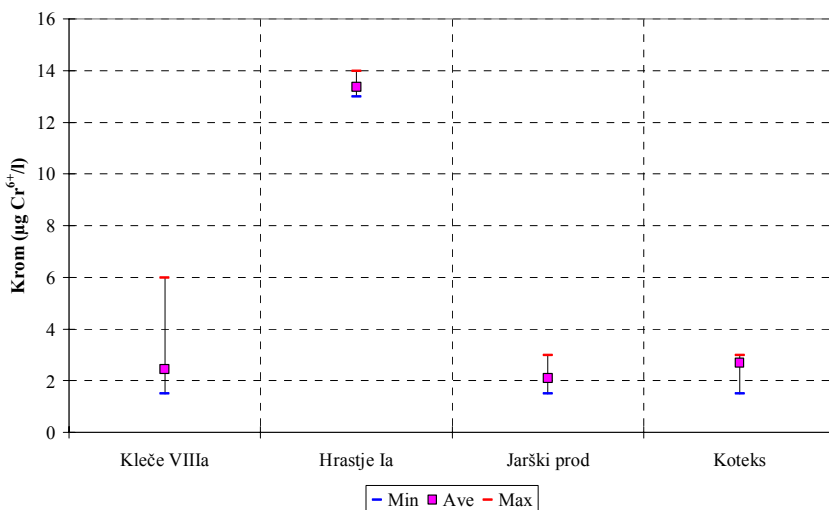
Slika 5.13: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti **bakra** v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

V obdobju od marca 2002 do decembra 2002 so bile vsebnosti **cinka** v vseh vzorcih na vseh vzorčevalnih mestih podtalnice Ljubljanskega polja nižje od mejne vrednosti določene v slovenskem pravilniku (3000 µg Zn/l) in hkrati v vseh vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO <4 µg/l, laboratorij IVZ <10 µg/l). Izjemi sta meritvi v vzorcu vodnjaka Šentvid in Jarški prod zajetem v marcu (slika 5.14).

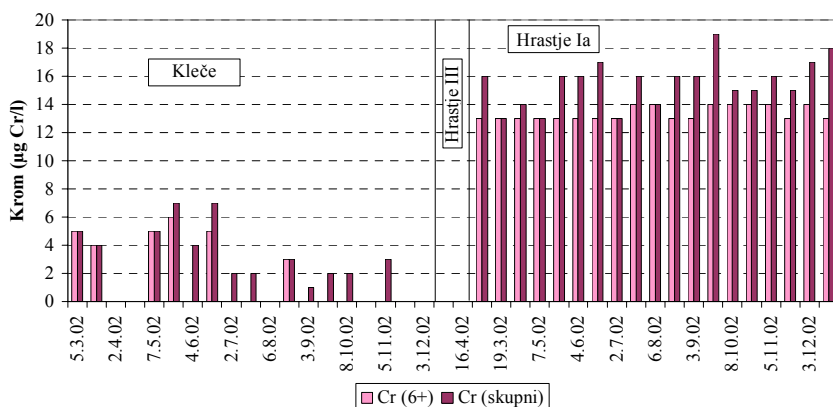


Slika 5.14:
Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti **cinka** v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Najvišja vsebnost **šestvalentnega kroma** je še vedno v podtalnici v Hrastju (vodnjak Ia). V obdobju od marca 2002 do decembra 2002 je bila povprečna vsebnost šestvalentnega kroma v Hrastju Ia 13 µg/l (slika 5.15), v vzorcu Hrastje III zajetem aprila, pa je bila vsebnost kroma (Cr^{3+} , Cr^{6+}) pod mejo zaznavnosti analizne metode. Tudi v vodnjakih Kleče VIIIa, Jarškemrodu in Koteksu so bili rezultati meritev večinoma pod mejo zaznavnosti analizne metode. Poleg šestvalentnega kroma je bil v podtalnici v Klečah, Hrastju, Jarškemrodu in Koteksu občasno prisoten tudi trivalentni krom. Na sliki 5.16 so prikazani samo rezultati, ki so nad mejo zaznavnosti analizne metode, ker je meja zaznavnosti analizne metode za skupni krom nižja od šestvalentnega kroma (šestvalentni krom $<3\mu\text{g/l}$, skupni krom $<1\mu\text{g/l}$).



Slika 5.15:
Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti **šest-valentnega kroma** v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.16:
Vsebnosti šestvalentnega in skupnega kroma v črpališču v Klečah (vodnjak VIIIa) in Hrastju (vodnjak III in Ia) v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

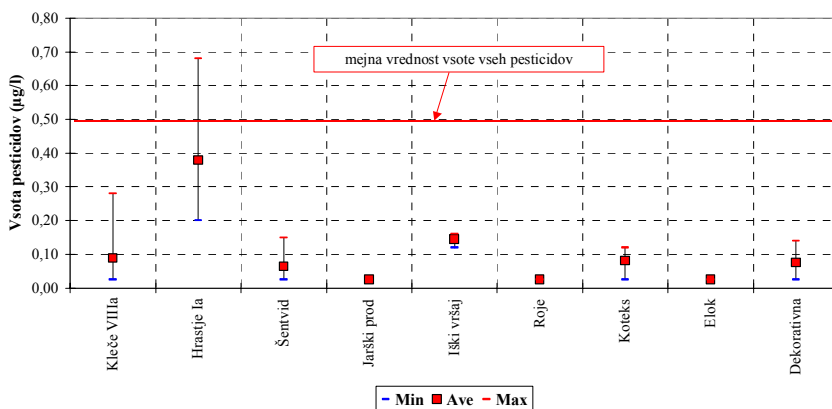
Vsebnost **niklja** je bila na vseh zajemnih mestih, kjer smo ga analizirali, nižja od meje zaznavnosti analizne metode ($< 1 \mu\text{g/l}$), razen pri majskem vzorcu v Hrastju (vodnjak Ia), kjer smo izmerili $1 \mu\text{g Ni/l}$ in v aprilskem vzorcu v Koteksu, kjer je bila vsebnost niklja $1,5 \mu\text{g/l}$. Vsebnosti **niklja** so bile na vseh zajemnih mestih nižje od mejne vrednosti ($20 \mu\text{g/l}$) določene v slovenskem pravilniku.

Vsebnost **svinca** je bila na vseh zajemnih mestih, kjer smo ga analizirali, nižja od meje zaznavnosti analizne metode (laboratorij ARSO $< 0,8 \mu\text{g/l}$, laboratorij IVZ $< 1 \mu\text{g/l}$) z izjemo vzorca v Jarškemrodu, kjer smo v marcu izmerili $2,8 \mu\text{gPb/l}$. Vsebnosti svinca so bile v vseh vzorcih, na vseh zajemnih mestih nižje od mejne vrednosti $10 \mu\text{gPb/l}$ določene v slovenskem pravilniku.

Vsebnost **živega srebra** je bila v vseh analiziranih vzorcih podtalnice v Dekorativni pod mejo zaznavnosti analizne metode ($< 0,2 \mu\text{gHg/l}$) in pod mejno vrednostjo $1 \mu\text{gHg/l}$ določene s slovenskim pravilnikom.

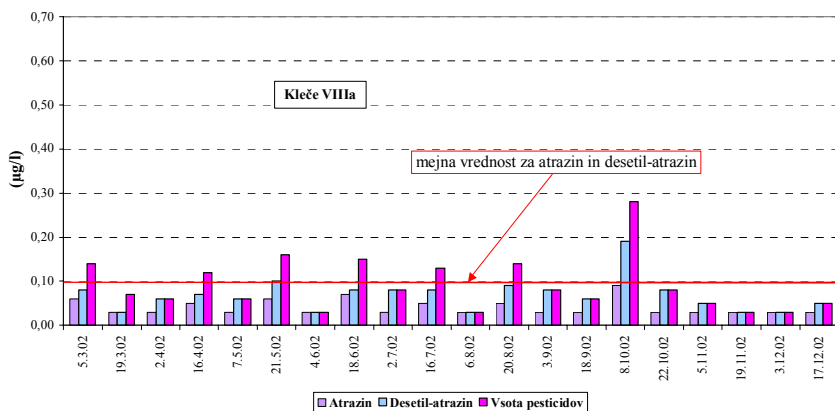
Pesticidi

Od pesticidov smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 določali samo triazinske pesticide, bromacil in razgradni produkt diklobenila, 2,6-diklorobenzamid. Analizirani pesticidi v tem obdobju niso bili prisotni na vseh vzorčevalnih mestih podtalnice Ljubljanskega polja (v Jarškemrodu, Rojah in Eloku je bila vsebnost posameznega pesticida v vseh vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode $< 0,05 \mu\text{g/l}$). Na sliki 5.17 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote pesticidov na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002. Največ pesticidov je bilo v podtalnici v Hrastju v vodnjaku Ia, kjer je bila povprečna koncentracija vsote vseh pesticidov $0,38 \mu\text{g/l}$, maksimalna koncentracija pa $0,68 \mu\text{g/l}$.

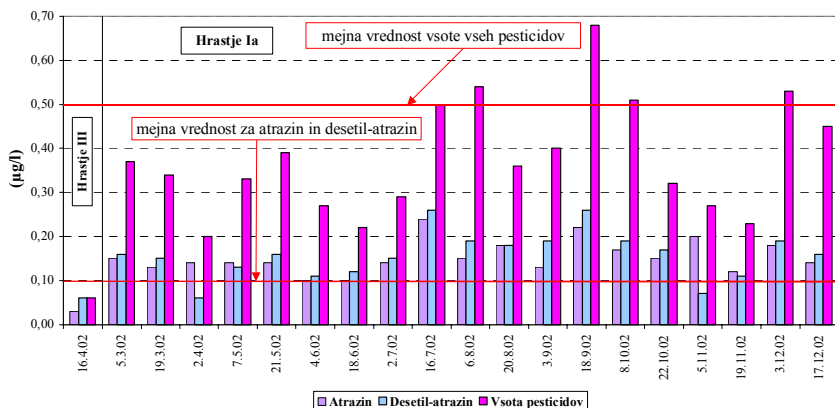


Slika 5.17: Povprečne, najnižje in najvišje vsote pesticidov (triazini, bromacil in 2,6-diklorobenzamid) v podtalnici na zajemnih mestih Kleče VIIIa, Hrastje (vodnjak Ia), Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od marca 2002 do konca decembra 2002

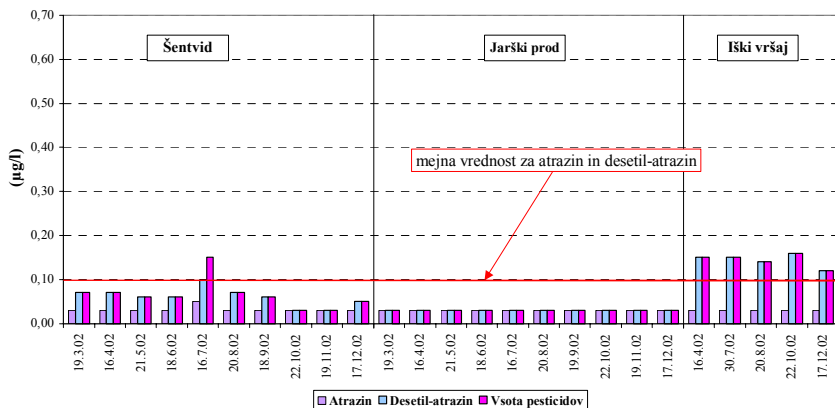
Podtalnica v vodnjakih Kleče VIIIa, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna ni preseгла mejne vrednosti za vsoto vseh pesticidov (slika 5.17). Enako velja za nadomestni vodnjak Hrastje III (slika 5.19). Na slikah 5.18 -5.21 so prikazane vsote pesticidov po datumih zajema. V Hrastju v vodnjaku Ia je bila vsota pesticidov presežena avgusta ($0,54 \mu\text{g/l}$), septembra ($0,68 \mu\text{g/l}$), oktobra ($0,51 \mu\text{g/l}$) in decembra ($0,53 \mu\text{g/l}$), v julijskem vzorcu pa je bila vsota pesticidov na meji mejne vrednosti ($0,50 \mu\text{g/l}$), (slika 5.19).



