



## **1 UVOD**

Od začetka marca leta 2000 do konca februarja 2001 smo v okviru pogodbe št. ZVO 1/2000 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 pa smo zaradi slabše raziskanosti kakovosti manjših vodotokov na območju MOL začeli izvajati tudi monitoring kakovosti površinskih vodotokov [2]. V letu 1999 smo razširili monitoring podtalnice na območju MOL z dodatnimi analizami kovin in AOX [3]. V obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 se je nadaljeval program monitoringa, zastavljen v letu 1999, zapisan v prilogi 3 in v vmesnih poročilih [4-7].

Podtalnico Ljubljanskega polja smo vzorčevali na desetih različnih mestih 6 do 24 krat letno. Zajemna mesta so bila ista kot v letih 1997, 1998 in 1999. 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 kazalcev onesnaženja. Opazovana mesta so bila razporejena po vsem polju s podtalnico in so vključena tudi v državni monitoring.

Monitoring kakovosti površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana je enako kot podtalnica dopolnitev državnega monitoringa. V program je bila vključena Ljubljanica in njeni pritoki. Tako kot prvo leto preiskav je bilo tudi v letu 2000 v monitoring kakovosti površinskih vodotokov vključenih osem zajemnih mest in širok spekter parametrov z namenom, da bi dobili podatke o kritičnih vrstah onesnaženja. Poleg osnovnih fizikalno-kemijskih parametrov smo analizirali tudi težke kovine v filtrirani vodi, v suspendiranih delcih in v sedimentu. Onesnaženje vode in sedimenta z organskimi spojinami smo identificirali z metodo plinske kromatografije z masno selektivnim detektorjem. Velik poudarek je bil na bakterioloških analizah. Glavna kriterija za izbiro zajemnih mest sta bila:

- vpliv onesnaževalcev, predvsem deponije odpadkov na Barju, ki jih v okviru državnega monitoringa ne spremljamo;
- manjši vodotoki, ki niso vključeni v državni monitoring, se pa ljudje (predvsem otroci) v njih kopajo.

Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2000/2001 (v nadaljevanju Poročilo) vključuje vse rezultate analiz vzorcev podtalnice in površinskih vodotokov, odvzetih od začetka marca 2000 do konca februarja 2001. Rezultati za navedeno obdobje so podani v tabelah in v slikah.

## **2 PROGRAM PREISKAV**

### ***2.1 PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI PODTALNICE LJUBLJANSKEGA POLJA***

Od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 smo v okviru monitoringa kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju MOL podtalnico vzorčevali na petih črpališčih Ljubljanskega vodovoda, treh industrijskih vodnjakih in dveh vrtinah. V tabeli 1 so navedena zajemna mesta s koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja. Karta z vrisanimi zajemnimi mesti za podtalnico na Ljubljanskem polju je v prilogi 1. Program monitoringa kakovosti podtalnice za vsa zajemna mesta je v prilogi 3, datumi vzorčevanj pa v prilogah 4 do 8 (tabele z rezultati).



**Obseg analiz podtalnice:**

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

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

**Kovine:** baker, cink, kadmij, krom (skupni in šest-valentni), nikelj, svinec in živo srebro

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

**Organoklorni pesticidi:** aldrin, DDT(p,p), DDE(p,p), DDD(o,p), TDE(p,p), dieldrin, endrin, hepraklor, heptaklorepoksid,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH (lindan),  $\delta$ -HCH, heksaklorobenzen

**Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki:** triklorometan, tribromometan, bromdiklorometan, dibromoklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1-dikloroetilen, 1,2-dikloroetilen, 1,1,2,2-tetrakloroetilen, 1,1,2-trikloroetilen, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan, triklorofluorometan, 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

Sulfidreducirajoči klostridiji št. /20 ml

**Tabela 1:** Zajemna mesta za spremljanje kakovosti podtalnice s šiframi ter koordinatami, številom vzorcev in načinom vzorčevanja v letu 2000/2001

	Zajemno mesto	Šifra zaj.mesta	Opis	Geodetske koordinate		Štev. vzor.	Način vzorčenja
				X	Y		
1	Kleče (VIII a) 0543	P54380	črpališče	5104775	5461280	24	iz pipe za odvzem vzor.
2	Hrastje (I a) 0344	P54720	črpališče	5102960	5466525	24	iz pipe za odvzem vzor.
3	Šentvid (II a) 0581	P54280	črpališče	5106480	5460300	12	iz pipe za odvzem vzor.
4	Jarški prod (III)JA 3	P50420	črpališče	5105040	5465805	12	iz pipe za odvzem vzor.
5	Iški vršaj (Ia) IŠ-2	P58060	črpališče	5090870	5461320	6	iz pipe za odvzem vzor.
6	Roje LV-0377	P54220	vertina	5106930	541270	6	potopna črpalka
7	Stožice LV-0277	P54460	vertina	5104730	5462960	6	potopna črpalka
8	Koteks- Zalog 0371	P54900	ind.vodnjak	5102810	5470260	6	iz pipe za odvzem vzor.
9	Elok-Zalog 0251	P54860	ind.vodnjak	5101650	5466260	6	iz pipe za odvzem vzor.
10	Dekoratívna 0641	P54340	ind.vodnjak	5105000	5459840	5	potopna črpalka

**2.2 PROGRAM MONITORINGA KAKOVOSTI POVRŠINSKIH VODOTOKOV**

Program monitoringa kakovosti površinskih vodotokov je bil v celoti realiziran v poletnih mesecih, ko se na manjših vodotokih kopa več ljudi. Zajemna mesta, vrsta, obseg in pogostost analiz je prikazana v tabeli 2, karta z vrisanimi zajemnimi mesti za površinske vodotoke pa v prilogi 2.



Vzorci za fizikalno kemijsko analizo so bili zajeti na sedmih zajemnih mestih enkrat v avgustu v času nizkih vodostajev, za bakteriološko analizo pa na šestih zajemnih mestih štirikrat v juliju in avgustu, to je v času kopalne sezone.

### Obseg analiz površinskih vodotokov:

**Osnovne fizikalno kemijske analize:** temperatura vode, pH vrednost, električna prevodnost pri 25°C, raztopljeni kisik, biokemijska potreba po kisiku - BPK<sub>5</sub>, kemijska potreba po kisiku - KPK (permanganatna in bikromatna metoda), amonij, nitrit, nitrat, ortofosfat, celokupni fosfat, totalni organski ogljik - TOC, totalni dušik - TN, mineralna olja, fenolne snovi, detergenti, klorid, sulfat, bikarbonat, kalcij, magnezij, natrij, kalij in bor.

**Kovine:** baker, cink, kadmij, krom, nikelj, svinec in živo srebro v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu.

### Bakteriološke analize:

Skupne koliformne bakterije MPN v 1 l

Koliformne bakterije fekalnega izvora MPN v 100 ml

### Posnetek spektra GC/MSD v vodi in sedimentu

**Tabela 2:** Zajemna mesta za spremljanje kakovosti površinskih vodotokov, geodetske koordinate zajemnih mest ter vrsta, obseg in pogostost analiz v letu 2000

	VODOTOK	ZAJEMNO MESTO	Geodetske koordinate		POGOSTOST VZORČEVANJA				
			X	Y	F,K (v)	KO (v,ss,s)	Bor (v)	GC/MS (v,s)	B
1	Ljubljana	nad izlivom Bezan. grabna	5459380	5095450	1	1	1	1	4
2*	Ljubljana	Livada	5462340	5099160	4	/	/	/	4
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	4
8	Gradaščica	pred izlivom v Ljubljano	5461820	5100050	1	1	/	1	4
9	Ižica	pred izlivom v Ljubljano	5462480	5097510	/	/	/	/	4

Legenda:

F,K - fizikalno kemijske analize

KO - analize težkih kovin Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd, Hg v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu

GC/MS - posnetek spektra na plinskem kromatografu z masnim detektorjem

B - bakteriološka analiza

v - voda

s - sediment

ss - suspendirane snovi

Opomba:

\* Program državnega monitoringa kakovosti površinskih vodotokov





### 3 METODE DELA

#### 3.1 VZORČEVANJE

##### 3.1.1 VZORČEVANJE PODTALNICE

Vzorčevanja podtalnice, ki so v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 potekala po zastavljenem programu, so bila z izjemo vzorcev iz Kleč in Hrastja, načrtovanih v februarju 2001 (skupaj štiri vzorci), v celoti izvedena. Datumi vzorčenj so navedeni v tabelah z rezultati (priloge 4-8). Redka odstopanja od načrtovanih datumov vzorčevanj podtalnice v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so navedena v delnih poročilih [4-7]. Vsi vzorci podtalnice so bili odvzeti v skladu s predpisi ISO 5667-1,2,3,5,11. Ob vzorčevanju sta bili temperatura in elektroprevodnost stabilizirani skladno s predpisom ISO 5667-11. Vzorčevanja podtalnice so potekala na naslednje načine:

**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, pH in električne prevodnosti.

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

Pred vzorčevanjem smo podtalnico iz vrtin eno uro prečrpavali s potopno črpalko "Grundfos", tip MP-1. V tem času se je v vrtini zamenjal 3- do 6-kratni volumen vode. Potek izmenjave s svežo podtalnico smo kontrolirali z meritvami temperature, pH in električne prevodnosti.

**Prečrpavanje in vzorčevanje podtalnice iz vodnjaka** (Dekorativna):

Vodnjak Dekorativna, ki vsebuje približno 10 m<sup>3</sup> 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/sek). Na ta način je zagotovljeno neovirano vzorčevanje na tej lokaciji. Pred vzorčenjem smo prečrpali 15-20 m<sup>3</sup> podtalnice. Dotok sveže podtalnice v vodnjak smo ugotavljali z meritvami temperature podtalnice, pH in električne prevodnosti s sondami WTW, tip MultiLine P4. Podtalnico smo vzorčevali 2 m pod gladino vode. Ob vzorčevanju sta bili temperatura in električna prevodnost stabilizirani skladno s predpisom ISO 5667-11.

Na terenu smo določili temperaturo vode, pH, električno prevodnost in vsebnost kisika. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih Inštituta za varovanje zdravja (IVZ-RS) in Hidrometeorološkega zavoda (MOP-HMZ).

Na terenu smo stabilizirali vzorce za KPK (KMnO<sub>4</sub>) s H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:3) in za nitrit s kloroformom. Vse vzorce smo takoj po vzorčenju dostavili v laboratorij, kjer smo jih do analize hranili v temnem prostoru pri 4°C.

Datumi vzorčevanj so zbrani v štirih delnih poročilih [4-7] in v tabelah z rezultati (priloge 4 do 8).

##### 3.1.2 VZORČEVANJE POVRŠINSKIH VODOTOKOV

Zajem vzorcev vode in sedimentov smo opravili v skladu z določili mednarodnih standardov ISO 5667 - 6 in ISO 5667 - 12. Konzerviranje, stabilizacijo, transport in hranjenje odvzetih vzorcev vode in sedimenta za kemijske in bakteriološke preiskave smo izvedli po predpisih ISO 5667 - 3.



Vzorci so bili vzeti na polovici gladine. Ob vzorcu smo izmerili temperaturo zraka in vode, pH vrednost, električno prevodnost, prosti ogljikov dioksid in raztopljeni kisik. Ostali parametri so bili analizirani v laboratorijih Inštituta za varovanje zdravja (IVZ-RS), Zavoda za zdravstveno varstvo Maribor (ZZV MB -IVO) in Hidrometeorološkega zavoda (MOP-HMZ). Vzorce za analizo nitrita, kemijske potrebe po kisiku in barve smo konzervirali, za analizo ostalih parametrov pa ohladili.

## **3.2 FIZIKALNO KEMIJSKA ANALIZA**

### **3.2.1 PRIPRAVA LABORATORIJSKEGA VZORCA**

#### **3.2.1.1 Podtalnica**

Osnovne fizikalno kemijske parametre in mineralna olja smo določili v nefiltriranem, premešanem vzorcu.

Za določanje mikroelementov smo vodo filtrirali skozi membranski filter 0,45 µm.

Za analizo vzorcev na vsebnost organskih spojin smo uporabili nefiltrirani vzorec, ki smo ga ekstrahirali z organskimi topili.

#### **3.2.1.2 Površinski vodotoki**

##### **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, stvarno barvo in mineralna olja. Ostale analize smo naredili iz vzorca, filtriranega skozi filter Schleicher & Schüll 589/1. Vzorce smo analizirali v čim krajšem možnem času.

Za določitev topnih oblik kovin smo vzorce na terenu filtrirali skozi membranski filter 0,45 µm ter filtrat nakisali s HNO<sub>3</sub> (konc.) na pH pod 2. Za določitev koncentracije kovin v suspendiranih delcih smo filter s suspendiranimi snovmi razkrojili s HNO<sub>3</sub> v mikrovalovni peči CEM-MDS 2000 pri optimiziranih pogojih.

Za analizo vzorcev na vsebnost organskih spojin z metodo GC/MS smo uporabili nefiltrirani vzorec vode. Vzorec vode smo homogenizirali in nato ekstrahirali z diklormetanom.

##### **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 standardizirano sito iz visokokvalitetnega nerjavnega jekla. Vse izmerjene koncentracije so izražene na zračno suh vzorec z velikostjo delcev pod 63 µm.

Laboratorijski vzorec za analizo kovin smo pripravili z mokrim razklopom s kislinsko mešanico HNO<sub>3</sub>/HCl za analizo na Hg pa s kislinskim razklopom s kislinsko mešanico HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in z dodatkom KMnO<sub>4</sub>. Vse razklope smo naredili v mikrovalovni pečici pri optimalnih pogojih. Po razklopu smo raztopine filtrirali skozi filter moder trak.

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



### 3.2.2 OPIS ANALIZNIH METOD

Merilni principi in referenčne metode za parametre so zbrani skupaj za podtalnice in za površinske vodotoke v tabeli 3.

**Tabela 3:** Merilni principi in referenčne metode za posamezne parametre

Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčna metoda
Temperatura	°C	Elektrometrija	
pH		Elektrometrija	SIST ISO 10523
Električna prevodnost	µS/cm (25°)	Elektrometrija	SIST EN 27888
Raztopljeni kisik	mg O <sub>2</sub> /l	Titrimetrija Elektrometrija - sonda	SIST EN 25813 SIST EN 25814
Stvarna barva	mg Pt/l	Spektrofotometrija	ISO 7887
Suspendirane snovi	mg/l	Gravimetrija	ISO 6107
KPK (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	mg O <sub>2</sub> /l	Titrimetrija	SIST ISO 6060
KPK (KMnO <sub>4</sub> )	mg O <sub>2</sub> /l	Titrimetrija	SIST ISO 6060 -mod.
BPK <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	Titrimetrija	EN 1899-2:1995E
Amonij	mg NH <sub>4</sub> /l	Spektrofotometrija	SIST ISO 7150-1
Nitrit	mg NO <sub>2</sub> /l	Spektrofotometrija	SIST EN 26777
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> /l	Spektrofotometrija	SIST ISO 7890 SM 4500 NO <sub>3</sub> - B
Orto fosfat	mg PO <sub>4</sub> /l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189(mod.)
Celotni fosfat	mg PO <sub>4</sub> /l	Spektrofotometrija	SIST EN 1189(mod.)
Klorid	mg/l	Titrimetrija	SM 4500 C. lit. [8]
Sulfat	mg/l	Titrimetrija Ionska kromatografija	literatura [9] SIST EN ISO 10304-1
Silicijev dioksid	mg/l	Spektrofotometrija	SM 4500 D. lit. [8]
Kalcij	mg/l	Plamenska AAS	ISO 7980
Magnezij	mg/l	Plamenska AAS	ISO 7980
Natrij in kalij	mg/l	Emisijska spektrom.	SIST ISO 9964-1,2
Aluminij	mg/l	Spektrofotometrija	DIN 38406-E9
Železo	mg/l	Spektrofotometrija	SM 3500 D. lit.[8]
Anionaktivni detergenti	mg MBAS/l	Spektrofotometrija	SIST EN 903 - mod.
Mineralna olja	mg/l	SSFS	UNESCO 13/84 [9]
Fenolne snovi (indeks)	mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/l	Spektrofotometrija	SIST ISO 6439
Fenolne snovi	µg/l	Spektrofotometrija	DIN 38409-H16
TOC	mg C/l	IR	SIST ISO 8245
TOC - sediment	%	IR	DIN 38409 - 3
TN	mg N/l	Kemoluminiscenca	interna po ENV 12260:1996
AOX	µg Cl/l	Kulometrija	SIST EN 1485
Baker	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-7
Cink	µg/l	Plamenska AAS	SIST ISO 8288
Kadmij	µg/l	Elektrotermična AAS	ISO 5961
Krom (celokupni)	µg/l	Elektrotermična AAS	SIST EN 1233
Krom (šest-valentni)	µg/l	spektrofotometrija	SIST ISO 11083
Nikelj	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-21
Svinec	µg/l	Elektrotermična AAS	DIN 38406-21
Živo srebro	µg/l	AAS-metoda hladnih par	SIST ISO 5666/1
Baker - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Cink - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Kadmij - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Krom - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Nikelj - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Svinec - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29



Parameter	Enota	Merilni princip	Referenčna metoda
Živo srebro - sediment	mg/kg	ICP-MS	DIN 38406 - 29
Pesticidi (triazini)	µg/l	GC - MS	ISO/FDIS 11369
Pesticidi (organoklorni)	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 6468
LKCH	µg/l	GC - ECD	SIST EN ISO 10301
Skup.kolifor. bakterije	MPN/100ml	MPN	ISO 9308-2
Kolif.bak.fek.izvora (E. coli)	MPN/100ml	MPN	ISO 9308-2
Aer.mez. bakterije (22°C)	CFU/1ml	štetje kolonij	ISO 6222
Aer.mez. bakterije (37°C)	CFU/1ml	štetje kolonij	ISO 6222
Streptokoki fek. izvora	MPN/100ml	MPN	ISO 7899
Sulfitreducir. klostridiji	MF/20ml	MF	SIST EN ISO 26461-2

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"
KPK:	kemijska potreba po kisiku
SSFS:	sinhrona fluorescenčna spektrofotometrija (Synchronous Scan Fluorescence Spectrometry)
AOX:	adsorbirani organski halogeni
LKCH:	lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki
Skup.kolifor.:	skupne koliformne
Kolif.bak.fek.izv.:	
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

koliformne

## Posnetek spektra GC/MS (površinski vodotoki)

### Voda

Za identifikacijo organskih spojin v vodah smo posneli kromatograme združenih nevtralnokisljih (pH<2) ekstraktov vzorcev na instrumentu GC/MS (HP 6890 Series) s 30 m kolono HP-5MS. 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 MiliQ deionizirano vodo).

### Sediment

Po ekstrakciji sedimenta in koncentriranju ekstrakta je postopek za posnetke GC/MS sedimentov enak kot za vode. Posnetki GC/MS v sedimentu so 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 vrednotimo po normativih za pitno vodo, ki so v Sloveniji v veljavi od začetka avgusta 1997 [10]. Nova EU direktiva za pitno vodo [11] je stopila v veljavo decembra 2000. Države članice so bile obvezane uskladiti svojo zakonodajo za področje pitne vode z direktivo 98/83/EC do konca leta 2000, kakovost pitne vode po novi direktivi 98/83/EC pa zagotavljati koncem novembra 2003. Rezultate monitoringa podtalnice na območju MOL smo za obdobje od začetka marca 2000 do konca 2001 vrednotili po slovenskem pravilniku o zdravstveni ustreznosti pitne vode [10] in stari EU direktivi za pitno vodo [12]. V tabeli 4 so iz slovenskih in evropskih normativov povzete mejne vrednosti (MV), iz evropskih smernic pa tudi priporočene vrednosti (PV) za parametre, ki jih določamo pri monitoringu podtalnice Ljubljanskega polja v letu 2000/2001. Pri vrednotenju rezultatov smo upoštevali tisti normativ, ki za določen parameter vsebuje strožji kriterij. Ta normativ je v tabeli označen s poudarjenim tiskom.

**Tabela 4:** Slovenski in evropski normativi za pitno vodo

Parameter	Enota	Slovenski normativ <sup>10)</sup>	Nova EU direktiva za pitno vodo 98/83/EC <sup>11)</sup>	Stara EU direktiva za pitno vodo 80/778/EEC <sup>12)</sup>	
		MV	MV	MV	PV
Temperatura vode	°C	25	/	25	12
pH		<b>6.5-8.5</b>	6.5-9.5	6.5-9.5	<b>6.5-8.5</b>
Elektr. prevodnost (20°C)	µS/cm	2500	2500	2500	<b>400</b>
Nasičenost s O <sub>2</sub>	%	<b>50</b>	/	/	/
KPK (KMnO <sub>4</sub> )	mg O <sub>2</sub> /l	2.5	5	5	<b>2</b>
Amonij	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l	0.1	0,5	0.5	<b>0.05</b>
Nitrit	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /l	<b>0.1</b>	0,5	<b>0.1</b>	/
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	<b>50</b>	50	<b>50</b>	<b>25</b>
Mineralna olja	mg/l	<b>0.01</b>	/	<b>0.01</b>	/
Fenolne snovi	µg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/l	1,0	/	<b>0.5</b>	/
Detergenti	mg TBS/l**	<b>0.2</b>	/	<b>0.2</b>	/
AOX	µg Cl/l	/	/	/	/
Baker	µg/l	2000	2000	/	<b>100</b>
Cink	µg/l	3000	/	/	<b>100</b>
Kadmij	µg/l	<b>3</b>	5	5	/
Krom	µg/l	<b>50</b>	50	<b>50</b>	/
Nikelj	µg/l	<b>20</b>	20	50	/
Svinec	µg/l	<b>10</b>	10	50	/
Živo srebro	µg/l	<b>1</b>	1	<b>1</b>	/
Posamezni pesticid	µg/l	<b>0.1*</b>	0,1	<b>0.1</b>	/
Atrazin	µg/l	<b>0.1*</b>	0,1	<b>0.1</b>	/
Vsota pesticidov	µg/l	<b>0.5*</b>	0,5	<b>0.5</b>	/
Triklorometan	µg/l	/	/	/	<b>1</b>
Trihalometani (THM)	µg/l	100	100	/	/
Tetrakloroetilen + trikloroetilen	µg/l	10	10	/	/
Skupne kolifor. bakt.	MPN/100ml	<b>0</b>		<b>0</b>	/
Kolif. bakt. fekal. izv.	MPN/100ml	<b>0</b>		<b>0</b>	/
Aerob. pri 22°C	MPN/1ml	<b>100</b>		/	<b>100</b>



Parameter	Enota	Slovenski normativ <sup>10)</sup>	Nova EU direktiva za pitno vodo 98/83/EC <sup>11)</sup>	Stara EU direktiva za pitno vodo 80/778/EEC <sup>12)</sup>	
		MV	MV	MV	PV
Aerob. pri 37°C	MPN/1ml	100		/	<b>10</b>
Fekalni streptokoki	MPN/100ml	<b>0</b>		<b>0</b>	/
Sulfired.klostridiji	MPN/20ml	<b>0</b>		0	/

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

\*\* izraženo kot TBS (tetrapropilen benzen sulfonat)

AOX: adsorbirane halogenirane organske spojine

MV: mejna vrednost

PV: priporočena vrednost (GL - guide level)

KPK: kemijska potreba po kisiku

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

Aerob.: aerobne mezofilne bakterije

Sulfired. klostridiji: sulfitreducirajoči klostridiji

## 4.2. POVRŠINSKI VODOTOKI

### 4.2.1 VODA

Kakovost površinskih vodotokov vrednotimo glede na še veljavne uredbe SFRJ [13,14], ki na podlagi rezultatov osnovnih fizikalno-kemijskih, mikrobioloških in saprobioloških analiz površinske vodotoke razvršča v štiri kakovostne razrede. Zaradi zastarelosti in pomankljivosti omenjenih predpisov smo pri ocenjevanju glede vsebnosti težkih kovin upoštevali tudi dopolnitve s tujimi predpisi [12,15,16]. Upoštewane mejne vrednosti parametrov za posamezne kakovostne razrede so navedene v tabeli 5, pri čemer so tuji predpisi [12,15,16] 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 <sub>2</sub> 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 <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	3.0	10.0	30.0	>30.0
BPK <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2.0	4.0	7.0	>10.0
Nitrit	mg NO <sub>2</sub> /l	0.01	0.02	0.20	>0.20
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> /l	5.0	9.0	>9.0	
Amonij	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l	0.05	0.14	1.00	>1.00
Orto-fosfat	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l	0.09	0.46	>0.46	
Mineralna olja	mg/l	0	<0.01	>0.01	
Fenolne snovi	mg/l	0	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
Zink	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
Saprobní indeks		1.0-1.5	1.51-2.3	2.31-3.2	3.21-4.0



Primernost vode za kopanje smo vrednotili po Pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [17]. 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 <sub>2</sub> nasičenost	%	75 – 90 in 105 - 115
Vsebnost amonija	mg NH <sub>4</sub> /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) [18] in drugih strokovnih virov [19, 20], dopoljenih z rezultati preiskav nekaterih površinskih vodotokov Slovenije na izviri ali na onesnaženih odsekih [21]. V tabeli 7 so z debelim tiskom poudarjene vrednosti, ki pomenijo razmejitev med naravnimi vrednostmi in onesnaženjem.

**Tabela 7:** Normativi in smernice za uvrstitev vodotokov v kakovostne razrede po vsebnosti kovin v rečnem sedimentu [18-20]

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



## 5 REZULTATI ANALIZ

Vzorke podtalnice sta analizirala laboratorija MOP-HMZ in IVZ-RS, vzorce površinskih vodotokov pa so analizirali v laboratorijih MOP-HMZ, IVZ- RS in IVO-MB.

### 5.1 PODTALNICA

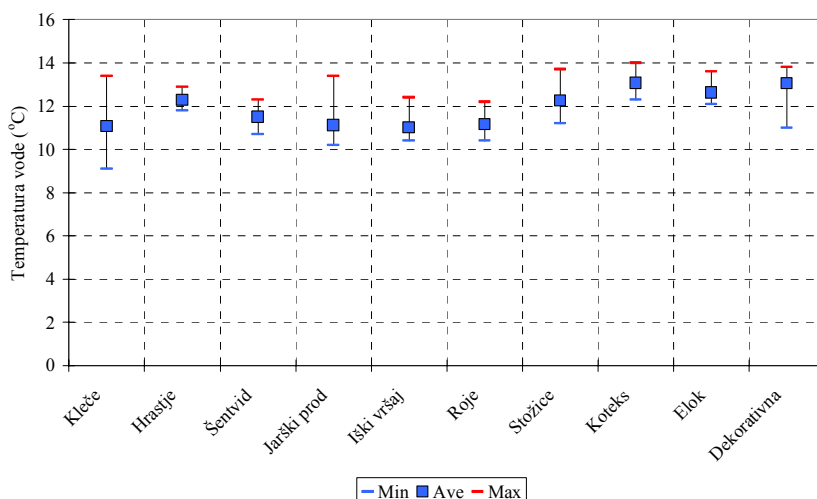
Vsi rezultati analiz vzorcev podtalnice za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogah 4-8.

#### 5.1.1 ANALIZA REZULTATOV ZA POSAMEZNE PARAMETRE

Rezultate za posamezne parametre podajamo kot letna povprečja za vsako zajemno mesto v tabeli 8 in na grafičnih prikazih.

#### Temperatura

Temperatura podtalnice je bila v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 na vseh opazovanih mestih med 9,1 in 14,0 °C. Na sliki 1.1 je prikazana povprečna letna temperatura ter najnižja in najvišja izmerjena vrednost na posameznih zajemnih mestih. Najvišje povprečne temperature smo določili v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna. Najvišje razlike med najvišjo in najnižjo temperaturo smo ugotovili v Klečah (3,0 °C), Jarškem produ (2,9 °C) in v Dekorativni (2,8 °C). Povprečje vseh rezultatov meritev temperature podtalnice je bilo 11,8 °C.

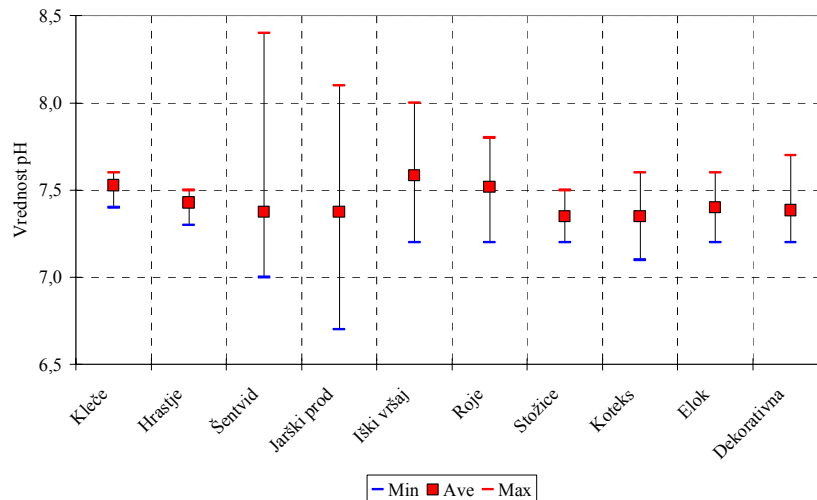


**Slika 1.1:**  
Povprečne, najnižje in najvišje temperature podtalnice na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001



## Vrednost pH

Vse meritve vrednosti pH so bile v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 v dopustnem območju za pitno vodo (6,5 do 8,5) in sicer v razponu med 6,7 (Jarški prod) in 8,4 (Šentvid). Povprečje na vseh zajemnih mestih je bilo 7,4. Letna povprečja na posameznih zajemnih mestih so bila med 7,4 in 7,6. Največjo razliko med maksimalno in minimalno izmerjeno vrednostjo pH smo ugotovili v Šentvidu in v Jarškemrodu (1,4), najnižjo razliko pa v Klečah in v Hrastju (0,2) (slika 1.2).



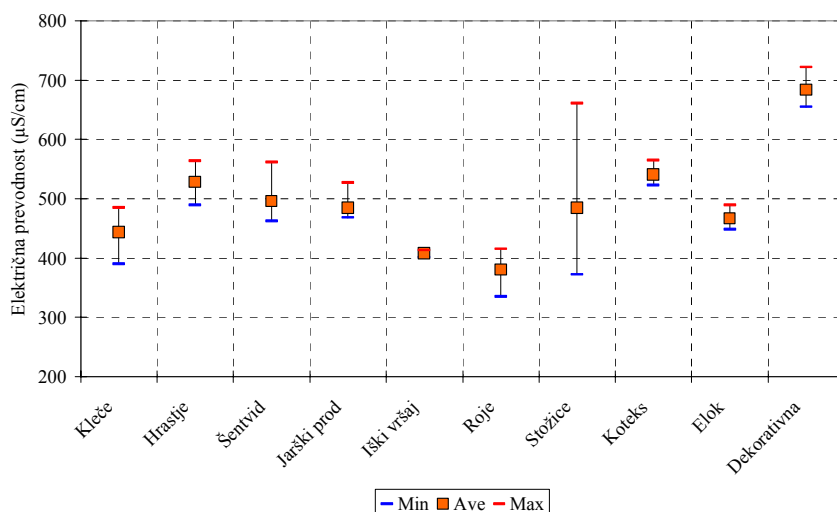
**Slika 1.2:**  
Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti pH v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

## Električna prevodnost pri 25 °C

Električna prevodnost je sorazmerna vsebnosti ionov v podtalnici. Rezultati meritev električne prevodnosti so odraz geološke osnove vodonosnika, režima toka podzemne vode in vpliva onesnaženja.

Povprečna vrednost električne prevodnosti vseh meritev v obdobju marec 2000 / marec 2001 je 490  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , najnižjo vrednost smo izmerili v Rojah junija (335  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), najvišjo pa avgusta v Dekorativni (722  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

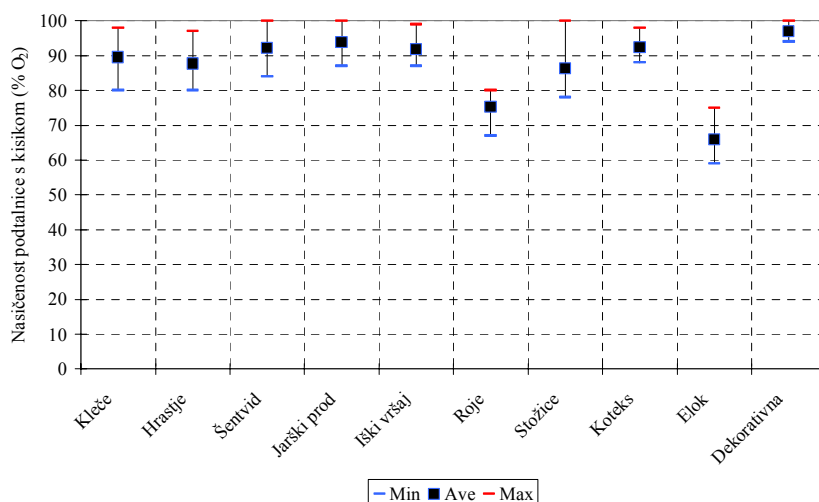
Večina meritev električne prevodnosti, z izjemo Roj, je bila višja od priporočene vrednosti EU 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sorazmerno nizko električno prevodnost smo izmerili tudi v Iškem vršaju, ki se delno napaja z dotoki iz kraškega zaledja. Najvišjo električno prevodnost smo v vsem obdobju merili v Dekorativni. Najmanjša spreminjanja električne prevodnosti ugotavljamo v Iškem vršaju (12  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), največja pa v Stožicah, kjer je bila razlika med najvišjo in najnižjo vrednostjo celo 289  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 1.3). Najvišjo električno prevodnost smo v Stožicah izmerili decembra. V istem vzorcu podtalnice je bila določena tudi najvišja vsebnost nitrata. V okviru monitoringa za MOL ostalih ionskih zvrsti, značilnih za onesnaženje, ne določamo.



**Slika 1.3:** Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti električne prevodnosti v podtalnici na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

### Nasičenost podtalnice s kisikom

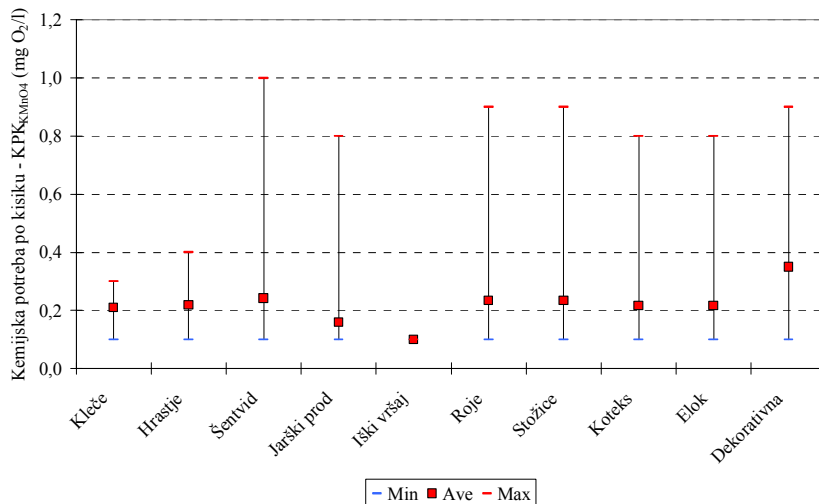
V vseh vzorcih podtalnice smo glede na veljavni slovenski normativ izmerili zadostno nasičenost podtalnice s kisikom. Podtalnica je vsebovala manj kisika v Rojah, najnižje vsebnosti pa smo izmerili v Eloku (slika 1.4).



**Slika 1.4:** Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti nasičenosti podtalnice s kisikom na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

### Kemijska potreba po kisiku (KPK<sub>KMnO4</sub>)

Kemijska potreba po kisiku je merilo za vsebnost organskih primesi v vodi. Vrednost KPK, določena po permanganatni metodi, je bila na vseh zajemnih mestih v vseh analiziranih vzorcih nižja od dopustnih 2 mg O<sub>2</sub>/l. Vrednosti so bile pogosto pod mejo določljivosti, zato računanje povprečij ni najbolj zanesljivo. Na sliki 1.5 so prikazane povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti za parameter KPK, na osnovi katerih je razvidno, da je KPK na vseh mestih nizka, najvišja vrednost 1,0 mg O<sub>2</sub>/l je bila določena avgusta v Šentvidu.



**Slika 1.5:** Povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti kemijske potrebe po kisiku (metoda s  $\text{KMnO}_4$ ) na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

### Amonij

Vsebnost amonija je bila v obdobju od marca 2000 do marca 2001 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode, ki je nižja od priporočene koncentracije EU.

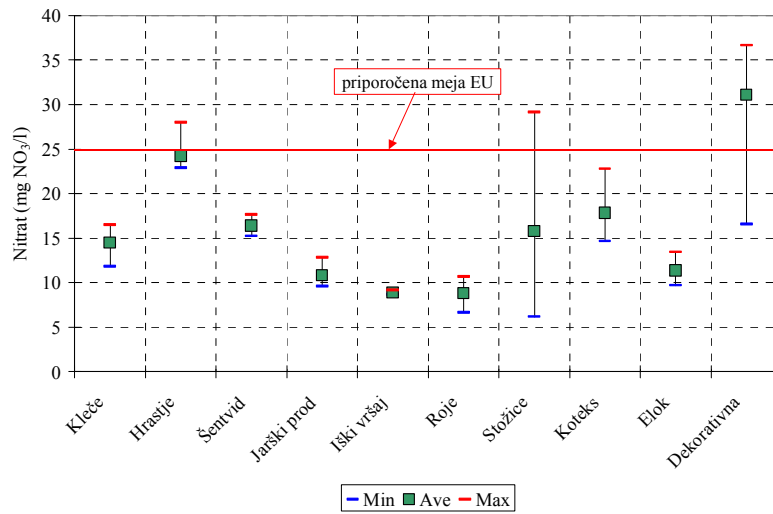
### Nitrit

V obdobju od marca 2000 do marca 2001 smo še dopustne vsebnosti nitrita določili v vzorcih odvzetih avgusta v Stožicah in v Koteksu. V vseh ostalih analiziranih vzorcih so bile vsebnosti nižje od meje določljivosti analitke metode.

### Nitrat

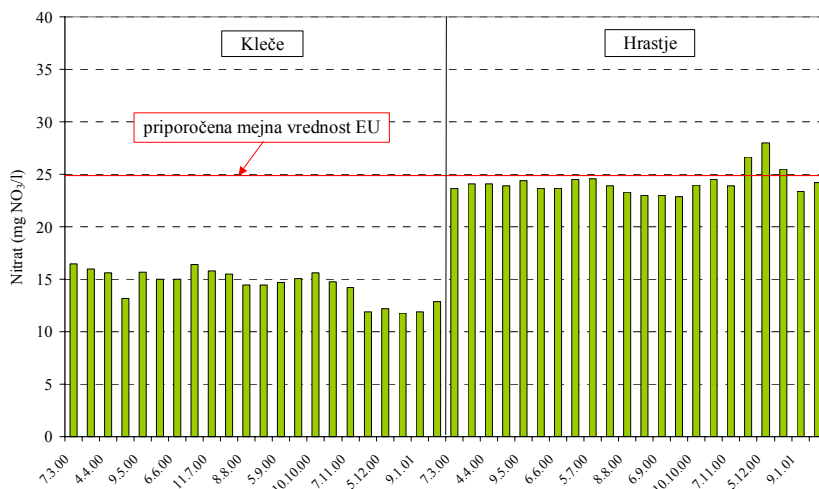
Vsebnosti nitrata v nobenem analiziranem vzorcu niso presegle maksimalnih dopustnih vsebnosti (50 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ), na nekaterih zajemnih mestih pa so bile višje od priporočene vsebnosti EU (25 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ). Povprečne letne vsebnosti nitrata na posameznih zajemnih mestih so prikazane na sliki 1.6, vsi rezultati vsebnosti nitrata pa na slikah 1.7- 1.9.

V obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 se je povprečje rezultatov vseh analiz glede na preteklo leto znižala na 16,7 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ , medtem ko je najvišja določena koncentracija visoka kot predhodnje leto – 36,6 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ . V Dekorativni so bile izmerjene vsebnosti nitrata razen v vzorcu, odvzetem oktobra nad 30 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ , v Hrastju pa so se vsebnosti glede na predhodnje leto nekoliko znižale, tako da so priporočeno vrednost EU presegle 3 od 22 analiziranih vzorcev (sliki 1.7 in 1.9). Najnižje vsebnosti nitrata smo določili tako kot v predhodnih obdobjih v črpališčih Iški vršaj (povprečna vsebnost 8,9 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ) in Jarški prod (povprečna vsebnost 10,8 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ), v vrtini Roje (povprečna vsebnost 8,8 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ) in industrijskem vodnjaku Elok (povprečna vsebnost 11,3 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ). Vsebnost nitrata se je v opazovanem obdobju najbolj spreminjala v vrtini Stožice (od 6,2 do 29,2 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ) (slika 1.9). Najmanjše nihanje vsebnosti nitrata pa ugotavljamo v Iškem vršaju (slika 1.8).

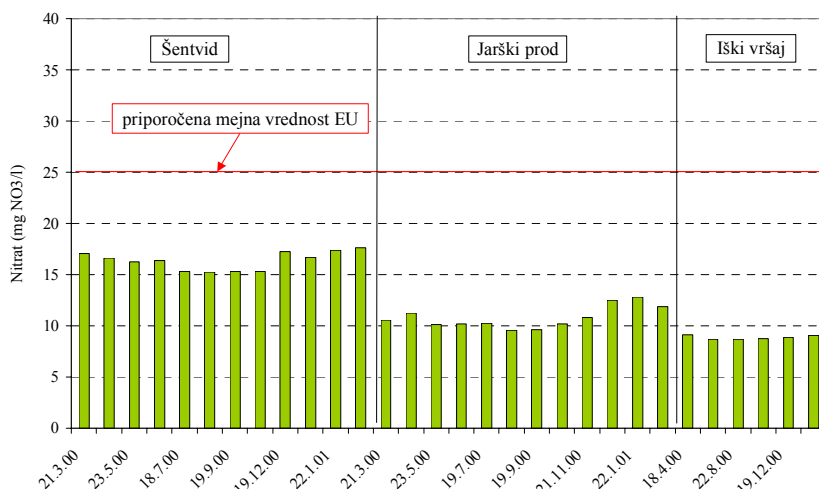


**Slika 1.6:**  
Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti nitrata na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

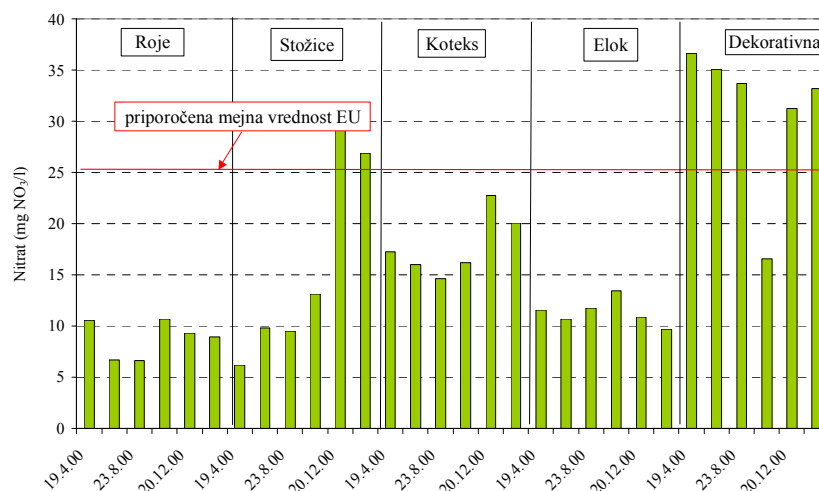




**Slika 1.7:**  
Vsebnost nitrata v podtalnici vodnjakov Kleče in Hrastje za obdobje marec 2000 - marec 2001



**Slika 1.8:**  
Vsebnost nitrata v podtalnici vodnjakov Šentvid, Jarški prod in Iški vršaj v obdobju marec 2000 – marec 2001



**Slika 1.9:**  
Vsebnost nitrata v podtalnici v vrtinah Roje in Stožice ter v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju marec 2000 – marec 2001



### Anionaktivni detergenti

Vsebnost anionaktivnih detergentov je bila v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 v vseh analiziranih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode, torej najmanj štiri krat nižja od dopustne meje.