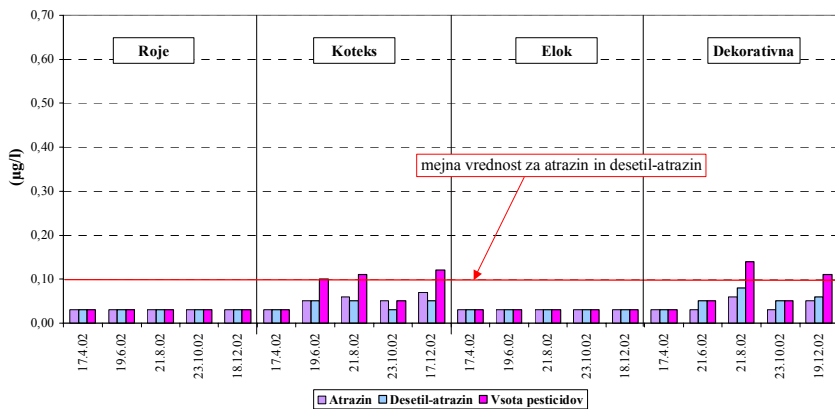
Slika 5.18:
Vsota pesticidov (triazini, bromacil in 2,6-diklorobenzamid) v podtalnici na zajemnem mestu v Klečah (vodnjak VIIIa) v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.19:
Vsota pesticidov (triazini, bromacil in 2,6-diklorobenzamid) v podtalnici na zajemnem mestu v Hrastju (vodnjak III in Ia) v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

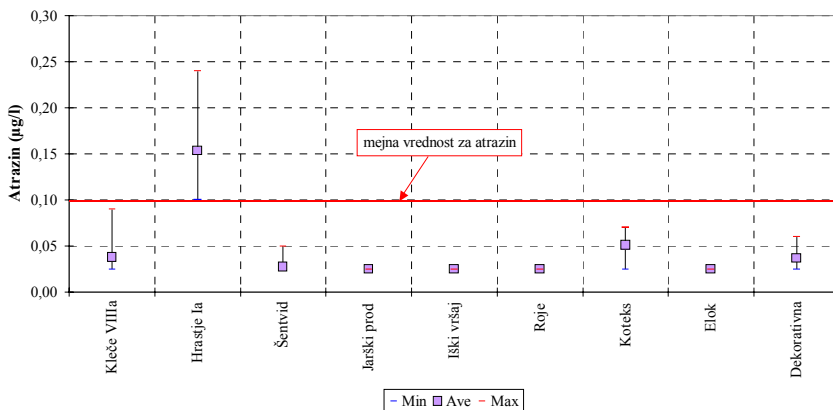


Slika 5.20:
Vsota pesticidov (triazini, bromacil in 2,6-diklorobenzamid) v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Jarški prod in Iški vršaj v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



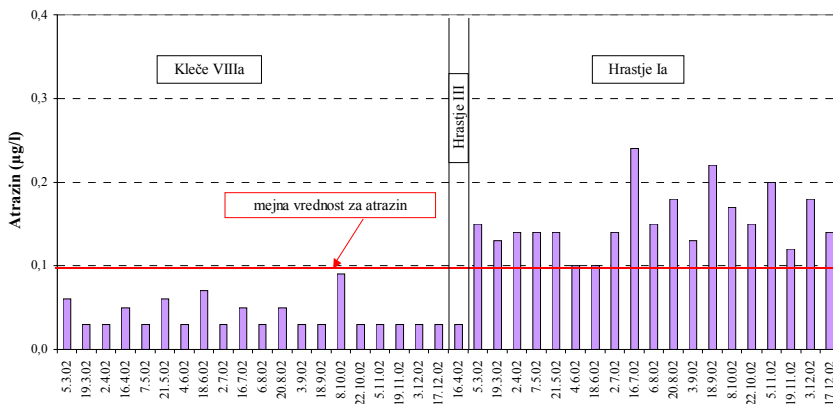
Slika 5.21:
Vsota pesticidov (triazini, bromacil in 2,6-diklorobenzamid) v podtalnici na zajemnih mestih Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Tudi v letu 2002 smo tako kot ves čas spremljanja kakovosti podtalnice Ljubljanskega polja, najvišje vsebnosti atrazina določili v Hrastju, v vodnjaku Ia, iz katerega se običajno črpa podtalnica za oskrbo prebivalcev s pitno vodo. Najvišja vsebnost atrazina, ki smo jo tu določili je bila 0,24 µg/l (slika 5.23). Visoka je bila tudi povprečna vsebnost atrazina 0,15 µg/l (slika 5.22), kar presega dovoljeno mejno vrednost. Najnižja vsebnost atrazina v Hrastju pa je na meji mejne vrednosti.



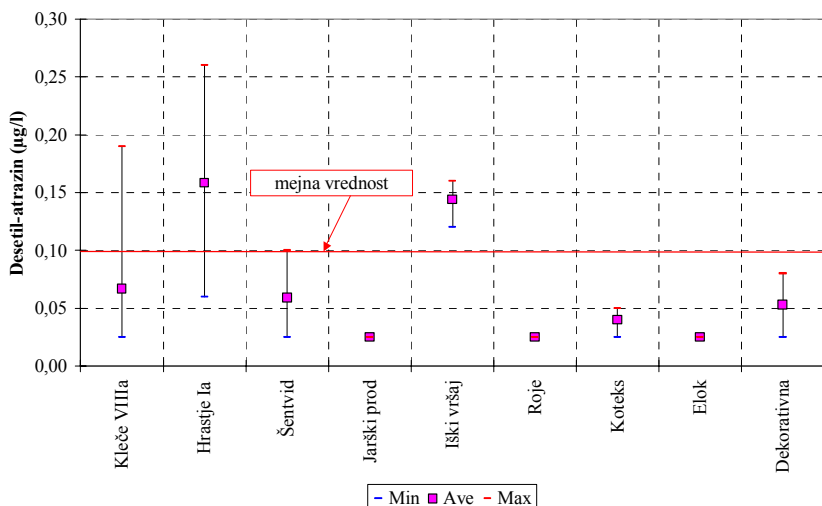
Slika 5.22: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Kleče VIIIa, Hrastje Ia, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Podtalnica nadomestnega vodnjaka Hrastje III pa v aprilskem vzorcu ni vsebovala presežene mejne vrednosti atrazina (slika 5.23). V Klečah je bila vsebnost atrazina v povprečju 0,04 µg/l (slika 5.22), najvišja koncentracija pa je bila v oktobrskem vzorcu 0,9 µg/l (slika 5.23). Vsebnost atrazina v ostalih vodnjakih ni bila presežena (slika 5.22).

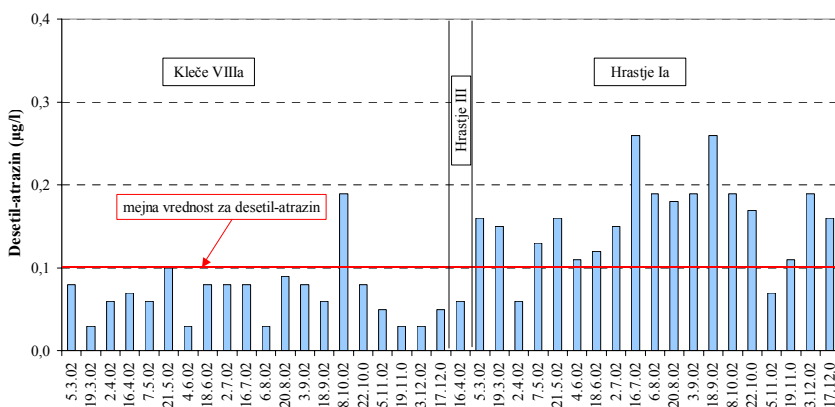


Slika 5.23: Vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Kleče VIIIa, Hrastje vodnjak III in Ia, v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

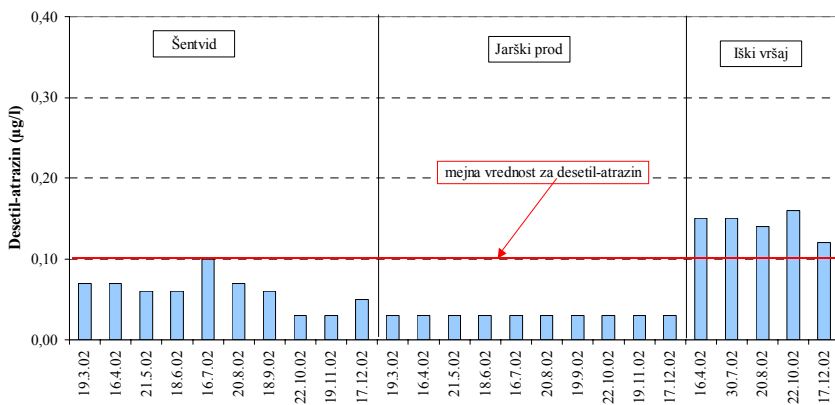
Poleg atrazina je bil v podtalnici stalno prisoten tudi atrazinov metabolit desetilatrazin. Najvišja vsebnost desetil-atrazina v vodnjaku Hrastje Ia je bila 0,26 µg/l (slika 5.24), od devetnajstih vzorcev pa mejna vrednost za desetil-atrazin ni bila presežena samo v dveh vzorcih (slika 5.25). Visoka je bila tudi povprečna vsebnost desetil-atrazina (0,16 µg/l) v vodnjaku Ia v Hrastju. Koncentracije desetil-atrazina nad mejno vrednostjo smo določili tudi v vzorcu vodnjaka Kleče VIIIa (slika 5.25): Z letom 2002 ugotavljamo presežene vsebnosti desetil-atrazina tudi v vseh vzorcih podtalnice v Iškem vršaju, kjer je bila povprečna koncentracija desetil-atrazina 0,14 µg/l (slika 5.24, 5.26).



Slika 5.24: Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti **desetil-atrazina** v podtalnici na zajemnih mestih Kleče VIIIa, Hrastje Ia, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

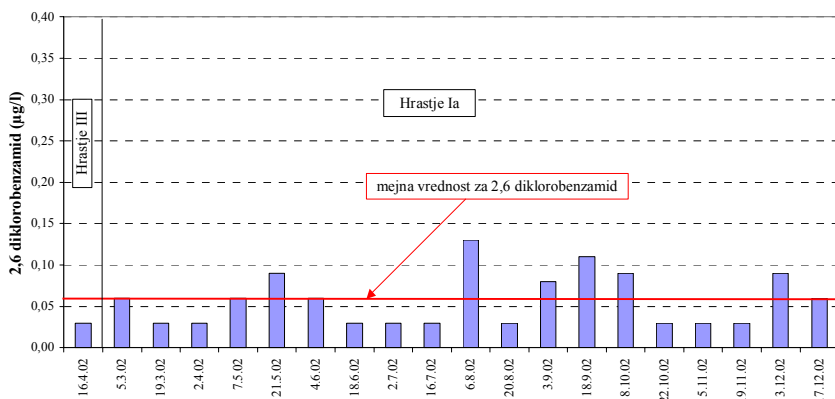


Slika 5.25: Vsebnosti **desetil-atrazina** v podtalnici na zajemnih mestih Kleče VIIIa, Hrastje vodnjak III in Ia, v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.26: Vsebnosti **desetil-atrazina** v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Jarški prod in Iški vršaj v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

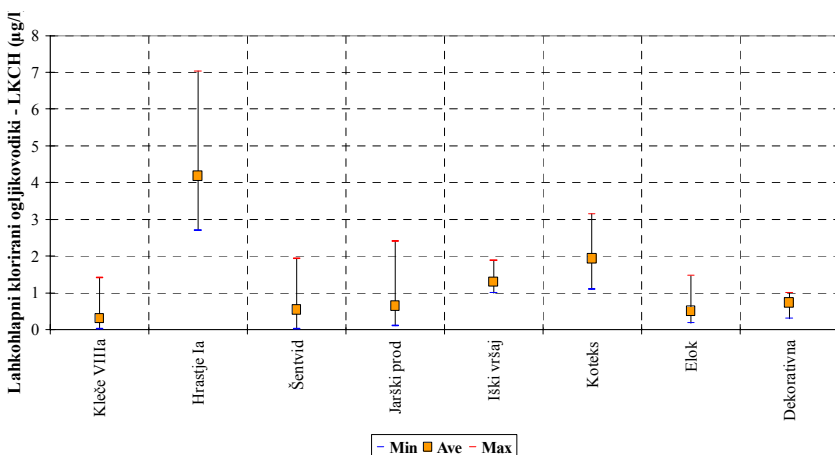
V vodnjaku Ia v Hrastju, je bil v preseženih koncentracijah štirikrat prisoten **bromacil** (najvišja vsebnost bromacila 0,09 µg/l), dva vzorca pa sta bila na meji mejne vrednosti 0,06 µg/l. Od devetnajstih vzorcev smo v desetih vzorcih določili tudi **2,6 diklorobenzamid**. Vsebnosti **2,6 diklorobenzamida** so v šestih vzorcih presegle mejno vrednost 0,06 µg/l (najvišja koncentracija je bila v vzorcu avgusta 0,13µg/l), štirikrat pa je bila koncentracija na meji mejne vrednosti (slika 5.27). **Bromacil** je bil v preseženi koncentraciji prisoten tudi vzorcu v Klečah (0,07 µg/l).



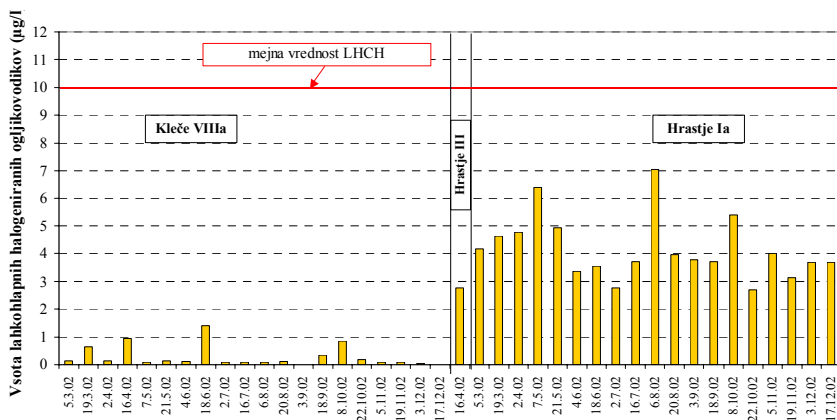
Slika 5.27:
Vsebnosti **2,6 diklorobenzamida** v podtalnici na zajemnem mestu Hrasnje (vodnjak III in Ia) v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki

Lahkohlapne halogenirane ogljikovodike smo določali v Klečah, Hrastju, Šentvidu, Jarškem prod, Iškem vršaju, Koteksu, Eloku in Dekorativni. Na podlagi analiz ugotavljamo, da so bili v obdobju od marca 2002 do decembra 2003 v podtalnici od halogeniranih ogljikovodikov prisotni le klorirani ogljikovodiki, ki jih označujemo s kratico LKCH. Na sliki 5.28 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti LKCH, na slikah 5.29 in 5.30 pa vsi rezultati LKCH v opazovanem obdobju.