### Mineralna olja

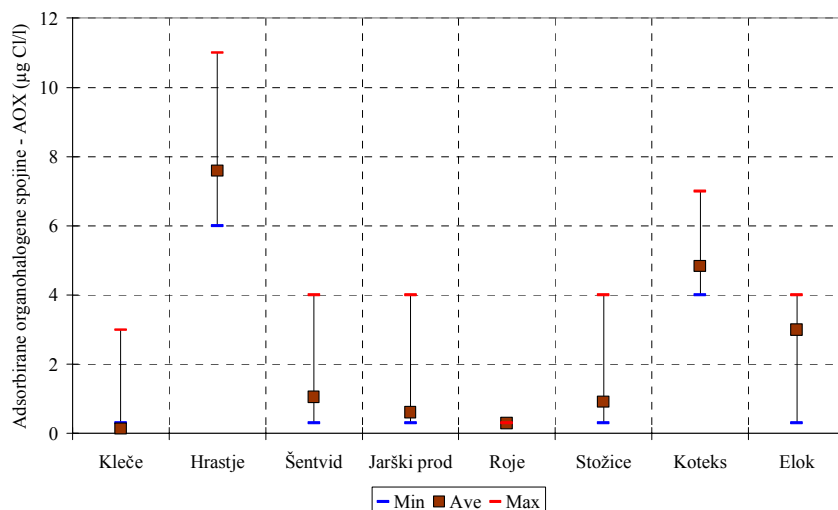
Mineralna olja smo analizirali v Klečah in v Hrastju (1 x mesečno), v Šentvidu in v Jarškemrodu (kvartalno) in v Dekorativni v vseh vzorcih, torej vsaka dva meseca. Rezultati analiz mineralnih olj so bili v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode.

### Fenolne snovi

Vsebnost fenolnih snovi, izražena kot fenolni indeks, je bila v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 v vseh preiskanih vzorcih nižja od meje določljivosti analitske metode ( $< 0,5 \mu\text{g C}_6\text{H}_5\text{OH/l}$ ).

### Adsorbirane halogenirane organske spojine (AOX)

AOX smo analizirali v vseh vzorcih, odvzetih v Klečah, Hrastju, Šentvidu, Jarškemrodu, Rojah, Stožicah, Koteksu in Eloku. Na sliki 10 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX na omenjenih zajemnih mestih za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001. Vrednosti so bile stalno povišane v Hrastju, nekoliko nižje so bile v Koteksu, medtem ko so bile v Šentvidu, Jarškemrodu, Rojah, Stožicah in Eloku povišane občasno. V Klečah so bile vrednosti AOX v vseh vzorcih razen v vzorcu, odvzetem januarja, pod mejo določljivosti analitske metode (slika 1.10).



**Slika 1.10:** Povprečne, najnižje in najvišje vrednosti AOX v podtalnici na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Šentvid, Jarški prod, Roje, Stožice, Koteks in Elok v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

### Težke kovine

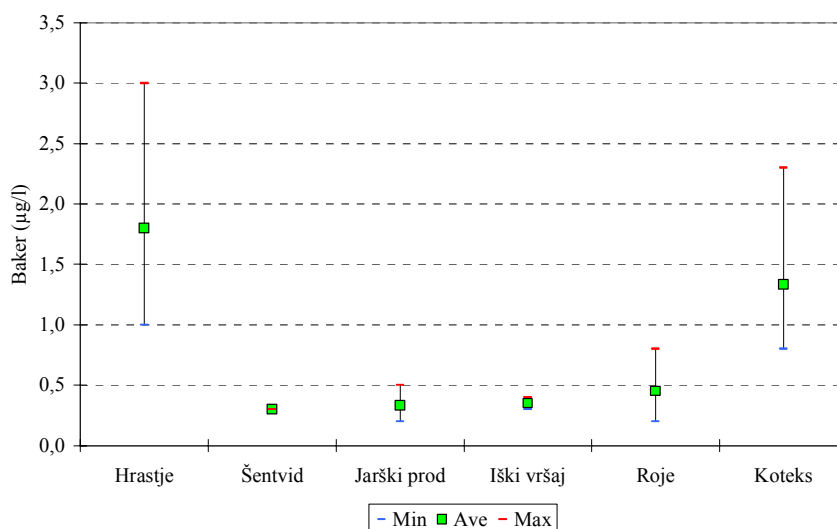


V spodnji tabeli 8 je seznam težkih kovin in zajemnih mest, kjer smo posamezne kovine analizirali.

**Tabela 8:** Seznam zajemnih mest podtalnice, kjer smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 določali težke kovine

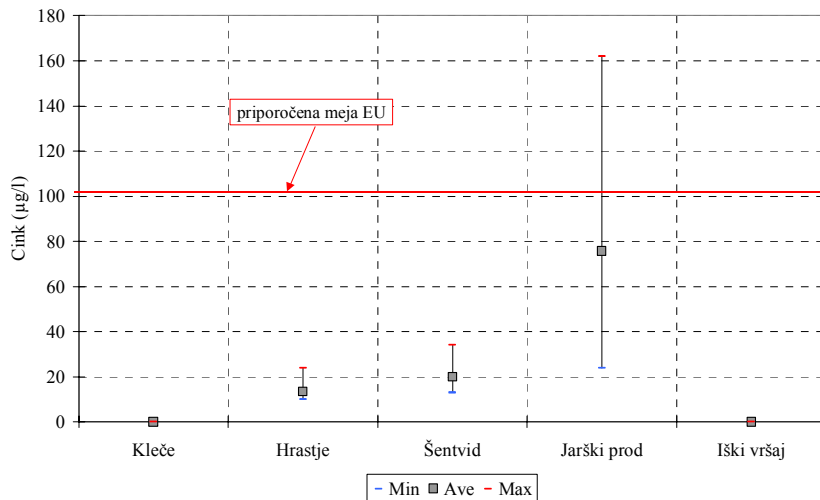
	Baker	Cink	Kadmij	Krom	Nikelj	Svinec	Živo srebro
Kleče	/	Zn	/	Cr <sup>6+</sup> , Cr <sub>tot</sub>	Ni	Pb	/
Hrastje	Cu	Zn	/	Cr <sup>6+</sup> , Cr <sub>tot</sub>	Ni	Pb	/
Šentvid	Cu	Zn	/	/	/	/	/
Jarški prod	Cu	Zn	/	Cr <sup>6+</sup> , Cr <sub>tot</sub>	Ni	Pb	/
Iški vršaj	Cu	Zn	/	/	/	Pb	/
Roje	Cu	/	/	/	Ni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

Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti posamezne kovine na vseh mestih, kjer smo v obdobju marec 2000 / marec 2001 določene kovine analizirali, so prikazane v slikah 1.11-13.



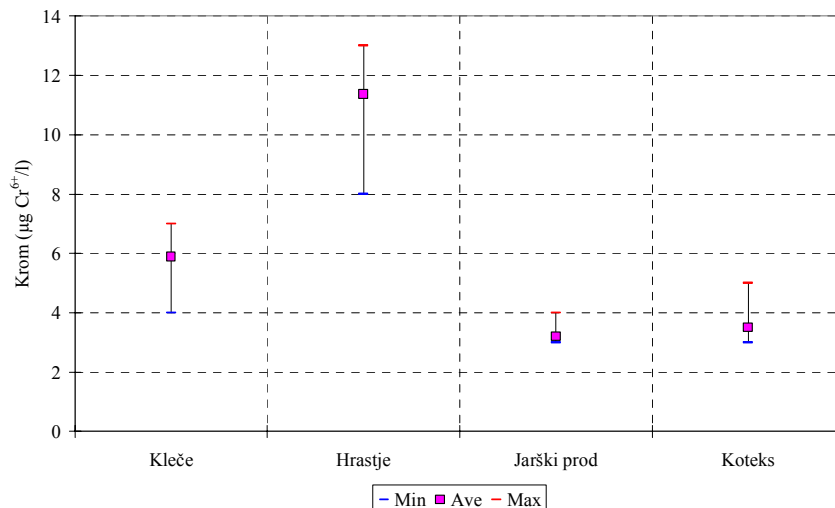
**Slika 1.11:** Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti bakra v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

Vsebnosti bakra so bile na vseh zajemnih mestih, na katerih smo ga analizirali, nižje od priporočenih vsebnosti za to kovino. Najvišje vrednosti smo določili v Hrastju in Koteksu, kjer se je vsebnost med letom najbolj spreminjala.



**Slika 1.12:** Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti cinka v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

Vsebnosti cinka so bile v dopustnih mejah za pitno vodo. Povprečne vsebnosti cinka so bile najvišje v Jarškemrodu. Januarja so presegle smernično mejo EU. Najnižje vsebnosti cinka pa smo določili v Klečah in v Iškem vršaju (slika 1.12).



**Slika 1.13:** Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti šest-valentnega kroma v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

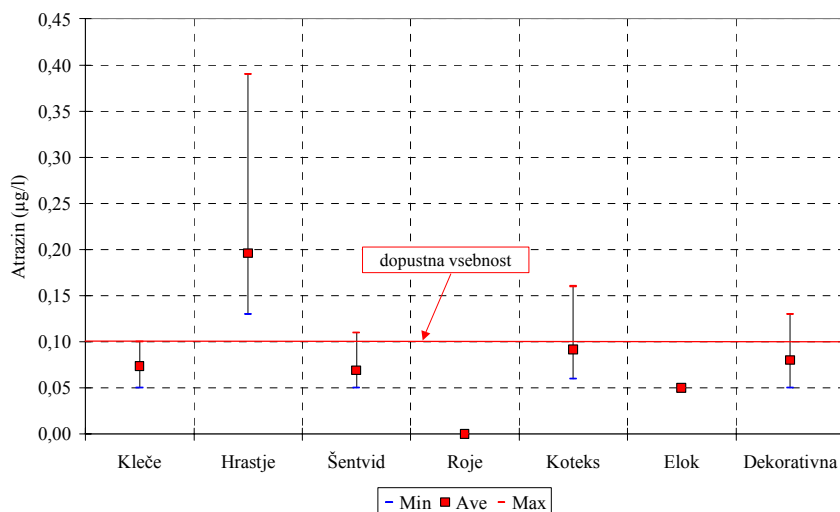
Najvišje vsebnosti šestvalentnega kroma ves čas monitoringa določamo v Hrastju (slika 1.13). Za šest-valentni krom v pravilniku za pitno vodo ni posebne zahteve. Analizirane vsebnosti šest-valentnega kroma ne presegajo dopustne meje za celokupni krom, vendar je šest-valentni krom rakotvoren, zato je pomembno, da ga je v pitni vodi čimmanj. Povprečna vsebnost šest-valentnega kroma se je v Hrastju v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 glede na predhodno obdobje dvignila na 11 µg Cr<sup>6+</sup>/l.

Vsebnost svinca je bila na vseh zajemnih mestih, kjer smo ga analizirali, nižja od meje določljivosti uporabljene analitske metode. Vsebnost živega srebra je bila v vseh analiziranih vzorcih podtalnice v Dekorativni prav tako pod mejo določljivosti analitske metode.



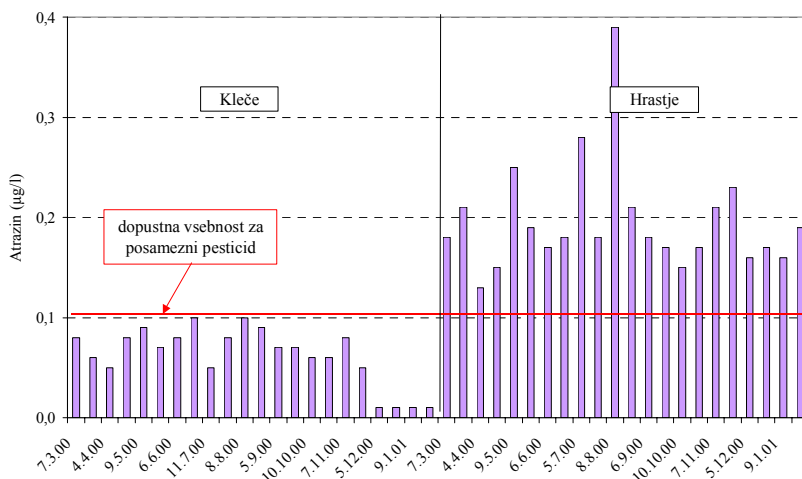
## Pesticidi

Od pesticidov smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 določali dve skupini pesticidov in sicer triazine ter organoklorne pesticide. Organoklorne pesticide (lindan in druge HCH izomere, drini, DDT in njegovi derivati, heptaklor in heptaklorepoksid) smo v Klečah, Hrastju in Šentvidu v obravnavanem obdobju analizirali dvakrat. Koncentracije naštetih pesticidov so bile v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode. Triazine smo določali v vseh vzorcih iz Kleč, Hrastja, Šentvida, Roj, Koteksa, Eloka in Dekorativne. Na sliki 1.14 so prikazane povprečne letne koncentracije atrazina, na slikah 1.15 in 1.16 pa vsi rezultati analiz atrazina na vseh zajemnih mestih v navedenem obdobju. Vsi rezultati so v prilogah 4-8.

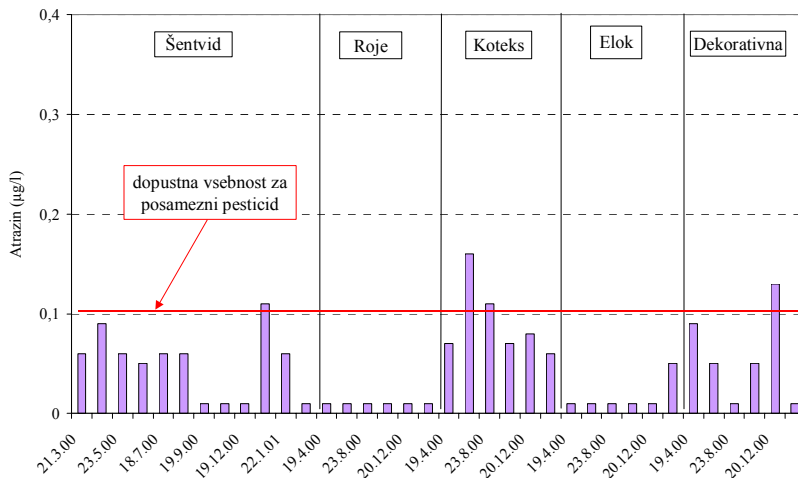


**Slika 1.14:** Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

V obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 smo tako kot ves čas spremljanja kakovosti podtalnice Ljubljanskega polja doslej najvišje vsebnosti atrazina določili v Hrastju, kjer je vsebnost v vseh analiziranih vzorcih presegla dopustno mejo za pitno vodo. Povprečje vseh rezultatov za atrazin je dvakrat višje od dopustne meje. Vsebnosti atrazina je dopustne vsebnosti presegla tudi januarja v Šentvidu (0,11 µg/l), junija in avgusta v Koteksu (0,16 in 0,11 µg/l) in decembra v Dekorativni (0,13 µg/l). Dopustno mejo 0,1 µg atrazina /l smo julija in avgusta določili v Klečah.

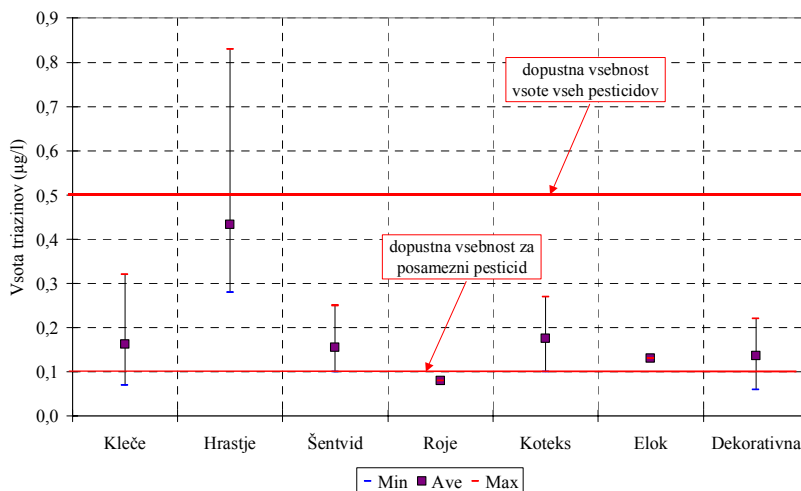


**Slika 1.15:** Vsebnosti atrazina v podtalnici v Klečah in Hrastju v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001



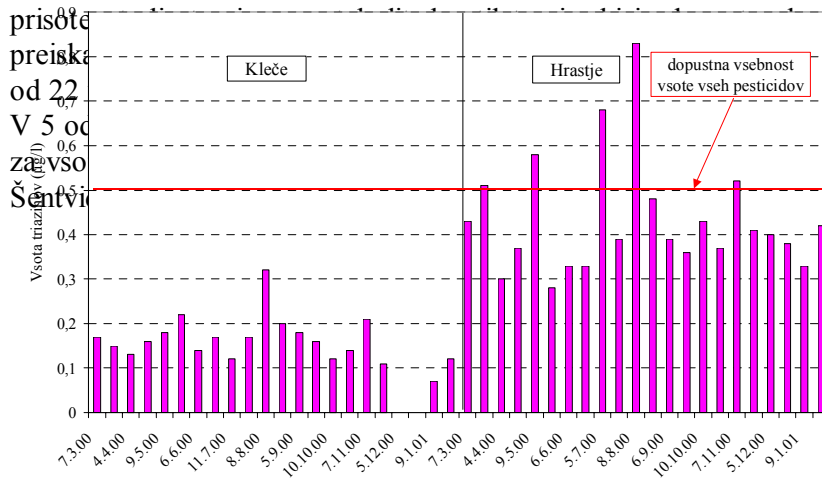
**Slika 1.16:** Vsebnosti atrazina v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

Na sliki 1.17 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote triazinov na vseh zajemnih mestih v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001, na slikah 1.18 in 1.19 pa vsi rezultati vsote triazinov v navedenem obdobju.

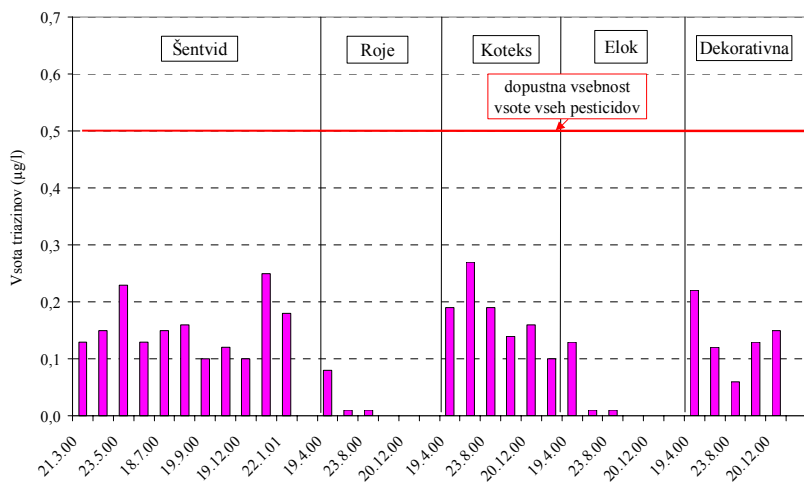


**Slika 1.17:** Povprečne, minimalne in maksimalne vsebnosti vsote triazinov v podtalnici na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

Največje vsebnosti triazinov smo določili v Hrastju. Poleg atrazina je bil na tem mestu stalno prisoten tudi bromacil. V 5 od 22 vzorcev smo določili tudi v štirih od 22 vzorcev koncentracijo bromacila. V 5 od 22 vzorcev smo presegle celo dopustne meje koncentracije bromacila. V 5 od 22 vzorcev smo presegle v eni tretjini vzorcev iz



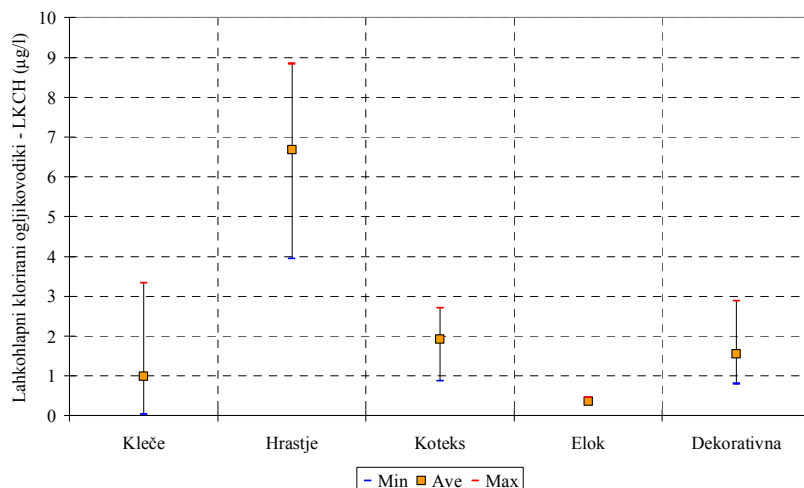
**Slika 1.18:** Vsebnosti vsote triazinov v podtalnici na zajemnih mestih



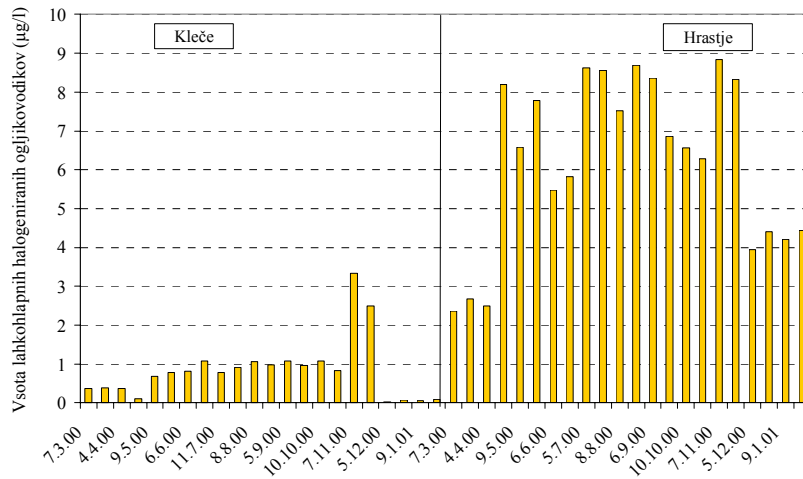
**Slika 1.19:** Vsebnosti vsote triazinov v podtalnici na zajemnih mestih Šentvid, Roje, Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka marca 1999 do konca februarja 2000

### Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki (LKCH)

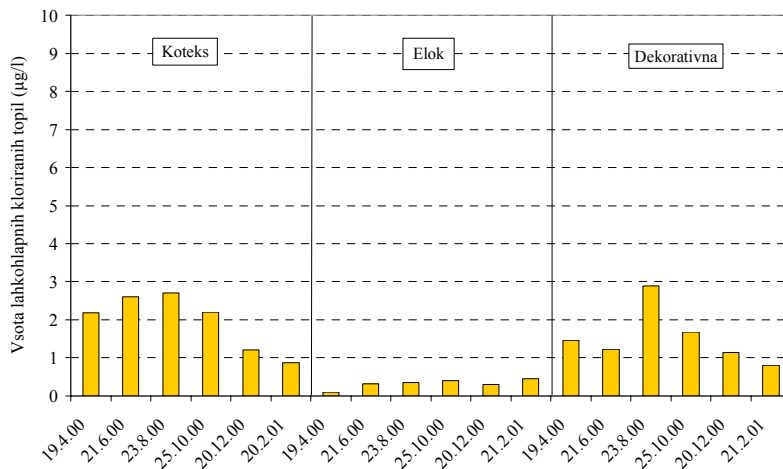
LKCH smo določali v Klečah, Hrastju, Koteksu, Eloku in Dekorativni. Na sliki 1.20 so prikazane povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote LKCH za navedena mesta v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001, na slikah 1.21 in 1.22 pa vsi rezultati LKCH v opazovanem obdobju.