Slika 5.28:
Povprečna, najnižja in najvišja **vsota lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov** v vodnjakih Kleče VIIIa, Hrasnje Ia, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od marca 2002 do konca decembra 2002

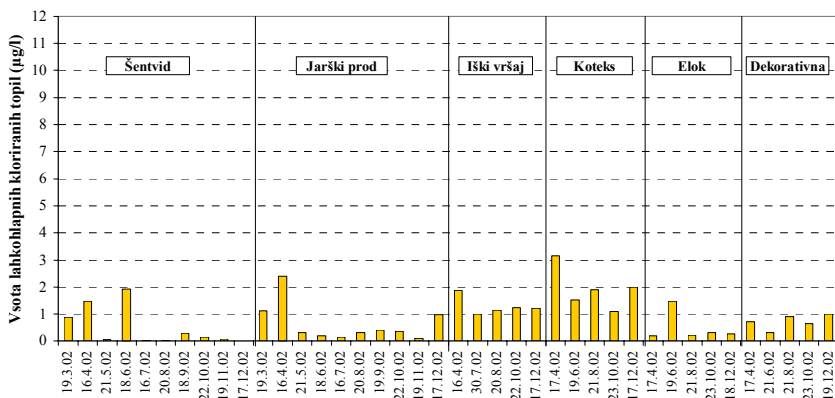


Slika 5.29:
Vsota lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v vodnjakih Kleče VIIIa, Hrasnje III in Hrasnje Ia v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

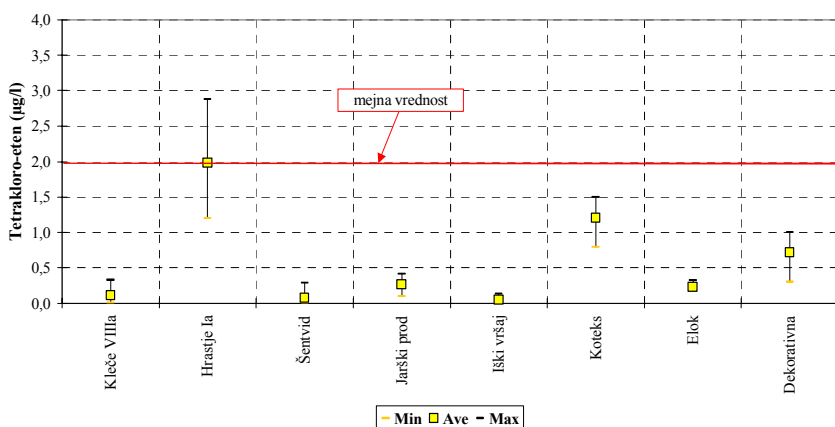
Z lahkohlapnimi kloriranimi ogljikovodiki je bila v letu 2002, podobno kot že prejšnja leta, najbolj onesnažena podtalnica v Hrastju. V Hrastju (vodnjak Ia) je bila mejna vrednost 2 µg/l za **diklorometan** presežena enkrat (3,2 µg/l) in osemkrat za **tetrakloroeten** (max.2,88 µg/l), (slika 5.32). **Trikloroeten** je bil prisoten v vseh vzorcih vendar pod mejno vrednostjo.

V Klečah je bil v treh vzorcih prisoten **triklorometan**, v enem vzorcu **diklorometan**, **tetrakloroeten** pa je bil v nižjih koncentracijah prisoten v skoraj vseh vzorcih. Meritve ostalih LKCH so bile pod mejo zaznavnosti analizne metode.

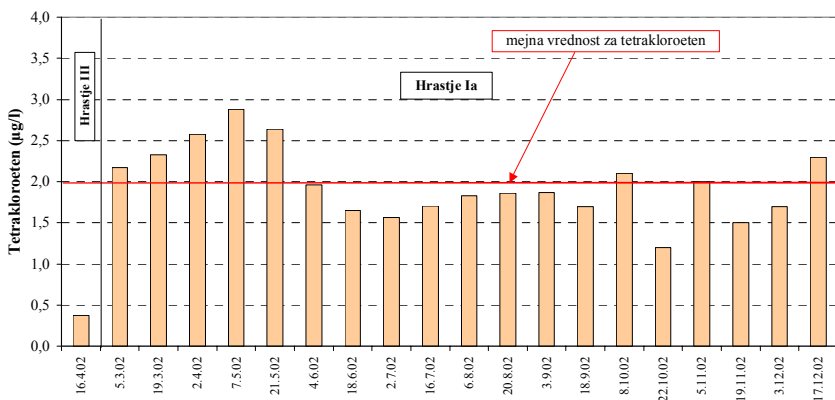
Z lahkihlahpnimi kloriranimi ogljikovodiki je bila onesnažena podtalnica tudi na ostalih vzorčevalnih mestih vendar so bile vsebnosti povsod pod mejno vrednostjo.



Slika 5.30:
Vsa lahkihlahpnih kloriranih ogljikovodikov v Šentvidu, Jarškem prod, Iškem vršaju, Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.31:
Povprečna, najnižja in najvišja vsebnost tetrakloroetena v vodnjakih Kleče VIIIa, Hraslje Ia, Šentvid, Jarški prod, Iški vršaj, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od marca 2002 do konca decembra 2002



Slika 5.32:
Vsebnost tetrakloroetena v Hraslju v vodnjaku III in Ia v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002

Mikrobiološki parametri

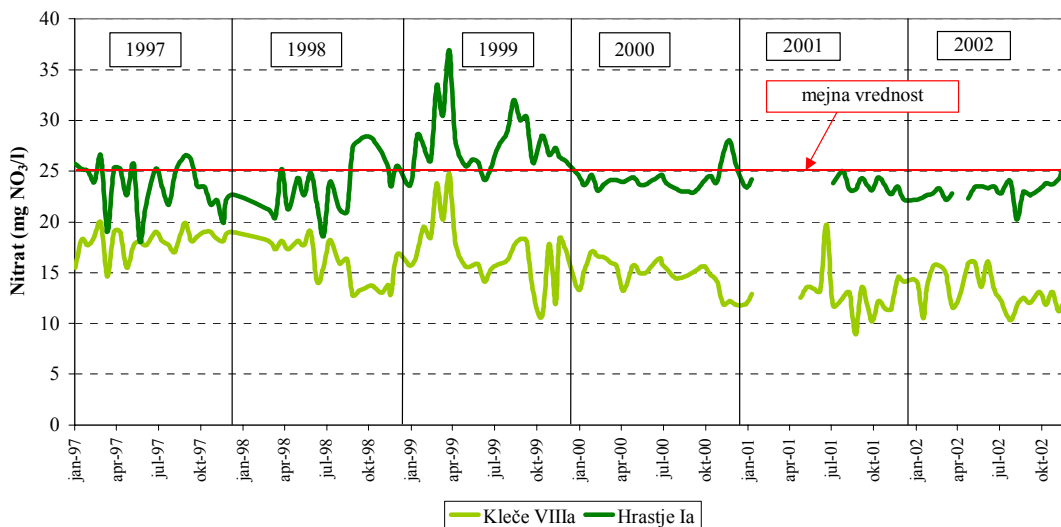
Preiskani vzorci, odvzeti v času od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 so bili mikrobiološko neoporečni z nekaj izjemami. Aprilski vzorci so vsebovali aerobne mezoofilne bakterije pri 22°C v vodnjakih Stožice (16 MPN/1ml), Koteksa (360 MPN/1ml) in Dekorativne (164

MPN/1ml). V Dekorativni so bile aerobne mezofilne bakterije pri 22°C prisotne tudi v decemberskem vzorcu. Aerobne mezofilne bakterije pri 37°C so bile prisotne samo v aprilskem vzorcu Dekorativne. Skupnih koliformnih bakterij, fekalnih koliformnih bakterij, streptokokov in sulfidreducirajočih klostridijev nismo določili v nobenem od preiskanih vzorcev. Rezultati mikrobioloških analiz so v prilogah 4-8.

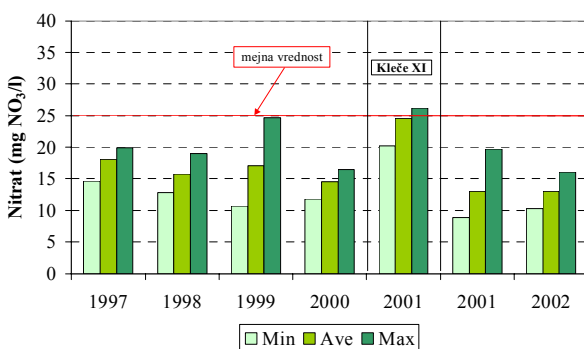
5.2. KEMIJSKI PARAMETRI OD JANUARJA 1997 DO DECEMBRA 2002

Nitrat

Na slikah 5.33 - 5.36 je prikazana vsebnost nitrata na posameznih vzorčevalnih mestih v obdobju od začetka januarja 1997 do konca decembra 2002. Na manjših slika označenih z a, b in c so prikazane povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata na posameznih vzorčevalnih mestih v omenjenem šestletnem obdobju.

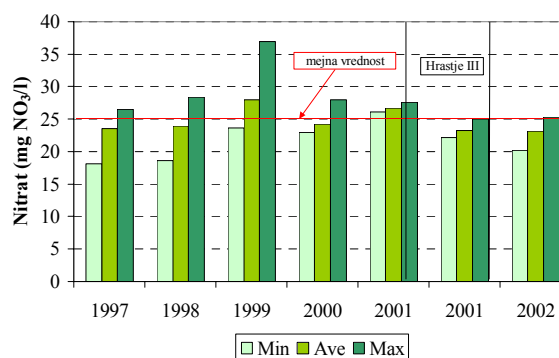


Slika 5.33: Vsebnost nitrata v črpalniščih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



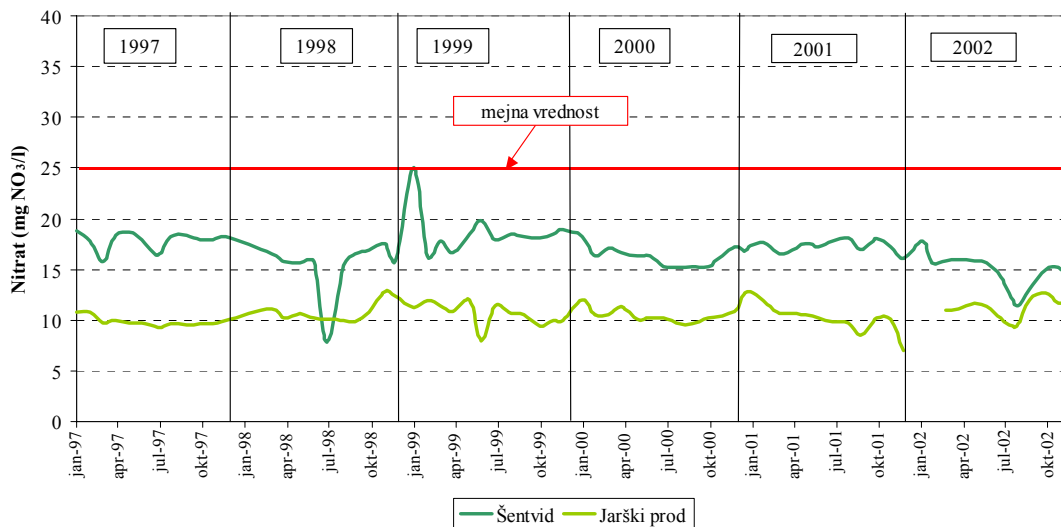
Slika 5.33a:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Klečah (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do decembra 2002

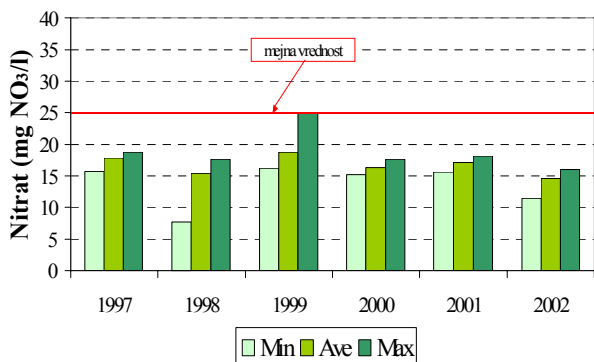


Slika 5.33b:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Hrastju (vodnjak Ia) od januarja 1997 do decembra 2002

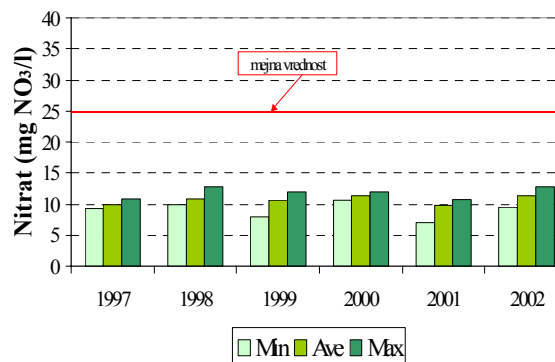


Slika 5.34: Vsebnost nitrata v črpališčih Šentvid in Jarški prod v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



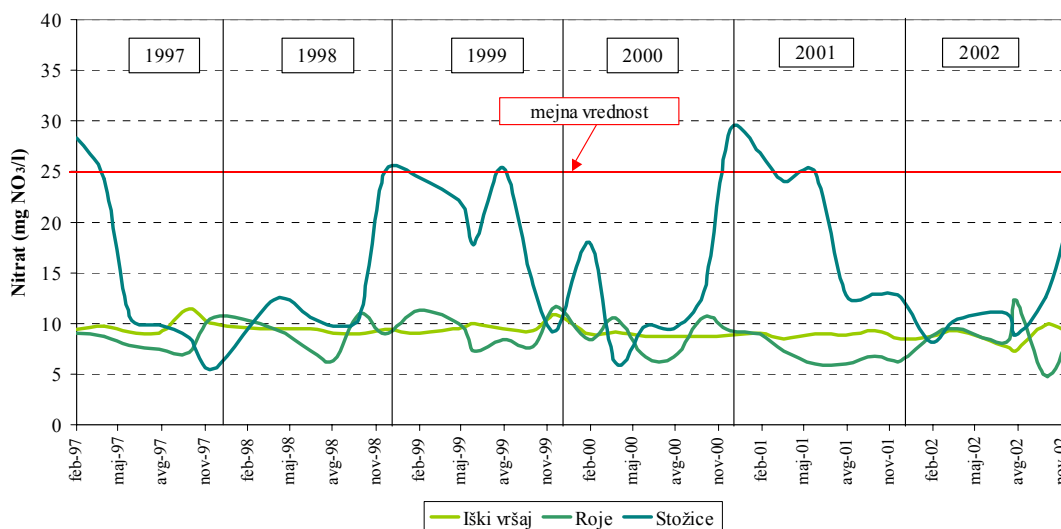
Slika 5.34a:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v č Šentvidu od januarja 1997 do decembra 2002