**Slika 1.20:** Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti vsote lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov v Klečah, Hrastju, Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001



**Slika 1.21:** Vsebnosti vsote lahkihlahlapnih kloriranih ogljikovodikov v Klečah in Hrastju v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001



**Slika 1.22:** Vsebnosti vsote lahkihlahlapnih kloriranih ogljikovodikov v Koteksu, Eloku in Dekorativni v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

Iz slike 1.20 je razvidno, da je bila v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 z lahkihlahlapnimi kloriranimi ogljikovodiki najbolj onesnažena podtalnica v Hrastju, manj v Klečah, Koteksu in Dekorativni. Vsebnosti v Eloku so bile nižje. Priporočena meja za posamezno spojino je po še veljavni EU direktivi 1 µg/l. V primerjavi z letom 1999/2000 so se vsebnosti lahkihlahlapnih kloriranih ogljikovodikov v obravnavanem obdobju na vseh opazovanih mestih še dodatno dvignile, najbolj v Hrastju.

### Mikrobiološki parametri

Od mikrobioloških parametrov smo določali skupne koliformne bakterije, koliformne bakterije fekalnega izvora, aerobne mezofilne bakterije (pri 22 in 37 °C), streptokoke fekalnega izvora in sulfitreducirajoče klostridije. Preiskani vzorci, odvzeti v času od začetka marca 2000 do konca februarja 2001, so bili v večini mikrobiološko neoporečni. Rezultati mikrobioloških analiz so v prilogah 4-8.

Koliformnih bakterij, tako skupnih kot tudi koliformnih bakterij fekalnega izvora, kot tudi streptokokov fekalnega izvora in sulfitreducirajočih klostridijev v času od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 nismo določili v nobenem od preiskanih vzorcev. Nekateri vzorci so





vsebovali aerobne mezofilne bakterije (pri 22°C in pri 37°C). Preseženo količino teh bakterij smo določili v dveh vzorcih podtalnice iz Hrastja in Koteksa in v enem vzorcu podtalnice iz Šentvida.



## 5.1.2 ANALIZA REZULTATOV ZA POSAMEZNA ZAJEMNA MESTA V OBDOBJU OD ZAČETKA MARCA 2000 DO KONCA FEBRUARJA 2001

### KLEČE

V Klečah je najpomembnejše črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka VIIIa dvakrat mesečno (skupaj 22 odvzemov vzorcev ter analiz). Februarja 2001 so na tem vodnjaku potekala vzdrževalna dela, tako da ni bilo mogoče vzeti vzorcev na tem vzorčevalnem mestu. Manjkajoči vzorci so bili odvzeti julija in avgusta 2001.

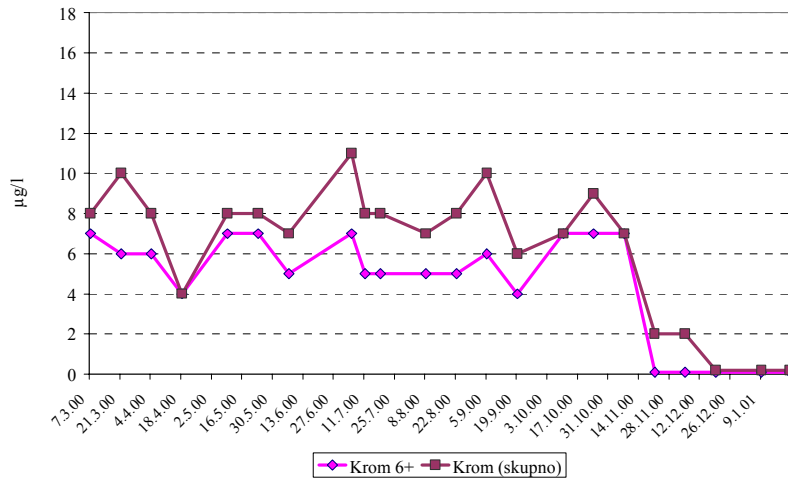
V podtalnici v Klečah smo določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (enkrat mesečno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: cink, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec
- Organoklorne pesticide (dvakrat letno)
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Klečah za obdobje od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 so zbrani v prilogi 4.

Temperatura podtalnice v Klečah se je od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 spreminjala v območju od 9,1 do 13,4 °C in bila v povprečju med nižjimi temperaturami podtalnice na Ljubljanskem polju (tabela 9, slika 1.1). Razpon vrednosti pH je bil v obravnavanem obdobju med 7,4 in 7,6 (tabela 9, slika 1.2). Električna prevodnost podtalnice na tem zajemnem mestu je bila glede na ostala zajemna mesta sorazmerno nizka (tabela 9), vendar se je vrednost pod 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  spustila samo januarja 2001. Nasičenost podtalnice s kisikom je bila dobra. Kemijska potreba po kisiku pa nizka (0,2 do 0,3 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ ). Podtalnica ni vsebovala amonija in nitrita, vsebnosti nitrata so bile v opazovanem obdobju pod 25 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  (sliki 1.6 in 1.7). Vsa onesnaženja, katera določamo preko skupinskih parametrov (anionaktivni detergentski, mineralna olja, fenolne snovi in AOX) so bila v Klečah ves čas od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 nizka, z izjemo enega vzorca, kjer je bila vrednost AOX 3  $\mu\text{g Cl}/\text{l}$ , pa tudi pod mejo določljivosti analitske metode.

Od težkih kovin smo v podtalnici v Klečah v obravnavanem obdobju določali krom (šest-valentni in skupni), od avgusta 1999 pa tudi cink, nikelj in svinec. Vsebnosti kroma so bile v obdobju 2000/2001 nekoliko nižje kot leta 1997 (sliki 2.1).



**Slika 2.1:**  
Vsebnost šest-valentnega in skupnega kroma v podtalnici v Klečah od začetka marca 2000 do konca januarja 2001

Organoklorne pesticide (lindan in druge HCH izomere, drini, DDT in njegovi derivati, heptaklor in heptaklorepoksidi) smo v opazovanem obdobju analizirali dvakrat. Vsi rezultati so nižji od meje določljivosti (priloga 4). Od analiziranih triazinov smo v Klečah določili atrazin in njegov metabolit desetilatrazin (slike 1.14, 1.15, 1.17 in 1.18). Dvakrat smo določili vsebnost atrazina na dopustni meji, njegov metabolit desetilatrazin pa je dopustno vsebnost presegel v 3 od skupno 22 analiziranih vzorcev (priloga 4).

Vsebnosti vseh analiziranih lahkih ogljikovodikov v Klečah so se v obdobju 2000/2001 glede na prejšnje leto povečale (priloga 4, tabela 9, slika 1.21).

V Klečah je bila bakteriološka slika vseh vzorcev dobra. Vsi vzorci so ustrezali mikrobiološkim zahtevam za pitno vodo. Od preiskanih bakterij smo v 8 od 24 preiskanih vzorcev določili le aerobne mezofilne bakterije pri 22°C v še dopustni količini.

## HRASTJE

V Hrastju je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka Ia dvakrat mesečno (skupaj 22 odvzemov vzorcev ter analiz), februarja pa zaradi vzdrževalnih del vzorčevanje ni bilo možno. V podtalnici smo določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (enkrat mesečno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, cink, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec (enkrat mesečno)
- Organoklorne pesticide (dvakrat letno)
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Vsi rezultati analiz podtalnice v Hrastju za obdobje od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 so zbrani v prilogi 5.

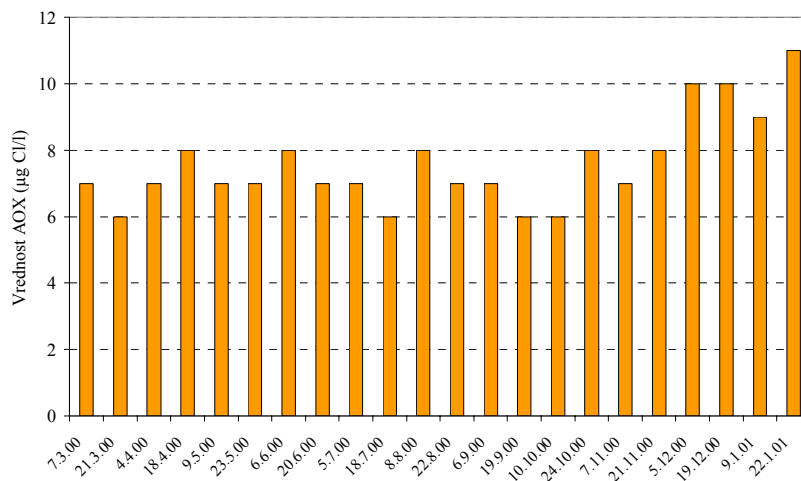
V Hrastju ves čas spremljanja kakovosti podtalnice ugotavljamo največje onesnaženje podtalnice na Ljubljanskem polju in to pri vseh pomembnih parametrih.



Temperatura vode se na tem mestu skoraj ni spreminjala (11,8 do 12,9 °C) (slika 1.1). Vrednosti pH vrednosti so bile v dopustnih mejah (med 7,3 in 7,5) (tabela 9, slika 1.2). Električna prevodnost je bila v opazovanem obdobju stabilna, povprečna vrednost je bila približno enaka kot leto poprej (slika 1.3).

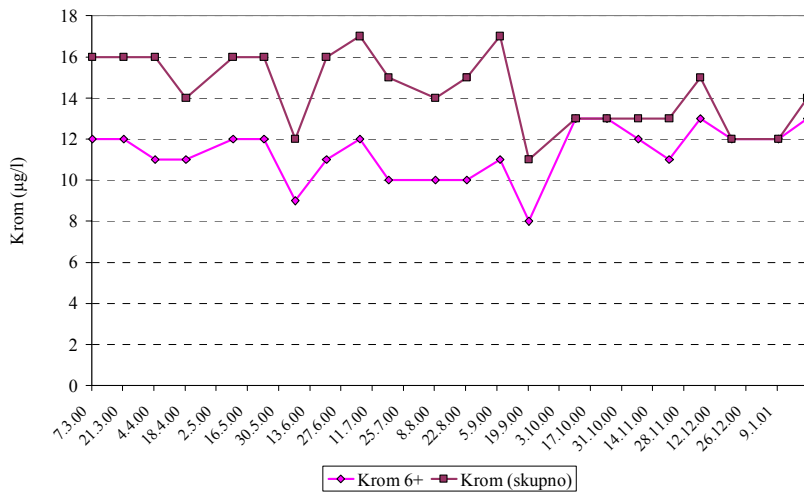
Podtalnica je bila v opazovanem obdobju dobro nasičena s kisikom (slika 1.4) in imela nizko vrednost kemijske potrebe po kisiku ( $KPK_{KMnO_4}$ ) (slika 1.5). Vsebnosti amonija in nitrita so bile pod mejo določljivosti analitske metode. Vsebnosti nitrata v Hrastju so bile med najvišjimi na Ljubljanskem polju. V obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 so se glede na predhodno obdobje nekoliko znižale. Trije od skupno 22 analiziranih vzorcev so vsebovali nitrat nad priporočeno (smernično) koncentracijo (sliki 1.6 in 1.7).

Med analiziranimi skupinskimi parametri onesnaženja (anionaktivni detergenti, mineralna olja, fenolne snovi, AOX) ugotavljamo stalno povišanje adsorbiranih halogeniranih organskih spojin (AOX) (slika 2.2). V Hrastju ugotavljamo, tako kot vsa leta monitoringa, najvišje vrednosti AOX v podtalnici Ljubljanskega polja (slika 1.10). Ta parameter kaže na prisotnost zdravju škodljivih ali celo strupenih halogeniranih organskih spojin, ki so posledica človekove dejavnosti.



**Slika 2.2:**  
Vrednost AOX v  
črpališču v Hrastju  
v obdobju od  
začetka marca  
2000 do konca  
februarja 2001

V črpališču Hrastje določamo v podtalnici tudi najvišje koncentracije šest-valentnega in celokupnega kroma (sliki 1.13 in 2.3). Vsebnosti se v obdobju 2000/2001 glede na predhodno obdobje še nekoliko dvignile.

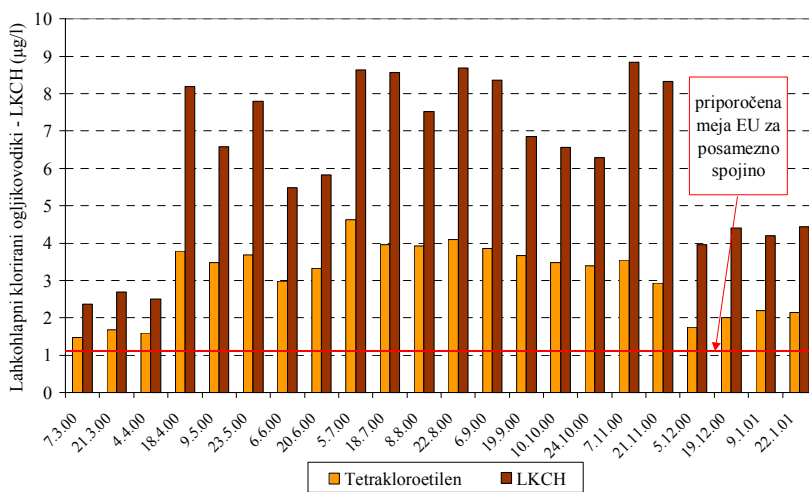


**Slika 2.3:** Vsebnost šest-valentnega in celokupnega kroma v črpališču v Hrastju v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001

Cink smo v Hrastju analizirali od avgusta 1999 dalje. Vsebnosti cinka so bile v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 nižje od priporočene meje EU, vsebnosti niklja in svinca pa z izjemo enega vzorca pod mejo določljivosti analitske metode (priloga 5).

Najhuje je podtalnica v Hrastju onesnažena s pesticidi, predvsem z atrazinom. Atrazin je v vseh preiskanih vzorcih presegel maksimalne dopustne koncentracije, najvišjo vsebnost smo določili avgusta (0,39 µg/l), ko je skoraj štirikrat presegel dopustno mejo (sliki 1.14 in 1.15). Med ostalimi triazini smo v Hrastju določili tudi bromacil v še dopustni koncentraciji.

Od analiziranih lahkih kloriranih ogljikovodikov smo v Hrastju v opazovanem obdobju določili triklorometan, tetrakloroetilen, trikloroetilen in trikloroetan. V opazovanem obdobju se je najbolj zvišala vsebnost triklorometana, katera je novembra več kot trikrat presegla smernične vrednosti EU. Koncentracije so se gledena predhodna obdobja močno povišale. Tetrakloroetilen je stalno presegal priporočene meje EU, trikloroetilen in triklorometan pa občasno (priloga 5, sliki 1.20, 1.21 in 2.4).



**Slika 2.4:** Vsebnost tetrakloroetilena in vsote lahkih kloriranih ogljikovodikov (LKCH) v Hrastju v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001

Od 22 analiziranih vzorcev sta bila 2 mikrobiološko oporečna in nepromerna za pitno vodo. V njih smo določili aerobne mezofilne bakterije (22°C) nad dopustno mejo



## ŠENTVID

V Šentvidu je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka IIa enkrat mesečno (skupaj 12 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (4 krat letno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker in cink
- Organoklorne pesticide (enkrat letno)
- Triazinske pesticide
- Mikrobiološke parametre

Vsi rezultati analiz podtalnice v Šentvidu za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 6.

Temperatura podtalnice v Šentvidu se je spreminjala v območju med 10,7 in 12,3 °C (tabela 9, slika 1.1), vrednost pH pa med 7,0 in 8,4 (tabela 9, slika 1.2). Električna prevodnost je bila v povprečju 496 µS/cm (tabela 9, slika 1.3). Podtalnica v Šentvidu je bila dobro nasičena s kisikom (slika 1.4), vrednosti kemijske potrebe po kisiku so mejo določljivosti analitske metode nekoliko presegle maja in avgusta (priloga 6). Januarja smo v podtalnici v Šentvidu določili amonij in nitrit v zelo nizkih koncentracijah (priloga 6). Vsebnosti nitrata so bile v opazovanem obdobju nekoliko nižje kot leto pred tem, med 15,2 in 17,6 mg NO<sub>3</sub>/l (tabela 9, sliki 1.6 in 1.8).

Vsebnosti anionaktivnih detergentov, mineralnih olj in fenolnih snovi so bile v vseh preiskanih vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode. Vrednost AOX, ki je bila vse obdobje pod ali ob meji določljivosti analitske metode, se je povečala do 4 µg Cl/l.

Vsebnosti analiziranih organoklornih pesticidov so bile v obeh vzorcih podtalnice v Šentvidu pod mejo določljivosti analitske metode. Triazinske pesticide smo v podtalnici v Šentvidu določali mesečno. Določili smo atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. povprečne vrednosti so bile primerljive z vrednostimi, ki smo jih določili v Klečah (priloga 6, slike 1.14, 1.16, 1.17 in 1.19).

Vzorec podtalnice, odvzet v začetku januarja, je vseboval preveč aerobnih mezofilnih bakterij (pri 22°C) in bil zato neustrezen za pitno vodo. Ostali vzorci so bili mikrobiološko neoporečni in primerni kot pitna voda.

## JARŠKI PROD

V Jarškemrodu, ki je na levem bregu Save, je črpališče ljubljanskega vodovoda. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka JA3 enkrat mesečno (skupaj 12 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja (4 krat letno), fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, cink, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec
- Mikrobiološke parametre

Vsi rezultati analiz podtalnice v Jarškemrodu za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 6.



Temperatura podtalnice v Jarškemrodu je bila med 10,2 in 13,4 °C, v povprečju 11,1 °C (tabela 9, slika 1.1). Vrednost pH je v opazovanem obdobju varirala med 6,7 in 8,1 (tabela 9, slika 1.2), električna prevodnost pa med 468 in 527  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabela 9, slika 1.3). Podtalnica je bila dobro nasičena s kisikom (slika 1.4), vrednost kemijske potrebe po kisiku je bila enaka meji določljivosti maja, v ostalih vzorcih so bile vrednosti pod mejo določljivosti analitske metode. Vsebnosti amonija in nitrita so bile v obravnavanem obdobju pod mejo določljivosti analitskih metod, vsebnosti nitrata pa nizke, med 9,6 in 12,8 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  (tabela 9, sliki 1.6 in 1.8). Od skupinskih parametrov onesnaženj (detergenti mineralna olja, fenolne snovi, AOX) smo v podtalnici januarja določili AOX (priloga 6, slika 1.10).

Koncentracije cinka so bile višje kot na ostalih vzorčevalnih mestih, januarja celo višje od smerničnih vrednosti EU. Krom smo določili v večini vzorcev, tudi vsebnosti kroma v šest-valentnem stanju so bile v 5 od 12 analiziranih vzorcev višje od meje določljivosti. Vsebnosti ostalih analiziranih težkih kovin (nikelj in svinec) so bile nizke. Vse koncentracije težkih kovin v vzorcih iz Jarškega roda so bile nižje od dopustnih meja za pitno vodo.

Mikrobiološko so bili vsi preiskani vzorci podtalnice neoporečni. V njih nismo določili nobenih mikroorganizmov.

### **IŠKI VRŠAJ (BREST)**

V Iškem vršaju, črpališču ljubljanskega vodovoda, črpamo podtalnico Ljubljanskega barja. Na tem mestu smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico iz vodnjaka IŠ-2 enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi
- Kovine: baker, cink in svinec
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Iškem vršaju za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 7.

Temperatura podtalnice v Iškem vršaju je bila med 10,4 in 12,4 °C (tabela 9, slika 1.1), vrednost pH pa med 7,2 in 8,0 (tabela 9, slika 1.2). Električna prevodnost podtalnice v Iškem vršaju je bila med 401 in 413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in tako med najnižjimi med vsemi zajemnimi mesti (tabela 9, slika 1.3). Izmerili smo stalno dobro nasičenost podtalnice s kisikom (slika 1.4) in nizko kemijsko potrebo po kisiku (slika 1.5). Vsebnost amonija in nitrita je bila v vseh preiskanih vzorcih podtalnice Iškega vršaja pod mejo določljivosti, vsebnost nitrata se je v obravnavanem obdobju spreminjala v ozkem intervalu med 8,7 in 9,2 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  in bila poleg Roj najnižja (sliki 1.6 in 1.8). Vsebnost anionaktivnih detergentov in fenolnih snovi je bila nižja od meje določljivosti analitskih metod za ta dva parametra.

V preteklih letih smo v Iškem vršaju večkrat določili cink v nekoliko povišanih koncentracijah. V obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so bile vsebnosti cinka in svinca pod mejo določljivosti analitske metode, vsebnosti bakra pa zelo nizke (priloga 7).

Mikrobiološko so bili vsi preiskani vzorci podtalnice iz Iškega vršaja neoporečni in primerni za pitno vodo.

### **ROJE**

V vrtini v Rojah smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):



- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, nikelj in svinec
- Triazinske pesticide
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Rojah za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 7.

Temperatura podtalnice v Rojah je bila med 10,4 in 12,2 °C (tabela 9, slika 1.1), pH vrednost med 7,2 in 7,8 (tabela 9, slika 1.2). Električna prevodnost je bila nizka, med 335 in 415  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabela 9, slika 1.3). Nasičenost podtalnice s kisikom je v Rojah nihala med 67 in 80 % in bila med nižjimi na Ljubljanskem polju (tabela 9, slika 1.4). Kemijska potreba po kisiku je bila v dopustnem območju (slika 1.5). Vsebnosti amonija in nitrata so bile ves opazovani čas pod mejo določljivosti analitskih metod, zelo nizka je bila tudi koncentracija nitrata, med 6,6 in 10,7 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ , v povprečju celo najnižja na Ljubljanskem polju (tabela 9, sliki 1.6 in 1.9).

Vsebnosti anionaktivnih detergentov in fenolnih snovi ter vrednosti AOX so bile v opazovanem obdobju pod mejo določljivosti (priloga 7). Vsebnost triazinskih pesticidov v podtalnici v Rojah je bila v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode (priloga 7, slika 1.10).

Mikrobiološko so vsi preiskani vzorci ustrezali zahtevam za pitno vodo.