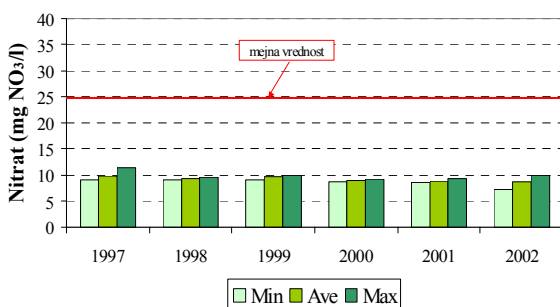


Slika 5.34b:

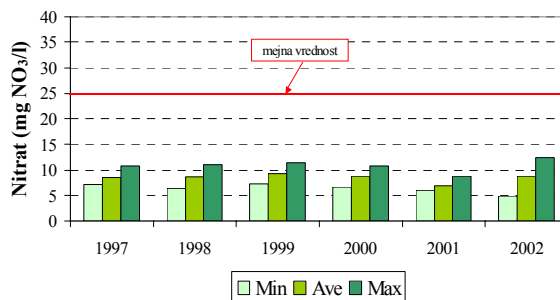
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Jarškem produ od januarja 1997 do decembra 2002



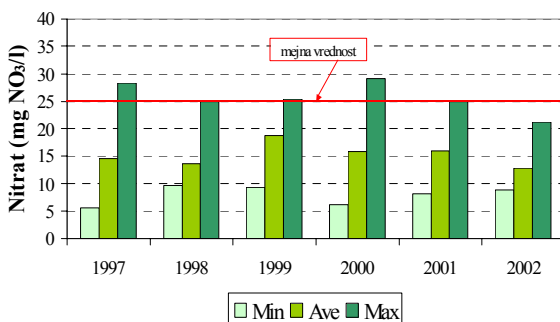
Slika 5.35: Vsebnost nitrata v črpališču Iški vršaj ter vrtinah Roje in Stožice v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



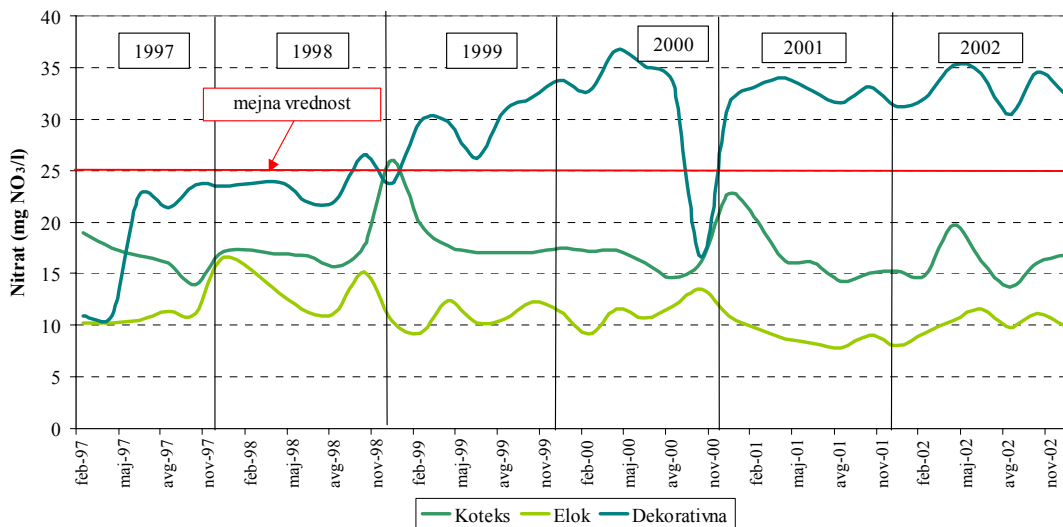
Slika 5.35a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Iškem vršaju od januarja 1997 do decembra 2002



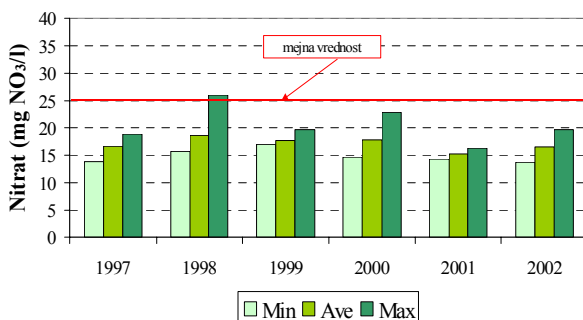
Slika 5.35b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Rojah od januarja 1997 do decembra 2002



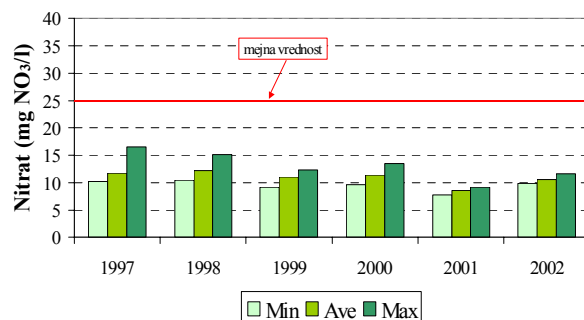
Slika 5.35c: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Stožicah od januarja 1997 do decembra 2002



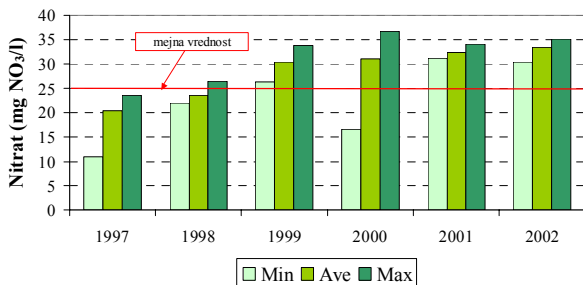
Slika 5.36: Vsebnost nitrata v industrijskih vodnjakih **Koteks, Elok in Dekorativna** v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



Slika 5.36a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v **Koteksu** od januarja 1997 do decembra 2002



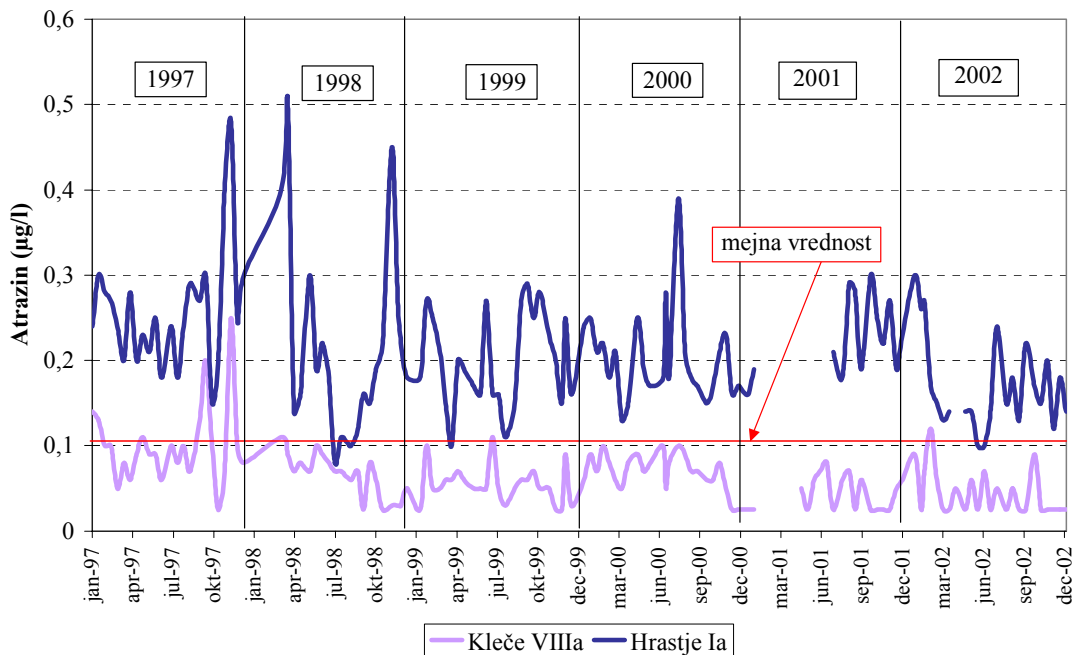
Slika 5.36b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v **Eloku** od januarja 1997 do decembra 2002



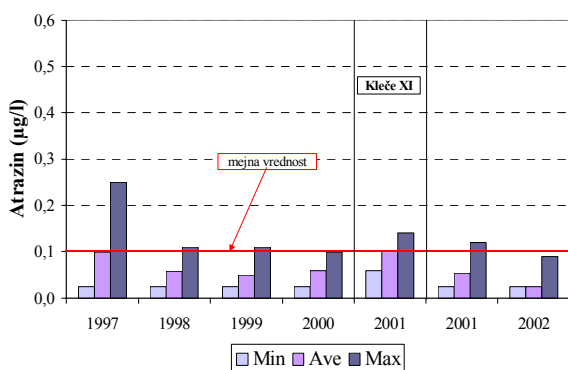
Slika 5.36c: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v **Dekorativni** od januarja 1997 do decembra 2002

Pesticidi

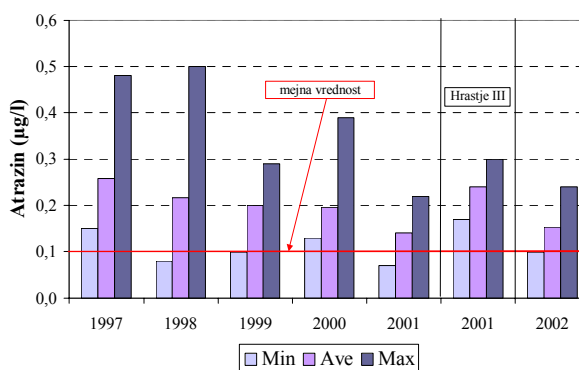
Od analiziranih pesticidov je za šestletno obdobje od 1997 do 2002 prikazana vsebnost atrazina na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Koteks in Dekorativna. Na manjših slika označenih z a, b in c so prikazane povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina na posameznih vzorčevalnih mestih v omenjenem šestletnem obdobju.



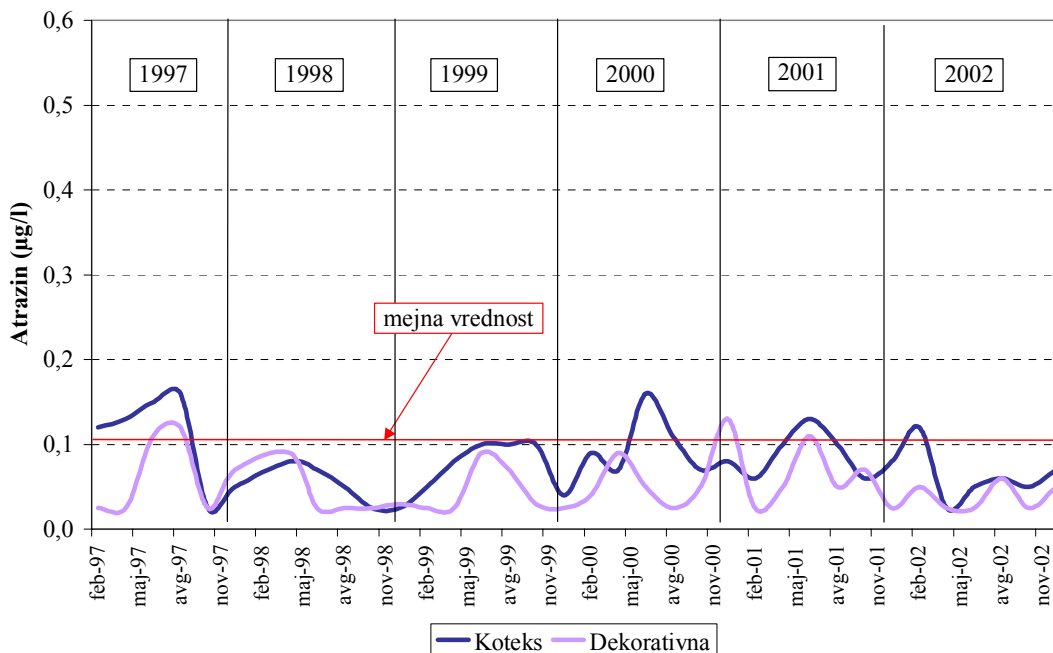
Slika 5.37: Vsebnost atrazina v črpališčih **Kleče (vodnjak VIIIa)** in **Hrastje (vodnjak Ia)** v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



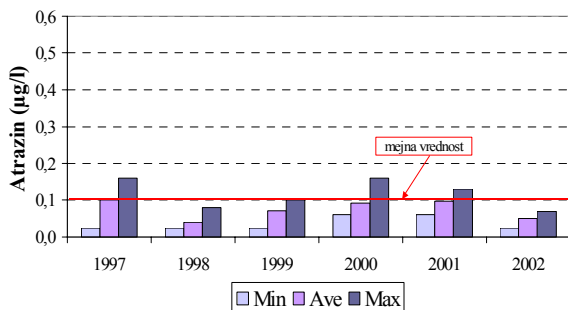
Slika 5.37a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v **Klečah** (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do decembra 2002



Slika 5.37b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v **Hrastju** (vodnjak Ia) od januarja 1997 do decembra 2002

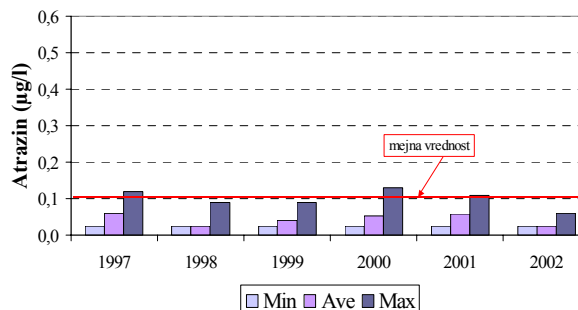


Slika 5.38: Vsebnost atrazina v industrijskih vodnjakih **Koteks** in **Dekorativna** v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