## **STOŽICE**

V vrtini v Stožicah smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi in AOX
- Kovine: svinec
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Stožicah za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 7.

Temperatura podtalnice se je spreminjala od 11,2 do 13,7 °C (tabela 9, slika 1.1), vrednost pH je bila med 7,2 do 7,5 (slika 1.2). V Stožicah ves čas spremljanja kakovosti podtalnice ugotavljamo največja nihanja električne prevodnosti in tudi vsebnosti nitrata. Električna prevodnost se je spreminjala od 372  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avgusta pa do 661  $\mu\text{S}/\text{cm}$  decembra, razlika med najnižjo in najvišjo vrednostjo je bila 289  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (slika 1.3). Najnižjo vsebnost nitrata 6,2 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  smo določili v februarjem vzorcu, najvišjo pa decembra (29,2 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ) (sliki 1.6 in 1.9). Vsebnosti amonija so bile v vseh vzorcih pod mejo določljivosti. Avgusta smo določili nitrit v še dopustni koncentraciji, v ostalih vzorcih pa je bila vsebnost pod mejo določljivosti. Vsebnosti anionaktivnih detergentov so bile, z izjemo vzorca vzetega aprila, pod mejo določljivosti, vsebnosti fenolnih snovi z analitsko metodo nismo zaznali (priloga 7). Vrednost AOX je bila le aprila višja od meje določljivosti analitske metode (4  $\mu\text{g Cl}/\text{l}$ ).

V vzorcih podtalnice iz vrtine v Stožicah smo določili še dopustno število aerobnih mezofilnih bakterij pri 22°C, tako da so bili vsi vzorci bakteriološko neoporečni.

## **KOTEKS**

V industrijskem vodnjaku Koteks smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):



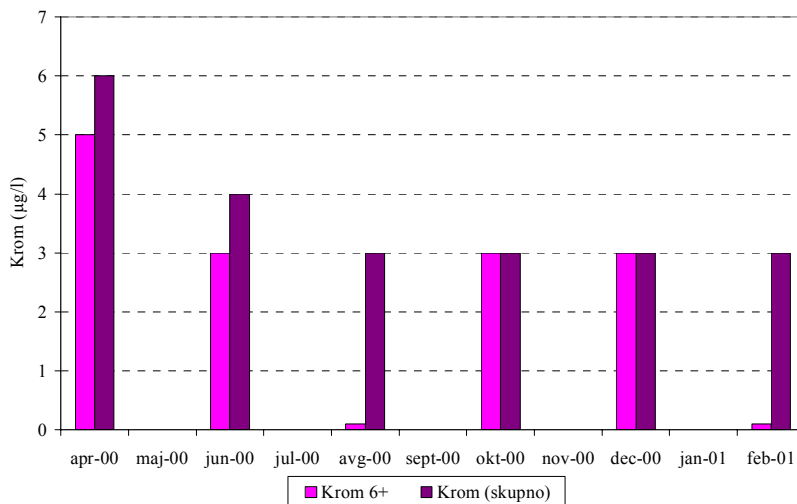


- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi in AOX
- Kovine: baker, krom (šest-valentni in celokupni), nikelj in svinec
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Koteksu za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 8.

Temperatura vode v Koteksu je bila med 12,3°C do 14,0°C (tabela 9, slika 1.1), vrednost pH odvzetih vzorcev pa med 7,1 in 7,6 (tabela 9, slika 1.2). Na tem odvzemnem mestu smo merili sorazmerno visoke električne prevodnosti podtalnice, med 523 in 565  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabela 9, slika 1.3). Podtalnica je bila dobro nasičena s kisikom (slika 1.4) in imela nizko kemijsko potrebo po kisiku (slika 1.5). Vsebnosti amonija in nitrata so bile tudi na tem mestu vse opazovano obdobje nizke, večinoma pod mejo določljivosti analitske metode. Vsebnost nitratov je bila med 14,7 in 22,8 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  (tabela 9, sliki 1.6 in 1.9). Od skupinskih parametrov onesnaženja smo stalno določali nekoliko povišane vrednosti AOX, najbolj decembra (7  $\mu\text{g Cl}/\text{l}$ ) (slika 1.10).

Od analiziranih težkih kovin so bile koncentracije niklja in svinca stalno pod mejo določljivosti analitske metode, v podtalnici pa smo stalno določili baker in krom, kateri je bil pertežno v šest-valentnem oksidacijskem stanju (slika 2.5).



**Slika 2.5:**  
Vsebnost šest-valentnega in celokupnega kroma v industrijskem vodnjaku Koteks v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001

Od triazinskih pesticidov smo v podtalnici v Koteksu v vseh vzorcih določili atrazin, ki je dvakrat presegel dopustno koncentracijo. Metabolit desetilatrazin smo določili v 5 od 6 preiskanih vzorcev, v enem je vsebnost presegla dopustne meje (priloga 8 ter sliki 1.14 in 1.16).

Vsebnosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov, predvsem tetrakloroetilena in trikloroetilena, so se obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 glede na predhodno obdobje povišale tudi v Koteksu (sliki 1.21 in 1.23).

Dva od šestih vzeti vzorcev sta bila mikrobiološko oporečna, ker sta vsebovala previsoko količino aerobnih mezofilnih bakterij.



## **ELOK**

V industrijskem vodnjaku Elok smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca (skupaj 6 odvzemov vzorcev ter analiz) in v njej določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, fenolne snovi
- Kovine: kadmij in svinec
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Eloku za obdobje od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 8.

Temperatura podtalnice se je v opazovanem obdobju spreminjala med 12,1 in 13,6 °C (tabela 9, slika 1.1). Vrednost pH je bila med 7,2 in 7,6 (tabela 9, slika 1.2). Električno prevodnost smo izmerili med 448 in 489  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , letno povprečje je bilo 467  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabela 9, slika 1.3). Na tem mestu je bila podtalnica med vsemi zajemnimi mesti najslabše nasičena s kisikom (med 59 in 75 %) (slika 1.4), kemijska potreba po kisiku pa ni bila visoka, najvišjo vrednost 0,8 mg  $\text{O}_2/\text{l}$  smo določili februarja (tabela 9, slika 1.5). Vsebnost amonija in nitrata je bila v vseh vzorcih nižja od meje določljivosti analitskih metod, nizke so bile tudi vsebnosti nitrata, med 9,7 in 13,4 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  (tabela 9, sliki 1.6 in 1.9). V podtalnici nismo določili detergentov in fenolnih snovi.

Vsebnosti obeh analiziranih težkih kovin, kadmija in svinca sta bili pod mejo določljivosti analitske metode. Od triazinskih pesticidov smo v februarjem vzorcu določili vsebnost atrazina na meji detekcije, vsebnosti ostalih triazinov so bile pod to mejo (priloga 8).

Tudi v Eloku ugotavljamo prisotnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov, predvsem tetrakloroetilena, vendar so bile njihove vsebnosti v obdobju 2000/2001 nizke, pod 1  $\mu\text{g}/\text{l}$  (priloga 8).

Mikrobiološko so bili vsi preiskani vzorci podtalnice iz Eloka neoporečni (priloga 8).

## **DEKORATIVNA**

V industrijskem vodnjaku Dekorativna smo v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 vzorčevali podtalnico enkrat na dva meseca. V vzorcih smo določali naslednje parametre (priloga 3):

- Osnovne fizikalno-kemijske parametre: temperaturo vode, pH vrednost, električno prevodnost, raztopljeni kisik ter nasičenost podtalnice s kisikom, amonij, nitrit in nitrat
- Skupinske parametre onesnaženj: anionaktivne detergente, mineralna olja in fenolne snovi
- Kovine: nikelj, svinec in živo srebro
- Triazinske pesticide
- Lahkohlapne klorirane ogljikovodike (LKCH)
- Mikrobiološke parametre

Rezultati vseh analiz podtalnice v Dekorativni za obdobje od marca 2000 do konca februarja 2001 so zbrani v prilogi 8.

Na tem odvzemnem mestu smo izmerili sorazmerno visoke temperature podtalnice (med 11,0 in 13,8 °C) (tabela 9, slika 1.1), pH vrednost je bila med 7,2 in 7,7 (tabela 9, slika 1.2). V Dekorativni stalno določamo najvišjo električno prevodnost v podtalnici Ljubljanskega polja. V opazovanem obdobju smo jo izmerili med 655 in 722  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . V povprečju se je vrednost glede na predhodno leto dvignila za 18  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabela 9, slika 1.3). Podtalnica je bila dobro nasičena s kisikom, vrednosti KPK so bile nizke, pod 1,0 mg  $\text{O}_2/\text{l}$  (slika 1.5). Vsebnosti amonija in



nitrita so bile tudi v Dekorativni vse opazovano obdobje pod mejo določljivosti. Vsebnosti nitrata, ki so bile visoke že prej, so se v obdobju 2000/2001 še nekoliko povišale, potem pa se ustalile pri koncentracijah med 30 in 35 mg NO<sub>3</sub>/l. Razen vzorca, vzetega oktobra, so vse vsebnosti presegle priporočeno mejo EU (sliki 1.6 in 1.9).

Od skupinskih parametrov onesnaženja smo v podtalnici v Dekorativni analizirali anionaktivne detergente, mineralna olja in fenolne snovi. Rezultati naštetih parametrov so bili v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitskih metod.

Vsebnosti vseh analiziranih kovin (niklja, svinca in živega srebra) so bile pod mejo določljivosti (priloga 8).

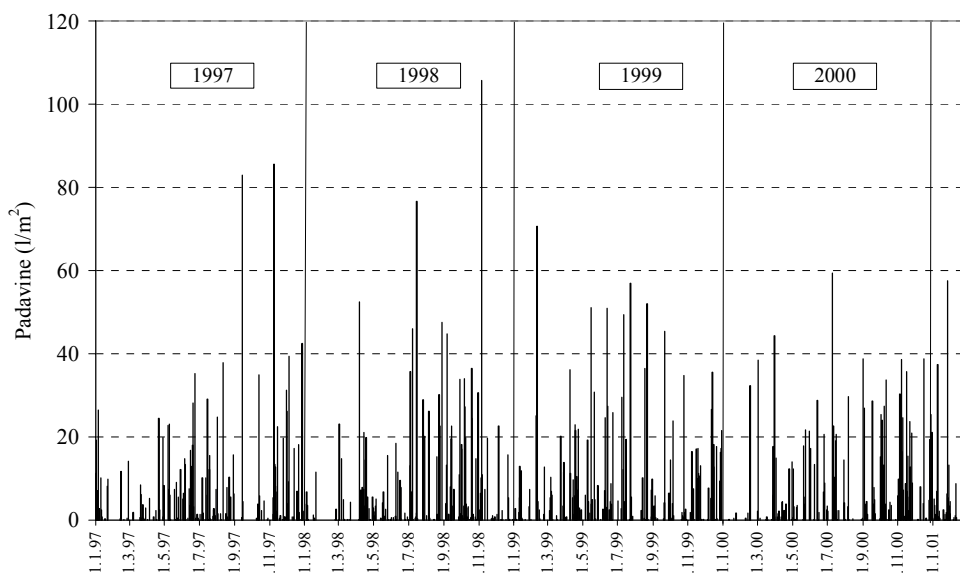
Podtalnica je v opazovanem obdobju občasno vsebovala atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. Koncentracija atrazina v decemberskem vzorcu je preseгла dopustno mejo, vsebnosti atrazina in desetilatrazina v ostalih vzorcih so bile nižje, vendar večinoma višje od meje določljivosti analitske metode (slike 1.14, 1.16, 1.17 in 1.19).

Trend zviševanja vsebnosti lahkih kloriranih ogljikovodikov se kaže tudi v Dekorativni. Trikloroetilen je priporočeno mejo EU presegel v 2 od 6 analiziranih vzorcih, tetrakloroetilen pa v 1 od 6 analiziranih vzorcev (priloga 8 ter sliki 1.20 in 1.22).

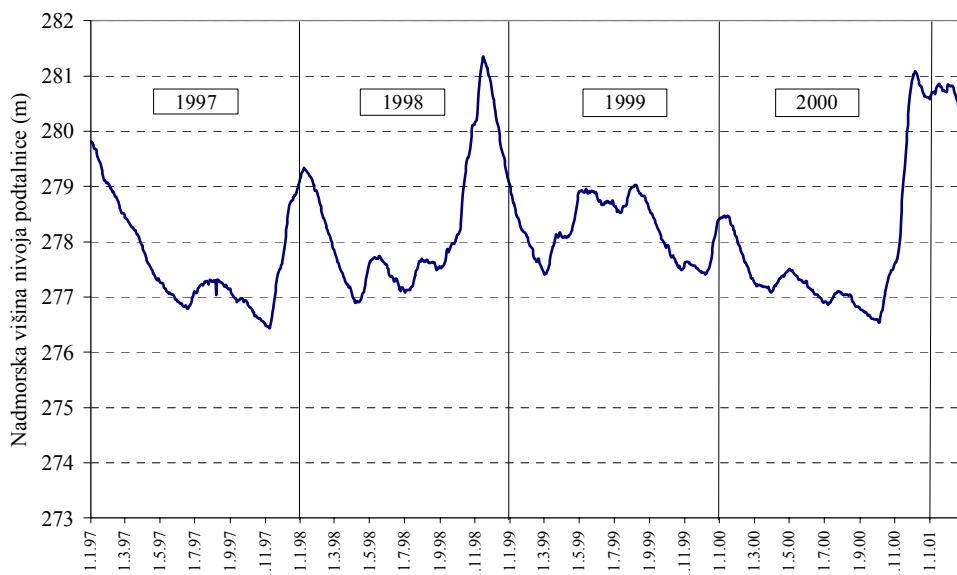
V vzorcih podtalnice iz Dekorativne smo določili aerobne mezofilne bakterije pri 22°C v še dopustnem številu, tako da so bili vsi preiskani vzorci podtalnice v Dekorativni mikrobiološko neoporečni in primerni kot pitna voda.

### 5.1.3 POMEMBNEJŠI PARAMETRI IZMERJENI V OBDOBJU JANUAR 1997 – MAREC 2001

Na slikah 3.1 je prikazana količina padavin, določena na padavinski postaji Ljubljana-Bežigrad, na slikah 3.2 in 3.3 pa je prikazano spreminjanje nivoja podtalnice v Klečah in v Hrastju v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001.



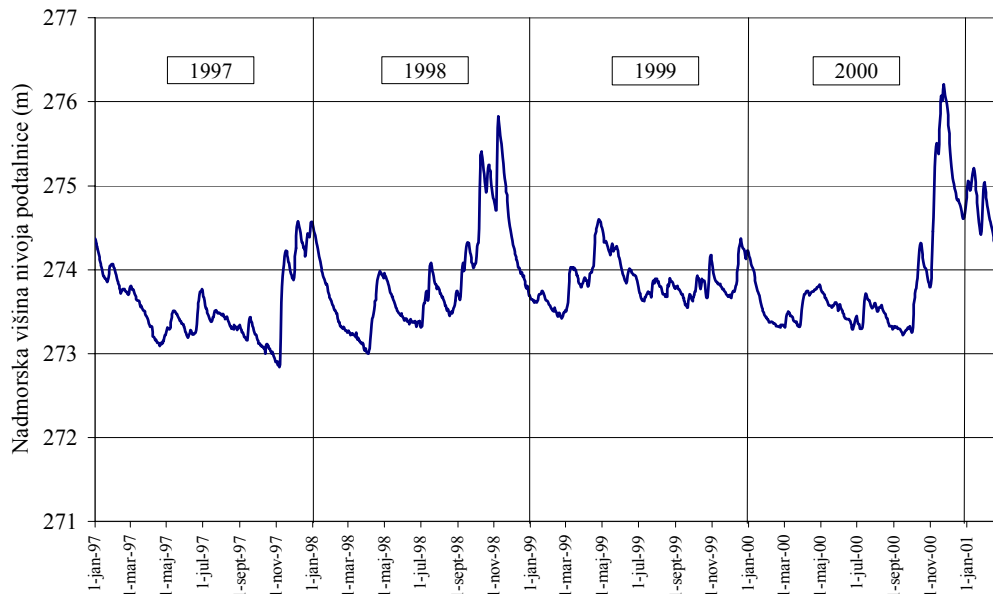
**Slika 3.1:** Količina padavin na postaji Ljubljana - Bežigrad v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001



**Slika 3.2:** Spreminjanje nivoja podtalnice v Klečah v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001

Povišani pretoki Save povzročijo večji dotok površinske vode v podtalnico. Nivo podtalnice v Hrastju se hitreje odziva na dotok Save kot nivo v Klečah. Razlika med najvišjim in najnižjim nivojem podtalnice za triletno obdobje je v Klečah večja kot v Hrastju (sliki 3.2 in 3.3). Sava je manj onesnažena z nitratom in pesticidi, zato dotok pomeni razredčitev teh onesnaženj v podtalnici.

Večina nitratov in pesticidov se v podtalnico spira ob večjih padavinah s površja.

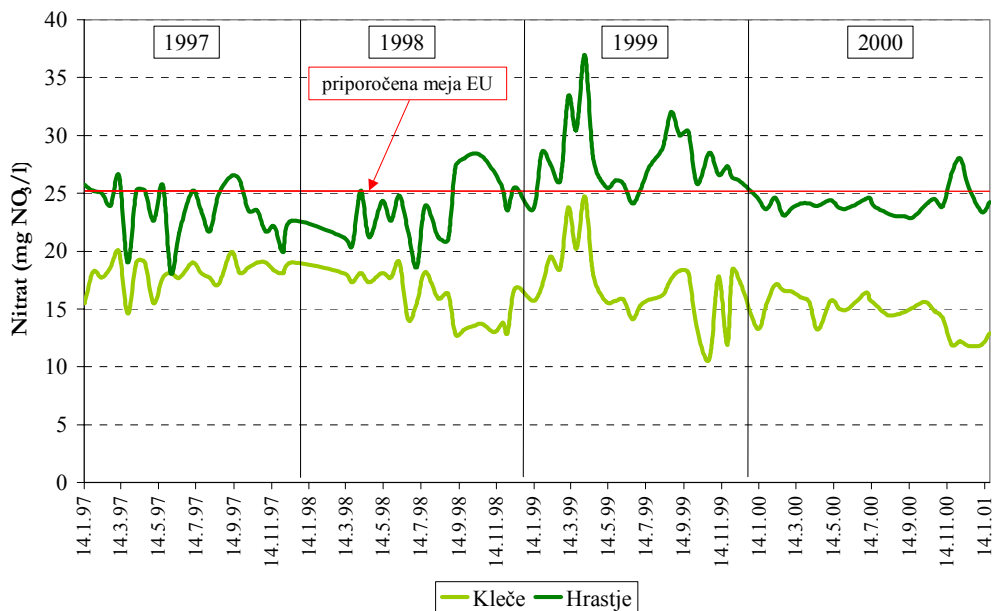


**Slika 3.3:** Spreminjanje nivoja podtalnice v Hrastju v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001

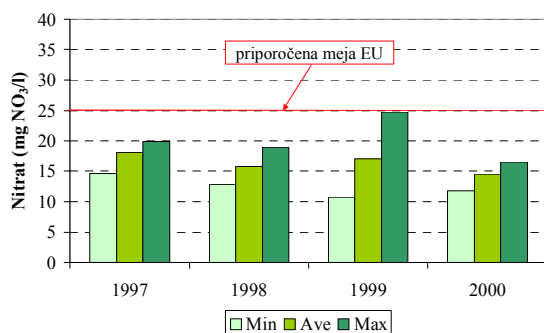
### Nitrat

Na sliki 3.4 so prikazani vsi rezultati vsebnosti nitrata v Klečah in Hrastju v obdobju od začetka januarja 1997 do konca januarja 2001. Na grafu so razvidne podobnosti v nihanju vsebnosti nitrata v podtalnici na obeh črpališčih, kar je povezano tako s kmetijsko prakso kot s količino padavin ter dotokom površinskega vodotoka v podtalnico. Od poletja 1998 ugotavljamo večja spreminjanja koncentracije na obeh črpališčih v primerjavi s predhodnim obdobjem januar 1997 – julij 1998. V letu 2000 so se vsebnosti glede na leto 1999 nekoliko znižale.

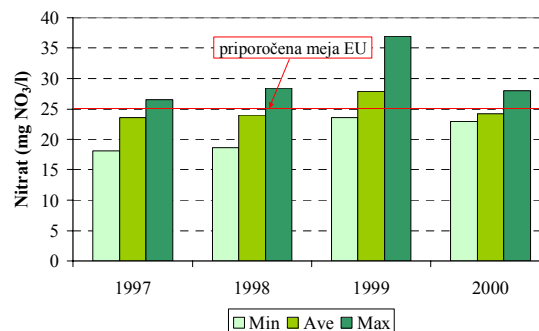
Na slikah 3.5 in 3.6 je prikazano spreminjanje letnih povprečij vsebnosti nitrata v Klečah in Hrastju. V Klečah ugotavljamo, da se je povprečna vsebnost nitrata nekoliko znižala, manjše so tudi razlike med najnižjimi in najvišjimi vrednostimi. V Hrastju se je po zvišanju vsebnosti nitrata povprečje vsebnosti nitrata znižalo do nivojev, ki smo jih določali v letih 1997 in 1998.