Slika 5.38a:

Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v **Koteksu** od januarja 1997 do decembra 2002

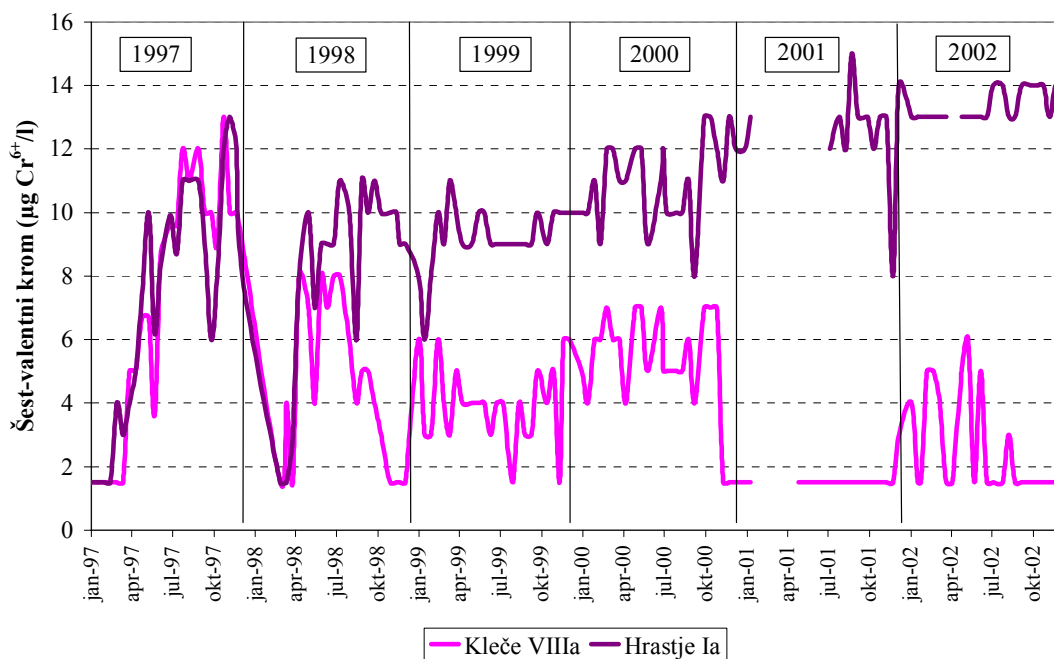


Slika 5.38b:

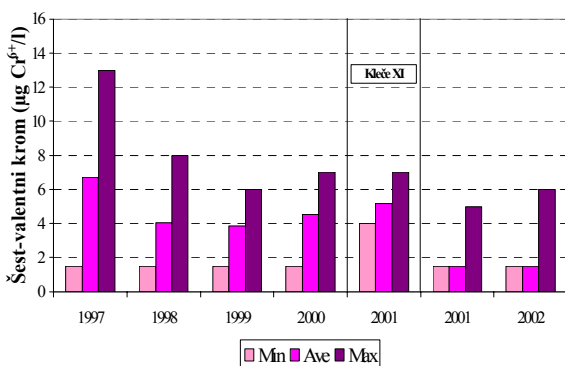
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v **Dekorativni** od januarja 1997 do decembra 2002

Krom

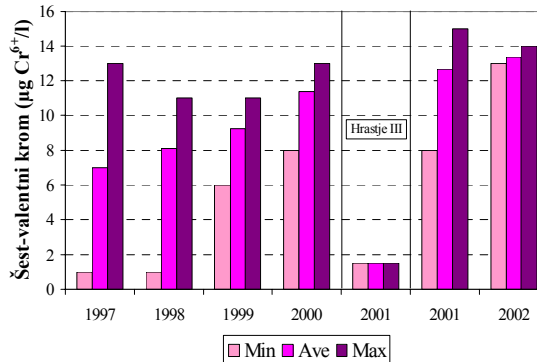
Skupni in šestvalentni krom smo analizirali v črpališčih Kleče, Hrastje in Jarški prod ter v industrijskem vodnjaku Koteks. Na sliki 5.39 je prikazana vsebnost šestvalentnega kroma v Klečah (vodnjak VIIIa) in Hrastju (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002. Na manjših slikah označenih z a in b so za šestletno obdobje prikazane povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma na posameznih vzorčevalnih mestih.



Slika 5.39: Vsebnost šestvalentnega kroma v črpališčih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002

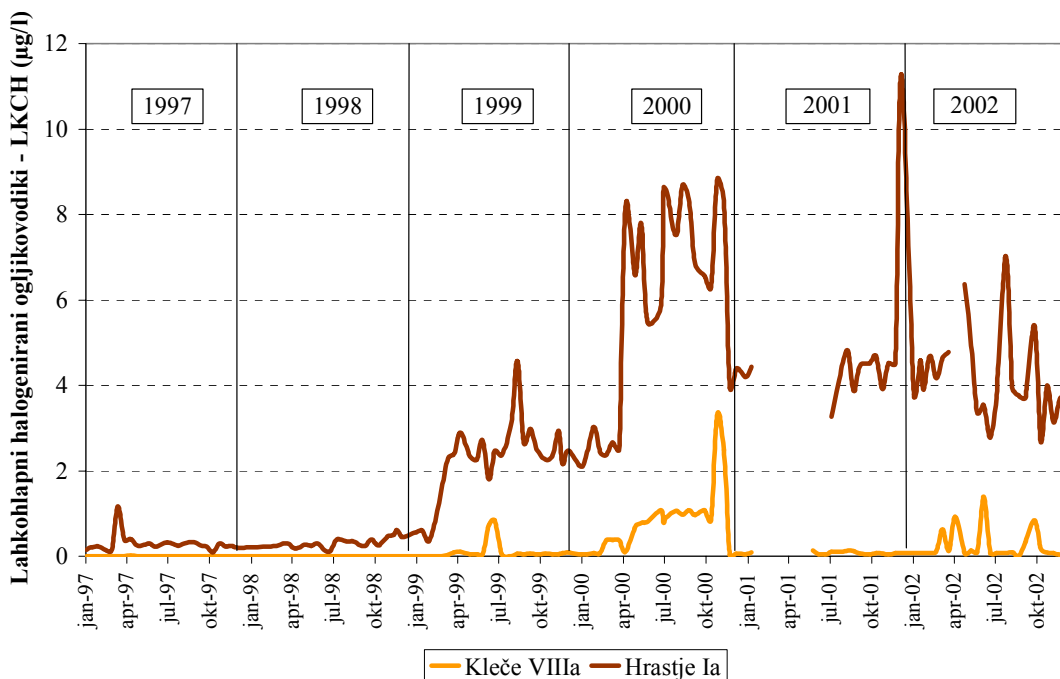


Slika 5.39a: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma v Klečah (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do decembra 2002

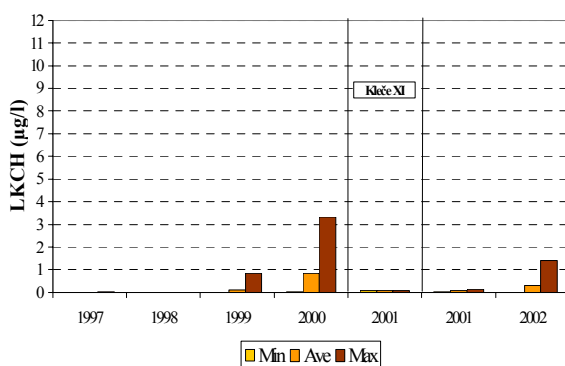


Slika 5.39b: Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti šestvalentnega kroma v Hrastju (vodnjak Ia) od januarja 1997 do decembra 2002

Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki (LKCH)

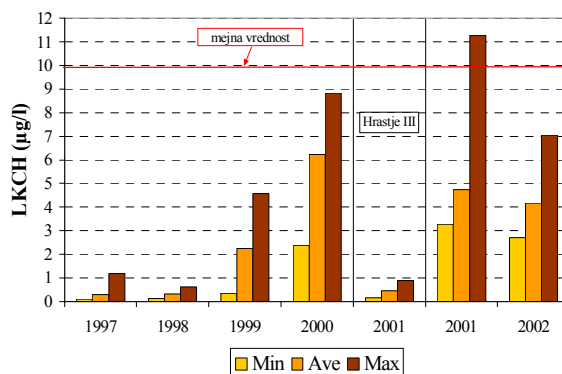


Slika 5.40: Vsebnost lahkih kloriranih ogljikovodikov v črpalniščih Kleče (vodnjak VIIIa) in Hrastje (vodnjak Ia) v obdobju od januarja 1997 do decembra 2002



Slika 5.40a:

Povprečne, najnižje in najvišje letne vsebnosti lahkih kloriranih ogljikovodikov v **Klečah** (vodnjak VIIIa) od januarja 1997 do decembra 2002



Slika 5.40b:

Povprečne, najnižje in najvišje letne vsebnosti lahkih kloriranih ogljikovodikov v **Hrastju** (vodnjak Ia) od januarja 1997 do decembra 2002

6. REZULTATI ANALIZ ZA POVRŠINSKE VODOTOKE

Rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih analiz, rezultati vsebnosti kovin v vodi, suspendiranih delcih in v sedimentu ter rezultati bakterioloških so zbrani v prilogi 10. Tu so tudi kromatogrami in masni spektri GC/MS posnetkov v vodi in v sedimentu.

6.1. REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ

Ljubljana

Kakovost Ljubljane smo spremljali na treh mestih; pred izlivom Bezanovega grabna, na Livadi in po izlivu Malega grabna na Špici. Po programu državnega monitoringa smo na zajemnem mestu Ljubljana-Livada določili osnovne fizikalno kemijske parametre, analize težkih kovin v vodi in suspendiranih delcih ter bakteriološko analizo.

Na vseh treh zajemnih mestih Ljubljane je bila v primerjavi s preteklimi leti nekoliko zvišana vrednost KPK s $K_2Cr_2O_7$, vrednost za BPK₅ pa se je na vseh treh zajemnih mestih nekoliko znižala (slika 6.1 in 6.2). Vsebnost dušikovih spojin je bila na vseh treh zajemnih mestih na Ljubljani podobna kot v preteklih letih (slika 6.3, 6.4), še najbolj se je na vseh treh zajemnih mestih znižala vsebnost nitrita.

Vsebnost težkih kovin v vodi je bila nizka, večinoma pod mejo določljivosti analizne metode. Nekoliko zvišana je bila vsebnost cinka (11,1 µg/l) v vzorcu vode v Ljubljani nad izlivom Bezanovega grabna.

V sedimentu smo na zajemnem mestu Ljubljane pred izlivom Bezanovega grabna izmerili povišano vsebnost kroma (65 mg/kg). Visoka je bila tudi vsebnost živega srebra v Ljubljani pod izlivom Malega grabna - Špica (0,13 mg/kg), (slika 6.6).

V vodi smo na obeh zajemnih mestih iz GC/MS posnetkov identificirali številne organske spojine na primer višje maščobne kisline, derivate holesterola, kofein in druge. Tudi v sedimentu so bile identificirane številne organske spojine med drugim trimetilbenzen, metilfenol, ftalati, holesteroli, kofein, alkani. Vse identificirane organske spojine so navedene v prilogi 10.

Bezanov graben

Močna onesnaženost vode se je odražala v visoki električni prevodnosti (887 µs/cm). Bezanov graben je bil močno onesnažen z organskimi snovmi. V vodi so bili skoraj anaerobni pogoji. V vzorcih vode smo izmerili približno enake vrednosti KPK_{Cr} kot v lanskem letu (86 mgO₂/l), (slika 6.1). Meritev za BPK₅ v letu 2002 manjka (slika 6.2). V vodi smo kot v preteklih letih določili močno povišano koncentracijo amonija in nekoliko višje vsebnosti nitritov (slika 6.3 in 6.4). Višje so bile vsebnosti kalcija, magnezija, natrija in kalija ter hidrogenkarbonata. V Bezanovem grabnu je tudi vsebnost detergentov (0,07mg MBAS/l), fenolnih snovi (0,021mg/l) in mineralnih olj (0,013mg/l) višja v primerjavi z ostalimi površinskimi vodotoki.

Vsebnost težkih kovin v vodi Bezanovega grabna je bila večinoma pod mejo določljivosti. Enako velja za suspendirane delce. Zvišane so bile le vsebnosti kroma, niklja in svinca v vzorcih vode.

V sedimentu pa smo določili zvišane vsebnosti bakra (44 mg/kg), niklja (53 mg/kg) in živega srebra (0,46 mg/kg), (slika 6.7).

V vodi Bezanovega grabna so bile identificirane številne organske spojine. Med njimi organske kisline in njihovi derivati, maščobne kisline, holesteroli in estri višjih organskih kislin. Identificirano je bilo tudi žveplo. Tudi v sedimentu smo iz GC/MS posnetkov določili večje število organskih spojin (fenoli, alkeni, ftalati, holesteroli). Vse identificirane organske spojine so navedene v prilogi 10.

Curnovec

Onesnaženje Curnovca se kaže pri vseh analiziranih osnovnih fizikalnih in kemijskih parametrih. Curnovec je močno onesnažen z biološko razgradljivimi kot tudi biološko nerazgradljivimi organskimi snovmi. V primerjavi s preteklim letom smo v vzorcu vode določili za polovico nižjo vrednost KPK in za več kot polovico višjo vrednost BPK₅ (slika 6.1 in slika 6.2). V vzorcu iz Curnovca smo v letu 2002 sicer določili nižjo vsebnost amonija kot leto predtem, vendar je več kot 15 krat presegala mejne vrednosti za 3. kakovostni razred (14,8mg/l) (slika 6.3). Vsebnosti nitrita so se zvišale za sedemnajstkrat (slika 6.4). Visoke so bile vsebnosti kalcija, magnezija, natrija, kalija in hidrogenkarbonata. Visoke so bile vsebnosti sulfatov in kloridov ter bora. Vsebnost bora je več kot 7 krat presegla mejno vrednost [21]. Izmerili smo tudi zelo visoko električno prevodnost, značilno za odpadne vode.

V vodi Curnovca nismo določili povišanih vsebnosti težkih kovin medtem, ko smo v sedimentu določili nekoliko povišane vsebnosti cinka (480mg/kg), kadmija (1mg/kg), kroma (54mg/kg) in visoke vsebnosti živega srebra (0,77mg/kg), (slika 6.7).

V vodi Curnovca smo na osnovi kromatogramov GC/MS identificirali številne organske spojine (višje maščobne kisline in njihove derivate, ciklične ogljikovodike, terc-butilfenol, holesterol, ibuprofen, kofein), med njimi je bilo kar trinajst spojin neidentificiranih. V sedimentu je bilo identificiranih nekoliko manj spojin, vse pa so navedene v prilogi 10.

Mali graben

Mali graben je manj onesnažen vodotok na Ljubljanskem polju, v katerem smo izmerili ugodne kisikove razmere in nizko stopnjo organskega onesnaženja. V vzorcu smo določili nekoliko povišano vsebnost amonija in nitrita.

Vsebnosti težkih kovin v vodi so bile večinoma pod mejo določljivosti analizne metode, v sedimentu pa smo določili nekoliko višje vsebnosti živega srebra (0,25mg/kg), (slika 6.7).

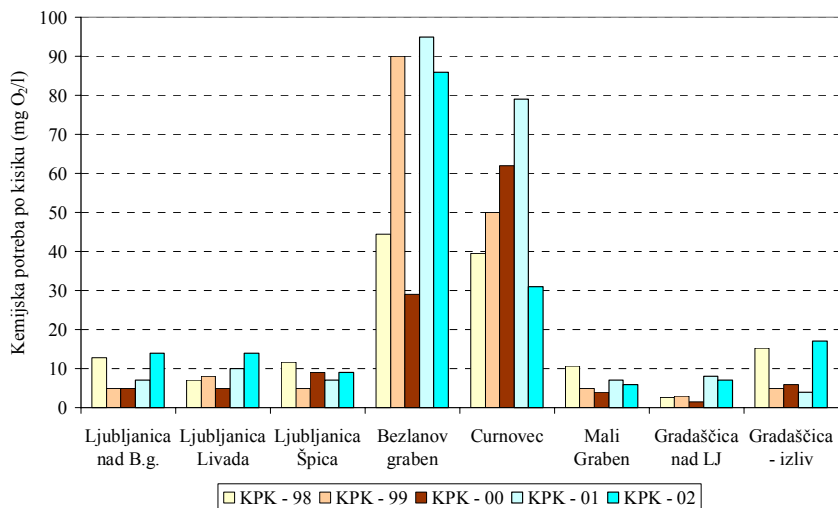
Od organskih spojin smo v vodi in sedimentu z metodo GC/MS identificirali manjše število organskih spojin. Predvsem višje maščobne kisline, holesterole in kofein, v sedimentu pa še ftalate in terpenke ogljikovodike. Vse identificirane organske spojine so navedene v prilogi 10.

Gradaščica

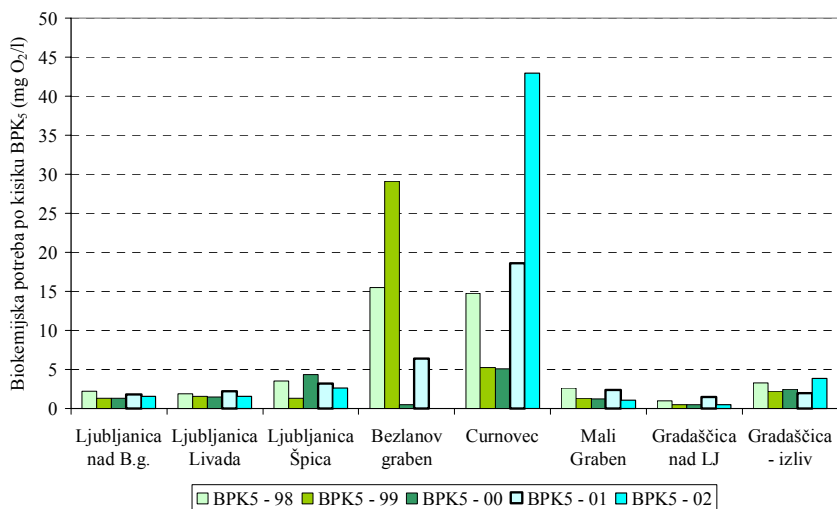
Gradaščica nad Ljubljano je dokaj čist potok z ugodnimi kisikovimi razmerami. Vsebnost organskih spojin, ki jih določimo s parametrom KPK_{Cr} je bila v Gradaščici nad Ljubljano in pred izlivom v Ljubljanico povišana. V Gradaščici pred izlivom v Ljubljanico so bili v nekoliko zvišanih koncentracijah prisotni amonij, nitriti in ortofosfati (slika 6.3, 6.4, 6.5) ter detergenti in fenolne snovi. Vsebnost mineralnih olj je več kot štirikrat presegla mejne vrednosti za 2. kakovostni razred (0,044mg/l).

V sedimentu Gradaščice nad Ljubljano smo določili nekoliko povišane vsebnosti bakra (44mg/kg) in živega srebra (0,2mg/kg), v Gradaščici pred izlivom v Ljubljanico pa zvišano vsebnost živega srebra (0,21mg/kg). V sedimentu gradaščice nad Ljubljano smo določili močno povišano vsebnost svineca (370mg/kg), (slika 6.8).

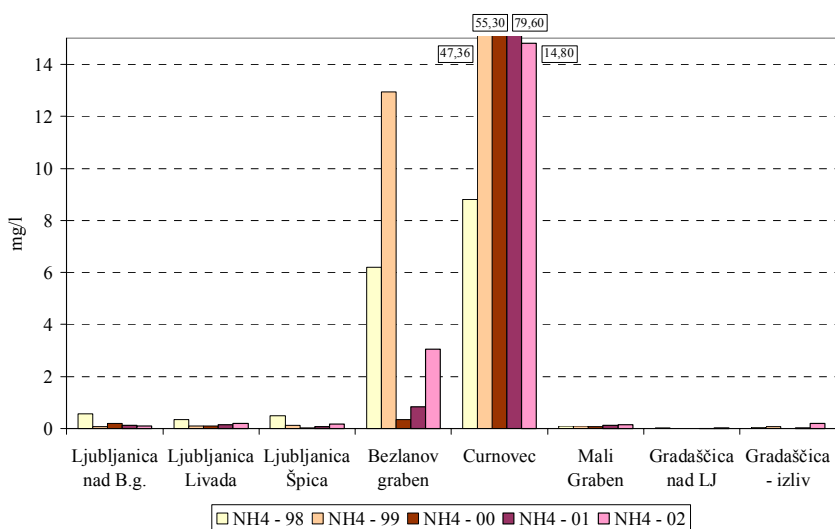
V vodi Gradaščice nad Ljubljano smo z metodo GC/MS identificirali manjše število organskih spojin (višje maščobne kisline, holesterol in derivati holesterola), pred izlivom v Ljubljanico pa je bilo v vodi Gradaščice identificiranih veliko različnih organskih spojin, poleg prej navedenih še benzotiazol, rodanin, tolueni. V sedimentu Gradaščice nad Ljubljano je bilo identificiranih večje število različnih organskih spojin (derivati benzena, terpenke spojine, holesterol, alkani, alkeni...), v sedimentu Gradaščice pred izlivom v Ljubljanico pa je bilo število identificiranih organskih spojin manjše. Vse identificirane organske spojine so navedene v prilogi 10.



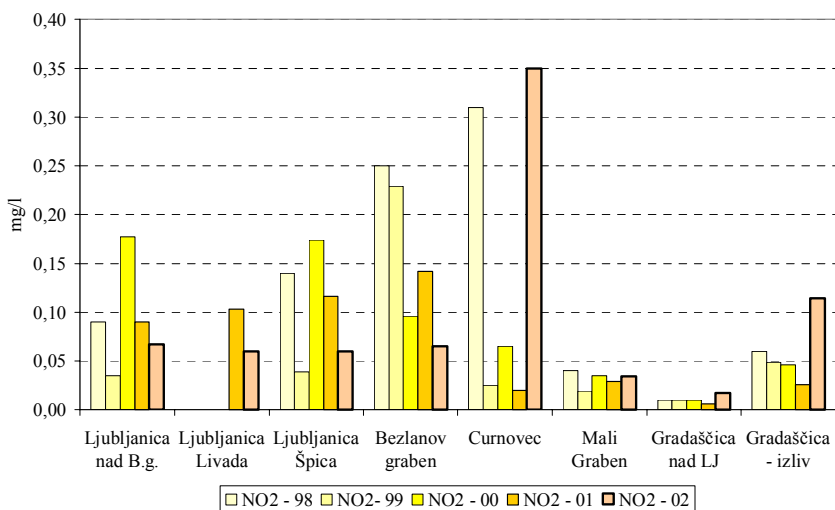
Slika 6.1:
Kemijska potreba po kisiku (KPK s K₂Cr₂O₇) na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2002



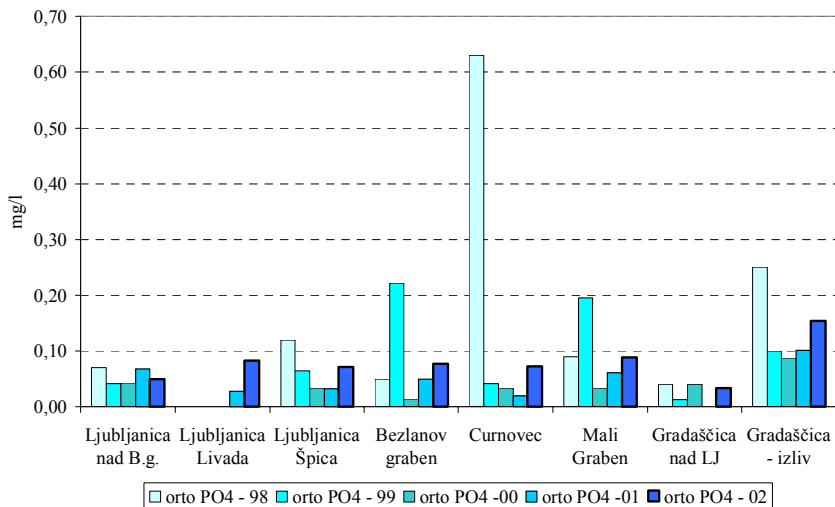
Slika 6.2:
Biokemijske potrebe po kisiku (BPK₅) na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2002



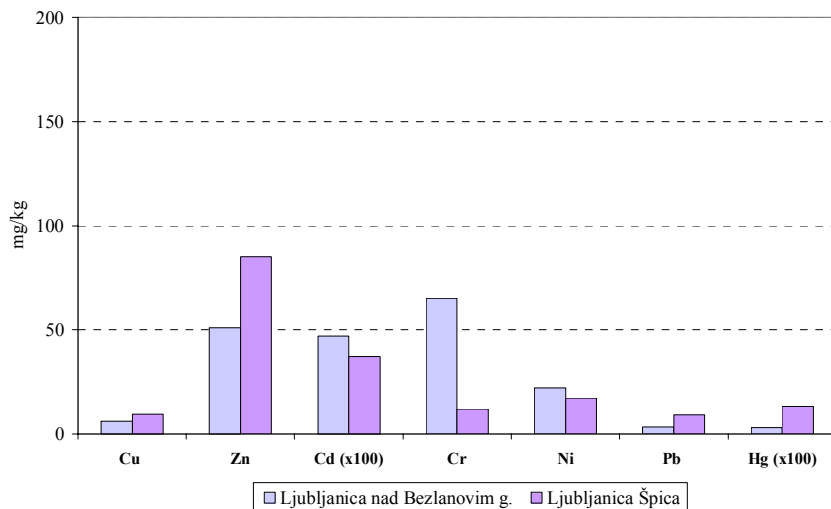
Slika 6.3:
Vsebnost amonija na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2002



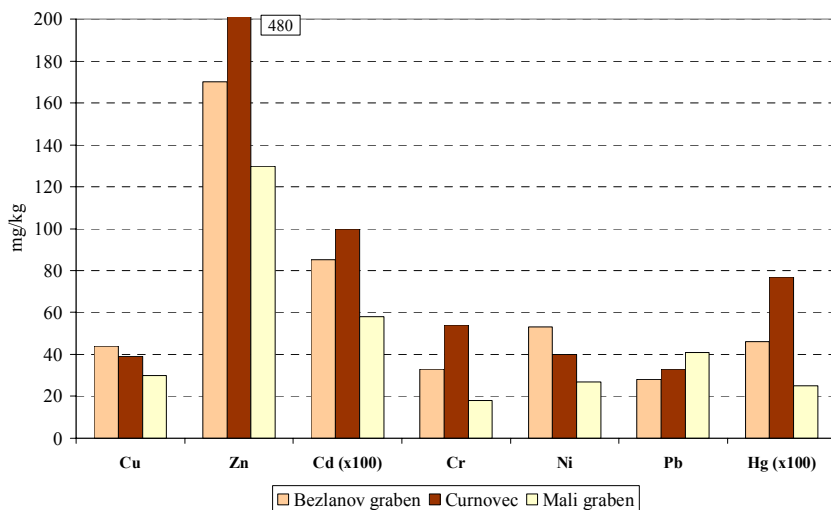
Slika 6.4:
Vsebnost nitrita na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2002