**Slika 3.4:** Vsebnost nitrata v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od januarja 1997 do konca januarja 2001

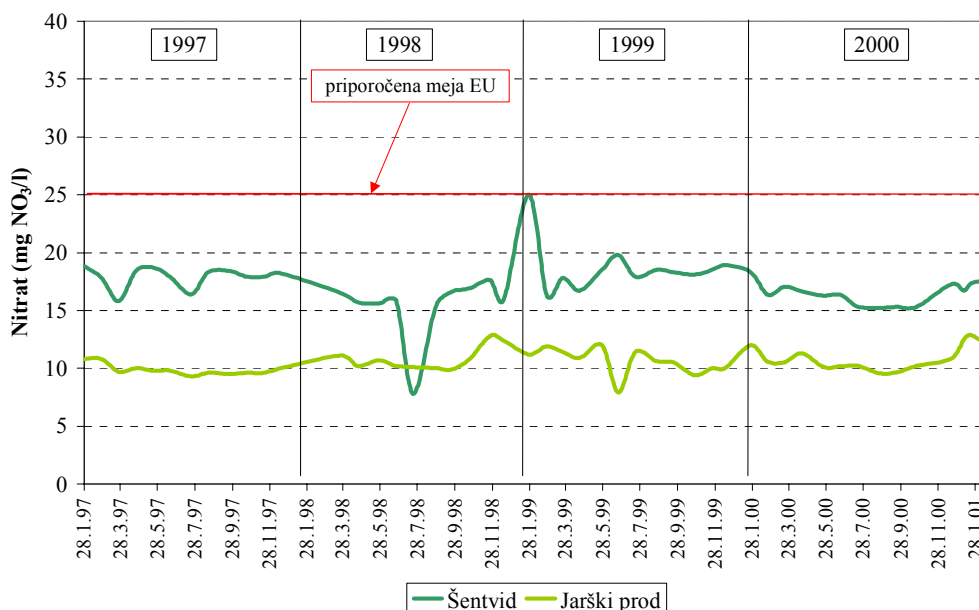


**Slika 3.5:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Klečah v obdobju 1997 - 2000

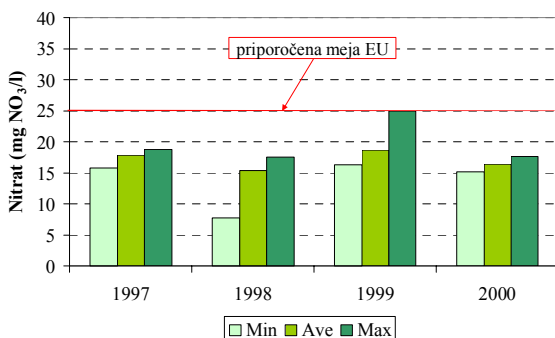


**Slika 3.6:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Hrastju v obdobju 1997 - 2000

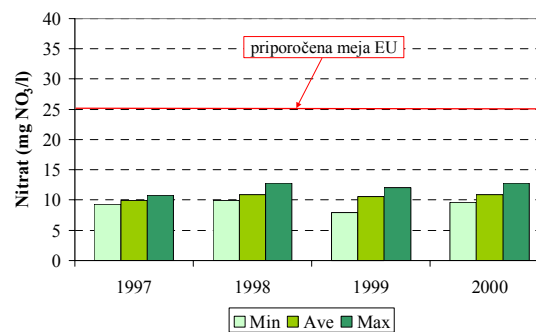
Na sliki 3.7 so prikazani rezultati vsebnosti nitrata v črpališčih Šentvid in Jarški prod od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001. Na teh mestih ugotavljamo v primerjavi s Klečami in Hrastjem nižje koncentracije nitrata, ki so bile v Jarškem produ vse obdobje stabilne. V Šentvidu so se poleti 1998 vsebnosti znižale pod 10 mg NO<sub>3</sub>/l, vendar so se do februarja 2001 dvignile do dopustne meje EU. Na slikah 3.8 in 3.9 so prikazana spreminjanja povprečnih vsebnosti nitrata v Šentvidu in v Jarškem produ v štiriletnem obdobju.



**Slika 3.7:** Vsebnost nitrata v črpališčih Šentvid in Jarški prod v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2000

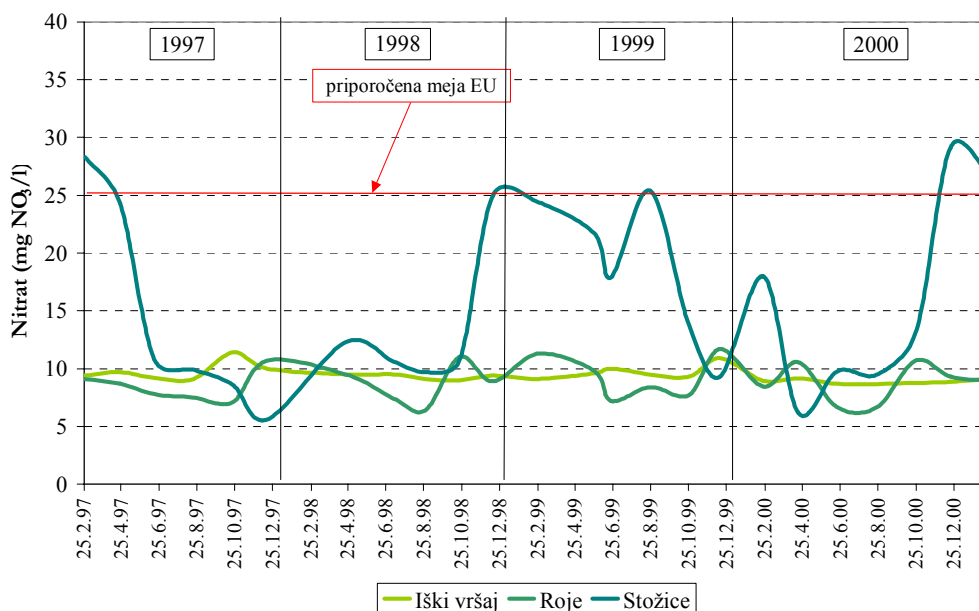


**Slika 3.8:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Šentvidu v obdobju 1997 - 2000

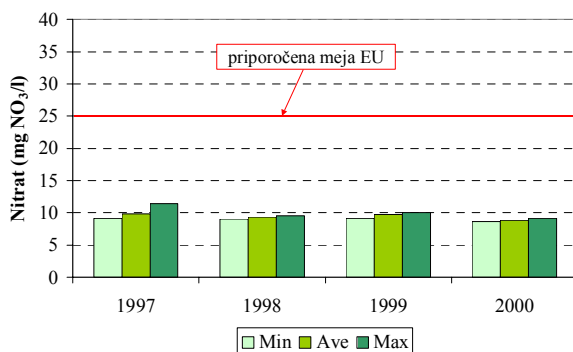


**Slika 3.9:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Jarškemrodu v obdobju 1997 - 2000

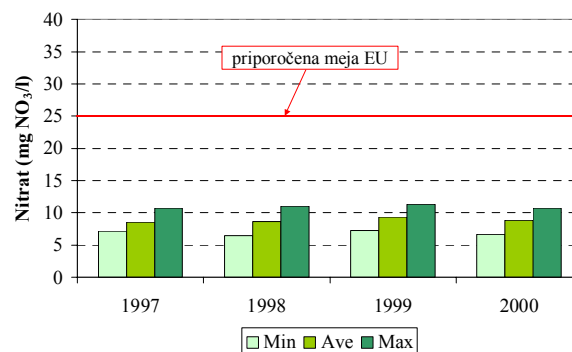
Na sliki 3.10 so prikazane vsebnosti nitrata v črpališču Iški vršaj ter v vrtinah Roje in Stožice v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2001. Iz poteka krivulj je razvidno, da je bila vsebnost nitrata v Iškem vršaju in Rojah stalno okrog 10 mg NO<sub>3</sub>/l z razliko, da se je v Rojah bolj spreminjala. V Stožicah se je vsebnost spreminjala od 5 pa do 30 mg NO<sub>3</sub>/l. Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti so za Iški vršaj na sliki 3.11, za Roje na sliki 3.12, za Stožice pa na sliki 3.13.



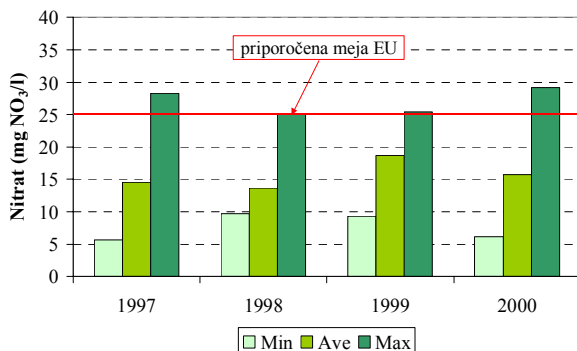
**Slika 3.10:** Vsebnost nitrata v črpališču Iški vršaj ter vrtinah Roje in Stožice v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2001



**Slika 3.11:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Iškem vršaju v obdobju 1997 - 2000



**Slika 3.12:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Rojah v obdobju 1997 - 2000

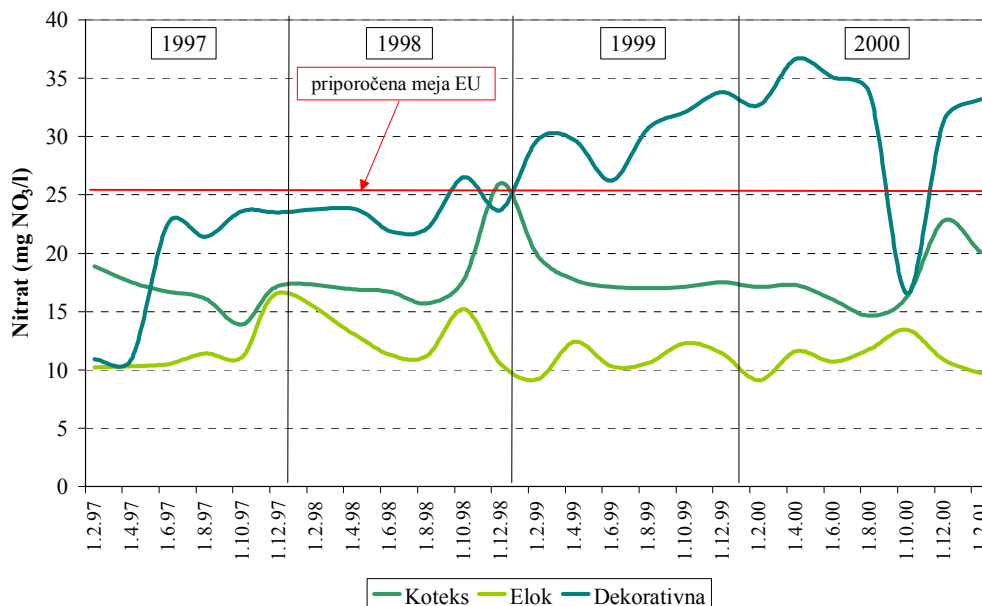


**Slika 3.13:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Stožicah v obdobju 1997 - 2000

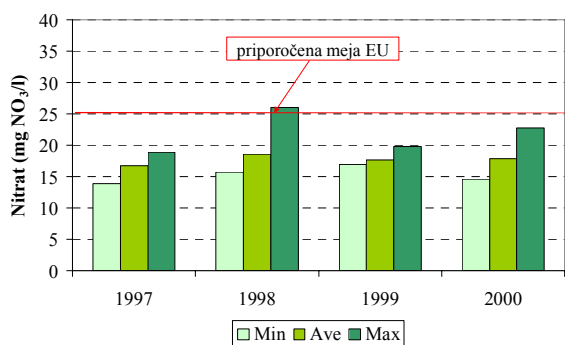




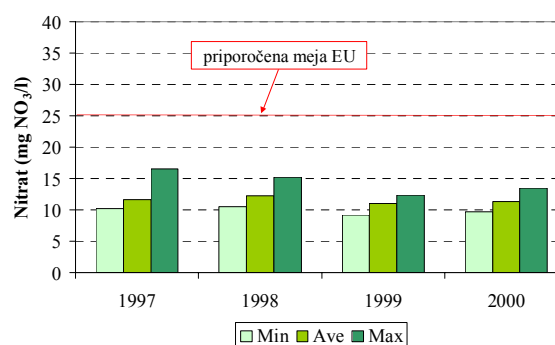
Vsebnosti nitrata v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001 so prikazane na sliki 3.14. Vsebnosti so bile v Eloku sorazmerno nizke, večinoma pod 15 mg NO<sub>3</sub>/l, v Koteksu pa malo višje. Povprečne, najnižje in najvišje vsebnosti so za Koteks prikazane na sliki 3.15, za Elok pa na sliki 3.16. V Koteksu ugotavljamo v letu 1998 večje nihanje vsebnosti nitrata v primerjavi z leti 1997, 1999 in 2000, medtem ko so povprečne vrednosti tako v Koteksu kot v Eloku konstantne. V Dekorativni v štiriletnem obdobju opažamo trend naraščanja vsebnosti nitrata, kar je razvidno iz slik 3.13 in 3.17.



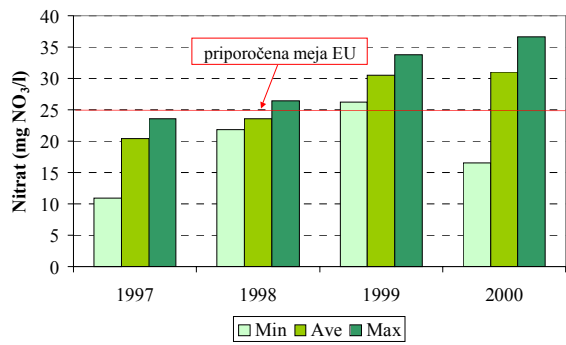
**Slika 3.14:** Vsebnost nitrata v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2001



**Slika 3.15:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Koteksu v obdobju 1997 - 2000



**Slika 3.16:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Eloku v obdobju 1997 - 2000



**Slika 3.17:**  
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti nitrata v Dekorativni v obdobju 1997 - 2000

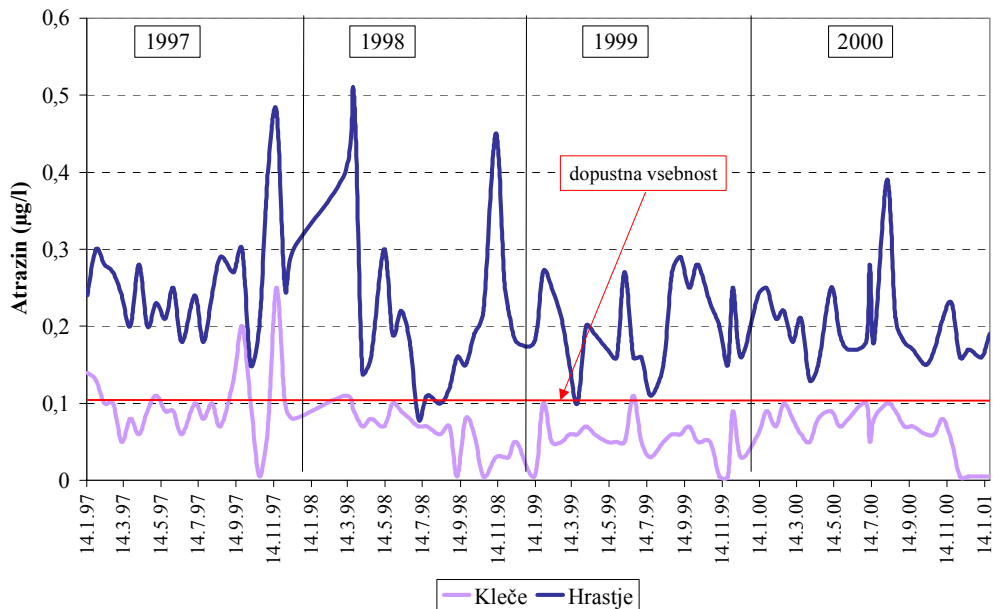


## Pesticidi

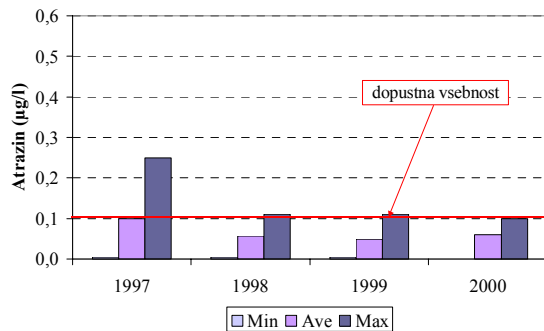
Od analiziranih pesticidov je za štiriletno obdobje prikazana vsebnost najbolj zastopanega pesticida atrazina na zajemnih mestih Kleče, Hrastje, Koteks in Dekorativna. Triazine smo analizirali še v Šentvidu, Rojah in Eloku, vendar so bile vsebnosti z redkimi izjemami v dopustnih mejah, zato ta mesta niso posebej obravnavana.

Najpogosteje, 24 krat letno, smo triazine določali v črpališčih pitne vode v Klečah in v Hrastju. Na sliki 3.18 so prikazane vsebnosti atrazina v obdobju od začetka januarja 1997 do konca januarja 2001. V Klečah so vsebnosti atrazina v letu 1997 pogosto presegle dopustno mejo, v letih 1998, 1999 in 2000 pa le nekajkrat. V Hrastju ugotavljamo stalno presežene vsebnosti atrazina, ki so dopustno mejo presegle tudi do 5 krat. Iz slike 3.18 je posebno v Hrastju razvidno intenzivno nihanje vsebnosti atrazina, ki ga razlagamo z meteorološkimi in hidrološkimi razmerami ter kmetijsko prakso na območju vodonosnika.

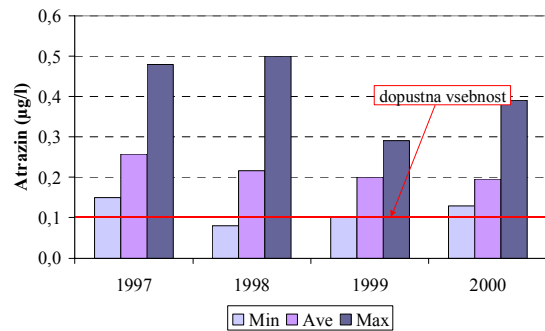
Na slikah 3.19 in 3.20 so prikazane povprečne, najvišje in najnižje vrednosti na omenjenjenih črpališčih. Ugotavljamo, da so se v štiriletnem obdobju koncentracije atrazina tako v Klečah kot v Hrastju nekoliko znižale, vseeno so v Hrastju ostale visoko nad dopustno mejo.



**Slika 3.18:** Vsebnost atrazina v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od januarja 1997 do konca januarja 2001



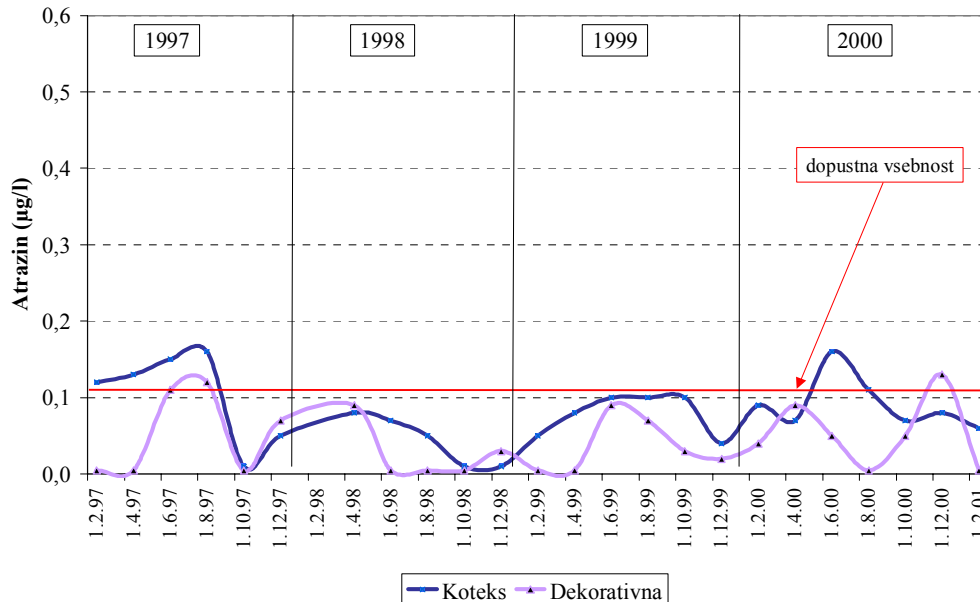
**Slika 3.19:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Klečah v obdobju 1997 - 2000



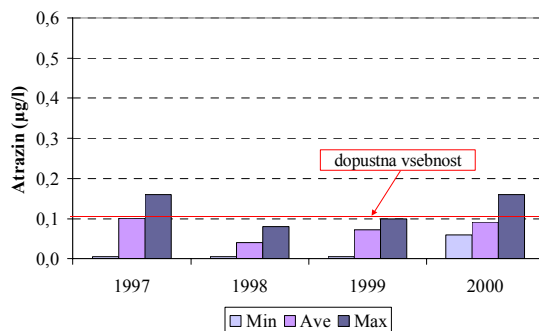
**Slika 3.20:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Hrastju v obdobju 1997 - 2000



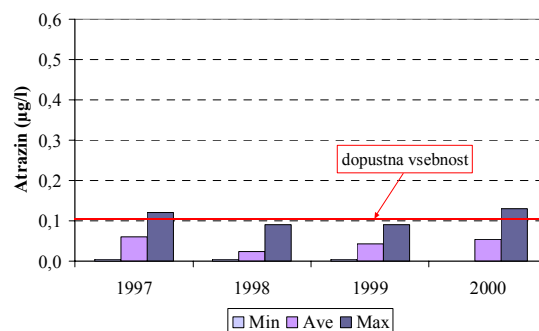
Na sliki 3.21 so prikazane vsebnosti atrazina v industrijskih vodnjakih Koteks v Zalogu in Dekorativna v Šentvidu v obdobju od začetka januarja 1997 do konca februarja 2001. Koncentracije tega pesticida so dopustne meje na obeh zajemnih mestih presegle v poletnih mesecih leta 1997, v Koteksu tudi leta 1999. V letu 2000 ugotavljamo presežene vsebnosti atrazina tako v Koteksu kot v Dekorativni. Povprečne, najnižje in najvišje letne vsebnosti v Koteksu in Dekorativni za obdobje 1997 – 2000 so na slikah 3.22 in 3.23.



**Slika 3.21:** Vsebnost atrazina v industrijskih vodnjakih Koteks in Dekorativna v obdobju od januarja 1997 do konca februarja 2001



**Slika 3.22:**  
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Koteksu v obdobju 1997 - 2000



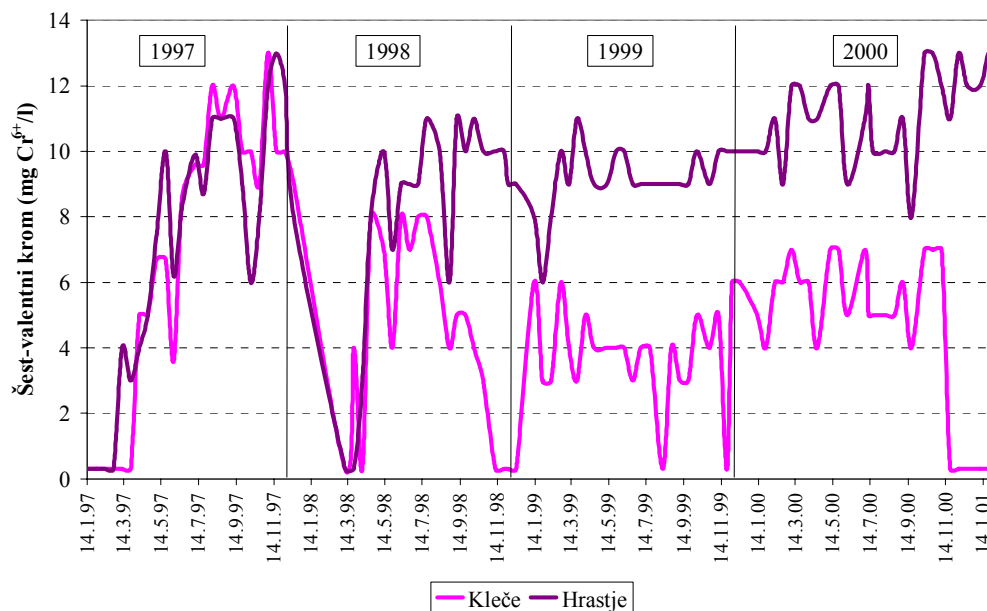
**Slika 3.23:**  
Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Dekorativni v obdobju 1997 - 2000



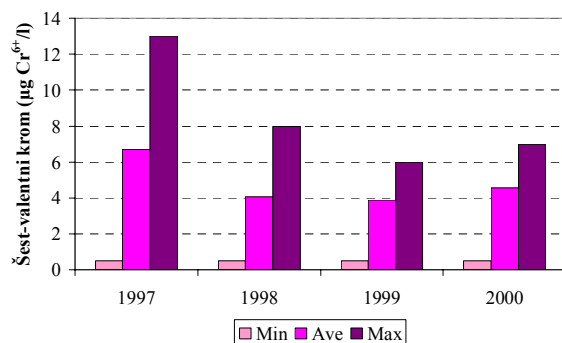
## Krom

Celokupni in šest-valentni krom smo analizirali v črpališčih Kleče, Hrastje in Jarški prod ter v industrijskem vodnjaku Koteks.