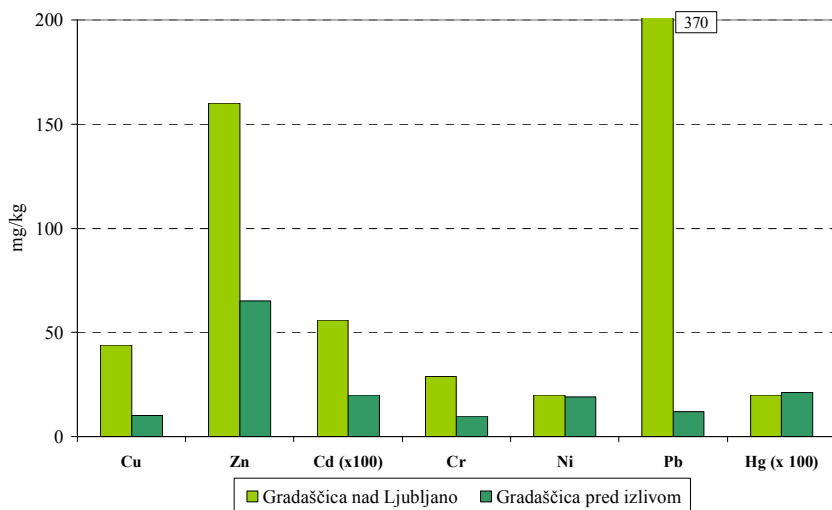
Slika 6.5:
Vsebnost orto fosfata na vseh zajemnih mestih od 1998 do 2002



Slika 6.6:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Ljubljane na dveh zajemnih mestih v letu 2002



Slika 6.7:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Bežanovega grabna, Čurnovca in Malega grabna v letu 2002



Slika 6.8:
Vsebnost težkih kovin v sedimentu Gradašče na dveh zajemnih mestih v letu 2002

6.2. KAKOVOSTNI RAZREDI

Zanesljivost določitve kakovostnega razreda za določeno zajemno mesto vodotoka je odvisna tako od pogostosti vzorčenja kakor od števila parametrov, ki jih določamo. Površinske vodotoke na območju MOL smo tako kot prejšnja leta tudi v letu 2002 vzorčevali in analizirali samo enkrat. Za ugotavljanje onesnaženosti površinskega vodotoka so pomembni tudi biološki parametri (saprobní indeks). V površinskih vodotokih na območju MOL nismo določali saprobnega indeksa in tudi nismo kvantitativno določali organskih mikropolutantov. Skupne ocene kakovostnih razredov smo določili na osnovi razpoložljivih podatkov za parametre, ki jih navajamo v tabeli 9. Vrstni red ocen kakovostnih razredov je enak vrstnemu redu parametrov v glavi tabele.

Tabela 9: Ocena razredov kakovosti površinskih vodotokov za kemijske parametre na območju MOL v letu 2002

Vodotok	Osnovni fizikalno-kemijski parametri		Kovine (voda + susp)	Kovine-sediment		SKUPNA OCENA
	KPK, BPK ₅ , NH ₄ , NO ₂ , NO ₃ , orto-PO ₄ , B	Skupaj		Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg	Skupaj	
Ljubljana nad B. grabnom	3, 1, 2, 3, 1, 1, 1	2 – (3)	1	1, 1, 1, 2, 1, 1, 1	1 – (2)	2 – (3)
Ljubljana-Livada	2, 2, 3, 3, 1, 1, -	2 – 3	1	-	-	2 - 3
Ljubljana-Špica	2, 2, 3, 3, 1, 1, 1	2 – (3)	1	1, 1, 1, 1, 1, 1, 2	1 – (2)	2 – (3)
Bezlanov graben	4, -, 4, 3, 1, 1, 4	4	1	2, 1, 1, 1, 2, 1, 3	2 - 3	(3) - 4
Curnovec	4, 4, 4, 4, 1, 1, 4	4	1	1, 2, 2, 2, 1, 1, 3	2 – 3	4
Mali graben	2,1,3, 3, 1, 1, 1	2 – 3	1	1, 1, 1, 1, 1, 1, 3	2 – (3)	2 – 3
Gradaščica nad LJ	2, 1, 1, 2, 1, 1, 1	(1) – 2	1	2, 1, 1, 1, 1, 3, 2	2 - 3	2 – (3)
Gradaščica pred izlivom	3, 2, 3, 3, 2, 2, 1	(2) – 3	1	1, 1, 1, 1, 1, 1, 3	2	(2) – 3

KPK – kemijska potreba po kisiku (metoda s K₂Cr₂O₇)

BPK₅ – biokemijska potreba po kisiku

6.3. REZULTATI BAKTERIOLOŠKIH ANALIZ NA KOPALIŠČIH

Ljubljana

Bakteriološko je Ljubljana nad izlivom Bežanovega grabna dvakrat ustrezala zahtevam za kopalne vode, dvakrat pa ne. Ob prvem odvzemu 8.7.02 je bilo v vodi število fekalnih koliformnih bakterij višje od maksimalne dopustne vrednosti za kopalne vode. Pri odvzemu v avgustu pa skupne koliformne bakterije in bakterije fekalnega izvora presegajo maksimalne dopustne vrednosti za kopalne vode. Na Livadi je bila voda ob odvzemu v mesecu avgustu kot kopalna voda bakteriološko neustrezna, saj so skupne koliformne bakterije in koliformne bakterije fekalnega izvora presegle dopustne vrednosti. Na zajemnem mestu na Špici sta bila od štirih bakteriološko neustrezna dva vzorca (avgust in september). V vzorcu odvzetem avgusta je število skupnih koliformnih bakterij preseglo mejo določljivosti, koliformne bakterije fekalnega izvora pa so bile 10 krat višje od maksimalne dopustne vrednosti za kopalne vode.

Mali graben

Po bakterioloških analizah je bila voda Malega grabna primerna za kopanje samo ob drugem zajemu 29.7.02. Ostali trije zajemi presegajo maksimalne dopustne vrednosti za kopalne vode po številu skupnih koliformnih bakterij in koliformnih bakterij fekalnega izvora.

Gradaščica

Na podlagi rezultatov bakterioloških analiz smo ocenili Gradaščico na obeh vzorčevalnih mestih kot neustrezno za kopalno vodo, z izjemo vzorca zajetega nad Ljubljano 29.07.02. Vzorca presegajo maksimalne dopustne vrednosti za kopalne vode po številu skupnih koliformnih bakterij in koliformnih bakterij fekalnega izvora.

Ižica

V Ižici smo vodo dvakrat ocenili kot ustrezno. V vzorcu zajetem avgusta pa je število skupnih koliformnih bakterij preseglo mejo določljivosti, povišana je bila tudi vrednost za koliformne bakterije fekalnega izvora. Ob zajemu septembra pa smo vodo sicer ocenili kot neustrezno za kopanje, vendar so bile dopustne vrednosti le malo presežene.

7. KOMENTAR K REZULTATOM ANALIZ

7.1. KAKOVOST PODTALNICE NA POSAMEZNIH VZORČEVALNIH MESTIH

Kleče

V Klečah je najpomembnejše črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka VIIIa.

V podtalnici vodnjaka smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom. (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili prisotni **nitriti** (povprečna koncentracija 13,0 mg/l), vendar v vseh vzorcih pod mejno vrednostjo 25mg/l. Iz slik 5.33 in 5.33a, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici vodnjaka VIIIa od leta 1997 je razvidno, da se vsebnost nitratov od leta 1999 postopno znižuje.

Rezultati analiz za organsko vezane halogene spojine AOX so bili večinoma pod ali na meji zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici vodnjaka VIIa težke kovine niso bile prisotne razen **kroma**. Iz slik 5.39 in 5.39a, kjer je prikazana vsebnost šestvalentnega kroma od leta 1997 je razvidno, da je bila vsebnost šestvalentnega kroma v letu 2001 najnižja v omenjenem šestletnem obdobju.

V vzorcih vodnjaka smo določili **atrazin** in **desetil-atrazin** (slika 5.23 in 5.25). Mejna vrednost za atrazin in desetil-atrazin $0,1\mu\text{g/l}$, je bila enkrat presežena za desetil-atrazin. **Bromacil** smo določili samo enkrat ($0,07\mu\text{g/l}$) in sicer čez mejno vrednostjo $0,06\mu\text{g/l}$. Mejna vrednost za vsoto pesticidov $0,5\mu\text{g/l}$ ni bila presežena v nobenem vzorcu (slika 5.17). Iz slik 5.37 in 5.37a, kjer je prikazana vsebnost atrazina v podtalnici vodnjaka VIIa od leta 1997 je razvidno, da se povprečna vsebnost atrazina po letu 1997 znižuje.

Izmed lahkolapnih halogeniranih ogljikovodikov smo v skoraj vseh vzorcih podtalnice določili nizke vsebnosti **tetrakloroetena**, v dveh vzorcih **triklorometan** in v enem vzorcu **diklorometan**. Iz slik 5.40 in 5.40a, kjer je prikazana vsebnost lahkolapnih kloriranih ogljikovodikov (LKCH) podtalnice vodnjaka VIIa od leta 1997 je razvidno, da se je vsebnost LKCH v podtalnici tega vodnjaka po letu 2001 rahlo zvišala. Maksimalna vrednost za vsoto LKCH v tem vodnjaku v letu 2002 je $1,40\mu\text{g/l}$, mejna vrednost za vsoto LKCH pa je $10\mu\text{g/l}$.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav, je podtalnica v Klečah VIIa ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Hrastje

V Hrastju je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka Ia, zaradi vzdrževalnih del pa je bil vzorec v mesecu aprilu zajet iz vodnjaka III. V Hrastju, v vodnjaku Ia, ves čas spremljanja kakovosti podtalnice ugotavljamo največje onesnaženje podtalnice na Ljubljanskem polju in to pri skoraj vseh pomembnih pokazateljih onesnaženja.

V podtalnici obeh vodnjakov smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom. (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom $\text{KPK}_{\text{KMnO}_4}$, je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili prisotni **nitрати**. V nadomestnem vodnjaku III je bila vsebnost nitratov na meji mejne vrednosti, v vodnjaku Ia pa je bila koncentracija presežena samo v enem vzorcu (sliki 5.6, 5.8). Iz slik 5.33 in 5.33b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997 je razvidno, da se vsebnost nitratov od leta 1999 postopno znižuje.

V Hrastju, v vodnjaku Ia, smo podobno kot že prejšnja leta izmerili najvišjo vsebnost spojin **AOX** ($7,0\mu\text{gCl/l}$ v kar osmih vzorcih). V nadomestnem vodnjaku je bila vrednost AOX $5\mu\text{gCl/l}$ (slika 5.11 in 5.12).

V podtalnici so bile prisotne težke kovine, predvsem baker in krom (slika 5.13 in 5.15). Šestvalentni krom smo v vodnjaku Ia določili v vseh 19 vzorcih (slika 5.16), baker pa v 5 vzorcih. V skoraj vseh vzorcih je bil prisoten trivalentni krom. Iz slik 5.39 in 5.39b, kjer je prikazana vsebnost šestvalentnega kroma v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997 je razvidno, da se vsebnost šestvalentnega kroma v tem vodnjaku še vedno zvišuje.

V vzorcih podtalnice iz vodnjaka Hrastje Ia smo določili visoke vsebnosti **atrazina** (povprečna vsebnost atrazina je bila $0,15\mu\text{g/l}$, slika 5.22) in **desetil-atrazina** (slika 5.19). Mejna vrednost za atrazin $0,1\mu\text{g/l}$ je bila presežena v vseh vzorcih iz vodnjaka Ia, za desetil-atrazin pa skoraj v vseh vzorcih. Vodnjak III ni bil onesnažen s triazinskimi pesticidi. Občasno so bili v vodi prisotni tudi drugi pesticidi (**bromacil**, ki je bil štirikrat presežen in **2,6 diklorobenzamid**, ki je v šestih vzorcih presegel mejno vrednost). Mejna vrednost za vsoto pesticidov $0,5\mu\text{g/l}$ je bila v vodnjaku Ia presežena v 4 od 19 vzorcev, enkrat pa je bila na meji mejne vrednosti. V vodnjaku III vsota pesticidov ni bila

presežena. Iz slik 5.37 in 5.37b, kjer je prikazana vsebnost atrazina v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997 je razvidno, da je bila vsebnost atrazina tudi v letu 2002 čez mejno vrednostjo za atrazin in, da je povprečna vsebnost podobna kot v preteklih letih.

Izmed lahkihlahplnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice vodnjaka Ia določili visoke vsebnosti **tetrakloroetena**. Izmed 19 vzorcev jih je kar 8 presegló mejno vrednost 2 µg/l (slika 5.32). Zelo visoka je bila tudi vsebnost **diklorometana** v avgustu (3,2 µg/l). **Trikloroeten** je bil prisoten v vseh vzorcih vendar pod mejno vrednostjo. Iz slik 5.40 in 5.40b, kjer je prikazana vsebnost lahkihlahplnih kloriranih ogljikovodikov (LKCH) v podtalnici vodnjaka Ia od leta 1997, je razvidno, da se je povprečna vsebnost LKCH močno povečala v letu 2000, ostala visoka v letu 2001, v letu 2002 pa se je vsebnost rahlo znižala.

Vzorci podtalnice iz vodnjaka Ia in iz nadomestnega vodnjaka III so bili mikrobiološko neoporečni in primerni za pitno vodo.

Šentvid

V Šentvidu je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat mesečno.

V podtalnici črpališča v Šentvidu smo izmerili ustrezno temperaturo, vrednost pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili prisotni **nitрати**, ki pa niso presegló mejne vrednosti v nobenem vzorcu (sliki 5.6, 5.9). Iz slik 5.34 in 5.34a, kjer je prikazana vsebnost nitratov od leta 1997 je razvidno, da je povprečna vsebnost nitratov že od leta 1997 približno enaka.

Nižje vrednosti **AOX** smo določili v 3 od 10 vzorcev.

Podtalnica v Šentvidu je v marcu vsebovala **cink** (52 µg/l).