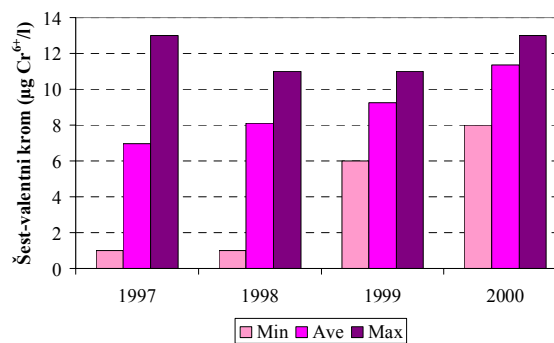
Spreminjanje koncentracije šest-valentnega kroma v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka januarja 1997 do konca januarja 2001 je prikazano na sliki 3.24. V letu 1997 so bile vsebnosti te zvrsti kroma na obeh črpališčih praktično enake, v drugi polovici 1998 so se vsebnosti v Klečah nekoliko znižale (sliki 3.24 in 3.25). Razlike med vsebnostjo šest-valentnega kroma v Hrastju (vodnjak Ia) in Klečah (vodnjak VIIA) se od druge polovice leta 1998 povečujejo. V tem času so se povprečne vsebnosti v Hrastju celo nekoliko dvignile (sliki 3.24 in 3.26).



**Slika 3.24:** Vsebnost šest-valentnega kroma v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka januarja 1997 do konca januarja 2001



**Slika 3.25:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Klečah v obdobju 1997 - 2000

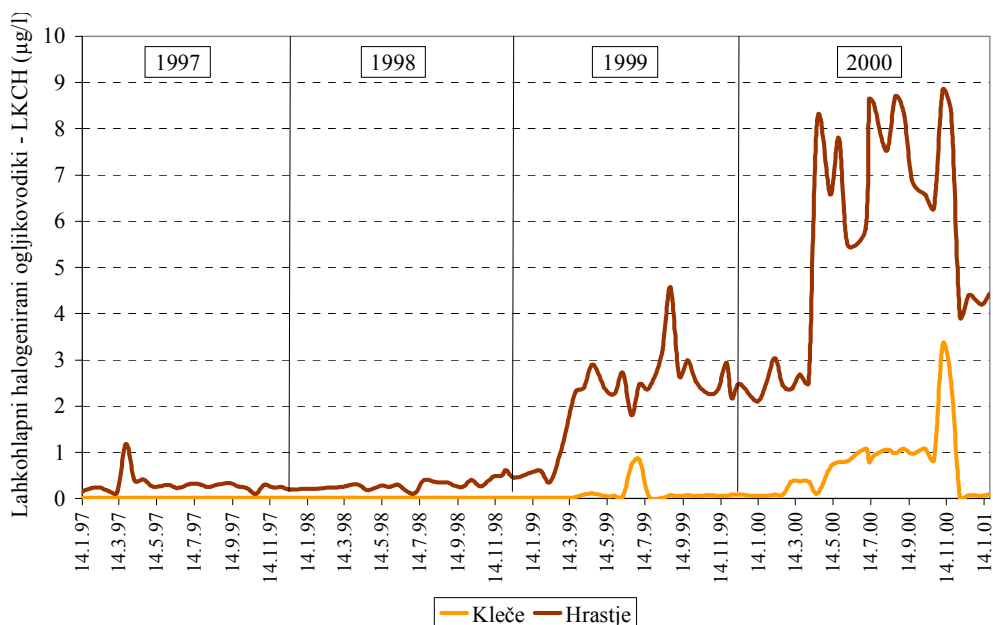


**Slika 3.26:** Povprečne, najvišje in najnižje vsebnosti atrazina v Hrastju v obdobju 1997 - 2000

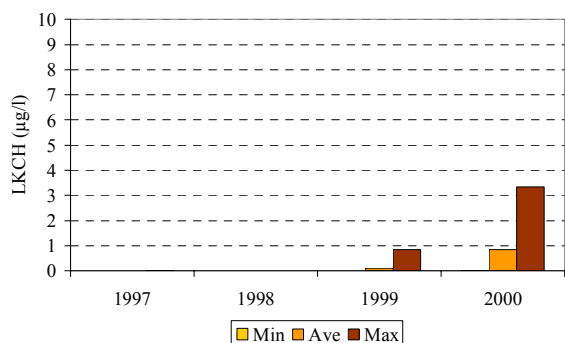


### Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki (LKCH)

LKCH analiziramo v črpališčih Kleče in Hrastje ter v industrijskih vodnjakih Koteks, Elok in Dekorativna. Do leta 1999 smo jih v nižjih koncentracijah določali le v Hrastju. V letu 1999 pa so se vsebnosti v Hrastju nekajkrat zvišale in se v letu 2000 še naprej zviševale. Povečanje vsebnosti LKCH ugotavljamo tudi na vseh ostalih mestih (priloge 4,5 in 8, slika 3.27). Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti za vsoto lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Klečah in Hrastju so na slikah 3.28 in 3.29.

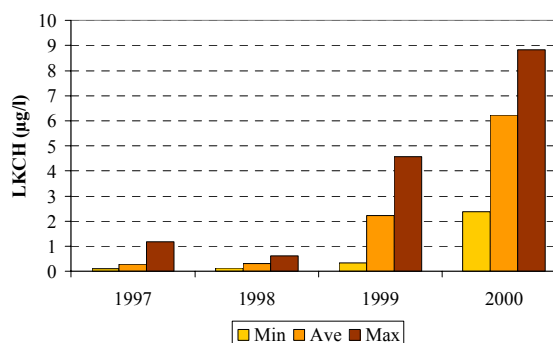


**Slika 3.27:** Vsebnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v črpališčih Kleče in Hrastje v obdobju od začetka januarja 1997 do konca januarja 2001



**Slika 3.28:**

Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Klečah za obdobje 1997 - 2000



**Slika 3.29:**

Povprečne, najnižje in najvišje letne vrednosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Hrastju za obdobje 1997 - 2000



## **5.2 POVRŠINSKI VODOTOKI**

V okviru monitoringa površinskih vodotokov na območju MOL smo v avgustu enkrat po programu na sedmih zajemnih mestih analizirali osnovne fizikalno-kemijske parametre in težke kovine v vodi, težke kovine v sedimentu in z metodo plinske kromatografije z masno selektivnim detektorjem identificirali organske spojine v vodi in v sedimentu. Bor v vodi smo analizirali v petih vzorcih površinskih vodotokov. Po programu bi morali štirikrat v poletnih mesecih julij/avgust določiti tudi skupne koliformne bakterije in koliformne bakterije fekalnega izvora (tabela 2). Izvajalec mikrobioloških analiz po pomoti ni izvedel vseh meritev, katere smo naročili.

Program monitoringa kakovosti površinskih vodotokov na območju MOL je bil v letu 2000 realiziran z naslednjimi izjemami:

- biokemijska potreba po kisiku (BPK<sub>5</sub>) v enem vzorcu (Bezlanov graben)
- mineralna olja v vseh 7 vzorcih
- koliformne bakterije fekalnega vzorca v 18 vzorcih

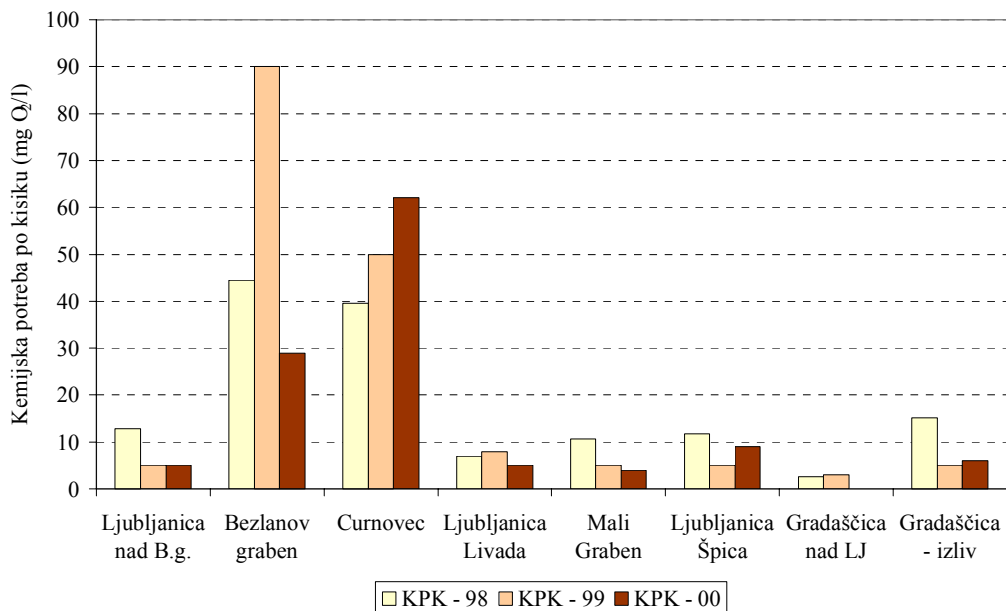
Vzorci površinskih vodotokov so analizirali laboratoriji MOP-HMZ, ZZV MB – IVO in IVZ-RS.

Vsi rezultati analiz površinskih vodotokov so v prilogi 9, tabele 10-13. Rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih analiz so zbrani v tabeli 10, rezultati vsebnosti kovin v vodi in suspendiranih delcih v tabeli 11, rezultati kovin v sedimentu v tabeli 12 in rezultati bakterioloških analiz v tabeli 13. V prilogi 9 so zbrani tudi kromatogrami in masni spektri, dobljeni pri identifikaciji organskih spojin z metodo GC/MS v vodi in v sedimentu.

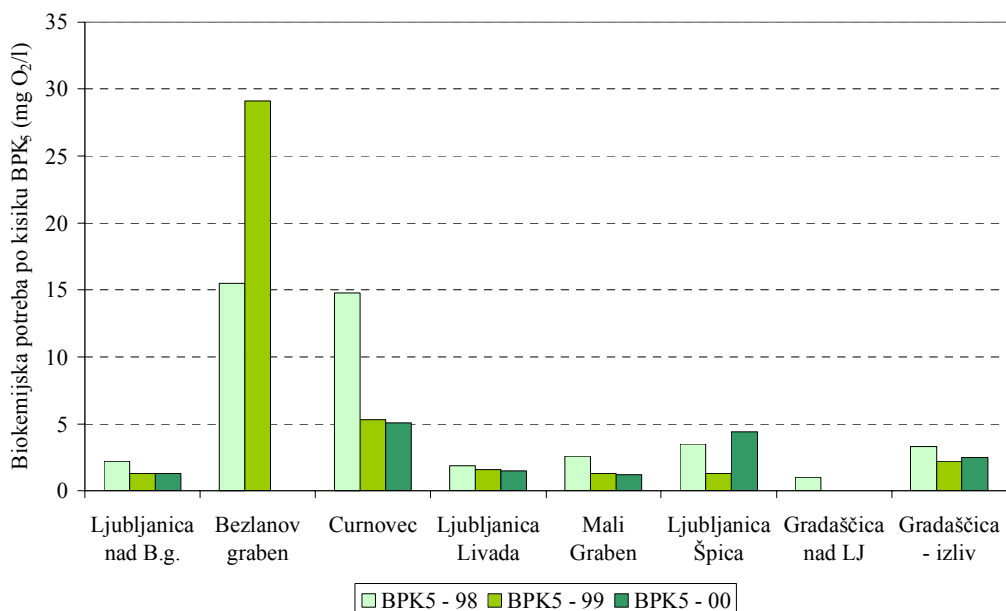
### **5.2.1 Fizikalno-kemijske analize**

Primerjava osnovnih kemijskih parametrov za vsa preiskana zajemna mesta površinskih vodotokov na območju MOL pokaže, da po onesnaženosti močno izstopata dva vodotoka, in sicer Bezlanov graben in Curnovec, kamor se iztekajo odpadne vode iz deponije odpadkov Barje. Ljubljani, Mali graben in Gradaščica so manj onesnaženi vodotoki (priloga 9, tabela 10). Kakovost Bezlanovega grabna je bila v času vzorčevanja boljša kot leto pred tem. Na sliki 4.1 je prikazana vrednost KPK (metoda z K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), na sliki 4.2 vrednost BPK<sub>5</sub>, na sliki 4.3 pa vsebnost amonija in nitrata v letih 1998, 1999 in 2000 na vseh merilnih mestih.

Kemijska potreba po kisiku (KPK, metoda s K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) se je v primerjavi z leti 1998 in 1999 v letu 2000 najbolj povišala v Curnovcu (slika 4.1), biokemijska potreba po kisiku (BPK<sub>5</sub>) pa v Ljubljani na Špici. V Bezlanovem grabnu je bila KPK visoka, vrednost BPK<sub>5</sub> pa ni bila določena (slika 4.2). Najvišje vsebnosti amonija smo tako kot v preteklih letih analizirali v Curnovcu, kjer se je vsebnost v letu 2000 zvišala celo na 55,3 mg amonija v litru vzorca (slika 4.3).

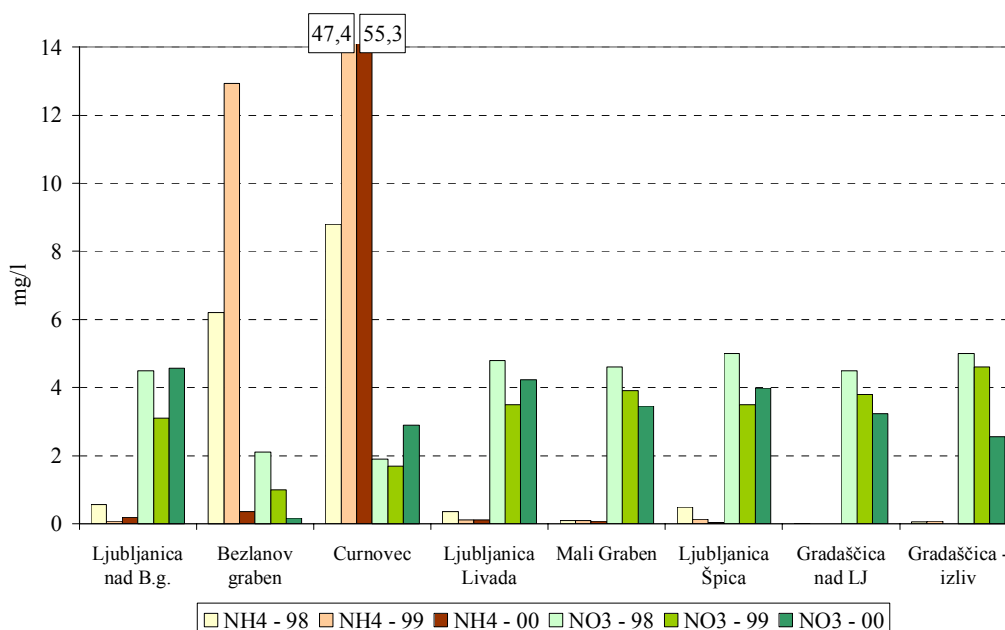


**Slika 4.1:** Vrednosti kemijske (KPK, metoda s  $K_2Cr_2O_4$ ) na vseh zajemnih mestih na območju MOL (dodatno mesto Ljubljana – Livada) v letih 1998, 1999 in 2000



**Slika 4.2:** Vrednost biokemijske potrebe po kisiku na vseh zajemnih mestih na območju MOL (dodatno mesto Ljubljana – Livada) v letih 1998, 1999 in 2000

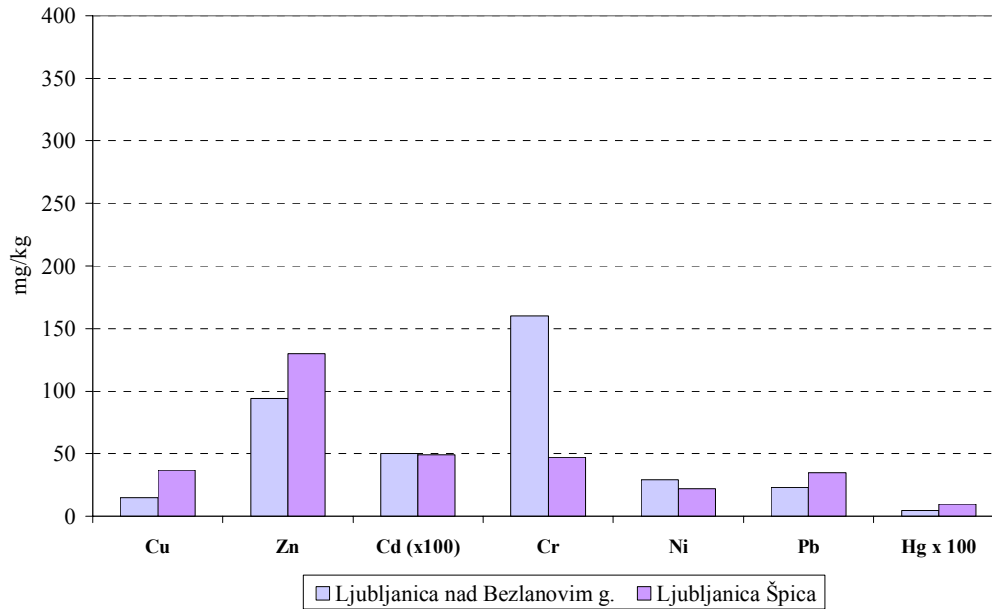




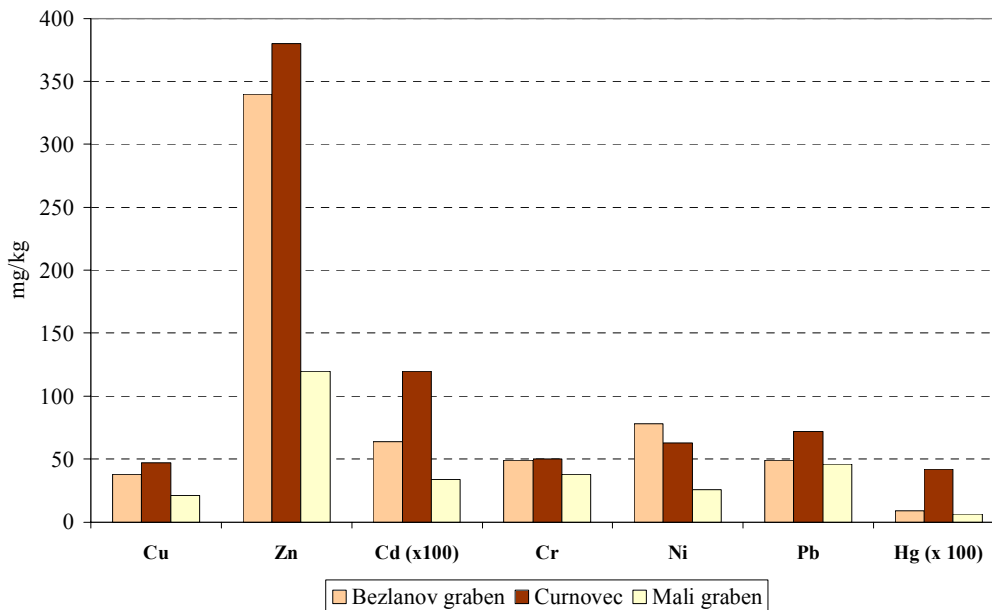
**Slika 4.3:** Vsebnost amonija in nitrata na vseh zajemnih mestih na območju MOL (dodatno mesto Ljubljana– Livada) v letih 1998, 1999 in 2000

Vsebnosti kovin v filtriranem vzorcu vode in v suspendirani fazi so bile zelo nizke ali pod mejo določljivosti analitske metode (priloga 9, tabela 11). Vsebnosti vseh kovin v vodi so na vseh merilnih mestih ustrezale zahtevam za 1. kakovostni razred (tabela 5).

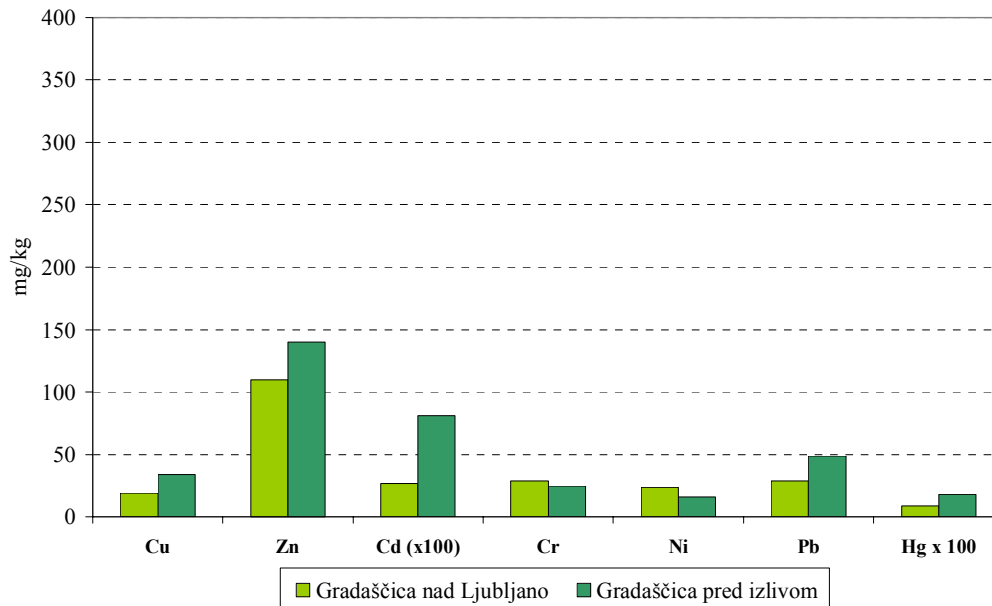
Vsebnost težkih kovin v sedimentu, analiziranem v letu 2000, je grafično prikazana v slikah 4.4 (Ljubljana), 4.5 (Bezlanov graben, Curnovec in Mali graben) in 4.6 (Gradaščica). Baker v sedimentu na nobenem odvzemnem mestu ni presegel mejnih vrednosti. Cink in nikelj sta bila povišana v sedimentu Bezlanovega grabna in Curnovca, svinec pa le v sedimentu Curnovca, kjer smo določili tudi povišano vsebnost živega srebra in kadmija. Močno povišane vsebnosti kroma stalno določamo v Ljubljani nad izlivom Bezlanovega grabna (slika 4.4).