V vzorcih podtalnice v Šentvidu smo določili **atrazin** in **desetil-atrazin** (slika 5.20 in 5.26). Mejna vrednost za desetil-atrazin 0,1 µg/l je bila na mejni vrednosti v enem vzorcu, za atrazin pa v nobenem vzorcu. Mejna vrednost za vsoto pesticidov 0,5 µg/l ni bila presežena nikjer (slika 5.17).

Izmed lahkihlahplnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice v Šentvidu določili **triklorometan** (2 vzorca), **diklorometan** (1 vzorec) in **tetrakloroeten** v skoraj vseh vzorcih. Pri vseh vzorcih so bile vsebnosti pod mejno vrednostjo.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Šentvidu ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Jarški prod

V Jarškemrodu, ki je na levem bregu Save, je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat mesečno.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili v nižjih koncentracijah prisotni **nitрати** (slika 5.6, 5.9). Iz slik 5.34 in 5.34b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnic od leta 1997 je razvidno, da je ostala vsebnost nitratov od leta 1997 v glavnem nespremenjena.

Vsebnost organsko vezanih halogenih spojin **AOX** je bila večinoma pod ali na meji zaznavnosti analizne metode.

Podtalnica je v nizkih koncentracijah v nekaterih vzorcih vsebovala **baker, krom in svinec** ter v vzorcu, odvzetem marca, **cink** (43 µg/l), (slike 5.13, 5.14, 5.15).

Vsebnosti posameznih pesticidov so bile pod mejo zaznavnosti analizne metode (slike 5.17, 5.20).

Izmed lahkih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice v Jarškem gradu določili **triklorometan** (3 vzorci) in **tetrakloroeten** v vseh vzorcih. Pri vseh vzorcih so bile vsebnosti pod mejno vrednostjo.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Jarškem gradu ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Iški vršaj

V Iškem vršaju, črpališču ljubljanskega vodovoda, črpamo podtalnico ljubljanskega Barja. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili v nižjih koncentracijah prisotni **nitriti** (slika 5.6, 5.9). Iz slik 5.35 in 5.35a, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost nitratov od leta 1997 v glavnem nespremenjena.

Rezultati meritev za baker cink in svinec so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode. (slike 5.13, 5.14)

Rezultati republiškega monitoringa do leta 2001 v Iškem vršaju niso kazali na onesnaženost s pesticidi, saj so bili vedno pod mejnimi vrednostmi. Na tem merilnem mestu po programu monitoringa podtalnice na območju MOL pesticidov prej nismo določali, analize pesticidov smo začeli izvajati leta 2002. V vzorcih podtalnice v Iškem vršaju smo od triazinov določili visoke vsebnosti **desetil-atrazina** (slika 5.20 in 5.26). Mejna vrednost za desetil-atrazin 0,1µg/l je bila v vseh petih vzorcih presežena. Mejna vrednost za vsoto pesticidov 0,5µg/l ni bila presežena v nobenem vzorcu (slika 5.17).

Izmed lahkih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice določili **triklorometan** (1 vzorec), **tetrakloroeten** v treh vzorcih in trikloroeten v vseh vzorcih. Pri vseh vzorcih so bile vsebnosti pod mejno vrednostjo.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Iškem vršaju ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Roje

V vrtini v Rojah smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili v nižjih koncentracijah prisotni **nitрати** (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.35 in 5.35b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici od leta 1997, je razvidno, da je bila vsebnost nitratov podobna kot prejšnja leta.

Vsebnost organsko vezanih halogenih spojin **AOX** je bila v vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode ali v zelo nizkih koncentracijah.

Tudi rezultati meritev za nikelj in svinec so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode, vsebnost **bakra** pa je bila samo v oktobrskem vzorcu 3 µg/ (slika 5.13).

Prav tako so bile vsebnosti posameznih pesticidov pod mejo zaznavnosti analizne metode (sliki 5.17, 5.21).

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Rojah ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Stožice

V vrtini v Stožicah smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili prisotni **nitрати**, ki v nobenem vzorcu niso presegli mejne vrednosti (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.35 in 5.35c, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici v Stožicah od leta 1997 je razvidno, da vsebnost nitratov niha že vsa leta.

V vodi so bile v nizkih koncentracijah občasno prisotne organsko vezane halogene spojine **AOX** (slika 5.11).

Vsebnost svinca je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode v vseh vzorcih.

Po rezultatih mikrobioloških preiskav je podtalnica v Stožicah ustrezala kriterijem za pitno vodo.

Koteks

V industrijskem vodnjaku Koteks smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili prisotni **nitрати**. Vsebnosti nitratov niso presegle mejne vrednosti v nobenem vzorcu (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.36 in 5.36a, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici v Koteksu od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost nitratov podobna že vsa leta.

V podtalnici so bile prisotne organsko vezane halogene spojine **AOX**. Povprečna vrednost AOX je bila 5,0 µg Cl/l in je bila druga najvišja izmerjena vrednost v podtalnici na Ljubljanskem polju (slika 5.11).

V podtalnici Koteksa so bile prisotne nižje koncentracije **kroma** (slika 5.15), vsebnost bakra in svinca pa je bila v vseh vzorcih pod mejo zaznavnosti analizne metode (slika 5.13). Vsebnost **niklja** je bila v aprilskem vzorcu 1,5 µg/l, koncentracija v ostalih vzorcih pa je bila pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V vzorcih podtalnice smo določili **atrazin** in **desetil-atrazin** (sliki 5.18 in 5.21). Mejna vrednost za posamezni pesticid 0,1µg/l ni bila presežena v nobenem vzorcu. Iz slik 5.38 in 5.38a, kjer je prikazana vsebnost atrazina v podtalnici Koteksa od leta 1997, je razvidno, da vsebnost atrazina občasno preseže mejno vrednost za posamezni pesticid.

Izmed lahkihloplnih halogeniranih ogljikovodikov smo v podtalnici v Koteksu v enem vzorcu določili **triklorometan**, v vseh vzorcih pa **tetrakloroeten** (slika 5.31) in **trikloroeten**, vendar so bile vse koncentracije nižje od mejnih vrednosti. Tudi vsota lahkihloplnih kloriranih ogljikovodikov je bila v vseh vzorcih v Koteksu pod mejno vrednostjo (slika 5.30).

V vzorcu, ki smo ga zajeli v aprilu je bilo **visoko število skupnih aerobnih mezofilnih bakterij** (pri 22 °C), zato ta vzorec ni ustrezal kriterijem za pitno vodo. Ostali štirje vzorci so kriterijem ustrezali.

Elok

V industrijskem vodnjaku Elok smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (najnižja nasičenost s kisikom je bila v podtalnici Elok v mesecu aprilu 61%), (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili prisotni **nitriti**. Vsebnosti nitratov niso presegle mejne vrednosti v nobenem vzorcu (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.32 in 5.32b, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici v Eloku od leta 1997, je razvidno, da je vsebnost nitratov podobna že vsa leta.

Organsko vezane halogene spojine AOX so bile analizirane samo v mesecu aprilu in sicer pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici Eloka smo določevali kadmij in svinec. Vsi rezultati so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode.

Vsebnosti posameznih pesticidov so bile pod mejo zaznavnosti analizne metode (sliki 5.17, 5.21).

Izmed lahkihloplnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice določili **diklorometan** v enem vzorcu in **tetrakloroeten**, ki je bil v nižjih koncentracijah prisoten v vseh vzorcih (slika 5.28, 5.30, 5.31).

Mikrobiološko so bili vsi vzorci podtalnice neoporečni in primerni za pitno vodo.

Dekorativna

V industrijskem vodnjaku Dekorativna smo v obdobju od začetka marca 2002 do konca decembra 2002 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca.

V podtalnici smo izmerili ustrezno temperaturo, pH in električno prevodnost. Podtalnica je bila zadostno nasičena s kisikom (slika 5.1- 5.4).

Vsebnost težje razgradljivih organskih snovi, ki jih določujemo s parametrom KPK_{KMnO_4} , je bila nizka v vseh vzorcih.

V podtalnici so bili **nitriti** v visokih koncentracijah. Vsebnosti nitratov so presegle mejne vrednosti v vseh vzorcih (slika 5.6, 5.10). Iz slik 5.36 in 5.36c, kjer je prikazana vsebnost nitratov v podtalnici vodnjaka Dekorativne od leta 1997, je razvidno, da se povprečna vsebnost nitratov od leta 1999, ko se je povišala, še vedno zvišuje (33,4mg/l).

V podtalnici Dekorativne smo določevali nikelj, svinec in živo srebro. Vsi rezultati so bili pod mejo zaznavnosti analizne metode.

V podtalnici je bil prisoten **atrazin** (2 od 5 vzorcev) in **desetil-atrazin** (4 od 5 vzorcev) (slika 5.17, 5.21, 5.22, 5.24).

Izmed lahkoahlapnih halogeniranih ogljikovodikov smo v vzorcih podtalnice določili **tetrakloroeten**, ki je bil v nižjih koncentracijah prisoten v vseh vzorcih (slika 5.28, 5.30, 5.31).

Mikrobiološko je bil vzorec, zajet v aprilu, zaradi **visokega števila skupnih aerobnih mezofilnih bakterij** (pri 22 °C) neustrezen. Ostali vzorci so ustrezali kriterijem za pitno vodo.

7.2. POVRŠINSKI VODOTOKI

Med zajemnimi mesti, ki so v programu monitoringa kakovosti površinskih vodotokov na območju MOL sta tako kot prejšnja leta po onesnaženosti najbolj izstopala potoka Curnovec in Bezlanov graben. Oba sta bila močno onesnažena z organskimi snovmi. V vzorcih vode smo še vedno določili visoke vrednosti KPK, v Curnovcu je bila visoka vrednost BPK₅, visoke so bile vsebnosti amonija, nitritov in bora. Prisotni so bili detergenti, fenolne snovi in mineralna olja. V vodi v Bezlanovem grabnu so bili skoraj anaerobni pogoji.

Na vseh treh zajemnih mestih Ljubljani je bila v primerjavi s preteklimi leti nekoliko zvišana vrednost KPK s K₂Cr₂O₇.

Mali graben je manj onesnažen vodotok na Ljubljanskem polju, v katerem smo določili nekoliko povišano vsebnost amonija in nitrita.

Gradaščica nad Ljubljano je še vedno dokaj čist potok, v Gradaščici pred izlivom v Ljubljano pa so bili v nekoliko zvišanih koncentracijah prisotni amonij, nitriti in ortofosfati ter detergenti, fenolne snovi in mineralna olja.

Vsebnosti težkih kovin v vodi, tako v filtratu kot v suspendiranih delcih so bile na vseh zajemnih mestih nizke. Sediment je bil s težkimi kovinami onesnažen v Curnovcu, kjer smo izmerili povišane vsebnosti cinka, kadmija in kroma. V Gradaščici nad Ljubljano je bil sediment onesnažen s svincem. Na vseh vzorčevalnih mestih razen v Ljubljani nad izlivom Bezlanovega grabna in v Ljubljani pod izlivom Malega grabna, smo v sedimentu izmerili vsebnost živega srebra nad 0,2 mg/kg. Najvišja vsebnost živega srebra je bila v Curnovcu pred izlivom.

Mikrobiološkim zahtevam za kopalne vode je med 25 vzorci zajetimi na 7 zajemnih mestih ustrezalo 8 vzorcev: vzorec Gradaščica nad Ljubljano, dva vzorca Ljubljani nad izlivom Bezlanovega grabna, dva vzorca v Ljubljani na Špici, vzorec Mali graben in dva vzorca v Ižici.

8. LITERATURA

- [1] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice na območju mestne občine Ljubljana v letu 1997, MOP-HMZ junij 1998
- [2] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1998/99 (Zaključno poročilo), MOP-HMZ avgust 1999
- [3] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 1999/2000 (Zaključno poročilo), MOP-HMZ julij 2000
- [4] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2002/2003 (prvo vmesno poročilo), MOP-HMZ, september 2000
- [5] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2002/2003 (drugo vmesno poročilo), MOP-HMZ, november 2000
- [6] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2002/2003 (tretje vmesno poročilo), MOP-HMZ, februar 2003
- [7] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2002/2003 (četrt vmesno poročilo), MOP-ARSO, junij 2001
- [8] Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition, APHA - AWWA - WEF (1992)
- [9] Manual for Monitoring Oil and Dissolved/Dispersed Petroleum Hydrocarbon in Marine Waters and on Beaches, UNESCO 13/1984
- [10] Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode *Uradni list RS, št. 46/97* ter dopolnili *Uradni list RS, št. 52/97, Uradni list RS, št. 54/98 in Uradni list RS, št. 7/2000*
- [11] Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption
- [12] Uredba o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije, *Uradni list SFRJ, št. 6/78*
- [13] Odlok o maksimalno dopustnih koncentracijah radionuklidov in nevarnih snovi v medrepubliških vodnih tokovih, meddržavnih vodah in vodah obalnega morja Jugoslavije, *Uradni list SFRJ, št. 8/78*
- [14] 75/440/EEC, Concil Directive of 16. June 1975, concerning the quality required for the abstarction of drinking water in the Member States
- [15] Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA)-Tscheidungsilfe für die Wasserrechtbehörden in Wasser-rechtlichen Erlaubnisverfahren, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 14. Mai 1991 (MBI.NW S. 863)
- [16] Pravilnik o higienskih zahtevah za kopalne vode, *Uradni list SRS, št. 9/88*
- [17] Geološka karta Slovenije, Geološki zavod Ljubljana
- [18] Sigel H., Metal Ions in Biological Systems, Vol. 18, Circulations of Metals in the Environmental, Marcel Dekker, Inc, New York
- [19] Turekian K.K., Distribution of the elements in some major units of the earth's crust, *Geological Society of America Bulletin* 72 (1961) 175 - 19
- [20] Raziskave kakovosti voda površinskih vodotokov v Sloveniji 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 in 1999, HMZ RS, Ljubljana
- [21] Uredba o kakovosti podzemne vode, *Uradni list RS, št. 11/02*
- [22] Uredba o kemijskem stanju površinskih voda, *Uradni list RS, št. 11/02*