**Slika 4.4:** Vsebnost težkih kovin v sedimentu Ljubljanice nad Bezanovim grabnom in Ljubljanice pod izlivom Malega grabna (na Špici) v letu 2000



**Slika 4.5:** Vsebnost težkih kovin v sedimentu Bezanovega grabna, Curnovca in Malega grabna v letu 2000



**Slika 4.6:** Vsebnost težkih kovin v sedimentu Gradaščice nad Ljubljano in Gradaščice pred izlivom v Ljubljano v letu 2000

Bakteriološke analize so bile v letu 2000 izvedene štirikrat na šestih odvzemnih mestih in sicer v Ljubljani nad izlivom Bežanovega grabna in na Špici, v Malem grabnu, v Gradaščici nad Ljubljano in pred izlivom v Ljubljano ter v Ižici. Bakteriološke analize so bile izvedene z namenom, da ugotovimo ustreznost vodotoka po merilih Pravilnika o higieni ustreznosti za kopalne vode [17], po katerem je potrebno določiti število skupnih koliformnih bakterij in koliformnih bakterij fekalnega izvora. Ta dva parametra sta bila določena le v vzorcih, vzeti 17.8.2000, v vseh ostalih vzorcih pa je bilo določeno le število MPN za skupne koliformne bakterije, zato smo ustreznost površinskih vodotokov kot kopalnih voda ocenjevali le za vzorce, vzete 17.8.2000. Ustreznost vzorca za kopalne vode smo pogojno določili tudi v tistih primerih, kjer so bili v vzorcih MPN skupnih koliformnih bakterij nižji od dopustnega MPN koliformnih bakterij fekalnega izvora (priloga 9, tabela 14).

### Ljubljana

Kakovost Ljubljane spremljamo v okviru monitoringa kakovosti površinskih vodotokov na območju MOL na dveh mestih:

- pred izlivom Bežanovega grabna
- po izlivu Malega grabna (na Špici)

Dodatno je v program državnega monitoringa kakovosti površinskih vodotokov vključeno vzorčevalno mesto Ljubljana – Livada. Rezultati analiz osnovnih fizikalno – kemijskih parametrov za Ljubljano – Livada so vključeni v tabelo 10 in prikazani na slikah 4.1 – 4.3. V vzorcih, zajetih avgusta 2000 smo na Špici določili močno zvišano vsebnost kisika. Vrednosti KPK in BPK<sub>5</sub>, ki kažeta na višje onesnaženje Ljubljane z organskimi snovmi, sta bili na tem zajemnem mestu glede na zajemni mesti Ljubljano pred izlivom Bežanovega grabna in



Ljubljana – Livada povišani. Ostali preiskani parametri v vodi so bili nizki in na obeh zajemnih mestih primerljivi (priloga 9, tabeli 10 in 11 ter slike 4.1 – 4.3).

V sedimentu smo na zajemnem mestu pred izlivom Bezlanovega grabna določili zelo visoke vsebnosti kroma, pod izlivom Malega grabna (Špica) pa rahlo povišane vsebnosti živega srebra (priloga 9, tabela 12 ter slika 4.4).

V vodi in v sedimentu smo na obeh zajemnih mestih identificirali številne organske spojine, na primer kofein, holestanol, stigmasterol, maščobne kisline (priloga 9).

Bakteriološko je voda 17.8.2000 na obeh mestih ustrezala zahtevam za kopalne vode. Ob treh ostalih zajemih so bile določene le skupne koliformne bakterije, kar po pravilniku za kopalne vode [17] ne zadostuje za določanje ustreznosti (priloga 9, tabela 13).

### **Bezlanov graben in Curnovec**

Kakovost Bezlanovega grabna je bila v vzorcu, vzetem avgusta 2000 nekoliko boljša kot v preteklih letih. Na osnovi enkratne analize ni mogoče sklepati, da se je kakovost Bezlanovega grabna v splošnem izboljšala. Vzorec Curnovca pa je bil v letu 2000 še dosti slabše kakovosti kot vzorec vzet v letu 1999.

V Bezlanovem grabnu je bila nasičenost s kisikom nizka, le 44%, kemijska potreba po kisiku, določana po dveh metodah ( $\text{KMnO}_4$  in  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) pa visoka. Biokemijske potrebe po kisiku v tem vzorcu nismo določili.

Onesnaženje Curnovca se kaže pri vseh analiziranih osnovnih fizikalno kemijskih parametrih. Izmerili smo zelo visoko električno prevodnost, značilno za odpadne vode. Kisikove razmere v Curnovcu so bile še slabše kot v Bezlanovem grabnu. Visoko razmerje med KPK (metoda z  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) in  $\text{BPK}_5$  nakazuje prisotnost teže razgradljivih organskih snovi (priloga 9, tabela 10 ter sliki 4.1 in 4.2).

V vzorcu iz Curnovca smo določili do sedaj najvišje vsebnosti amonija, medtem ko so bile vsebnosti nitrata in nitrata zaradi redukcijskih razmer nizke. Višja kot doslej pa je bila tudi vsebnost sulfata in klorida ter natrija in kalija. V Curnovcu smo tudi v letu 2000 določili močno povišane vsebnosti bora, ki so skoraj 100 krat presegle mejne vrednosti za pitno vodo ([2 - 4], [10], priloga 9, tabela 10 ter slike 4.1 – 4.3).

V vodi nismo določili povišanih vsebnosti težkih kovin, v sedimentu Bezlanovega grabna in Curnovca pa smo določili povišane vsebnosti cinka in niklja, v Curnovcu pa povišano koncentracijo živega srebra, svinca in kadmija (slika 4.5).

V vodi Bezlanovega grabna, predvsem pa Curnovca so bile prisotne številne identificirane in neidentificirane organske spojine. V sedimentu Bezlanovega grabna je bilo identificirano sorazmerno nizko število organskih spojin, predvsem naftalen, maščobne kisline, ftalati. Sediment Curnovca je vseboval maščobne kisline, fenole, ftalate, aldehide, alkohole (priloga 9).



### **Mali graben**

Mali graben je manj onesnažen vodotok na Ljubljanskem polju, v katerem smo določili ugodne kisikove razmere in nizko stopnjo organskega onesnaženja. Glede na predhodnji leti 1998 in 1999 je bila v vzorcu, vzetem avgusta 2000 onesnaženost z organskimi snovmi ter amonijem in nitratom nižja. Vsebnost težkih kovin v vodi in v sedimentu je bila nizka.

Od organskih spojin smo v vodi z metodo GC/MS identificirali manjše število organskih spojin (kofein, alken, karoten, holestanol, sitosterol). V sedimentu smo identificirali nekoliko več organskih spojin, med temi aldehide, terpen, ftalate, višje alkohole (priloga 9).

Vzorec vode, vzet 17.8.2000 je bil po higienskih zahtevah za kopalne vode [17] neprimeren za kopanje. V tem vzorcu smo od ostalih 23 preiskanih vzorcev na ostalih vzorčevalnih mestih na območju MOL določili najvišje število skupnih koliformnih bakterij in koliformnih bakterij fekalnega izvora (priloga 9, tabela 13). Za ostale preiskane vzorce, vzete v Malem grabnu ustreznosti po pravilniku za kopalne vode ne moremo ugotavljati, ker v treh vzorcih koliformne bakterije fekalnega izvora niso bile določene.

### **Gradaščica**

Gradaščica nad Ljubljano je dokaj čist potok z ugodnimi kisikovimi razmerami in nizko obremenjenostjo z organsko maso. Na poti skozi Ljubljano se kakovost nekoliko poslabša. V vzorcu Gradaščice pred izlivom v Ljubljanico, vzetim 17.8.2000, smo izmerili izredno visoko vsebnost raztopljenega kisika – 18,7 mg O<sub>2</sub>/l, kar pomeni 224%-no nasičenost s kisikom (priloga 9, tabela 10).

V vzorcu Gradaščice nad Ljubljano smo določili še dopustne vsebnosti kadmija, bakra, kroma in svinca, pred izlivom pa cinka. V sedimentu Gradaščice nad Ljubljano so bile vsebnosti težkih kovin nizke, pred izlivom v Ljubljanico pa smo določili rahlo povišano vsebnost živega srebra in še dopustno vsebnost svinca. Vsebnosti ostalih težkih kovin so bile v sprejemljivih mejah (priloga 9, tabeli 11 in 12 ter slika 4.6).

Z identifikacijsko metodo GC/MS smo v vodi Gradaščice na obeh zajemnih mestih ugotovili prisotnost redkih organskih spojin, medtem ko je sediment predvsem pred izlivom v Ljubljanico vseboval zelo veliko organskih spojin v nezanemarljivih koncentracijah.

### **5.2.2 Bakteriološke analize**

Vzorci za bakteriološke analize smo zajeli štirikrat v juliju in avgustu, v času kopalne sezone. Izbrali smo tista zajemna mesta, kjer se ljudje kopajo.

V vzorcih naj bi bila analizirana dva parametra, predpisana s pravilnikom o higienskih zahtevah za kopalne vode [17]:

1. skupne koliformne bakterije, MPN v 100 ml
2. koliformne bakterije fekalnega izvora MPN v 100 ml

Rezultati analiz so zbrani v prilogi 9, tabela 13, ustreznost pa je navedena le za vzorce, vzete 17.8.2000. Voda na obeh zajemnih mestih Ljubljanice, Gradaščice nad Ljubljano ter Ižice je bila navedenega datuma po mikrobioloških normativih ( [17], tabela 6) primerna kot kopalna voda, medtem ko sta bila Gradaščica pred izlivom v Ljubljanico ter Mali graben 17.8.2000 bakteriološko neprimerna za kopanje.

Na osnovi enega parametra (MPN skupnih koliformnih bakterij) smo ustreznost ocenili v primerih, ko je bilo število nižje od dopustnega MPN za koliformne bakterije fekalnega izvora (tabela 6). Tako smo kot pogojno ustrezna ocenili tudi vzorce, v katerih je bilo določeno število skupnih koliformnih bakterij nižje od dopustnega števila koliformnih bakterij fekalnega izvora:

31.7.2000: Gradaščica nad izlivom v Ljubljanico in Ižica



3.7.2000: Ižica

**5.2.3 Ocena razredov kakovosti za površinske vodotoke na območju MOL v letu 2000**

Zanesljivost določitve kakovostnega razreda za določeno zajemno mesto vodotoka je odvisna tako od pogostosti vzorčenja kakor od števila parametrov, ki jih določamo. Za ugotavljanje onesnaženosti površinskega vodotoka so pomembni tudi biološki parametri (saprobni indeks). V površinskih vodotokih na območju MOL nismo določali saprobnega indeksa in kvantitativno določali organskih mikropolutantov, zato so v tabeli 14 navedene ocene kakovostnih razredov za merjene kemijske parametre. Vrstni red ocen kakovostnih razredov v tabeli 14 je enak vrstnemu parametrov v glavi tabele. V oceni po kemijskih parametrih je upoštevana tudi vsebnost kovin v sedimentu.

Primernosti vodotoka za kopalne vode vrednotimo glede na normativ v pravilniku o higienskih zahtevah za kopalne vode [17]. Mikrobiološki normativi, upoštevani pri kakovostnih razredih površinskih vodotokov [13], upoštevajo le skupne koliformne bakterije, normativi za kopalne vode pa tudi koliformne bakterije fekalnega izvora [17].

V površinskih vodotokih smo v okviru monitoringa za MOL v letu 2000 analizirali:

- 4 krat mikrobiološke parametre
- 1 krat osnovne fizikalno-kemijske parametre, kovine v vodi in sedimentu
- 1 krat kvalitativno določili prisotnost organskih spojin v vodi in v sedimentu z metodo GC/MS

**Tabela 14:** Ocena razredov kakovosti površinskih vodotokov za kemijske parametre na območju MOL za leto 2000

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

\* Zaradi reduktivnih razmer v vodotoku so vsebnosti NO<sub>3</sub> in NO<sub>2</sub> nižje, anorgansko vezani dušik predvsem kot NH<sub>4</sub>; zelo visoke vsebnosti bora

\*\* visoka vsebnost kroma v sedimentu



## 6 ZAKLJUČKI

### 6.1 PODTALNICE

Na osnovi rezultatov meritev in analiz, katere smo izvedli v okviru monitoringa kakovosti podtalnice v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001, ugotavljamo:

#### Črpališča pitne vode

Na območju MOL je bila tako kot v preteklih obdobjih tudi v obdobju od začetka marca 2000 do konca februarja 2001 najslabše kakovosti podtalnica v črpališču pitne vode v **Hrastju**. Podtalnica je bila onesnažena z naslednjimi parametri, ki kažejo na onesnaženje zaradi človekovih dejavnosti:

- Največji problem v Hrastju je onesnaženje podtalnice s pesticidi, posebno s triazini. Vsebnost atrazina je v vseh analiziranih vzorcih presegla najvišjo dopustno koncentracijo, najvišjo vsebnost **0,39 µg/l** smo določili avgusta (priloga 5). Metabolit desetilatrazin je dopustno koncentracijo presegel v vseh analiziranih vzorcih.
- V letu 1998 se je v podtalnici Ljubljanskega polja pojavil tudi herbicid bromacil, katerega smo do takrat določali le v Homcu v dolini Kamniške Bistrice, sicer pa nikjer v Sloveniji. Najvišje vsebnosti tega herbicida smo določili v Hrastju. Od takrat so se koncentracije bromacila zniževale, tako da v opazovanem obdobju na tem mestu ni presegel dopustnih vrednosti 0,1 µg/l. Določili smo ga v 6 od 22 preiskanih vzorcev.
- V Hrastju ugotavljamo tudi najvišje vrednosti AOX in lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v podtalnici na območju MOL. V najvišjih koncentracijah določamo tetrakloroetilen, v letu 2000 pa dodatno tudi triklorometan. Vsebnosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov, predvsem tetrakloroetilena in triklorometana so se glede na prejšnja obdobja močno povečale. Novembra je vsebnost triklorometana dosegla celo 3,5 µg/l (priloga 5, slike 3.27 in 3.29).
- V podtalnici v Hrastju smo določili najvišje koncentracije kroma, ki je prisoten predvsem v šest-valentnem stanju.
- Vsebnost nitratov v Hrastju je bila v opazovanem obdobju v 3 od 22 analiziranih vzorcev nad priporočeno mejno koncentracijo EU (slike 1.6, 3.4 in 3.6).

Na osrednjem črpališču ljubljanskega vodovoda v **Klečah** v obdobju od začetka marca 2000 do konca januarja 2001 še vedno ugotavljamo onesnaženje podtalnice s šest-valentnim kromom, ki se znižuje. Herbicid atrazin je v opazovanem obdobju mejne dopustne koncentracije dosegel v 2 od 22 vzorcev. Glede na predhodnja obdobja na tem mestu ugotavljamo manjše upadanje vsebnosti atrazina (slike 3.17 in 3.18). V letu 2000 tudi v Klečah ugotavljamo zviševanje vsebnosti lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov.

Tudi v črpališču v Šentvidu se je vsebnost atrazina v podtalnici v opazovanem obdobju nekoliko znižala. Preseženo mejno dopustno vrednost za atrazin smo določili v 1 od 12 vzorcev iz Šentvida, sicer so bile koncentracije nižje od dopustnih vrednosti. 1 od 12 preiskanih vzorcev je bil mikrobiološko oporečen.

V Jarškemrodu in Iškem vršaju ne določamo triazinov in lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov. V Jarškemrodu smo v 1 od 12 vzorcev analizirali cink nad priporočeno mejo EU.



### **Vrtini**

V Stožicah ugotavljamo velika nihanja v vsebnosti nitrata, v 2 od 7 analiziranih vzorcev so koncentracije presegle priporočene vrednosti EU (slika 1.9), kakovost podtalnice v Rojah je glede na analizirane parametre dobra

### **Industrijski vodnjaki**

V Dekorativni ugotavljamo najvišjo električno prevodnost podtalnice na Ljubljanskem polju. Od leta 1997 se na tem mestu povečujejo vsebnosti nitrata (sliki 3.14 in 3.17). V opazovanem obdobju so v vseh vzorcih, razen enega, presegle priporočene vsebnosti EU (slika 1.9). Na tem mestu smo v 1 od 6 vsebnost atrazina nad dopustno mejo, v 1 od 6 vzorcev pa mejno dopustno koncentracijo desetilatrazina. Tudi v Dekorativni v letu 2000 ugotavljamo dvigovanje vsebnosti lahkohlapnih kloriranih ogljikov, predvsem trikloroetilena (priloga 8).

V Koteksu so preiskani vzorci vsebovali atrazin in desetilatrazin, v 2 od 6 vzorcev je vsebnost atrazina preseгла dopustno mejo, v 1 od 6 vzorcev pa smo analizirali preveč desetilatrazina. Tudi v tem industrijskem vodnjaku se vsebnosti lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov, predvsem tetrakloroetilena, zvišujejo, kar se dodatno kaže na povišanih vrednostih AOX. 2 od 6 preiskanih vzorcev sta bila mikrobiološko oporečna (priloga 8).

V Eloku v opazovanem obdobju ne ugotavljamo večjega onesnaženja.

### **Trendi zviševanja vsebnosti parametrov v štiriletnem obdobju**

- Nitrat Dekorativni (slika 3.17)
- Veliko zvišanje lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov v Hrastju (slika 3.27), manjše na vseh ostalih merilnih mestih
- Šest-valentni krom v Hrastju (slika 3.25)

### **Trendi zniževanja vsebnosti parametrov v štiriletnem obdobju**

- Zniževanje vsebnosti šest-valentnega kroma v Klečah (slika 3.24)

## **6.2. POVRŠINSKI VODOTOKI**

V okviru monitoringa kakovosti površinskih vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana smo enako kot v letih 1998 in 1999 tudi v letu 2000 ugotavljali onesnaženost tistih vodotokov, ki jih v okviru državnega monitoringa ne spremljamo. V program je bilo vključenih osem zajemnih mest, glavna kriterija za izbiro zajemnih mest pa sta bila vpliv večjih onesnaževalcev in primernost vodotokov za kopanje.

Ugotovili smo, da je potok Curnovec močno onesnažen, kar je verjetno posledica dotoka izcednih vod iz deponije Barje (glede na merjene kemijske parametre ocena 4. razred), medtem ko je bil Bežanov graben v času vzorčenja avgusta 2000 boljše kakovosti kot leto poprej.

Mali graben ni onesnažen, ocenjen razred kakovosti glede na merjene kemijske parametre za leto 2000 je 2. Z identifikacijsko metodo GC/MS smo ugotovili onesnaženje z organskimi spojinami tako v vodi kot v sedimentu tega vodotoka.

Gradaščici se kakovost na poti skozi Ljubljano poslabša z 1 - 2 na 2 razred. Na zajemnem mestu pred izlivom v Ljubljanico smo v vodi določili višje vsebnosti nitrata, v sedimentu pa živega srebra.

V Ljubljanici ugotavljamo na obeh vzorčevalnih mestih v vodi višjo vsebnosti nitrata, v sedimentu Ljubljanice pred izlivom Bežanovega grabna pa zelo visoko koncentracijo kroma, na Špici pa nekoliko povišano vsebnost živega srebra. Med obema zajemnim mestoma glede na merjene kemijske parametre ne ugotavljamo večjega poslabšanja kakovosti Ljubljanice.





Rezultati bakterioloških analiz so bili vrednoteni na podlagi Pravilnika o higienskih zahtevah za kopalne vode [17]. Za tri od štirih vzorcev na vseh mestih laboratorij za mikrobiologijo pomotoma ni določil koliformnih bakterij fekalnega izvora, zato ocena ustreznosti glede na pravilnik za kopalne vode [17] ni bila možna pri vseh odvzetih vzorcih, ampak le pri vzorcih odvzetih 17.8.2000. Glede na zahteve (tabela 6) so vzorci ustrezali kriterijem za kopalne vode v 4 od 6 promerov in sicer v Gradaščici nad Ljubljano, Ljubljani na obeh vzorčevalnih mestih in v Ižici (tabela 13).



## 7 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 2000/2001 (prvo vmesno poročilo), MOP-HMZ, september 2000
- [5] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2000/2001 (drugo vmesno poročilo), MOP-HMZ, november 2000
- [6] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2000/2001 (tretje vmesno poročilo), MOP-HMZ, februar 2001
- [7] Poročilo o monitoringu kakovosti podtalnice in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana v letu 2000/2001 (četrtο vmesno poročilo), MOP-ARSO, junij 2001
- [8] Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18<sup>th</sup> 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 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption
- [12] Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption
- [13] Uredba o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in voda obalnega morja Jugoslavije, *Uradni list SFRJ, št. 6/78*
- [14] 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*
- [15] 75/440/EEC, Concil Directive of 16. June 1975, concerning the quality required for the abstarction of drinking water in the Member States
- [16] Allgemeine Güteanforderungen für Fliessgewässer (AGA)-Tscheidungshilfe für die Wasserrechtbehörden in Wasser-rechtlichen Erlaubnisverfahren, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 14. Mai 1991 (MBI.NW S. 863)
- [17] Pravilnik o higienskih zahtevah za kopalne vode, *Uradni list SRS, št. 9/88*
- [18] Geološka karta Slovenije, Geološki zavod Ljubljana
- [19] Sigel H., Metal Ions in Biological Systems, Vol. 18, Circullations of Metals in the Environmental, Marcel Dekker, Inc, New York
- [20] 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
- [21] Raziskave kakovosti voda površinskih vodotokov v Sloveniji 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991,1992, 1993, 1994, 1995, 1996 in 1997, HMZ RS, Ljubljana

